MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

CAPÍTULO I

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE GENERAL

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO. 1
I.1.1 Nombre del proyecto 1
I.1.2 Datos del sector y tipo de proyecto 1
I.1.2.1 Sector 1
I.1.2.2 Subsector 1
I.1.3 Ubicación del proyecto 1
I.1.4 Duración del proyecto. 2
I.2 Datos generales del promovente 4
I.2.1 Nombre o razón social 4
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente 4
I.2.3 Nombre y cargo del representante legal 4
I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones 4
I.3 Nombre del responsable técnico del estudio 4
I.3.1 Nombre del coordinador del proyecto 4
I.3.2 Dirección y correo electrónico del responsable técnico 5

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa I. 1. Ubicación del proyecto. 2

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. 1. Información de ubicación del proyecto. 1
Tabla I. 2. Información general del proyecto. 3
Tabla I. 3. Información del responsable técnico del estudio 5
Tabla I. 4. Dirección del Responsable Técnico del Estudio. 5

CONSULTA PÚBLICA

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

I.1.1 Nombre del proyecto.

Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)

I.1.2 Datos del sector y tipo de proyecto

I.1.2.1 Sector

El Proyecto se lleva a cabo dentro del Sector de Vías Generales de Comunicación

I.1.2.2 Subsector

Infraestructura Portuaria

I.1.3 Ubicación del proyecto.

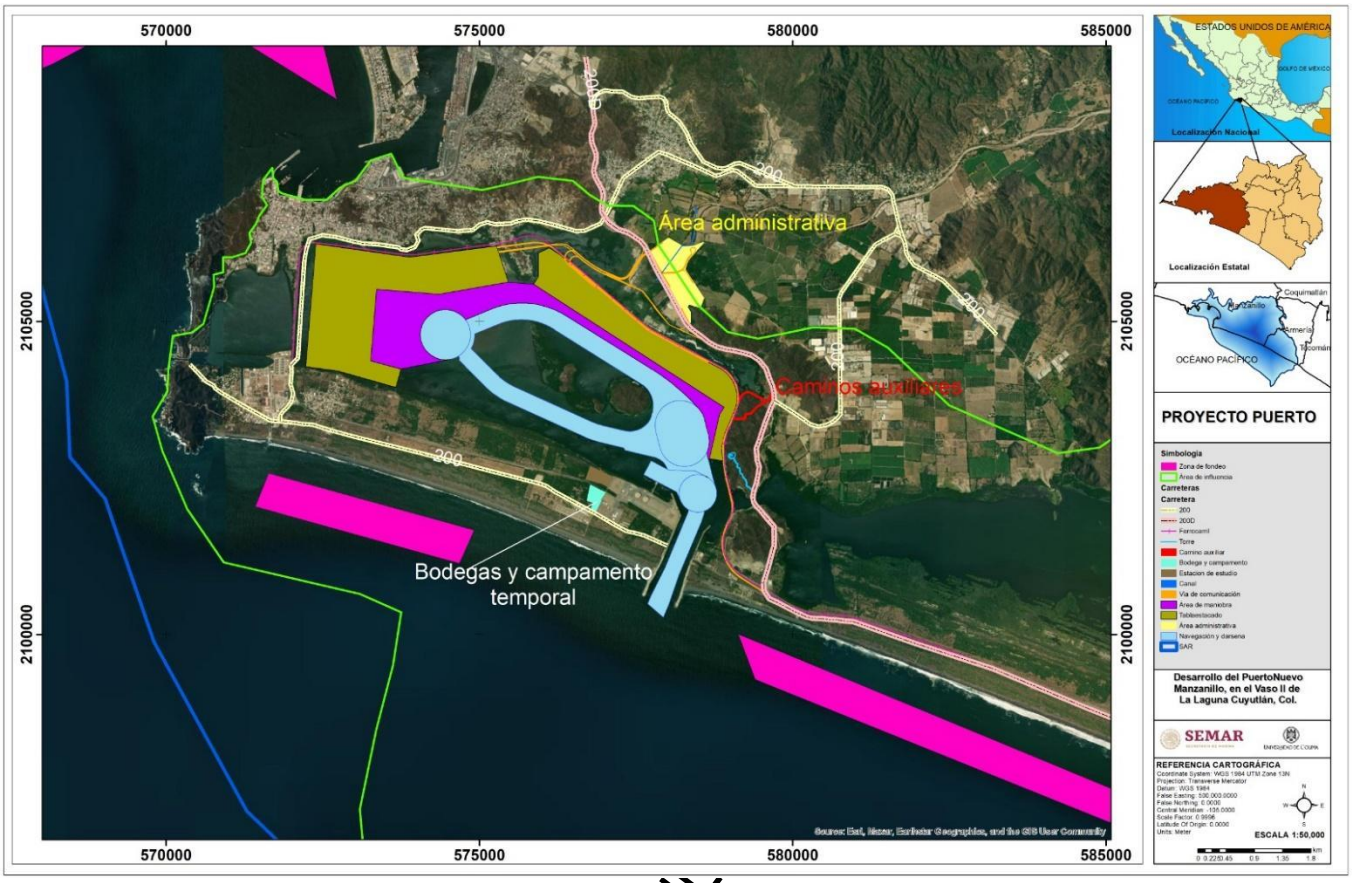
El proyecto se ubica en el estado de Colima, específicamente en el municipio de Manzanillo, dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en el litoral del Pacífico central mexicano (Tabla I. 1).

Se ubica en la parte noroeste del canal de acceso al Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, denominado “Canal de Tepalcates”, en la parte sur de la cuenca del Río Chacala-Purificación (Mapa I. 1), en la Región Hidrológica No.15 Costa de Jalisco.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla I. 1. Información de ubicación del proyecto.

Estado:	Colima
Municipio:	Manzanillo
Colonia, localidad, comunidad o ejido:	El Colomo
Calle, número interior y exterior:	Sin número
Código postal:	Sin código postal
Localidades próximas:	Manzanillo, Campos y El Colomo.
Referencia de ubicación:	Al norte circula la Autopista de cuota Manzanillo-Colima, al oeste se ubica la comunidad de “El Colomo”, al este el puente de la autopista conocido como “Puente Tepalcates”, al sur el Canal de acceso lagunar de “Tepalcates” contiguo a la “Central Regasificadora de Gas Natural Licuado KMS” y de la empresa “Z-Gas” sobre la Barra de Cuyutlán. De manera contigua pasa la vía férrea que sale del Puerto de Manzanillo, Colima y va hacia el bajío. En su porción suroeste limita con el poblado del “Ejido de Campos” cercano a la central termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad “General Manuel Álvarez Moreno”.



Mapa I. 1. Ubicación del proyecto.

CONSULTA

El proyecto no se ubica en zona de riesgo rodeada de paredes de cañones, lechos y cauces de arroyos, zonas de fallas geológicas, de deslizamiento o de inundación. Se encuentra dentro del vaso lagunar II de la Laguna de Cuyutlán por lo que no está expuesto a oleaje de tormenta ni procesos de erosión, tampoco está en alguna desembocadura de río o áreas identificadas como altamente vulnerables al cambio climático.

I.1.4 Duración del proyecto.

Para las etapas de Preparación del Sitio y Construcción se solicita un periodo de 13 años, repartidos en 7 años para la etapa 1 a iniciar una vez recibida la autorización, y otros 6 años para la etapa 2, que se contempla iniciar en 2050. Asimismo, para la etapa de Operación y Mantenimiento se solicita un periodo igual al que dure su concesión, y por las características del proyecto, no se considera una etapa de abandono de la infraestructura.

En la Tabla I. 2 se muestra información general del proyecto.

Tabla I. 2. Información general del proyecto.

Nombre del proyecto:	Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)
Estado:	Colima.
Municipio:	Manzanillo
Promovente:	Administración del Sistema Portuario Nacional de Manzanillo.
Tiempo de preparación del sitio: **Tiempo de construcción de 1ª etapa:** **Tiempo de construcción de 2ª etapa:**	6 meses a partir de la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental. 6 años a partir de enero de 2027 7 años a partir de enero 2049
Hectáreas del Recinto Portuario:	1,819.07 ha
Hectáreas del proyecto:	1,004.45 ha
Volumen total de dragado (arcillas + arenas) en 1ª y 2ª etapa:	97,862,973.55 m^3
Volumen total de arena reutilizado:	18,279,888.60 m^3
Volumen total de vertimientos:	79,583,084.95 m^3
Inversión total:	[redacted]
Años de operación:	Por la duración de la concesión del proyecto se considera un tiempo indefinido.

CONSULTA PÚBLICA

I.2 Datos generales del promovente

I.2.1 Nombre o razón social

Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo S.A. de C.V.

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del promovente

[redacted]

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

[redacted]

En el **Anexo I.1** se presenta la documentación legal del promovente y su representante legal.

I.2.4 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

Calle y número: [redacted]
Colonia: [redacted]
Código Postal: [redacted]
Entidad Federativa: [redacted]

CONSULTA PÚBLICA

I.3 Nombre del responsable técnico del estudio

La integración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental se llevó a cabo por la Universidad de Colima.

I.3.1 Nombre del coordinador del proyecto

En la Tabla I. 3. se presenta la información del responsable técnico e institución educativa participante.

Tabla I. 3. Información del responsable técnico del estudio.

Empresa	Técnico responsable	RFC	Cédula Profesional
[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

I.3.2 Dirección y correo electrónico del responsable técnico

En la Tabla I. 4 se muestra la dirección del responsable técnico del estudio.

Tabla I. 4. Dirección del Responsable Técnico del Estudio.

Empresa	Dirección	Correo electrónico
[redacted]	[redacted]	aolivos@ucol.mx

En el **Anexo I.2** se presenta la cédula profesional del responsable técnico del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO II

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

MANZANILLO
ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES, Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

ÍNDICE GENERAL

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 1
II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa 6
II.1.2 Justificación y Objetivos del proyecto 8
II.1.2.1 Justificación 8
II.1.2.2 Objetivo 11
II.1.3 Selección del Sitio 11
II.1.3. Ubicación Física y Dimensiones del Proyecto 13
II.1.3.1. Representación Geográfica Regional del Proyecto 13
II.1.3.2. Representación Geográfica Local del Proyecto 15
II.1.3.3. Dimensiones del Proyecto 16
Canales de navegación 21
Zona de fondeo 22
II.1.3.4. Uso actual del Suelo en el Sitio del Proyecto 24
II.1.3.5. Superficie de vegetación destinada a cambio de uso de suelo 26
II.1.4. Inversión Requerida 28
II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA 29
Condiciones físicas de la zona del proyecto 29
II.2.1 Programa de trabajo 31
II.2.1.1 Descripción de las Obras y Actividades en las Etapas de Preparación del Sitio, Construcción y Operación/Mantenimiento del Proyecto 33
II.2.2. Preparación del sitio y construcción 35
II.2.2.1. Actividades iniciales 35
Elaboración de proyectos ejecutivos 35
Actividades de prevención de impactos 35
Ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales 35
Levantamiento topográfico y batimétrico 35
Construcción de instalaciones provisionales 35
Muelle para carga de tablestaca y perfiles de acero 37
II.2.2.2 Construcción 41
Dragado 41

CONSULTA PÚBLICA

Tablestacado *46*
Pantalla Secundaria *52*
Instalación de Tensores y Herrajes *54*
Fabricación de Cabezal *55*
Relleno *56*
Mejoramiento del Terreno *57*
Vialidades *60*
Vías férreas *63*
Centro de Investigación Ambiental Portuaria (CIAP) *65*
Áreas externas: Áreas administrativas y Estacionamiento *69*
Área para reubicación de Torres de CFE *69*
II.2.3 Descripción de las Obras y Actividades en las Etapas de Operación y Mantenimiento del Proyecto 69
II.2.3.1. Dragado de mantenimiento 69
II.2.3.2. Mantenimiento y reparaciones de las estructuras de confinamiento 70
II.2.3.3. Mantenimiento y reparaciones de infraestructura 70
II.2.3.4. Operación 70
II.2.4 Desmantelamiento y Abandono de las Instalaciones 72
II.3 REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA, HERRAMIENTAS, PERSONAL E INSUMOS 72
II.4.1 Requerimiento de Maquinaria y Herramientas 73
II.4.2 Requerimiento de Personal 74
II.4.3 Requerimiento de Insumos 75
II.4.3.1 Requerimiento de Agua 75
II.4.3.2 Requerimiento de energía eléctrica 76
II.4.3.3 Insumos de Obra 77
II.4 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, RESIDUOS PELIGROSOS Y EN SU CASO EL CONTROL DE LA EMISIÓN DE GASES AUTOMOTORES 79
II.5.1 Residuos Generados por Etapa del Proyecto e Infraestructura para su Manejo Integral 79
II.5.1.1 Generación y Manejo de Residuos en las Etapas de Preparación del Sitio y Construcción 79
II.5.1.2 Generación y Manejo de Residuos en la Etapa de Operación y Mantenimiento 84
II.5.2 Generación de Emisiones y Gases de Efecto Invernadero y su Control 84
II.5.2.1 Identificar por etapas del Proyecto, en su caso las fuentes generadoras de Gases de Efecto Invernadero 85

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. 1. Obras de infraestructura y equipamiento básico del proyecto “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)” que son motivo de esta MIA-R. 2
Tabla II. 2. Plan de usos futuros y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán. 5
Tabla II. 3. Coordenadas UTM del proyecto....13
Tabla II. 4. Superficies de ocupación por etapas del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: RHG Ingeniería. 17
Tabla II. 5. Características del Dragado en la Etapa 1 y 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). 18
Tabla II. 6. Delimitación de las zonas de relleno en la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). 18
Tablas II. 7. Delimitación de obras complementarias y caminos auxiliares del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). 19
Tabla II. 8. Superficies y coordenadas UTM de las zonas de fondeo existentes y las propuestas para el Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán. 22
Tabla II. 9. Tipos de uso de suelo y vegetación en el área del proyecto de acuerdo con la serie VII del INEGI....24
Tabla II. 10. Tipo de vegetación presente en el área del proyecto....26
Tabla II. 11. Desglose de los montos de inversión por etapa para el proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"....28
Tabla II. 12. Resultados de los estudios de mecánica de suelos realizados en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Fuente: RHG Ingeniería. 30
Tabla II. 13. Programa General de actividades que se realizarán en las Etapas 1 y 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) (se anexa el archivo para mejor visualización). 32
Tabla II. 14. Información descriptiva del banco de vertimiento para la descarga del material producido en las actividades de dragado del proyecto. *Se está tramitando su autorización ante la SEMAR....42
Tabla II. 15. Volúmenes estimados de material dragado del proyecto. Fuente: Resumen de volumen de dragado primera etapa-RHG Ingeniería, 2026. 44
Tabla II. 16. Longitud (m) y distribución de las vialidades en la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)....60
Tabla II. 17. Distribución de áreas del CIAP. Fuente: RHG-Ingeniería, 2026. 67
Tabla II. 18. Equipo y maquinaria más representativo que se requiere para el desarrollo del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). 73
Tabla II. 19. Herramienta y equipo menor para utilizar en la etapa de preparación y construcción del proyecto. 74
Tabla II. 20. Cantidad de personal necesario para la ejecución del proyecto. 75
Tabla II. 21. Materiales requeridos durante las etapas de preparación y construcción del proyecto. 77
Tabla II. 22. Categorización de los residuos que potencialmente se generarán con la ejecución del proyecto. 79
Tabla II. 23. Criterios de clasificación por tipo de residuo. 80
Tabla II. 24. Disposición de los residuos sólidos urbanos generados durante el proyecto. 80
Tabla II. 25. Disposición de los residuos de manejo especial generados durante el proyecto. 81

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 26. Estrategias de minimización o aprovechamiento de residuos. 83
Tabla II. 27. Estimación de emisiones de GEI (ton) por año durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto. 84
Tabla II. 28. Estimación de emisiones de GEI (ton) por año durante la operación del proyecto con base en los valores de operación actual del Perto de Manzanillo. 85
Tabla II. 29. Obras o actividades potenciales de generar gases de efecto invernadero. 86

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa II. 1. Localización general del Puerto Nuevo Manzanillo, en el vaso II de la Laguna Cuyutlán, Colima. 1
Mapa II. 2. Principales obras por realizar en el proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" – Zonas de dragado y relleno. 4
Mapa II. 3. Ubicación geográfica regional del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) en el municipio de Manzanillo, Colima. 14
Mapa II. 4. Vías de acceso al área en donde se realizarán las obras o actividades del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), Manzanillo, Colima. 15
Mapa II. 5. Zonas de fondeo actuales y la propuesta para los buques. 24
Mapa II. 6. Uso de suelo y vegetación en el polígono del proyecto. ADV: Área desprovista de vegetación, AH: Asentamientos humanos, RP: Agricultura de riego permanente, RSP: Agricultura de riego semipermanente y permanente, VHH: Vegetación halófila hidrófila, VM: Manglar, VSa/S BC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia de acuerdo con datos de INEGI – Serie VII. 25
Mapa II. 7. Tipo de vegetación presente en el área del proyecto (Fuente: Grupo Selome). 27
Mapa II. 8. Localización del sitio de tiro para el vertimiento de los sedimentos dragados. 43

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Draga de succión con cortador de 23 000 kW. Fuente: Base de datos RHG Ingeniería. 42
Figura 2. Barcaza de 10 000 m3 de capacidad. Fuente: Base de datos RHG Ingeniería. 44
Figura 3. Delimitación de zonas y profundidades a dragar de las arcillas. Fuente: Proyecto arquitectónico de redimensionamiento, actualización, adecuación y optimización conceptual del redimensionamiento de la infraestructura y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán. 45
Figura 4. Imagen ilustrativa del proceso de Sand Blast. Fuente: RHG-Ingeniería, 2026. 47
Figura 5 Ejemplo de equipo marino para instalación tablestaca. Fuente: RHG Ingeniería. 48
Figura 6. Imagen ilustrativa del equipo de hinca. fuente: RHG-Ingeniería, 2026. 49
Figura 7. Procedimiento general de la construcción de la pantalla principal de la estructura de contención de rellenos. Fuente: RHG Ingeniería. 51
Figura 8 Procedimiento de Construcción de la pantalla secundaria de la estructura de contención de rellenos. Fuente: RHG Ingeniería 53

Figura 9. Ejemplificación de la instalación de tensores. Fuente: RHG Ingeniería, 2026. 55
Figura 10. Representación gráfica del proceso de construcción del cabezal de concreto. Fuente: RHG Ingeniería. 56
Figura 11. Proceso de vibroflotación. Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería. 59
Figura 12. Configuración de drenes en las etapas 1 y 2 del proyecto 60
Figura 13. Vialidades de la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería. 62
Figura 14. Vialidades de la Etapa 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería. 63
Figura 15. Sistema de vías férreas de la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería. 64
Figura 16. Sistema de vías férreas de la Etapa 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería. 65
Figura 17. Localización del Centro de investigación Ambiental Portuaria (CIAP). Fuente: RHG Ingeniería, 2026. 66
Figura 18. Distribución de las instalaciones dentro de la superficie destinada a la construcción del CIAP. 68
Figura 19. Sistema conceptual de Suministro de agua potable (conforme al documento anexo PE25-004-IP-005, Planteamiento Conceptual de redes principales, marzo 2026). 76

CONSULTA PÚBLICA

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

El proyecto "**Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"** tiene por objetivo la preparación del sitio, construcción, y operación/mantenimiento de la nueva infraestructura portuaria base del Puerto Nuevo Manzanillo, que se ubicará en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en el municipio de Manzanillo, Colima, México (Mapa II.1).



Mapa II. 1. Localización general del Puerto Nuevo Manzanillo, en el vaso II de la Laguna Cuyutlán, Colima.

Esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R) se realiza con el objeto de cumplir con lo dispuesto en los Art. 28 y 30 de la LGEEPA, así como los Art. 5, 10, 11 y 13 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental, y la misma se centrará en la descripción de las obras y actividades que son de competencia de la Administración del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA) de Manzanillo, para la habilitación del Puerto Nuevo Manzanillo y su equipamiento, las cuales se enlistan en la Tabla II.1. y posteriormente se describen con más amplitud en la Sección II.2.1.1.

Tabla II. 1. Obras de infraestructura y equipamiento básico del proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" que son motivo de esta MIA-R.

1. Obras de infraestructura	2. Construcción de infraestructura	3. Operación y Mantenimiento
• Dragado de mantenimiento en canal de acceso de Tepalcates. • Dragado de nuevos canales de navegación y zonas de atraque. • Instalación de tablestacado para delimitación y contención de zonas de relleno. • Relleno en zonas para el desarrollo de las futuras terminales portuarias en 2 etapas (Etapa 1: Terminales 1 y 2; Etapa 2: Terminales 3, 4, y 5).	• Edificios administrativos, de servicios y patios para camiones (Central de Emergencia, Centro Unificado Marítimo, Unidad Naval de Protección Portuaria). • Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) • Servicios e instalaciones básicos (red de energía, sistema de abastecimiento de agua potable, PTAR, drenaje y alcantarillado). • Vialidades y vías ferroviarias internas y externas (viaductos elevados). • Torre de control de tráfico marítimo. • Muelle de remolcadores. • Plataforma para reubicación de Torres de Alta Tensión de CFE.	• Actividades operativas a cargo de ASIPONA en el Puerto Nuevo Manzanillo (planeación de ingreso y salida de buques, mantenimiento de infraestructura portuaria – boyas, balizas, caminos, muelle de remolcadores -, seguridad y vigilancia al interior del recinto portuario) • Dragado de mantenimiento de los canales, dársenas y zonas de atraque del Puerto Nuevo Manzanillo.

CONSULTA PÚBLICA

La dinámica del desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo requiere que las obras a desarrollarse dentro del Recinto Portuario definido se lleven a cabo de manera segmentada, partiendo de una misma estructura base. Es por ello que es importante destacar que ya existen obras autorizadas en materia de impacto ambiental al interior y colindando con el Recinto Portuario, mismas que se enlistan a continuación y que serán consideradas para la evaluación de impactos acumulativos de este proyecto y de las MIAs de los proyectos subsecuentes que complementarán a esta MIA:

1. Terminal de Gas Natural Licuado (TGNL) KMS
2. Desvío Ferroviario Laguna de Cuyutlán
3. Túnel de conexión del Puerto de Manzanillo al Desvío Ferroviario
4. Modernización del camino Las Juntas Nuevas – El Aguacatillo – Las Canoitas
5. Modernización del camino E. C. (Armeria-El Paraíso) Cuyutlán
6. Nuevo Puente Tepalcates II
7. Ampliación de 4 a 6 carriles Autopista Armeria-Manzanillo
8. Barda perimetral del Recinto Portuario
9. Terminal Privada de Manejo de Combustibles: Terminal de Petrolíferos de LFG

También es importante señalar que habrán futuros estudios de impacto ambiental para cumplir la normativa respectiva de las demás obras y actividades que comprenden el proyecto total del Puerto Nuevo Manzanillo, mismas que incluirán, de manera individual pero vinculadas a esta Manifestación de Impacto Ambiental, de acuerdo con el estudio "Proyecto Arquitectónico de redimensionamiento, actualización, adecuación y optimización conceptual del redimensionamiento de la infraestructura y

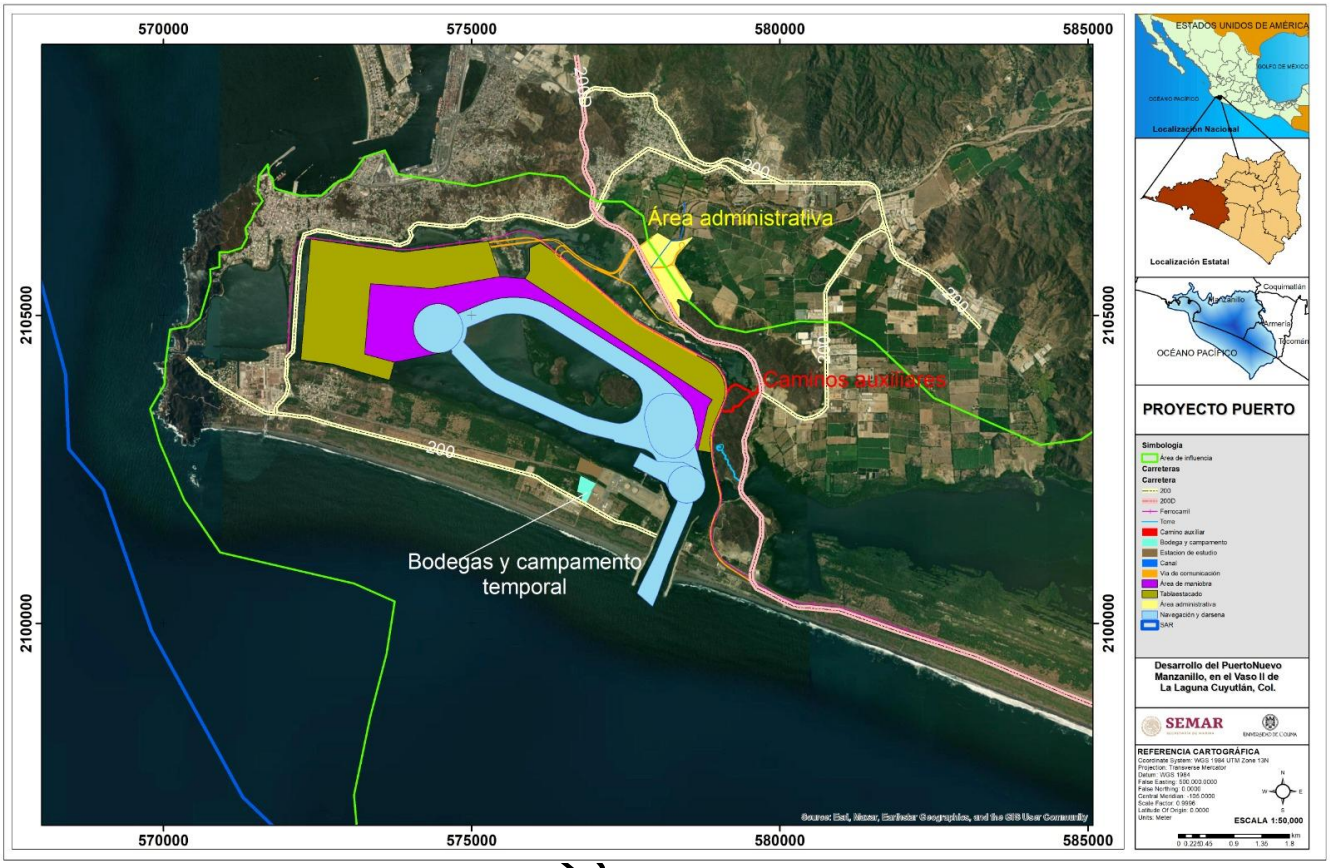
equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán; Informe del Modelo de Desarrollo Portuario" (Anexo PE25-004-IP-003, pág. 179), las siguientes:

- Terminal Privada para el Manejo de Combustibles: Terminal de Petrolíferos Porter
- Terminal de Almacenamiento y Distribución de PEMEX (aproximadamente 3.7 millones de barriles de almacenamiento de gasolina y diésel, tres muelles y capacidad para recibir hasta 5 buques petroleros.
- Terminales de Contenedores 1 y 2, con una superficie estimada de 95 y 82 ha, respectivamente. Un frente de atraque conjunto de 3,600 m y capacidad para recibir hasta 5 portacontenedores.
- Instalaciones para la Aduana de Importaciones con conexión a las vías de ferrocarril (al interior de las terminales).
- Instalaciones para una Aduana de Exportación (al interior de las terminales).
- Terminales especializadas de contenedores 3, 4, con una superficie de 63 y 82 ha, respectivamente y capacidad de 2.5 millones de TEU's anuales, y Terminal de Usos Múltiples 5.
- Desmantelamiento y Reubicación de las Torres de Alta Tensión de CFE

Bajo este contexto, es importante destacar que la presente MIA-R comprende exclusivamente las actividades enlistadas en la Tabla II.1 dentro del Recinto Portuario del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán y en algunas superficies colindantes al recinto (las obras que incluyen la construcción de una zona destinada a edificios administrativos, servicios y patios para camiones, así como el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se realizarán en áreas externas al Recinto Portuario, de las cuales se ha gestionado la adquisición de los predios), y cuyo desarrollo correrán a cargo de la ASIPONA Manzanillo, dejando las demás obras para su atención en otras MIAs (Tabla II. 2), mismas que ASIPONA, como autoridad rectora en el Puerto Nuevo Manzanillo, supervisará que se encuentren vinculadas a esta MIA, para que se puedan identificar y evaluar de manera adecuada los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales que se presentarán por el desarrollo completo del proyecto.

Se proyecta que la superficie prevista para el desarrollo del proyecto ocupe una superficie total de 1,004.45 ha.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa II. 2. Principales obras por realizar en el proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" – Zonas de dragado y relleno.

CONSU

Considerando que el propósito final del presente proyecto es la adecuación de nuevas áreas para la instalación de futuras terminales con vocación portuaria, se enlista en la tabla II.2 de manera informativa, el plan de usos futuros del Puerto Nuevo Manzanillo para una mejor visualización del alcance final del proyecto, los cuales se reiteran, quedan fuera del alcance de esta MIA-R, y llegado su momento, se realizarán los trámites pertinentes ante la autoridad ambiental para su evaluación y autorización. Sin embargo, dichas obras deberán de tomar como referencia este documento para el desarrollo de sus MIAs, con el fin de incluir sistemáticamente la correcta identificación y evaluación de impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, y cuya supervisión para que esto ocurra recaerá en la ASIPONA Manzanillo.

Tabla II. 2. Plan de usos futuros y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán.

Plan de usos futuros	Plan de equipamiento futuro
• Operadoras portuarias de las Terminales Especializadas de Contenedores (TEC's 1-4) • Operadora portuaria de la Terminal de Usos Múltiples (TUM 5) • Terminales Privadas para el manejo de combustibles (Porter y LFG) • Terminal de Almacenamiento y Distribución de PEMEX	• Aduanas y edificios administrativos para cesionarios. • Edificios administrativos para proveedores de servicios portuarios • Sistema de vigilancia perimetral

CONSULTA PÚBLICA

II.1.1 Naturaleza del proyecto, plan o programa

El presente proyecto se encuentra inmerso en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025-2030, en el Eje General 3 "Economía Moral y Trabajo", en donde se establece la necesidad de desarrollar infraestructura estratégica para tener un México mejor conectado, y en donde se incluye la modernización de puertos y la promoción de infraestructura para el comercio interno y transfronterizo. Asimismo, el Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) se enmarca en el "Objetivo 3.7: Mejorar la movilidad de personas y mercancías en todo el territorio nacional y transfronterizo, incrementando la competitividad del país mediante la consolidación de una red intermodal de infraestructura para un transporte eficiente, sostenible y seguro.", y la Estrategia 3.7.4. "Incrementar la conectividad regional a través del transporte aéreo y marítimo, con el desarrollo de infraestructura y adquisición de equipamiento, para ofrecer servicios seguros, modernos y sostenibles, que cumplan las normativas nacionales e internacionales y promuevan el dinamismo del sector turístico.".

De igual manera, derivado del PND 2025-2030, este proyecto se vincula con el Programa Sectorial de Marina 2025-2030, en donde para alcanzar la implementación efectiva de la PNM, se consolidó la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Marítimo (CIDEMAR), y se establece el objetivo 3, que busca "fortalecer la articulación institucional y la cooperación intersectorial entre dependencias de la administración pública federal para consolidar la implementación efectiva de la Política Nacional Marítima como instrumento de desarrollo nacional.".

La necesidad de construir nueva infraestructura portuaria en la Laguna de Cuyutlán fue establecida desde el Programa Nacional de Desarrollo Portuario 2007-2030, publicado en enero de 2008 por la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, en aquel entonces bajo la responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT). Actualmente los puertos marítimos en México están a cargo de la Secretaría de Marina (SEMAR), y la proyección del proyecto que nos ocupa, se describe en el actual Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2026-2031, en donde se pone de manifiesto las expectativas favorables del crecimiento de la economía mexicana a largo plazo. En este sentido, la realización de este proyecto forma parte de las actividades diseñadas para dar cumplimiento a lo establecido específicamente en el **Segundo Addendum** al Título de Concesión otorgado por el Ejecutivo Federal a favor de la Administración del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA) Manzanillo **el 13 de julio de 2016**, en donde se autoriza el uso, aprovechamiento y explotación de bienes del dominio público de la Federación en los Recintos Portuarios del Puerto de Manzanillo y del Vaso II del Puerto de Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima.

CONSULTA PÚBLICA

Como antecedentes para el desarrollo del proyecto Puerto Nuevo Manzanillo existen publicados en el DOF el "**DECRETO** de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, ubicado en el municipio de Manzanillo, en el estado de Colima" con fecha 20 de diciembre de 2011, y el "**ACUERDO** por el que se delimita y determina el recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima" con fecha 4 de agosto de 2023. En este tenor, además del Decreto y el Acuerdo previo, existen de igual manera los siguientes instrumentos normativos que dan sustento legal al proyecto que se presenta en esta MIA-R:

- Decreto que determina el recinto portuario de Manzanillo, Col, establece en el mismo una zona franca y sujeta, la de San Pedrito, el 13 de noviembre de 1973.
- Decreto por el que se amplía el recinto portuario de San Pedrito, jurisdicción de Manzanillo, Colima, en una superficie total de 722,953.28 1'12(sic) m^2, con fecha del 20 de abril de 1988.
- Acuerdo por el que se amplía la delimitación y determinación de los recintos portuarios del puerto de Manzanillo y su jurisdicción, del 17 de enero de 1994.

- Otorgamiento del Título de Concesión a favor de la Administración Portuaria Integral (API) Manzanillo, de fecha en el DOF del 2 de febrero de 1994.
- Addendum al Título de Concesión de fecha en el DOF del 23 de julio de 1999.
- Segundo Addendum al Título de Concesión, de fecha en el DOF el 13 de julio de 2016.
- Transferencia de la autoridad portuaria a la Secretaría de Marina, decreto publicado el 7 de diciembre de 2020.
- Cambio de denominación del titular de la concesión, de API a ASIPONA, de fecha en el DOF del 16 de noviembre de 2021.
- Tercer Addendum al Título de Concesión, con fecha en el DOF del 1 de diciembre de 2022.
- Cuarto Addendum al Título de Concesión, con fecha en el DOF del 28 de junio de 2023.
- Quinto Addendum al Título de concesión, con fecha en el DOF del 9 de noviembre de 2023.

Asimismo, derivado de las condiciones particulares para el desarrollo de este tipo de proyectos de infraestructura, esta Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R), comprende exclusivamente las obras y actividades referidas a la preparación del sitio del proyecto mediante la realización de estudios específicos, proyectos ejecutivos, preparación de obras auxiliares para la ejecución del dragado, relleno de superficies, así como la construcción consistente en el Centro de Investigación Ambiental Protuario (CIAP), las obras de dragado, tablestacado, relleno de la infraestructura base (plataformas) para las futuras terminales portuarias, edificios administrativos de ASIPONA, estacionamiento, vialidades (ferroviarias y para tractocamiones), Torre de Control Marítimo y demás obras que comprenderán el Puerto Nuevo Manzanillo, y cuya ejecución se realizará dentro del Recinto Portuario del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán y en zonas terrestres aledañas. Asimismo, incluye las actividades de mantenimiento de los canales de navegación y dársenas mediante dragado durante la etapa operativa del proyecto, así como el desarrollo de las actividades portuarias correspondientes a la ASIPONA Manzanillo. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo describir las obras y actividades del proyecto, para luego identificar y evaluar los posibles impactos ambientales significativos (acumulativos, sinérgicos y residuales) que pudieran ocasionar las actividades de preparación del sitio, construcción de canales de navegación y dársenas de ciaboga, instalación de tablestacas, construcción del CIAP, el relleno de la zonas para las futuras Terminales Especializadas de Contenedores (TEC's), Terminal de Usos Múltiples (TUM), y la construcción de edificios administrativos y redes de servicio (vialidades, agua y electricidad), así como la operación de las actividades portuarias a cargo de la ASIPONA Manzanillo y el mantenimiento anual de los canales de navegación y dársenas, en un Sistema Ambiental Regional (SAR) costero delimitado para dicho proyecto (Ver capítulo IV).

CONSULTA PÚBLICA

Por lo anterior, este tipo de proyecto requiere de autorización en materia de impacto ambiental de acuerdo con lo establecido por el artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como por el artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental en los siguientes supuestos:

A) HIDRÁULICAS

fracción III: **Proyectos de construcción de muelles, canales**, escolleras, espigones, bordos, **dársenas**, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, con excepción de los bordos de represamiento de agua con fines de abrevadero para el ganado, autoconsumo y riego local que no rebase 100 hectáreas.

fracción VI: Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales,

fracción VII: Depósito o relleno con materiales para ganar terreno al mar o a otros cuerpos de aguas nacionales;

fracción X: Obras de dragado de cuerpos de agua nacionales;

fracción XIII: Apertura de zonas de tiro en cuerpos de aguas nacionales para desechar producto de dragado o cualquier otro material,

B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN: **Construcción de** carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; **puertos, vías férreas**, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones **que afecten** áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, **ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales**,

O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS
fracción I: **Cambio de uso del suelo para actividades** agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, **de vías generales de comunicación** o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal,

Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS: **Construcción y operación de** hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, **muelles**, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, **vías generales de comunicación**, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, **que afecte ecosistemas costeros**,

R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES
fracción I: Cualquier tipo de obra civil,

Se contempla como elemento fundamental del proyecto, el desarrollo del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), primero en su tipo en los puertos mexicanos, que garantizará la protección, conservación y restauración de los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto y su SAR. De igual manera, se proponen e implementarán antes, durante y después de las actividades de preparación del sitio, construcción, y operación/mantenimiento, las medidas necesarias para prevenir, mitigar, controlar, y en su caso compensar, los efectos de los impactos ambientales significativos que potencialmente se presenten o puedan presentarse en los diferentes componentes tanto en el área de influencia como en el SAR, las cuales se encuentran detalladas en un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) (ver capítulo VI de esta MIA-R). Cabe destacar que también se contemplan medidas de conservación y restauración de los ecosistemas al interior del área de influencia del proyecto en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, así como en el SAR definido para el proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

II.1.2 Justificación y Objetivos del proyecto

II.1.2.1 Justificación

El proyecto **"Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"**responde a la necesidad de modernizar y fortalecer la infraestructura portuaria de Manzanillo, con el objetivo de incrementar su competitividad y funcionalidad, promoviendo el desarrollo socioeconómico y ambientalmente responsable en la región centro-occidente de México (ver anexo PE25-004-IP-002, Estudio de Mercado), así como a cumplir con los objetivos y estrategias establecidos en el PND 2025-2030, la PNM y el PMDPM 2026-2031. De igual manera, con el objeto de **garantizar** los compromisos en materia de conservación ambiental y de desarrollo sostenible del proyecto, es que el proyecto incluye, como elemento fundamental, el desarrollo de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), primero en su tipo dentro de los puertos mexicanos, que tendrá como función articular la investigación científica ambiental aplicada, el monitoreo ambiental portuario en tiempo real, la conservación y restauración ecológica derivada de las medidas de prevención, mitigación, control y compensación de la MIA del proyecto y su resolutivo, la educación ambiental y el desarrollo y validación de tecnologías ambientales.

El proyecto se sustenta en la necesidad de modernizar y ampliar la infraestructura portuaria de Manzanillo para fortalecer la competitividad económica y funcionalidad operativa del puerto más importante de México bajo un enfoque de desarrollo ambientalmente sostenible articulado con la operación fundamental del CIAP. Actualmente, el Puerto de Manzanillo moviliza más de dos tercios de la carga contenerizada nacional y una tercera parte de la carga total del litoral Pacífico Mexicano, lo que genera presiones operativas y logísticas significativas que se ven reflejadas en el aumento de tiempo de la cadena logística para el desembarque de las mercancías que llegan a sus instalaciones, y por ende, presiones en la competitividad del Puerto de Manzanillo, al preferir las Líneas Navieras realizar la carga y descarga de sus productos en otros puertos. Con base en la implementación del monitoreo de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde el entre 2022 y 2024, se han registrado las cifras producidas por emisiones directas, indirectas y procedentes de buques, logrando identificar que la principal fuente de GEI son los buques, a causa del alto tiempo de fondeo que pasan en espera de la liberación de sitios de atraque para ser atendidos. A esto se suma la saturación recurrente de la infraestructura vial en la ciudad de Manzanillo, ocasionada por el elevado flujo de camiones dentro y alrededor del recinto portuario, situación que en ocasiones ha llegado a paralizar la operación.

El **Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP)** vigente pone de manifiesto que, en la última década, la demanda de atención a embarcaciones de diversas líneas de negocio y mayores dimensiones ha incrementado significativamente. En este mismo documento se señala que el actual puerto ubicado en San Pedrito carece de espacio disponible para expansión debido al crecimiento urbano y a una planeación histórica insuficiente para lograr una relación puerto-ciudad armónica. Además, la infraestructura de navegación limita el arribo de buques de hasta 400 metros de eslora, lo que restringe la competitividad frente a las rutas marítimas internacionales.

Por lo anteriormente expuesto, la zona declarada como **"Puerto Cuyutlán"** en los documentos publicados por la ASIPONA Manzanillo, incluido el PMDP vigente, se referirá de aquí en adelante como "**Puerto Nuevo Manzanillo"**. Su desarrollo, bajo un esquema de planeación urbano-portuaria, se vuelve indispensable. La ampliación que se proyecta de las actividades portuarias hacia el Vaso II, contemplado desde 2007, y cuyo desarrollo inició desde esa fecha con las obras autorizadas de la Terminal de Gas Natural Licuado Manzanillo (TGNLM), el desvío ferroviario y el túnel ferroviario para el actual Puerto de Manzanillo, permitirá incrementar la capacidad instalada del puerto, mejorar los servicios de transporte marítimo de importación y exportación, integrar a México con las principales rutas del comercio internacional y evitar la repetición de los problemas urbanos y logísticos del puerto actual mediante una planeación adecuada. Asimismo, el desarrollo del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), como parte fundamental de este proyecto, permitirá, primeramente, garantizar el cumplimiento de los compromisos de protección, conservación y restauración ambiental, por medio de la generación de conocimiento y supervisión del desarrollo del puerto de una manera ambientalmente sostenible, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales de importancia en la zona de influencia y del sistema ambiental regional del proyecto. Se proyecta que este nuevo desarrollo portuario, alineado con necesidades locales, estatales, nacionales e internacionales, consolidará a Manzanillo como uno de los principales núcleos económicos del país, y un ejemplo de desarrollo de infraestructura sustentable.

CONSULTA PÚBLICA

Contexto económico y comercial

El fortalecimiento de la relación comercial entre Asia y México (Ledezma Boschini, 2025; Mendoza Cota, 2015) ha incrementado el flujo de mercancías contenerizadas provenientes de las economías más dinámicas del mundo. Esta tendencia ha rebasado la capacidad instalada del puerto actual, generando la necesidad de infraestructura adicional que permita operar simultáneamente con el Puerto de Manzanillo. En este sentido, el proyecto busca incrementar la productividad, competitividad y atracción de inversiones, impulsando el crecimiento económico nacional y el bienestar social mediante tecnologías verdes que garanticen un desarrollo sostenible.

De igual manera, de acuerdo con el PMDP 2026-2031, se menciona que el Puerto Nuevo Manzanillo incluirá, además de terminales para contenedores, un clúster energético que incluye el gas natural y los hidrocarburos, y la capacidad para atender los buques de grandes dimensiones (clase E) que no pueden ser recibidos por el Puerto de Manzanillo actualmente.

El Puerto de Manzanillo tiene como vocación natural el de un puerto comercial especializado en el manejo de carga contenerizada, que le proporciona una alta competitividad en el mercado. Además de los contenedores, el puerto actual maneja también granel mineral, carga general, petróleo y derivados, granel agrícola, vehículos, pesca y cruceros. En el área del proyecto del Nuevo Puerto Manzanillo se incluye el manejo del gas natural licuado (GNL).

El hinterland del actual puerto identifica los siguientes mercados relevantes: el mercado local, el Valle de México, la zona del Bajío-Occidente, el mercado de cabotaje, el Noreste y la costa este de Estados Unidos; mientras que el foreland incluye la costa oeste del Continente Americano y la Cuenca del Pacífico, destacándose los países de EUA, Canadá, Guatemala, Colombia, Ecuador, Chile, Japón, China, Taiwán, Corea, Indonesia, Malasia, Singapur y Filipinas. También se cuenta con intercambio comercial con la Unión Europea, Rusia, Oceanía y Sudáfrica.

Antecedentes ecológicos de la Laguna de Cuyutlán

La Laguna de Cuyutlán ha sido modificada artificialmente desde finales del siglo XIX para mejorar su circulación, revertir el azolvamiento y favorecer su calidad del agua. Su comunicación permanente con el océano —primero mediante un túnel, luego por el canal de Ventanas y actualmente por el canal de Tepalcates— ha incrementado la hidrodinámica interna y mejorado las condiciones ambientales que se ven reflejadas en una productividad primaria elevada, mayor biodiversidad, servicios ecosistémicos y la actividad pesquera en el sistema lagunar (Bernardes-González, 2021)

Aunque la laguna se encontraba en un proceso de degradación natural (Kjerfve, 1994; Patiño Barragán et al., 2008), su integridad ecológica actual de nivel medio-bajo puede mantenerse y mejorarse mediante una gestión adecuada. Con las obras realizadas entre 2006 y 2010, que incluyeron la apertura del Canal de Tepalcates, de 40 m de ancho a 450 m de ancho y 16 m de profundidad, el intercambio de agua entre los Vasos II, III y IV de la Laguna, y el frente marino, ayudaron a mejorar significativamente las condiciones ecológicas de la Laguna.

CONSULTA PÚBLICA

Sustento ambiental y regulación de uso de suelo

El presente proyecto se fundamenta respecto a la regulación de uso del suelo en el **Programa Maestro de Desarrollo Portuario** 2026-2031, para la definición de las áreas al interior del polígono del Recinto Portuario, en donde se localizan la mayor parte de las obras de este proyecto; así como en el **Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima (PMOTDU, 2025)**, para las zonas en las que se desarrollará infraestructura las Unidades de Gestión Ambiental Territorial (UGATs) 10, 13, 141, 77 y 136, son destinadas a la Política de Aprovechamiento Sustentable (Asentamientos Humanos), lo anterior se podrá observar con mayor detalle en el Capítulo III de esta MIA-R. Con base en lo anterior, y para garantizar la seguridad de los ecosistemas aledaños, se han considerado medidas de mitigación y compensación (detalladas en el capítulo VI) en esta MIA-R, teniendo como algunos ejemplos:

- Monitoreo ambiental en todos los vasos lagunares y frente marino adyacente, para asegurar la integridad funcional de los ecosistemas establecidos en el área del proyecto, su área de influencia y el SAR. El monitoreo incluirá indicadores de vegetación, fauna, indicadores físicoquímicos de calidad del agua, cuantificación anual de GEI's, hidrodinámica, estado del flujo hidrológico del manglar, su productividad natual, estado de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje en las zonas de manglar, entre otras.
- Programa de rescate, reproducción y reubicación de Flora

- Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de Fauna
- Programa de monitoreo comunitario, para fortalecer la participación y apropiación comunitaria en la conservación del entorno.
- Conservación y Protección Ambiental de las Islas Cocodrilos I y II, y la franja norte de vegetación del Recinto Portuario, por medio de la figura de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), que serán gestionadas por las Terminales que se instalarán en el puerto, y que ASIPONA incluirá su regulación en el contrato de cesión parcial de derechos respectivo.
- Programa de Reforestación con especies nativas de 23 ha de manglar, para coadyuvar a la restauración de este ecosistema en los Vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán.
- Programa de Monitoreo para la protección de cetáceos y tortugas marinas debido al Tráfico Marino, para prevenir y minimizar las posibles interacciones entre las actividades derivadas de la operación del proyecto y estos organismos.

Considerando lo anteriormente expuesto, la implementación de este proyecto tendrá un impacto general positivo al incrementar la capacidad operativa de los puertos de Manzanillo, fortaleciendo su competitividad global. También se generará empleo local y una mejora en la calidad de vida de la población al descongestionar las vialidades de acceso al puerto actual, contribuir a la disminución en la producción de GEI, aumentar la productividad, y coadyuvar a la conservación de los recursos naturales en el sistema ambiental regional del proyecto, atendiendo con énfasis los ecosistemas de mangle para continuar asegurando su integridad funcional y servicios ecosistémicos. Asimismo, promocionará el crecimiento económico sostenible de la región y garantizará servicios eficientes para exportadores, importadores y operadores de carga especializada, fortaleciendo la conectividad y la competitividad del país.

CONSULTA PÚBLICA

II.1.2.2 Objetivo

El objetivo del proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" es la construcción de la infraestructura base para un nuevo puerto en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán que a futuro opere simultáneamente al actual Puerto de Manzanillo, y con el que se proyecta la mejora de la productividad, la competitividad y la atracción de inversiones, y en consecuencia, se impulsará el crecimiento económico nacional y el bienestar social de los habitantes. Todo lo anterior, asegurando la integralidad funcional de los ecosistemas en el SAR del proyecto, con énfasis en el manglar, por medio de la construcción e operación de un Centro de Investigación Ambiental Portuaria (CIAP) que atenderá todos los efectos socioambientales y socieconómicos que se deriven del proyecto.

II.1.3 Selección del Sitio

Manzanillo tiene como vocación natural ser un puerto comercial, con alta competitividad en el manejo de carga contenerizada, conectividad, por su capacidad instalada, y la especialización que ha desarrollado. La ubicación geográfica, infraestructura existente y servicios del Puerto de Manzanillo, lo facultan para atender cargas que demandan economías de escala y altos rendimientos.

Para actualizar y aumentar la capacidad de intercambio comercial del actual puerto, el 9 de noviembre de 2023 se publicó en el DOF el Quinto Addendum al Título de Concesión otorgado por el ejecutivo federal a la ASIPONA Manzanillo S.A. de C.V. En dicho addendum, se incorporó una superficie adicional de 3,565,538.5056 m² (860,139.4009 m² de área de tierra y 2,705,399.1047 m² de área agua) al Recinto Portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo Colima.

Además de las ventajas estratégicas comerciales, otro beneficio de la selección de este sitio para la construcción del proyecto es que geográficamente se encuentra adyacente al actual puerto y se aprovechará la infraestructura carretera y ferroviaria existente. Por otra parte, en el Vaso II, se encuentra en operación el canal de entrada de Tepalcates para maniobras de los buques de la Terminal de Gas Natural Licuado de KMS, ya que desde 2007, con su construcción, se dio inició al desarrollo del puerto en el Vaso II, que ya había sido decretado Recinto Portuario.

Las características naturales del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, la hacen un sitio adecuado para asentar al nuevo puerto, puesto que al existir una barrera natural terrestre en la zona sur que lo separa del mar, la infraestructura tiene una protección natural de los huracanes y tsunamis, además, sus dimensiones la hacen adecuada para recibir buques grandes de última generación (tipo E).

En el mismo tenor, con base en el estudio denominado “Proyecto Arquitectónico de Redimensionamiento, actualización, adecuación y optimización conceptual del redimensionamiento de la infraestructura y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán" se realizaron los ajustes a la propuesta original del proyecto, respecto a la configuración de la infraestructura en el Vaso II, y en este capítulo se describen las obras correspondientes a la alternativa 3 del modelo de desarrollo portuario descrito en dicho documento que se anexa a esta MIA.

CONSULTA PÚBLICA

II.1.3. Ubicación Física y Dimensiones del Proyecto

El proyecto se ubica en el municipio de Manzanillo, Colima, dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en el litoral del Pacífico central mexicano. El municipio colinda con los municipios de Armería hacia el sureste y Coquimatlán al noreste, hacia el norte con el municipio de Cihuatlán, Jalisco. Hacia el Oeste colinda con el océano Pacífico.

El Vaso II de la Laguna de Cuyutlán se comunica con el océano Pacífico a través del canal de Tepalcates, y a su vez tiene conexión al Vaso I en el Oeste, y al Vaso III en la zona Este. Adicionalmente, en la zona central del Vaso II se encuentran unas islas denominadas “Cocodrilos I y II”. Finalmente, en la parte sur, se ubica la barra de Campos, en la que podemos encontrar la Terminal de Gas Natural Licuado de KMS que actualmente se encuentra en operaciones, y cuya construcción dió inicio al desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo

II.1.3.1. Representación Geográfica Regional del Proyecto

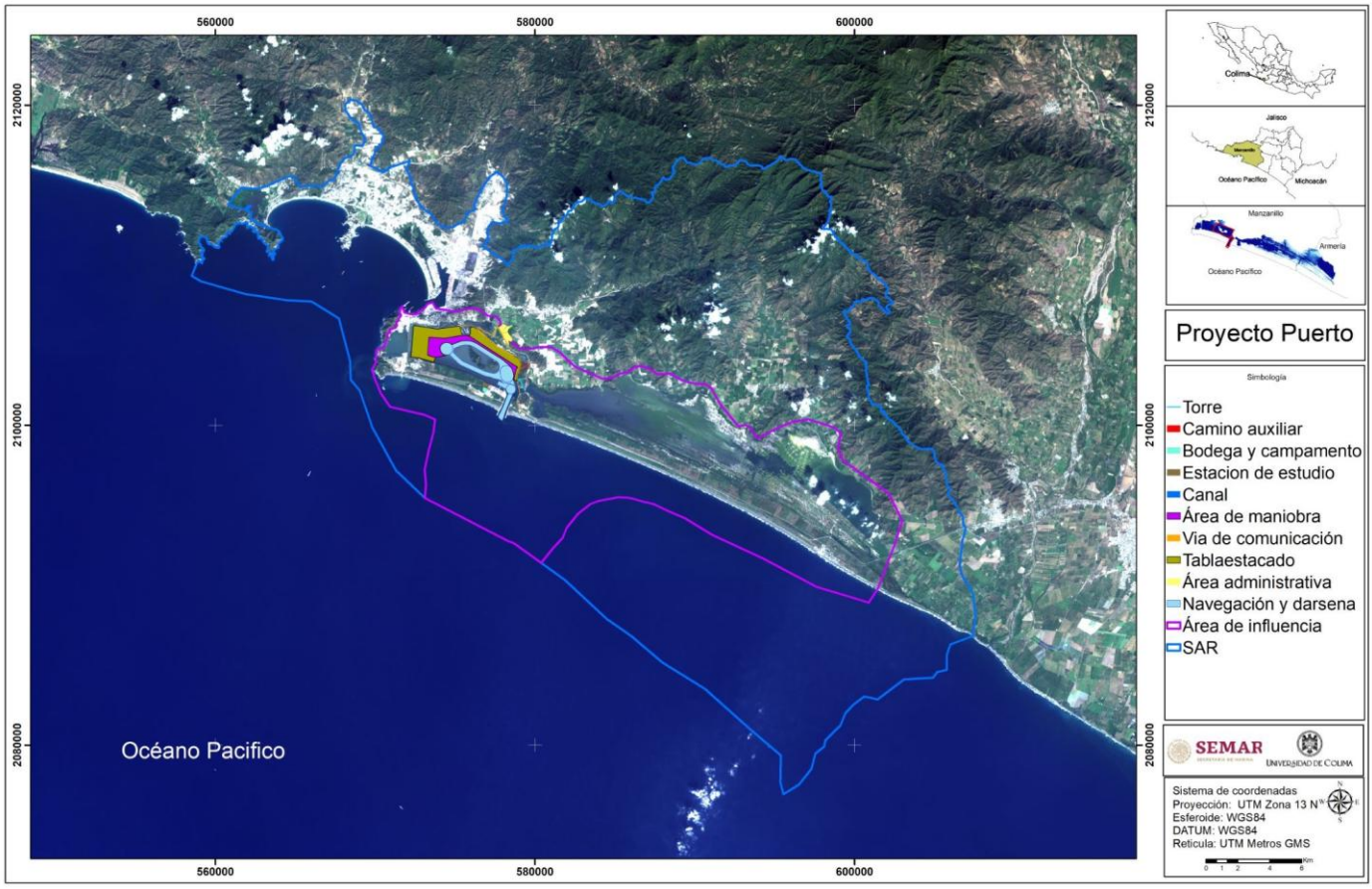
El proyecto se ubica dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, que se localiza en el municipio de Manzanillo, en el estado de Colima, aunque la Laguna se extiende hasta el municipio de Armería. En la zona Sur y Oeste encuentra el límite del océano Pacífico; en la parte sur, se ubica la Terminal de Gas Natural Licuado de KMS que actualmente se encuentra en operaciones. Finalmente, en la zona central del Vaso II se encuentran unas islas denominadas “Cocodrilos I y II”.

Las coordenadas UTM entre las cuáles se proyecta el desarrollo de las obras se presentan en la Tabla II. 3 y se presenta en el Mapa II. 3.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 3. Coordenadas UTM del proyecto.

Vértice	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	579150.107	2099933.830
2	574160.227	2099961.475
3	574177.092	2106561.878
4	579191.099	2106539.394

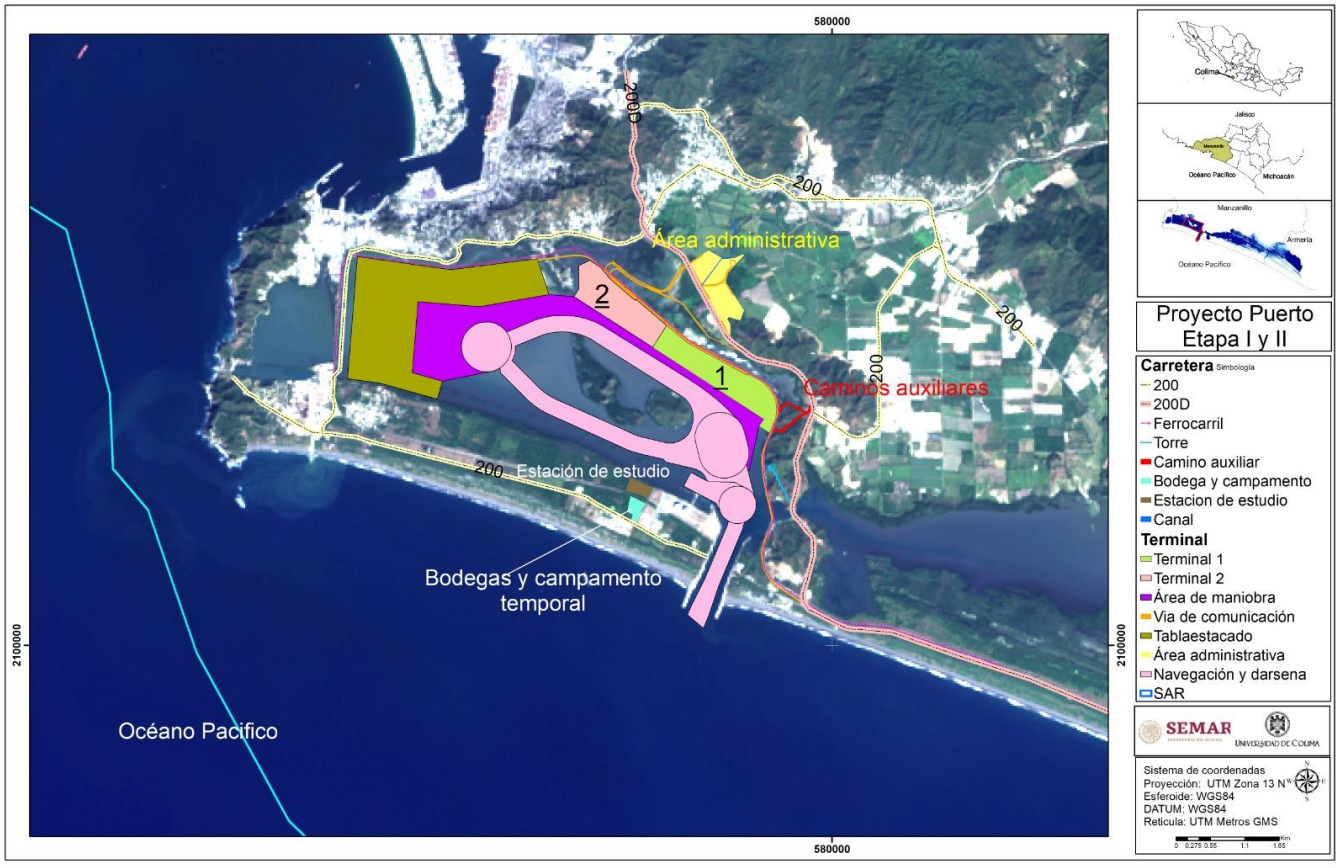


Mapa II. 3. Ubicación geográfica regional del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) en el municipio de Manzanillo, Colima.

II.1.3.2. Representación Geográfica Local del Proyecto

El proyecto se ubica en el interior del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán del municipio de Manzanillo, Colima. La superficie del desarrollo del proyecto, de acuerdo con lo establecido en el PMDP 2026-2031 y los decretos sobre el establecimiento del Recinto Portuario, incluyen la totalidad del Vaso II, más algunas áreas fuera del polígono del Recinto, en las que se desarrollarán el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), el área para almacenes, talleres, campamentos, el área administrativa de ASIPONA y el estacionamiento para la regulación de tractocamiones.

La vialidad más cercana es la Autopista Colima-Manzanillo ubicada al margen este del Vaso II, desde la que derivarán 3 caminos auxiliares al este del Vaso II. Hacia el norte, se ubica la carretera número 200 Colomo-Manzanillo. Finalmente, en el perímetro del Vaso II se encuentran las vías del ferrocarril que envuelven y delimitan al dicho vaso. Al sur del proyecto, para el acceso al CIAP y al área de almacenes, talleres, campamentos, a un costado de la Terminal KMS, se utilizará la carretera Costera Laguna de Cuyutlán (Mapa II. 4).



Mapa II. 4. Vías de acceso al área en donde se realizarán las obras o actividades del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), Manzanillo, Colima.

II.1.3.3. Dimensiones del Proyecto

La propuesta de ampliación, construcción y operación/mantenimiento de la infraestructura básica del Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la laguna de Cuyutlán será desarrollada en dos etapas, que en conjunto tendrán una superficie total de **1,004.45 ha** (Tabla II. 4).

La **Etapa 1** se desarrollará en una superficie de **663.13 ha**. Del total de la superficie de la primera etapa, los porcentajes y su superficie en ha corresponde a:

- El 1.16% (7.68 ha) se destina para el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP).
- El 56.15% (372.35 ha) corresponde a las zonas de los canales de navegación y dársenas, sobre el cuerpo de agua de la Laguna.
- El 27.83% está destinada al desarrollo de dos Terminales Especializadas de Contenedores, que representan 184.57 ha.
- El 3.73% (24.71 ha) corresponde a la zona del estacionamiento para tráilers.
- Las vialidades externas a la plataforma donde serán desarrolladas las terminales representan el 3.07% (20.35 ha)
- El área destinada para la localización de la zona administrativa y de servicios de ASIPONA (incluye UNAPROP), ocupa el 3.98% (26.41 ha) de la superficie total.
- El 2.15% (14.31 ha) corresponde a las líneas ferroviarias.
- La superficie designada para almacenes, talleres, campamentos abarca el 1.09% (7.21 ha) de la superficie total de la 1ª etapa.
- Para los caminos y muelles temporales se destina el 0.84% (5.54 ha)

La **Etapa 2** del proyecto considera una superficie total de **341.32 ha**, las cuales se distribuyen de la siguiente forma:

- El 46.95% está destinada al desarrollo de dos terminales especializadas de contenedores y una terminal de usos múltiples, que representan 160.27 ha.
- El 29.83% (101.81 ha) corresponde a la zona destinada para la reubicación de las torres de alta tensión de la CFE,
- El 12.66% (43.21 ha) serán destinadas a la construcción de las vialidades.
- El restante 10.56% corresponde a la superficie para la construcción de las vías de ferrocarril (aproximadamente 36.03 ha).

La decisión de dividir en dos etapas el desarrollo de la infraestructura portuaria en el Puerto Nuevo Manzanillo al interior del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, se fundamenta en las proyecciones de carga a ser manejadas por el sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán, siendo Cuyutlán donde se concentraría la carga contenerizada. Por lo tanto, se ha considerado que entre la TEC 1 y la TEC 2 tendrán la capacidad suficiente para cubrir la demanda del movimiento de Contenedores hasta el 2050. Considerando esto, el desarrollo de la segunda etapa será posterior a este año (Ver Anexo PE25-004-IP-002 Estudio de Mercado).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 4. Superficies de ocupación por etapas del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: RHG Ingeniería.

Superficie de ocupación del proyecto en las distintas etapas del proyecto constructivo			
Etapa 1			
Componente		**Superficie de afectación por obras permanentes (ha)**	**Superficie de afectación por obras permanentes (m²)**
Dragado de canales y dársenas		372.35	3 723 500
Subtotal canales de navegación y dársenas		**372.35**	**3 723 500**
Plataforma	TEC 1	95.00	950 000
	TEC 2	82.15	821 500
	Vialidades	7.42	74 200
Zona administrativa		13.13	131 300
UNAPROP		13.28	132 800
Estacionamiento		24.71	247 100
Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)		7.68	76 848
Vialidades externas	Superficial	9.36	93 600
	Elevada	10.99	109 900
Ferrocarril	Superficial	5.13	51 300
	Elevada	9.18	91 800
Obras Temporales asociadas al proyecto (almacenes, talleres, campamentos, etc.)		7.21	72 160
Caminos y muelles temporales		5.54	55 427
Subtotal Etapa 1		**663.13**	**6 631 300**
Etapa 2			
Plataforma	TEC 3	63.12	631 200
	TEC 4	82.15	821 500
	TUM 5	15.00	150 000
Vialidades	Superficial	39.67	396 700
	Elevada	3.54	35 400
Ferrocarril		36.03	360 300
Plataformas para Torres de CFE		101.81	1 018 100
Subtotal Etapa 2		**341.32**	**3 413 200**
Superficie total del proyecto (Subtotal Etapa 1 + Subtotal Etapa 2)		**1 004.45**	**10 044 500**

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se presentan las características técnicas del dragado y las zonas de relleno.

Tabla II. 5. Características del Dragado en la Etapa 1 y 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

Zona		Profundidad de dragado (m)	
		Etapa 1	Etapa 2
Canal de Acceso	Bocana	-19.00	-22.50
	Transición	-19.00 a -18.00	-22.50 a -21.00
	Acceso	-18.00	-21.00
Canal interior		-18.00	-21.00
Canal de navegación Norte		-18.00	-21.00
Canal de navegación Sur		-10.00	-21.00
Dársenas de ciaboga	1	-18.00	-21.00
	2	-18.00	-21.00
	3	-18.00	-21.00

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 6. Delimitación de las zonas de relleno en la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

Zona	Relleno (m)	Punto	Coordenadas	
			Norte	Este
Plataforma para futuras TEC 1 y 2	+4.5	1	2 102 807.5451	578 670.3409
		2	2 102 771.8471	578 878.6227
		3	2 102 892.8329	578 868.8658
		5	2 103 246.4439	578 928.2674
		4	2 102 947.7116	579 624.3829
		6	2 103 403.9273	578 995.8501
		7	2 103 565.7969	579 065.3520
		9	2 104 255.1008	578 825.6113
		8	2 103 779.8734	578 570.0501
		10	2 104 348.4957	578 651.9392
		11	2 104 811.9024	577 790.2138
		12	2 104 857.6726	577 708.4815
		14	2 104 883.3830	577 671.0203

Zona	Relleno (m)	Punto	Coordenadas	
			Norte	Este
		13	2 105 075.7990	577.830.6326
		15	2 104 946.1823	577 595.3144
		16	2 105 891.7452	576 484.0882
		17	2 106 059.4905	576 286.9056
		18	2 106 173.3424	576 111.8688
		19	2 106 091.6281	575.939.1165
		20	2 105 715.9757	575 939.1253
		21	2 105 591.3518	575 860.9273
		22	2 104 778.8651	577 120.7338
		23	2 103 627.9871	578 902.8650
		24	2 103 512.3653	578 670.3409
		1	2 102 8074.5451	578 870.3409

Tablas II. 7. Delimitación de obras complementarias y caminos auxiliares del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

Zona	Punto	Coordenadas	
		Este	Norte
Campamento		576765.181	2102393.88
	2	577012.644	2102269.71
	3	576932.377	2102142.61
	4	576945.697	2102133.46
	5	576847.006	2101939.47
	6	576764.999	2101981.07
	7	576804.547	2102097.96
	8	576709.816	2102138.33

CONSULTA PÚBLICA

Zona	Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
		Este	Norte		Este	Norte
Caminos auxiliares	1	579043.457	2103439.93	41	579162.727	2103824.83
	2	579057.128	2103477.52	42	579189.175	2103855.33
	3	579106.415	2103459.6	43	579214.374	2103866.61
	4	579138.113	2103459.6	44	579227.149	2103876.82
	5	579177.829	2103471.23	45	579248.748	2103884.37
	6	579202.702	2103460.17	46	579292.846	2103890.48
	7	579218.922	2103460.97	47	579360.068	2103868.86
	8	579219.821	2103463.25	48	579440.803	2103817.67
	9	579217.297	2103489.77	49	579487.534	2103802.01
	10	579229.27	2103517.69	50	579546.927	2103762.88
	11	579256.514	2103540.85	51	579577.154	2103742.96
	12	579285.979	2103540.01	52	579595.353	2103751.7
	13	579322.654	2103546.56	53	579614.604	2103764.66
	14	579350.655	2103578.39	54	579617.322	2103770.97
	15	579387.576	2103624.11	55	579618.991	2103785.59
	16	579430.008	2103660.92	56	579626.927	2103855.09
	17	579455.534	2103675.48	57	579690.874	2103858.94
	18	579512.844	2103712.09	58	579693.273	2103819.01
	19	579535.098	2103722.77	59	579662.858	2103817.18
	20	579524.92	2103729.48	60	579658.733	2103781.05
	21	579469.882	2103765.74	61	579656.395	2103760.57
	22	579423.488	2103781.28	62	579646.695	2103738.04
	23	579342.96	2103832.35	63	579615.281	2103716.9
	24	579289.293	2103849.61	64	579584.261	2103702.01
	25	579258.189	2103845.3	65	579532.337	2103677.07
	26	579246.795	2103841.31	66	579476.223	2103641.24
	27	579235.367	2103832.18	67	579453.249	2103628.13
	28	579213.593	2103822.43	68	579416.435	2103596.19
	29	579199.246	2103805.89	69	579381.256	2103552.82
	30	579195.197	2103789.53	70	579343.517	2103509.65

CONSULTA PÚBLICA

Zona	Punto	Coordenadas		Punto	Coordenadas	
		Este	Norte		Este	Norte
	31	579190.156	2103764.67	71	579288.954	2103499.91
	32	579174.67	2103750.16	72	579270.725	2103500.43
	33	579166.58	2103742.07	73	579262.333	2103493.3
	34	579157.555	2103731.18	74	579258.085	2103483.39
	35	579150.223	2103719.17	75	579260.551	2103457.47
	36	579131.049	2103712.59	76	579246.638	2103422.29
	37	579136.976	2103769.04	77	579195.157	2103419.75
	38	579146.852	2103778.91	78	579174.99	2103428.72
	39	579153.491	2103785.13	79	579143.849	2103419.6
	40	579156.164	2103798.31	80	579099.367	2103419.6

CONSULTA PÚBLICA

Canales de navegación

Las zonas de navegación en los canales ubicados en el interior del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán considera las recomendaciones de diseño del Manual de Dimensionamiento Portuario, Recomendaciones de Obras Marítimas, recomendaciones emitidas por el PIANC, las normas BS, etc.

Con base en lo anterior y considerando una embarcación de diseño de 400 m de eslora y una manga de 62 m, bajo las condiciones físicas existentes en la zona de proyecto, el ancho de la plantilla en la bocana del canal de acceso será de 316 m en una longitud de 270 m, posteriormente se tendrá una transición para pasar de 316 m de ancho a 250 m, esta transición tendría una longitud de 450 m. El resto de la plantilla del canal de acceso sería de 250 m y con una longitud de 917.82 m, con lo cual, el canal de acceso tendría una longitud total de 1,637.82 m.

En lo que respecta a las dársenas de ciaboga, la dársena existente (No. 1), mantiene su diámetro de 600 m de eslora en la Etapa 1, ya que esta solo será utilizada por los buques gaseros de la empresa KMS y por los buque tanques de la empresa LFG. La dársena de ciaboga No. 2, que se localiza hacia el norte del canal de acceso, tendrá un diámetro de 800 m.

La dársena de ciaboga No. 3, que se localiza en la zona noroeste del Vaso II de la laguna de Cuyutlán, se propone con un diámetro de 800 m, similar a la dársena No. 2. Lo anterior se fundamenta que esta zona en particular de la laguna, durante marea baja queda expuesto el fondo marino, implicando que la única zona profundizada sería la dársena de ciaboga y con las paredes a una distancia corta de la embarcación (100 m aproximadamente) podrían presentarse problemas de succión de la embarcación hacia las paredes de la dársena, asimismo, la visión que se tendría desde el puente de mando del buque sería deficiente por la altura del puente de mando con respecto a las orillas de la dársena.

Respecto a los canales de navegación interna, se tendrá un canal localizado hacia el norte de la Laguna (canal de navegación Norte), paralelo a los muelles de las TEC´s, con un ancho de plantilla de 200 m. Este canal conectará la dársena de ciaboga No. 2 con la dársena de ciaboga No. 3. El segundo canal se localizará al sur de las islas cocodrilo (canal de navegación Sur),

contará con un ancho de 200 m y conectará la dársena de ciaboga No. 3 con la dársena de ciaboga No. 2 (Mapa II. 4).Mapa II. 4. Vías de acceso al área en donde se realizarán las obras o actividades del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), Manzanillo, Colima.

En la Etapa 1 de desarrollo del presente proyecto, el canal principal de navegación interna será el canal Norte, lo que significa que este canal será el que se use para entrar y salir del puerto, mientras que el canal Sur quedará reservado para las embarcaciones de la Secretaría de Marina. En la Etapa 2, el canal Norte será utilizado solo de entrada, desde la bocana hasta la dársena de ciaboga No. 3 y el canal sur exclusivamente de salida, esto es, desde la dársena de ciaboga No. 3 hasta la bocana con el fin de reducir los tiempos de maniobra de entradas y salidas en el futuro Puerto Nuevo Manzanillo.

Zona de fondeo

Se proponen dos zonas de fondeo denominadas E (Echo) y F (Foxtrot), adicional a las cuatro previamente establecidas (Alfa, Bravo, Charly, Delta) y utilizadas para las maniobras portuarias actuales en Manzanillo, Colima. Uno de los polígonos propuestos se ubica en la zona marina frente a la barra de arena del vaso II de la Laguna de Cuyutlán abarcando una superficie de 1,927,763.29 m^2. El segundo polígono se ubica frente a los vasos III y IV contemplando una superficie de 11,191,637.834 m^2 (Tabla II. 8, Mapa II. 5).

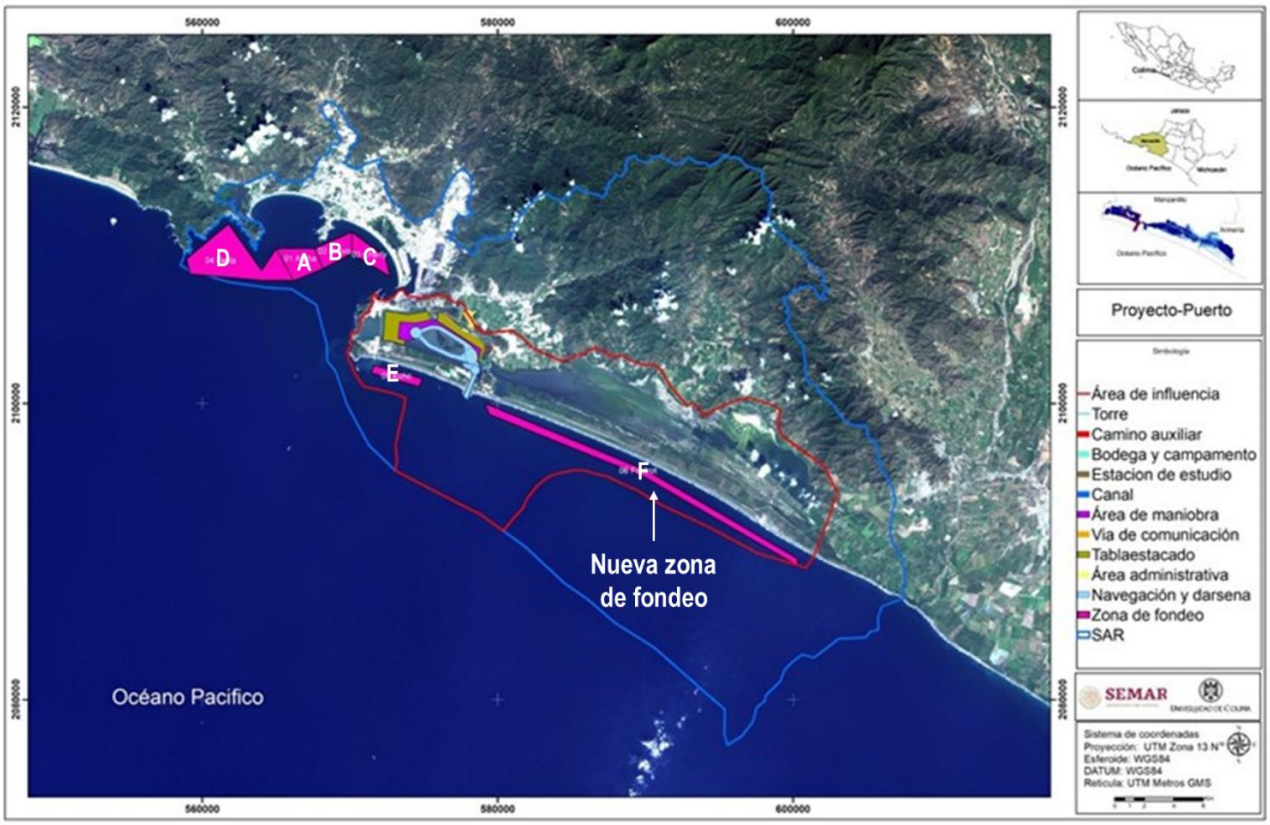
CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 8. Superficies y coordenadas UTM de las zonas de fondeo existentes y las propuestas para el Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán.

Zona de fondeo	Superficie		Anotaciones	Vértices	
	Ha	m2		Este	Norte
A - Alpha	442.25	4 422 502	Para buque tanques y cargas peligrosas	568173	2109104.5
				566177	2108285.8
				564994.4	2110457.8
				567589.4	2110467.1
				568173	2109104.5
B - Bravo	344.407	3 444 065	Embarcaciones > 5 000 TBR	570127.6	2111564.7
				570133	2110144.7
				568173	2109104.5
				567589.4	2110467.1
				570127.6	2111564.7
C - Charly	308.514	3 085 137	Embarcaciones < 5 000 TBR	572378.3	2109913.6
				572716.8	2108550.1
				570133	2110144.7
				570127.6	2111564.7
				572378.3	2109913.6
D - Delta	1 395.607	13 956 073	Peña Blanca	564994.4	2110457.8

Zona de fondeo	Superficie		Anotaciones	Vértices	
	Ha	m2		Este	Norte
				566177	2108285.8
				564055.1	2108296.7
				559143.7	2108741.4
				558930.1	2109755
				561780.2	2112125
				564017.7	2108979
				564994.4	2110457.8
E - Echo	192.776	1 927 763	Nuevo Manzanillo 1	571629.9	2102575.9
				574910.4	2101661.3
				600304.3	2101136.6
				571421.5	2102044.0
				571629.9	2102575.9
F - Foxtrot	1 119.163	11 191 637	Nuevo Manzanillo 2	579129.5	2099996.9
				590225.7	2095399.8
				600304.3	2089538.5
				600344.0	2089011.2
				589901.0	2095049.7
				579406.1	2099284.3
				579129.5	2099996.9

CONSULTA PÚBLICA



Mapa II. 5. Zonas de fondeo actuales y la propuesta para los buques.

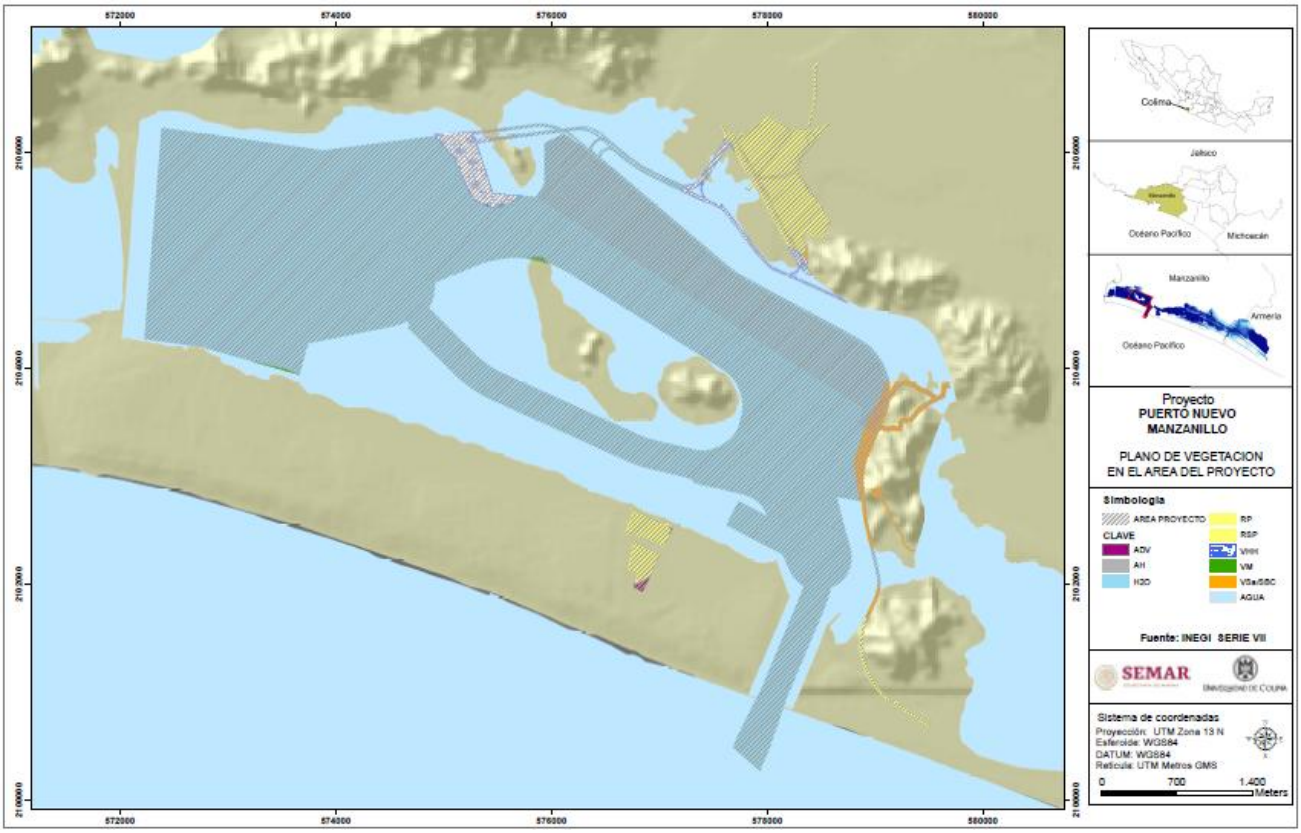
II.1.3.4. Uso actual del Suelo en el Sitio del Proyecto

De acuerdo con el Conjunto de datos escala 1:250 000, serie VII de INEGI, la superficie del proyecto corresponde a 13 247 071 m^2, de los cuales el 90.21 % corresponde al cuerpo de agua perteneciente a la laguna (11 949 801 m^2). De los usos de suelo registrados se encuentran los de agricultura de riego semipermanente y permanente, agricultura de riego permanente, y asentamientos urbanos. Por otra parte, la vegetación presente corresponde a 279 669 m^2 de vegetación halófila hidrófila, 195 176 m^2 de Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia y 7 061 m^2 de Manglar (Tabla II. 9, Mapa II. 6). La información más detallada y precisa de las superficies de vegetación (corroboradas con el trabajo de campo), se presentan en el Capítulo IV de esta MIA.

Tabla II. 9. Tipos de uso de suelo y vegetación en el área del proyecto de acuerdo con la serie VII del INEGI.

Uso de suelo	ha	m^2	%
Agricultura de riego semipermanente y permanente	61.9551	619 551	4.68
Agricultura de riego permanente	17.5031	175 031	1.32

Asentamientos humanos	1.2779	12 779	0.10
Vegetación halófila hidrófila	27.9669	279 669	2.11
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	19.5176	195 176	1.47
Manglar	0.7061	7 061	0.05
Desprovisto de vegetación	0.8003	8 003	0.06
Cuerpo de agua	1 194.9801	11 949 801	90.21
TOTAL	**1 324.7071**	**13 247 071**	**100**



Mapa II. 6. Uso de suelo y vegetación en el polígono del proyecto. ADV: Área desprovista de vegetación, AH: Asentamientos humanos, RP: Agricultura de riego permanente, RSP: Agricultura de riego semipermanente y permanente, VHH: Vegetación halófila hidrófila, VM: Manglar, VSa/S BC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia de acuerdo con datos de INEGI – Serie VII.

II.1.3.5. Superficie de vegetación destinada a cambio de uso de suelo

Considerando que la superficie total de intervención del proyecto es de 10,044,500 m^2 , se realizó una descripción general de la vegetación presente (la información detallada de este componente se encuentra en el Capítulo IV de esta MIA-R).

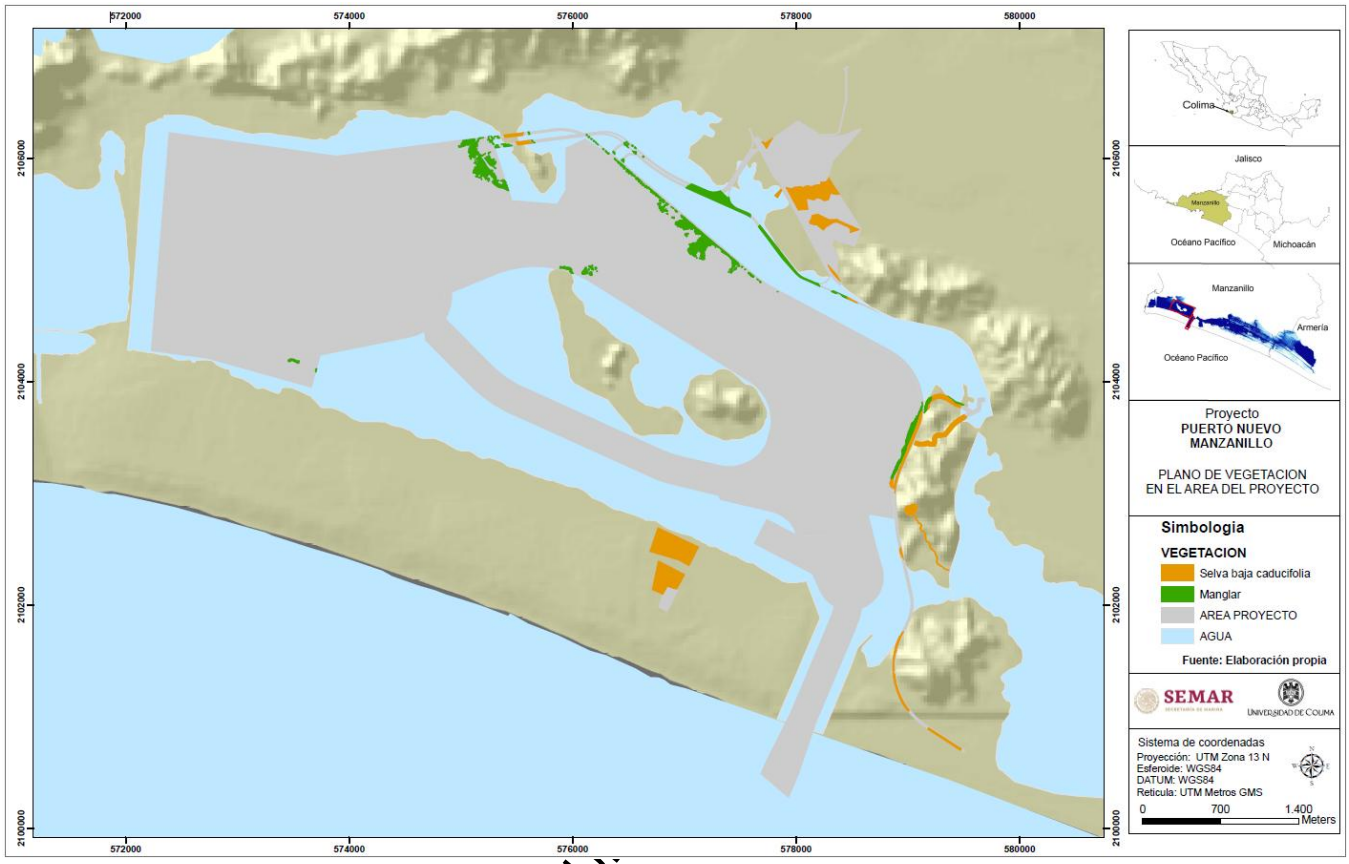
Los resultados de los monitoreos realizados en la zona del proyecto para caracterizar la vegetación y determinar las superficies susceptibles para cambio de uso de suelo, arrojaron que la superficie de vegetación a afectar por la implementación del presente proyecto es de 214,200 m^2 de manglar y 319,800 m^2 de Selva baja Caducifolia (SBC), lo que representa un 40 y 60%, respectivamente, de la cobertura total registrada en el área del proyecto (Tabla II. 10, Mapa II. 7).

Teniendo en cuenta lo anterior, actualmente se encuentra en ejecución un estudio técnico justificativo para cambio de uso de suelo en terrenos forestales para esta superficie.

Tabla II. 10. Tipo de vegetación presente en el área del proyecto.

Vegetación		ha	m^2	%
Manglar		21.87	218 700	39.29
Selva baja Caducifolia	Vegetación primaria	8.98	89 800	60.71
	Vegetación secundaria	24.81	248 100	
TOTAL		**55.66**	**556 600**	**100**

CONSULTA PÚBLICA



Mapa II. 7. Tipo de vegetación presente en el área del proyecto (Fuente: Grupo Selome).

CONSU

II.1.4. Inversión Requerida

La inversión requerida aproximada para la realización del proyecto “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)” que se describen en esta MIA-R se realizará por medio inversión pública (Dirección General de Puertos y Marina Mercante), aunque para los proyectos específicos de Terminales, que tendrán su propia MIA, la inversión será privada (concesionarios).

La inversión pública se enfocará en solventar las obras que se describen en este estudio, como son las de dragado de construcción y mantenimiento, así como las obras complementarias, las vías de conectividad terrestre y adecuación de áreas de reserva para el puerto. En la Tabla II. 11 se desglosan los montos de inversión por etapa.

Tabla II. 11. Desglose de los montos de inversión por etapa para el proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)".

Etapa	Año	Inversión
[redacted]	[redacted]	[redacted]
	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]
	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	

CONSULTA PÚBLICA

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

La construcción del nuevo recinto portuario en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán surge de la necesidad de fomentar el crecimiento sostenible establecido en el Programa Maestro de Desarrollo Portuario de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2026-2031 de la ASIPONA Manzanillo. Se proyecta realizar la preparación del sitio y construcción del presente proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" en una ventana de tiempo aproximada de entre cinco y siete años para la etapa 1 a iniciar una vez obtenida la autorización ambiental, y otros 5 a 7 años para la etapa 2 a iniciarse en el 2050, una vez que la capacidad de las terminales en la etapa 1 se haya consolidado. Se aprovechará la existencia del canal de Tepalcates que es una infraestructura que opera actualmente y que se utiliza para que los buques descarguen gas natural a la TGNLM-KMS situada en el interior del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán.

Para la implementación de todas las obras del presente proyecto se seleccionó un diseño que pretende la conservación de los dos islotes que se encuentran dentro del vaso II de la Laguna de Cuyutlán mediante la construcción de dos canales de navegación alrededor de los mismos. Las zonas de relleno, destinadas a las futuras Terminales portuarias, se ubicarán en la zona noreste y oeste del vaso lagunar, y serán rellenadas con parte del material producido en las actividades de dragado.

Condiciones físicas de la zona del proyecto

CONSULTA PÚBLICA

La zona en la que se desarrollará el proyecto Puerto Nuevo Manzanillo corresponde a un vaso de una Laguna costera, mismo que fue decretado Recinto Portuario desde 2007, y cuyos trabajos iniciaron con el desarrollo de la Terminal de GNL de KMS y la ampliación del Canal de Tepalcates, que pasó a tener de 400 m de ancho a los actuales 450 m. Las condiciones previas del ecosistema lagunar establecían una tendencia negativa, al presentar grandes niveles de azolvamiento en los vasos II, III y IV, por lo que la apertura del Canal de Tepalcates, mejoró significativamente las condiciones de todo el ecosistema al permitir un intercambio de agua de manera significativa, particularmente a los vasos II y III.

Para el proyecto actual, se consideraron las condiciones hidrodinámicas que prevalecen en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, como la batimetría, las corrientes y el rango de mareas (2002-2024), describiéndose de manera general a continuación y a detalle en el capítulo IV y sus anexos. El análisis detallado de las condiciones del fondo marino brindó información fundamental sobre la profundidad del agua, pendientes del fondo, composición de los sedimentos, la presencia de obstáculos y otros datos importantes para la organización y planificación de las actividades de dragado y diseño de las obras a construir.

Con base en los estudios de mecánica de suelos desarrollados por el equipo técnico a cargo del diseño de obra, se encontró que la estratigrafía en la zona de proyecto permite reconocer tres formaciones principales, la más superficial está conformada generalmente por depósitos arcillosos de consistencia errática, muy blanda a muy firme, que se prolonga a una profundidad que oscila entre -3.5 y -5.5 m. Le siguen suelos arenosos que en su mayoría se encuentran medianamente compactos, y se extienden a una profundidad que varía entre -5.5 y -8.8 m. Finalmente aparece el Estrato Resistente constituido por arenas muy compactas, dando lugar incluso a reconocerlos como geomateriales, con algunos estratos compactos no continuos, que se prolonga hasta el final de los sondeos, es decir, más allá de 31 m (Tabla II. 12).

Tabla II. 12. Resultados de los estudios de mecánica de suelos realizados en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Fuente: RHG Ingeniería.

Características generales de los suelos presentes en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán					
Formación	Característica	Horizonte (m)		Espesor (m)	Material
		Superior	Inferior		
1	Suelos arcillosos de resistencia errática: muy blanda a muy firme	Entre -0.3 y -2.8	Entre -3.5 – y 5.8	3.2-5.3	Arcilla o arcilla muy poco arenosa (CH) color café gris, gris o gris oscuro, con vestigios de concha. Su consistencia es errática ya que va de muy blanda a muy firme.
2	Suelos arenosos medianamente compactos	Entre -3.5 y -5.8	Entre -5.5 y -8.8	1.2 – 5.0	Arena mal graduada (SP, SP-SM), mayormente en estado medianamente compacto con estratos sueltos a compactos no continuos, color café gris, gris o gris oscuro, con poca pedacería de concha.
3	Arena muy compacta (geomaterial)	Entre -5.5 y -8.8	>-30.9	>23	Asociado al Estrato Resistente se encuentran arenas mal graduadas (SP, SP-SM) color café gris, gris claro o gris oscuro, en estado muy compacto (geomaterial), con algunos estratos compactos no continuos, con poca pedacería de concha.

CONSULTA PÚBLICA

Rango de mareas

En el Puerto de Manzanillo la marea se clasifica como mixta semidiurna, lo cual significa que a lo largo del día se presentan dos pleamares y dos bajamares con un rango de 70 cm, con la particularidad de que las segundas pleamares y bajamares se amortiguan progresivamente (Galicia, *et al.* 2006).

Corrientes superficiales

Las corrientes dominantes en la zona costera frente a la Laguna de Cuyutlán son paralelas a la costa con componentes ESE y ONO que no penetran en el canal de acceso. La intensidad máxima de la corriente observada es de aproximadamente 1.3 m/s, mientras que la mínima de 0.1 m/s. De manera general, suelen registrarse velocidades entre 0.3 y 0.8 m/s.

La zona interna de la laguna puede verse afectada por corrientes locales, ocasionadas principalmente por el flujo y reflujo de la marea entre los distintos vasos lagunares. Durante la época de lluvias se produce una importante corriente de desagüe entre el Vaso III y Vaso II que se presenta en la zona de maniobra de la dársena de ciaboga No. 1. En lo que respecta a la velocidad

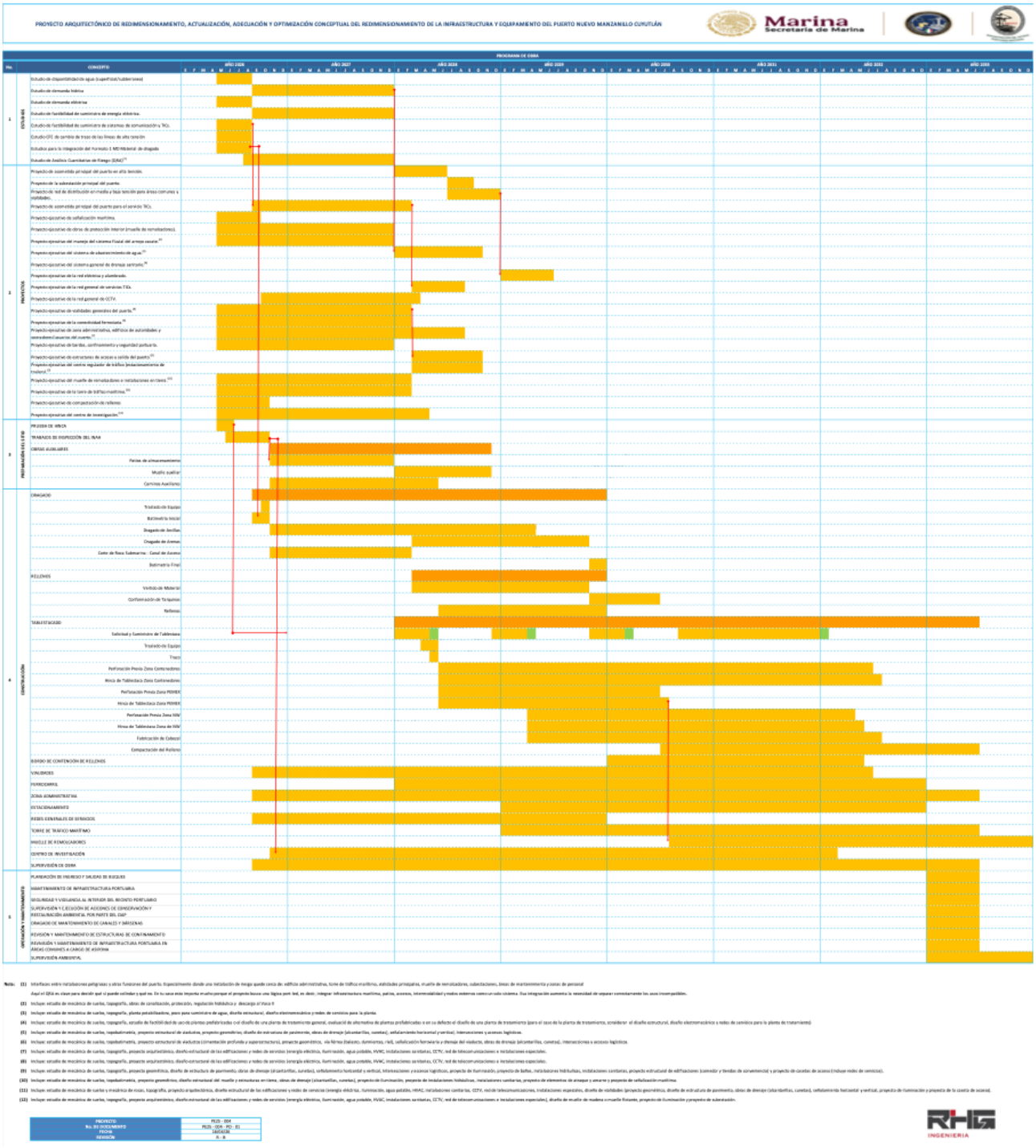
de corriente predominante en el interior de la Laguna de Cuyutlán, es de aproximadamente 0.3 m/s, asociada al flujo y reflujo de la marea (RHG Ingeniería, 2026).

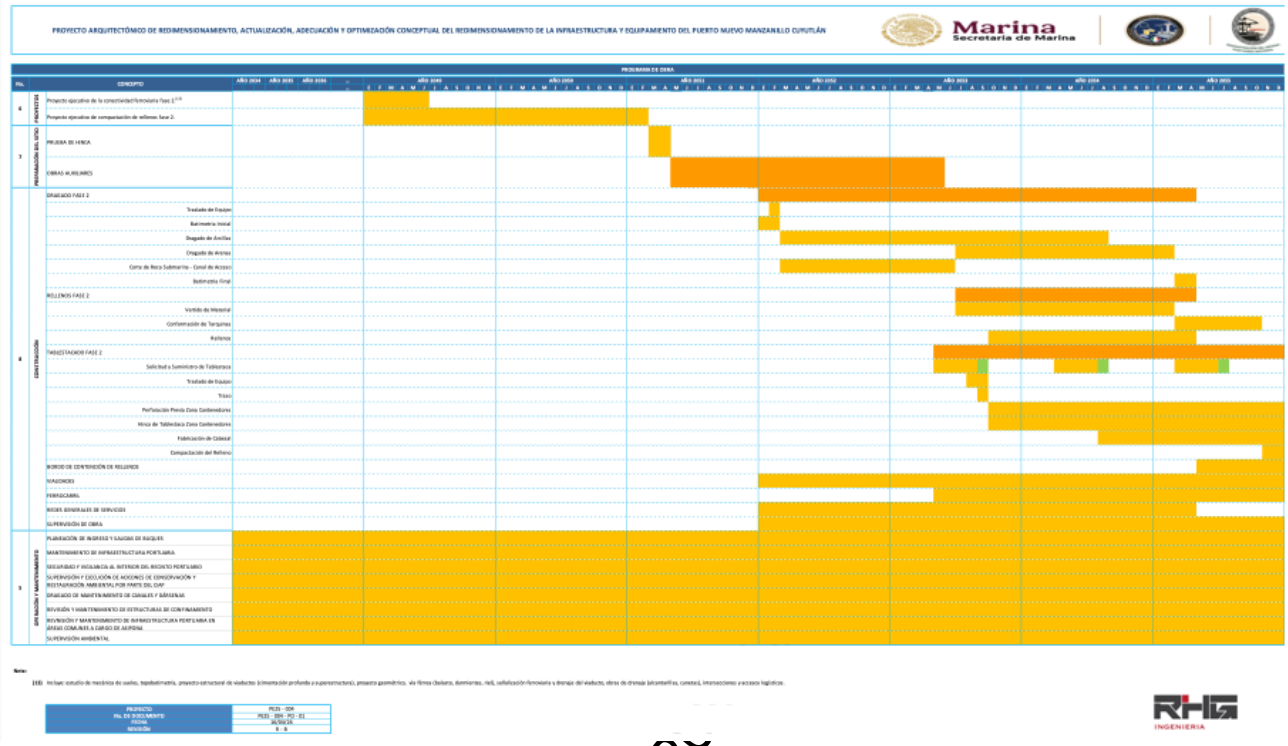
II.2.1 Programa de trabajo

El proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) está programado para desarrollarse a lo largo de aproximadamente cinco a siete años. Las actividades preparatorias y de dragado están orientadas a iniciarse a finales de 2026, y concluir en 2033 (Tabla II. 13), mientras que las operaciones de las TEC´s 1 y 2, cuyas MIA's estarán a cargo de los concesionarios, están proyectadas para estar en servicio entre 2031-2033, que es cuando iniciarían las actividades operativas de ASIPONA descritas en este capítulo, de acuerdo con los cronogramas de los coordinadores portuarios a cargo del presente proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 13. Programa General de actividades que se realizarán en las Etapas 1 y 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) (se anexa el archivo para mejor visualización).





CONSULTA PÚ

II.2.1.1 Descripción de las Obras y Actividades en las Etapas de Preparación del Sitio, Construcción y Operación/Mantenimiento del Proyecto

De manera general, el proyecto del desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo será llevado a cabo en 2 Etapas en lo que respecta al alcance de las obras y actividades motivo de esta MIA-R.

Las actividades en la etapa de **preparación del sitio** son comunes a ambas Etapas, e incluyen lo siguiente:

- Realización de estudios de: disponibilidad de agua, demanda hídrica, demanda eléctrica, factibilidad de energía eléctrica, factibilidad de suministro de sisteamas de comunicación y TIC's, cambio de trazo de las líneas de alta tensión, integración del formato 1 MD material de dragado y análisis cualitativo de riesgo.
- Elaboración de proyectos ejecutivos para: acometida principal del puerto en alta tensión, subestación principal del puerto, red de distribución en media y baja tensión para áreas comunes y vialidades, acometida principal del puerto para el servicio TIC's, señalización marítima, obres de protección interior (muelle de remolcadores), manejo del sistema fluvial del arroyo Zacate, sistema de abastecimiento de agua, sistema general de drenaje sanitario, red eléctrica y alumbrado, red general de servicios TIC's, red general de CCTV, vialidades generales del puerto, conectividad ferroviaria, zona administrativa, edificios de autoridades y operadores/usuarios del puerto, bardas, confinamiento y seguridad portuaria, estructuras de acceso y salida del puerto, centro regulador de tráfico

(estacionamiento de tráilers), muelle de remolcadores e instalaciones en tierra, torre de tráfico marino, compactación de rellenos y centro de investigación ambiental portuario.

- Actividades de rescate de flora, fauna, ahuyentamiento de fauna; desarrollo de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales; monitoreo de fauna, flora, calidad del agua.
- Trabajos de inspección del INAH.
- Ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por medio del desmonte y despalme de la superficie destinada a la instalación de Talleres, Almacenes, Campamentos, Oficinas Temporales, CIAP, áreas administrativas, estacionamiento, etc.
- Trazo y nivelación para áreas del CIAP, talleres, almacenes, campamentos, oficinas temporales, áreas administrativas, estacionamiento, etc.
- Instalación de Muelle Provisional para atraque, carga y embarque de materiales para el tablestacado
- Llegada de equipamiento, materiales y maquinaria para actividades de dragado de mantenimiento y construcción
- Dragado de mantenimiento Canal de Tepalcates

En el caso de las actividades en la etapa de **construcción**, se dividirán en 2 Etapas, mismas que incluirán:

Etapa 1

- Instalación de Tablestacas
- Dragado de construcción para canales de navegación, dársenas y áreas de Terminales
- Construcción de muros de contención y muelle de remolcadores
- Relleno de áreas para Terminales 1 y 2, PEMEX; incluye actividades de mejoramiento del terreno
- Excavación, cimentación y construcción de áreas administrativas y estacionamiento
- Excavación, cimentación y construcción del CIAP
- Excavación, cimentación y construcción de Torre de Control Marítimo
- Construcción de vialidades (carreteras y férreas)
- Instalación de servicios básicos (luz, agua, alcantarillado, drenaje, IT, etc.) derivado de los proyectos ejecutivos

CONSULTA PÚBLICA

Etapa 2

- Instalación de Tablestacas
- Dragado de construcción para canales de navegación, dársenas y áreas de Terminales
- Construcción de muros de contención
- Relleno de áreas para Terminales 3, 4, 5 y 6, Torres de Alta Tensión de CFE; actividades de mejoramiento del terreno.
- Construcción de vialidades (carreteras y férreas)

Por último, para el caso de la etapa de **operación y mantenimiento**, que corresponden a ASIPONA, se incluye:

- Actividades operativas de ASIPONA: planeación de ingreso y salida de buques; mantenimiento de infraestructura portuaria – boyas, balizas, caminos, muelle de remolcadores -; seguridad y vigilancia al interior del recinto portuario.
- Actividades de supervisión, conservación y restauración ambiental por parte del CIAP.
- Dragado de mantenimiento de canales y dársenas.
- Revisión y mantenimiento de Estructuras de confinamiento.
- Revisión y mantenimiento de infraestructura portuaria en las áreas comunes a cargo de ASIPONA Manzanillo.

II.2.2. Preparación del sitio y construcción

II.2.2.1. Actividades iniciales

Elaboración de proyectos ejecutivos

Durante el periodo que se llevan a cabo la preparación del sitio de las instalaciones provisionales de la obra y construcción de los caminos de acceso, se realizarán los proyectos ejecutivos para las acciones específicas de construcción de la primera etapa. Se determinan las cuantificaciones de obra, requerimientos de personal, materiales, y programación específica de cada infraestructura del proyecto.

Actividades de prevención de impactos

Previo a las actividades de preparación del sitio de las instalaciones provisionales de la obra y construcción de caminos de acceso, se realizarán las actividades preventivas de rescate de flora y fauna de los sitios a intervernir por el proyecto, así como su ahuyentamiento, en caso de aplicar. Se reforzarán los viveros a cargo de la ASIPONA para recibir los especímenes rescatados y se tendrán los estudios de capacidad de carga de los Vasos III y IV para determinar la capacidad de recepción de especies de fauna rescatadas en el Vaso II.

Ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales

Una vez obtenida la autorización para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales y previo a la construcción de las instalaciones provisionales y caminos auxiliares, se ejecutarán las acciones del cambio de uso de suelo por medio del desmonte y despalme de los terrenos autorizados. El material que se obtenga se trozará para reducir su tamaño y se almacenará en las mismas áreas del proyecto autorizado para ser utilizado posteriormente en las actividades del mejoramiento del terreno en las áreas verdes.

CONSULTA PÚBLICA

Levantamiento topográfico y batimétrico

Durante el periodo que se llevan a cabo la preparación del sitio de las instalaciones provisionales de la obra y construcción de los caminos de acceso, se realizan los levantamientos topográficos y batimétricos de las áreas que corresponden al proyecto y se colocan las referencias necesarias que serán ocupadas durante el proceso de construcción. Se cuantifican los volúmenes de obra, y se concilian con la supervisión de la obra y se informa a la residencia de ASIPONA Manzanillo, sobre la existencia de diferencias de volúmenes con respecto a los volúmenes de presupuesto contractual en caso de que existan en mayor o menor diferencia.

Construcción de instalaciones provisionales

Las Instalaciones provisionales de campo, como oficinas de campo, talleres de mantenimiento y de construcción, almacenes de materiales, comedor y caminos de acceso para ingreso al muelle de carga y caminos de acceso para ingreso a la obra deberán contar con el permiso y autorización por parte de la residencia de ASIPONA Manzanillo, con base al planteamiento y necesidades de espacio planteado por la empresa contratista, donde las áreas necesarias para construir las instalaciones provisionales se encuentren libres de impedimentos y permisos.

Por las características propias de proyecto y por el tiempo de ejecución de las obras, las oficinas de campo se instalarán en el lugar más cercano a la obra, contando con el suministro de energía eléctrica (plantas portátiles de energía eléctrica), agua potable (tanques de almacenamiento), servicios sanitarios portátiles suficientes.

En el caso del almacén de materiales contará con un espacio techado y con estantes para materiales menores y unas 36 plataformas para almacenar los perfiles de acero (viguetas) 2,650 piezas de 15.00 y 2,650 piezas de 31.50 m de longitud, tablestacas 2,650 piezas de 25.00 m y 2,650 piezas 15.00 m con todos sus diferentes tipos de conectores, tensores y herrajes metálicos, considerando que las estibas no deben ser altas, y espacios suficientes para maniobras de carga y estiba con grúas y plataformas con dolly para su traslado.

El taller de mantenimiento para maquinaria contará con un cobertizo amplio y una fosa para mantenimiento y reparación de equipo mayor como grúas, tractocamiones, remolcadores y lanchas y un tanque para almacenamiento de combustible (diésel) con capacidad suficiente para el suministro del equipo en tierra y el marítimo.

En el caso de talleres de construcción se construirán cuatro talleres a cubierto con suficiente altura para el área de limpieza mecánica (sand blast), dos para perfiles de acero viguetas 31.50 m y de 15.00 m y dos más para tablestacas de 25.00 m y de 15.00 m, así como sus áreas para estiba, almacenaje, para maniobras de descarga y carga con Grúas y plataformas con Dolly para su transporte.

Por lo que corresponde al proceso de protección anticorrosiva que llevarán las tablestacas, viguetas, tensores y herrajes de conexión se deberán construir otros cuatro talleres a cubierto con altura suficiente para la aplicación de las protecciones dos para viguetas de 31.50 m y 15.00 m y dos para 25.00 m y 15.00 m. así como los espacios necesarios para estiba, almacenaje, maniobras de descarga y carga con grúas y plataformas con dolly para su transporte.

En estos espacios de talleres están considerados los depósitos a tanques para residuos sólidos y líquidos, incluyendo su manejo y disposición final, que el personal de impacto ambiental de la empresa contratista controlará, así como las medidas de mitigación necesarias a implementar para no incurrir en faltas con lo indicado en el resolutivo de impacto ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

En lo que corresponde a la construcción de los caminos de acceso, estos se realizarán con entendido de que serán utilizados durante los tiempos de lluvias y que serán lo suficientemente amplios considerando un sentido de ida y otro de regreso con plataformas cargadas con materiales y el paso para tránsito pesado y de maquinaria, estos caminos estarán contemplados en el interior para interconexión entre el almacén y los talleres, así como el de acceso a las instalaciones provisionales de obra y los que van al muelle de carga. La construcción de estos caminos contará con una estructura de terracerías apropiada, como la instalación de una subrasante, subbase y base, con bombeo y las pendientes que la topografía propia del lugar obligue a su construcción.

Es importante también contemplar dentro de los caminos de acceso a la obra el ingreso a la zona de construcción en forma directa, considerando que la construcción de los muros de tablestaca y perfiles de la pantalla principal y secundaria se encuentran en el extremo opuesto al de las Instalaciones provisionales de obra, y que por necesidad es necesario construir caminos de acceso con estructura de terracerías de las mismas características que los anteriores caminos de acceso con un embarcadero provisional para lanchas que trasladen al personal de construcción.

Debido a la ubicación del proyecto es necesario construir un comedor con todos los servicios que esto requiera, como suministro de agua potable, energía eléctrica, gas, servicios sanitarios, y aire acondicionado para el personal, técnico, administrativo, mecánico, operadores y obrero, con capacidad para 150 personas.

Muelle para carga de tablestaca y perfiles de acero

Con base a las necesidades del proyecto la empresa contratista construirá dentro de la Laguna de Cuyutlán un muelle provisional para atraque y carga de los perfiles de acero y tablestaca para el muro principal y el muro secundario, cuya ingeniería, proyecto ejecutivo y costo de construcción están incluidos dentro del presupuesto de tablestacado de las TEC´s 1 y 2.

Para la construcción del muelle, se considera un primer planteamiento que consiste en una cimentación a base de pilas de concreto de 1.20 m de diámetro coladas en sitio de 21.50 m de longitud, una superestructura con una losa de concreto armado de 1.00 m de espesor, de 52.50 m de longitud por 25.00 m de ancho, con su pantalla de atraque y trasera, con relleno en parte anterior del muelle, con un enrocamiento formando un talud 1:1 y un relleno con material calidad subrasante, subbase y base para formar el acceso al muelle que va a ser utilizado para carga de perfiles metálicos y tablestaca para su transportación marina hasta el sitio de construcción de los muros indicados en el proyecto ejecutivo.

De acuerdo con el programa de obra se solicitarán y adquirirán los materiales para construcción de las pilas, como es el acero de refuerzo, las placas de acero para la fabricación de los ademes, las secciones de cimbras perdidas y recuperables, la fabricación del escantillón para construcción de las pilas y después para el hincado de tablestacas. Así como el ingreso del equipo solicitado, cortadoras de varilla y dobladoras de varilla eléctricas, para el taller de corte y habilitado de acero de refuerzo, soldadoras de combustión para ejecutar los empalmes soldables de los armados de las pilas en las varillas de 1” de diámetro en adelante que el proyecto indique. Conforme llega el equipo, también ingresará el personal obrero (cuadrillas de fierreros) y operadores para las grúas y para los tractocamiones que se encargarán de transportar los armados de las pilas al sitio de construcción del muelle.

CONSULTA PÚBLICA

Durante el proceso de corte, habilitado y armado del acero de refuerzo para las pilas del muelle, se realizará el levantamiento topográfico y batimétrico donde se ubicará el muelle y se complementa con el levantamiento batimétrico que anteriormente se realizó para la elaboración del proyecto de dragado. De igual forma se fabricarán los ademes metálicos, las cimbras metálicas tanto las secciones no recuperables (perdidas), como las recuperables en el taller de soldadura. En el proceso de habilitado del acero de refuerzo de las pilas del muelle la cuadrilla de fierreros emplea las cortadoras y dobladoras eléctricas y continua con su proceso otra cuadrilla de fierreros que se encarga de armar el acero de refuerzo de acuerdo con los diámetros y secciones indicadas en los planos del proyecto, tomando en consideración que los empalmes de varillas cuyo diámetro es de 1” en adelante deben ser uniones soldables y que no debe haber más del 30% en una misma sección.

Conforme se van terminando los armados de las pilas, una cuadrilla de soldadores iniciará con las uniones soldables, realizando los cortes biselados con los equipos de corte oxi-acetileno y ejecuta los empalmes empleando ángulos de acero de respaldo y en la unión soldable emplean electrodos E-7018 o lo que indique el proyecto con la utilización de las plantas de soldar. El ingeniero responsable de los trabajos del muelle informará y solicitará a la supervisión de la obra la revisión y autorización de los armados de las pilas a los que se realizaron las uniones soldables, a los cuales ya les fueron realizadas las pruebas no destructivas y que el personal de laboratorio de radiografías contratado entregará los reportes donde corrobora que las uniones soldables cumplen con la calidad de los trabajos de soldadura.

Durante el periodo de fabricación de los ademes, las cimbras metálicas, escantillón y fabricación de armados de las pilas, se integrará al proyecto el equipo para construcción de las pilas, personal obrero operadores para grúa, equipo de perforación, chalan o Flexi-Float, remolcador, lanchas con motor fuera de borda, plantas de soldar, compresor estacionario de 250 PCM, tubo Air-Lif y el tubo tremie. De acuerdo con las fechas indicadas en el programa de obra conciliado con la residencia de ASIPONA Manzanillo y la supervisión de la obra, se iniciarán a los trabajos de construcción de la pilas, ordenándose a la

cuadrilla de topografía realizar el trazo del primer eje de pilas, para que se proceda a mover el equipo de construcción de pilas, realizando las maniobras necesarias para subir la grúa al chalan en el sitio preparado con anticipación y con la grúa se ejecutan las maniobras para cargar al chalan el equipo de perforación, planta de soldar, compresor, tubo Air-Lif, tubo tremie, escantillón, perfiles de acero ligeros, el ademe, la cimbra metálica perdida, recuperable de las pilas y el armado de la pila. Los maniobristas y operadores avisarán que se encuentra todo lo necesario para que se le indique al operador del remolcador que traslade al chalan al sitio de construcción indicado por el personal de topografía.

El Ingeniero responsable de los trabajos de la empresa contratista, le informará a la supervisión de la obra sobre el inicio de los trabajos para que verifique y autorice, los trazos y niveles de la primer pila y se autorice la actividad de perforación, se posicione el chalan con los sancos y se instale el escantillón con la grúa y con base al trazo del proyecto se fija el ademe metálico con perfiles metálicos en la parte superior del escantillón, y se monta a la grúa el equipo de perforación y de acuerdo al cheque topográfico de la supervisión de la obra, se autorizará el trabajo de perforación empleando la broca y bote adecuado con el tipo de material indicado en el estudio de mecánica de suelos en el interior del ademe, no sin antes verificar la verticalidad de la perforación y se de inicio a la perforación y extracción del material producto de la perforación, depositándolo lateralmente a un lado del escantillón. Conforme avanza la perforación al interior del ademe este va bajando, se continuará la perforación hasta el nivel de desplante indicado en el proyecto, se insertará la cimbra perdida con la cimbra recuperable y se recuperará el ademe metálico.

Se realizará la colocación de las donas de concreto al armado de la pila para asegurar que el recubrimiento del acero de refuerzo indicado en los planos se cumpla, se realizarán las maniobras de estrobado, izaje del armado de acero de refuerzo de la pila entre los maniobristas y el operador de la grúa, la cual colocará el armado en el interior de la cimbra metálica, respetando los niveles indicados en los planos. Se le informará a la supervisión de la obra de los trabajos ejecutados para que sean verificados y autorice el vaciado de concreto de la pila. La empresa contratista contratará con anticipación al inicio de los trabajos, el servicio de suministro de concreto, el equipo de bombeo y el laboratorio, el cual se programará durante la ejecución de los trabajos, para que cuando se autorice el vaciado de concreto, llegue el volumen de concreto necesario y el personal de laboratorio que verifica el tiempo de traslado, revenimientos y saca las muestras del concreto suministrado para llevar a cabo las pruebas de resistencia del concreto.

CONSULTA PÚBLICA

Para el vaciado de concreto se empleará una cubeta con compuerta manual que es llenada por la olla que transportará el concreto a la obra, la cubeta se izará con la grúa y se acoplará al tubo tremió con estrobos, se abrirá la compuerta manual y se varciará el concreto de la cubeta al tubo tremie hasta llenar completamente la pila, durante el proceso de vaciado con el tubo tremie se realizará un chaqueteo con el apoyo de la grúa, con la finalidad de realizar un mejor acomodo del concreto en el interior de la cimbra hasta llegar al nivel tope de colado considerando para este tipo de trabajo dejar el nivel superior de concreto 1.00 m, arriba del nivel de proyecto, con la finalidad de que el concreto de la pila sea concreto sano y el metro de concreto arriba del nivel de proyecto sea demolido, considerando que pudiera estar contaminado. Una vez terminado el vaciado de concreto se dejará reposar el concreto para que termine de fraguar y adquiera su resistencia, los cual permitirá retirar la cimbra recuperable, dicha actividad debe realizarse con buzos equipados con su equipo de buceo y con apoyo de la grúa que se encuentra arriba del chalan. Toda la secuencia de trabajo descrita anteriormente para la construcción de las pilas se repite hasta el terminar de construir la última pila indicada en el proyecto.

Durante el proceso de construcción de las pilas, el personal del taller de soldadura habilitará y forjará las mordazas, perfiles de acero para la obra falsa y la cuadrilla de carpintería habilita la cimbra de contacto para la superestructura del muelle, para trabes, contratrabes, losa y muros pantalla y de igual forma la cuadrilla de fierreros corta y habilita el acero de refuerzo para la superestructura. Es importante considerar que conforme avanza el proceso de construcción de las pilas, también se

realizará el descabezado de pilas, con personal obrero, ocupando para la demolición del concreto el compresor estacionario con pistolas neumáticas para la demolición del concreto contaminado que quedo arriba del nivel de proyecto, empleando balsas y andamios que son trasladados con el apoyo de lanchas con motor fuera de borda, teniendo la precaución de que el material producto de la demolición sea depositado en las balsas y sea retirado hasta el sitio autorizado por la SEMARNAT.

Continuando con el proceso de construcción del muelle y de acuerdo con el programa de obra el ingeniero responsable de los trabajos de la empresa contratista, le indicará al personal de topografía, realizar la colocación de niveles y ejes en la pilas de concreto ya descabezadas, para iniciar con la colocación de las mordazas metálicas que fueron fabricadas en el taller de soldadura y que servirán de apoyo para instalar la obra falsa, formada por perfiles de acero y sobre estos se coloque la cimbra de contacto, como es el fondeo de la losa, trabes, contratrabes, muros pantalla.

Para la instalación y fijación de las mordazas se empleará balsas fabricadas con tambos vacíos de 200 l, polines y tablones de madera, a las que se les montan andamios para trabajar en altura y alcanzar el nivel donde se instalan las mordazas, las cuales son acarreadas y trasladadas en las balsas con el apoyo de lanchas con motor fuera de borda. Las mordazas se instalarán y se fijarán con tornillos de 1" de Ø X 4", no sin antes realizar las perforaciones en la pila, con lo cual se sujetará y fijará la mordaza en el nivel requerido, esta actividad es ejecutada por la cuadrilla de maniobristas y carpinteros de obra negra, que tienen experiencia en obras marítimas. Conforme avanza la colocación de mordazas otro grupo de trabajo trasladará las viguetas de acero que forman la obra falsa y las acarrearán en las balsas hasta donde fueron instaladas las mordazas, las subirán y las sujetarán a las mordazas formado cuadrículas con base a las áreas del proyecto. Es importante mencionar que la obra falsa que es formada por las viguetas de acero son secciones que serán producto de un diseño y cálculo derivado de una distribución de cargas para vigas simplemente apoyadas en sus extremos y de este cálculo se derivará la sección y peralte de la viga que se utiliza en la obra falsa para la superestructura.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con el avance de colocación de obra falsa, otro grupo de trabajo formado por cuadrillas de carpinteros de obra negra que habilitó la cimbra de contacto para la superestructura, acarrearán los fondos y costados de trabes, contratrabes, losa y muros pantalla, empleando balsas y las lanchas para su traslado hasta el sitio de su instalación, respetando los ejes y niveles que el personal de topografía referencio con anticipación, los fondos de la cimbra de contacto se fijarán a la obra falsa ya colocada, y posteriormente los costado de trabes, contratrabes y muros pantalla, alineado los costados así como la colocación de sus troqueles para rigidizar los costados.

La cuadrilla de fierreros que terminó de habilitar el acero de refuerzo durante el periodo de colocación de la obra falsa y fondeo de la superestructura iniciará con el traslado del acero de refuerzo habilitado para la superestructura de acuerdo a los diámetros indicados en los planos del proyecto, e iniciará con el armado de la superestructura de acuerdo con las secciones y diámetros indicados en los planos del proyecto, conforme va terminando, se colocarán las calzas de concreto en la parrilla inferior y en los costados para respetar el recubrimiento del acero de refuerzo durante el proceso de vaciado de concreto. Durante el periodo de colocación del acero de refuerzo el personal de topografía ubicará y realizará el trazo del sitio donde se deben de instalar y fijar las anclas para las bitas de amarre y las anclas para las defensas marinas.

Una vez que se terminan de colocar las anclas de las bitas y defensas, y se concluye la colocación de costados en las paredes de las pantallas de superestructura, se realizará el troquelamiento exterior de la cimbra, se alineará y nivelarán los costados exteriores, y se le indicará a la cuadrilla de topografía que verifique la cimbra y coloque las referencias para el vaciado de concreto. La cuadrilla de albañilería que será responsable del vaciado de concreto en la superestructura iniciará con la actividad de limpieza, sopleteando toda el área de colado, el ingeniero responsable de los trabajos avisará a la supervisión de la obra, sobre el término de los trabajos de la superestructura para que los verifique y autorice el vaciado de concreto, el cual

se habrá programado con anticipación para su suministro, incluyendo la bomba de concreto. Adicionalmente deberá considerarse que, para el proceso las condiciones ambientales sean las óptimas para evitar condiciones de lluvia o calor extremo que produzca efectos negativos al concreto. Una vez que se cuenta con la autorización de la supervisión de la obra para realizar el vaciado de concreto de la superestructura, se solicitará el suministro de concreto, la bomba de concreto, el personal de laboratorio y se prepararán los vibradores de concreto, plantas de alumbrado y el personal obrero necesario, se verificará la calidad del concreto conforme llega a la obra por el personal de laboratorio y se realizará el vaciado de concreto en forma ordenada, vibrando correctamente el concreto que está acomodándose y nivelándose con respecto a las referencias que dejó el personal de topografía, se le da el acabado indicado en los planos de proyecto y se aplicará la membrana de curado a toda la superficie que ya cuenta con el acabado y el concreto tiene ya su fraguado inicial.

Después de haberse realizado el vaciado de concreto se dejará el tiempo necesario para que el concreto adquiera su fraguado y resistencia apropiada antes de realizar el retiro de la cimbra de contacto. Para el retiro de la obra falsa y mordazas metálicas, se deberá contar con la constancia del laboratorio, que el concreto cumplido con la resistencia de proyecto. De acuerdo con el programa de obra se realizará la instalación de la bitas y defensas que están indicadas en los planos del proyecto, para poder dejar listo el muelle para su operación, realizando la limpieza final.

Es importante considerar que después de construir el muelle se deberá colocar en la pantalla posterior, el relleno de roca que se indica en los planos, con grúa y almeja para tener un acomodo adecuado, formándose con el talud de roca un aproche que evite la fuga de material de relleno que se empleará para la construcción del acceso al muelle. Al término de la colocación de la roca, se iniciará la colocación del material de subrasante, tendiéndolo en capas no mayores de 0.20 m, con equipo para formación de la estructura de terracerías, empleando una motoconformadora, un vibrocompactador de 10 ton con rodillo liso, un compactador neumático con tándem, una pipa de agua de 10 m^3 de capacidad. Se suministrará el material de banco con calidad subrasante con los camiones volteo formándose un camellón al cual se le incorporará humedad con la pipa de agua y con la motoconformadora se realizará el mezclado del material homogenizando todo el material con el porcentaje de humedad adecuado que nos permita obtener la compactación de proyecto, se extenderá el material de subrasante y se conformará una capa de 0.20 m, nivelada, se procederá a realizar la compactación con el rodillo vibrocompactador y con el rodillo neumático tipo tándem, al concluir la compactación de la capa se le informará al personal de laboratorio para que proceda a realizar las calas a la capa terminada y determine si se cumplió con el grado de compactación del 90% indicado en el proyecto. Este proceso de relleno del material de subrasante para el acceso al muelle se repetirá en las siguientes capas hasta llegar al nivel inferior de la capa de subbase.

CONSULTA PÚBLICA

En el caso de la capa de subbase y base el procedimiento constructivo es igual por ser espesores no mayores a 0.20 m, las actividades de trabajo serán idénticas al de las capas inferiores de material tipo subrasante con la diferencia de la calidad de los materiales que es subbase y base, el grado de compactación para la subbase es del 95%, y para la base es del 100%, así como el contenido de humedad y en el caso de la superficie de acabado de la subbase y base se deben de respetar los niveles de proyecto, lo cual se logrará después de conformar la capa y se compacta, se afinará la superficie con la motoconformadora, apoyada por los niveles de referencia que instalará la cuadrilla de topografía. Posteriormente se realizarán las pruebas de compactación por el personal de laboratorio que de acuerdo con las calas realizadas determinará si la capa cumplió con el grado de compactación especificado en el proyecto.

Con la conclusión de los trabajos de terracerías realizados para formar el acceso al muelle se puede disponer de la estructura de muelle para los fines de atraque y carga de los materiales que se emplearán para la construcción de los muros de tablestacado, y que es prioritario para poder realizar los trabajos una vez que se haya recibido los materiales en el almacén y se les aplique los procedimientos de limpieza mecánica y protección anticorrosiva.

Todas estas instalaciones quedarán registradas previamente antes del inicio de la obra, en un plano y estarán sujetas a la autorización de la residencia de ASIPONA Manzanillo y de la supervisión de la obra.

II.2.2.2 Construcción

Durante el proceso constructivo de la formación de los canales de navegación y dársenas, y las zonas de relleno del Puerto Nuevo Manzanillo se considera realizar actividades simultáneas de dragado y relleno.

Se consideraron las condiciones físicas de la zona, principalmente aquellas relacionadas con el tipo de suelo y las profundidades con las que cuenta actualmente el vaso II de la Laguna de Cuyutlán, ya que estos factores condicionan los equipos y el proceso de construcción. Como se ha mencionado anteriormente, el suelo está constituido por dos capas principales, la primera de ellas se constituye de arcillas, el cual no es adecuado para ser utilizado como material en los rellenos de las explanadas que se requieren para el desarrollo de las terminales especializadas de contenedores y el área destinada a PEMEX. La segunda capa está constituida por arenas compactas.

Por tal motivo, las obras que se requieren ejecutar para la ampliación del puerto en la Laguna deben de ser consideradas de manera integral y que se complementen entre ellas.

Dragado

Dragado de mantenimiento en canal Tepalcates, y dragado de creación de los nuevos canales de navegación y plataformas

Actualmente, el canal de Tepalcates (entrada de los buques metaneros hacia la TGNL-KMS, ubicada en la zona sur del vaso II de la Laguna de Cuyutlán) y la zona donde se proyecta la construcción del nuevo canal de navegación, tienen un rango de profundidad en terreno natural aproximada desde -0.6 m a -16.00 m NBMM. En este sentido, y con el objetivo de que la zona sea apta para la navegación de los buques que ingresarán al Vaso II del Puerto Nuevo Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán, se tiene previsto realizar actividades de dragado que darán forma a los nuevos canales de navegación y dársenas de ciaboga cuya profundidad final será de -21.00 m respecto el nivel de bajamar media (NBMM). De igual manera, se contemplan actividades de dragado en la zona de relleno hasta llegar a la cota de -6.35 m NBMM.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con las características del fondo marino de la Laguna de Cuyutlán y con el cronograma de actividades del presente proyecto, el dragado deberá realizarse en dos fases, la primera de ellas consiste en el retiro de todo el material ubicado en la capa superficial del fondo lagunar, que no es adecuado para su utilización como material de relleno en las plataformas que serán conformadas para las futuras terminales especializadas de contenedores y del área asignada a PEMEX.

Esta capa de arcilla presenta diferentes espesores, por lo que el dragado para llegar a las arenas tiene diferentes profundidades, siendo la mayor a -10.80 m y la menor quedará ajustada a la profundidad operativa del equipo, siendo está a -6.35 m, ambas profundidades referidas al N.B.M.I.

Con base en lo anterior, para los trabajos de dragado se ha seleccionado una draga de succión con cortador, la cual es una draga autopropulsada de corte de alta resistencia para dragado a menos de 15 millas de la costa o a menos de 20 millas del puerto (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

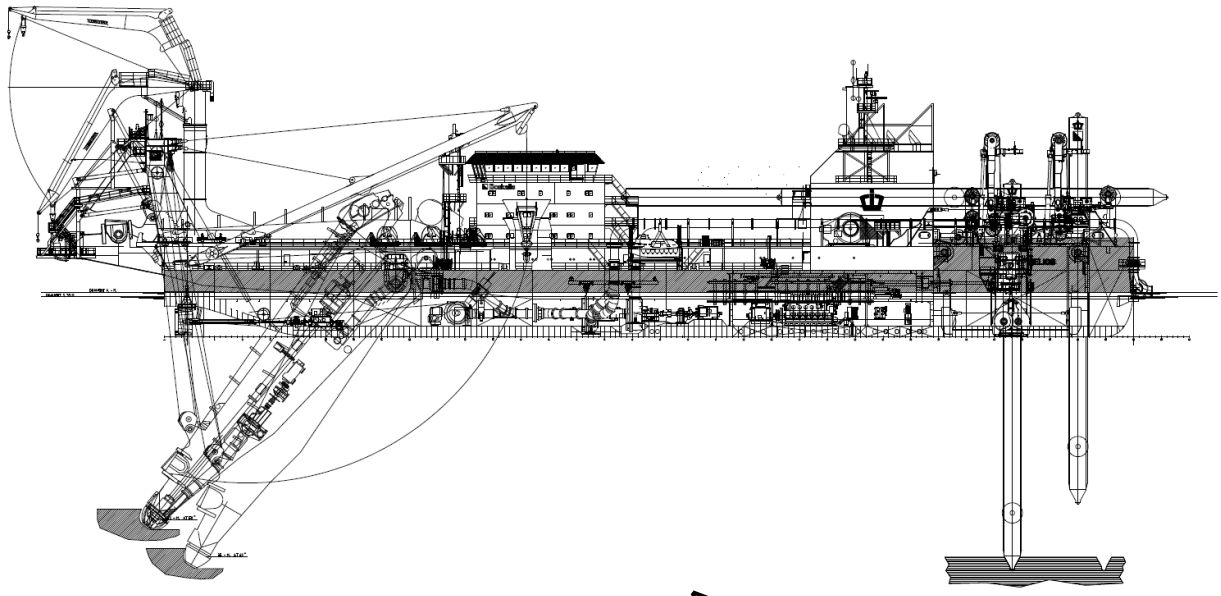


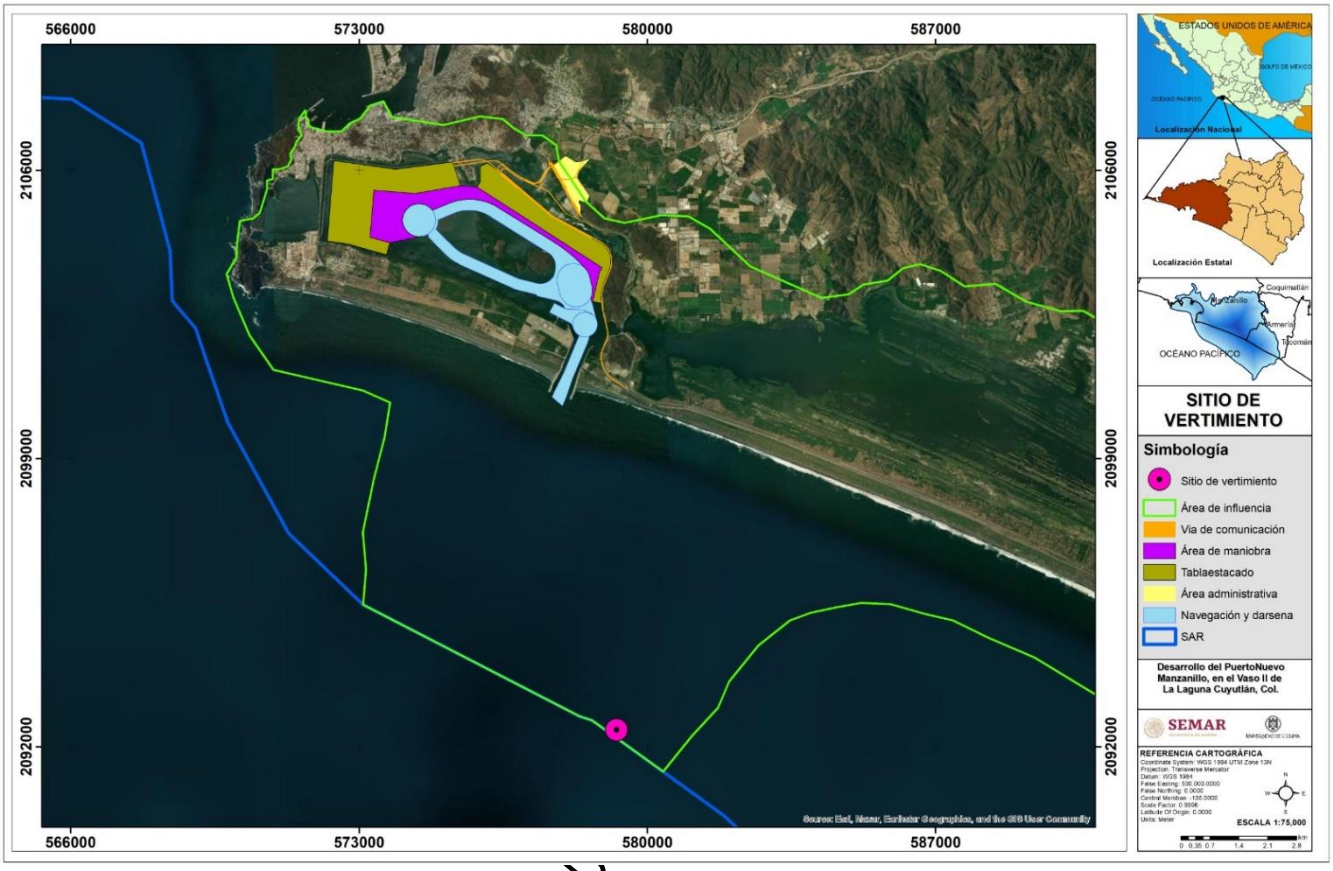
Figura 1. Draga de succión con cortador de 23 000 kW. Fuente: Base de datos RHG Ingeniería.

CONSULTA PÚBLICA

Adicionalmente, se emplearán aproximadamente 4 embarcaciones de apoyo para el transporte y vertido de los materiales dragados con una capacidad mínima de 10,000 m^3 cada una (dimensiones aproximadas eslora: 134 m, manga: 26 m y calado: 7.8 m – **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El material dragado proveniente de las primeras capas del fondo lagunar será vertido en banco de vertimiento propuesto por ASIPONA Manzanillo y otra parte será aprovechado en el relleno de las zonas destinadas para la formación de las futuras TEC's. El material excedente, no aprovechable para el relleno también será depositado en el sitio de vertimiento (Tabla II. 14. Información descriptiva del banco de vertimiento para la descarga del material producido en las actividades de dragado del proyecto. *Se está tramitando su autorización ante la SEMAR.Tabla II. 14, Mapa II. 8), asegurando en todo momento el cumplimiento de la normativa ambiental y marítima vigente.

Tabla II. 14. Información descriptiva del banco de vertimiento para la descarga del material producido en las actividades de dragado del proyecto. *Se está tramitando su autorización ante la SEMAR.

Banco de vertimiento	Superficie (m^2)	Profundidad (m)	Capacidad disponible (m^3)	Coordenadas UTM		Características
				X	Y	
Banco 1	2,693,846.6	>200	750 000 000	579 250.1	2 092 407.8	



Mapa II. 8. Localización del sitio de tiro para el vertimiento de los sedimentos dragados.

CONSU

Se estima que el volumen total de material dragado para el presente proyecto (etapas 1 y 2) sea de 97,862,973.56 m^3, de los cuáles 38,294,174.55 m^3 son arcillas, y 59,568,801.01 m^3 corresponden a arenas. En la etapa 1 el volumen estimado de dragado correspondiente a arenas es de 45,251,385.35 m^3, de los cuales 18,279,888.60 m^3 serán reutilizadas para el relleno de la plataforma de las futuras TEC's 1 y 2 (Tabla II. 15).

Considerando el volumen total de las arcillas y el excedente de arena que no fue utilizada para relleno de la zona de plataforma en la etapa 1, se estima que un total de 65,265,669.2 m^3 serán depositados en la zona de vertimiento durante la etapa 1 del presente proyecto.

De manera general, la ejecución del proceso de dragado de este proyecto se realizará en las siguientes fases:

1. Extracción del material de dragado con draga de succión con cortador. Se sacará el material y se depositará en embarcaciones tipo chalán plano equipado con maquinaria para descarga (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)
2. Descarga del material dragado. El material depositado en los chalanes será transportado para su descarga a la zona de vertimiento (Mapa II. 8) que actualmente se encuentra en proceso de autorización por ASIPONA Manzanillo.

Tabla II. 15. Volúmenes estimados de material dragado del proyecto. Fuente: Resumen de volumen de dragado primera etapa-RHG Ingeniería, 2026.

Concepto	Profundidad (m)	Volumen dragado (m3)		TOTAL
		Lodos	Arenas	
Etapa 1				
Canal Norte y dársenas	-16	33,055,035.35	28,090,431.08	
	-18		7,497,402.93	
Canal Sur	-10	5,239,137.20	2,600,289.70	
	-16		4,968,877.40	
	-18		1,822,282.40	
Canal de Tepalcates	-22.5		272,101.85	
Subtotal etapa 1		**38,294,172.55**	**45,251,385.36**	**83,545,557.91**
Etapa 2				
Canal Norte y dársenas	-21		11,428,388.35	
Canal Sur	-21		2,889,027.30	
Subtotal etapa 2			**14,317,415.65**	**14,317,415.65**
TOTAL SEDIMENTOS DRAGADOS		**38,294,172.55**	**59,568,801.01**	**97,862,973.56**
Volumen de relleno				
Etapa 1				
Relleno de plataforma (TEC´s 1 y 2)			18,279,888.60	

CONSULTA PÚBLICA



Figura 2. Barcaza de 10 000 m3 de capacidad. Fuente: Base de datos RHG Ingeniería.

Los trabajos de dragado iniciarán en el cadenamiento 2+580 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En dicho punto las dragas y las barcazas trabajarán en conjunto y coordinadamente para retirar la capa de arcilla de la siguiente manera:

- Cadenamiento 2+500 al 2+880 se dragará a una profundidad de -8.00 a -10.00 m.
- Cadenamiento 2+880 al 3+200 se dragará a una profundidad de -8.00 a -10.70 m.
- Cadenamiento 3+200 al 3+640 se dragará a una profundidad de -8.00 a -11.30 m.
- Cadenamiento 3+640 al 4+220 se dragará a una profundidad de -10.60 m.
- Cadenamiento 4+220 al 4+800 se dragará a una profundidad de -8.00 m.
- Cadenamiento 4+800 al 5+400 se dragará a una profundidad de -7.25 m.
- Cadenamiento 5+400 al 5+840 se dragará a una profundidad de -7.65 m.
- Cadenamiento 5+840 al 6+140 se dragará a una profundidad de -6.85 m.
- Cadenamiento 6+140 al 8+150 se dragará a una profundidad de -6.35 m.
- Canal sur, cadenamiento 0+380 al 3+400 se dragará a una profundidad de -6.35 m.

La profundidad mínima de -6.35 m corresponde al nivel de dragado mínimo que puede realizar la draga sugerida, por tal motivo, dependiendo del equipo propuesto por la empresa responsable de ejecutar los dragados, se deberá verificar dicha profundidad, la cual puede ser menor o mayor dependiendo del calado de la draga y de la profundidad mínima a la que puede realizar el dragado.

Una vez que se alcanzado el cadenamiento 4+740 (volumen de dragado aproximado de arcilla 10,156,200.35 m^3), una de las dragas tomará los trabajos de dragado y recuperación de las arenas para efectuar los rellenos y depositarlos entre los cadenamientos 3+660 al 4+740. Mientras que la segunda draga continuará con los trabajos de retiro de las arcillas con el apoyo de las cuatro barcazas.

CONSULTA PÚBLICA

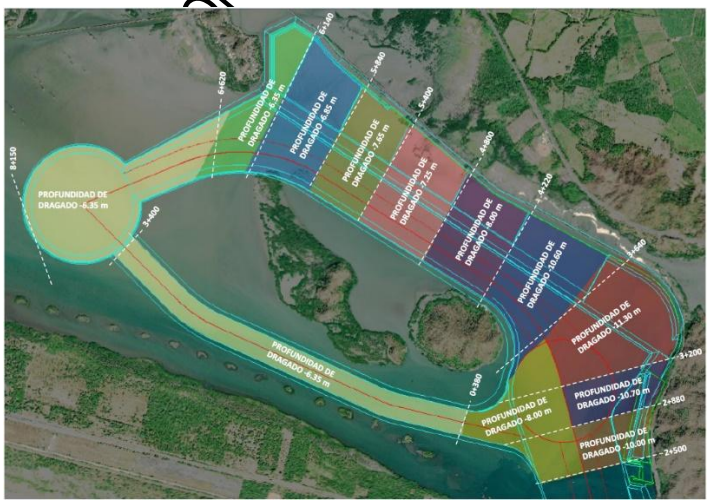


Figura 3. Delimitación de zonas y profundidades a dragar de las arcillas. Fuente: Proyecto arquitectónico de redimensionamiento, actualización, adecuación y optimización conceptual del redimensionamiento de la infraestructura y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán.

Cabe resaltar dos aspectos importantes, el primero de ellos es que una vez que se inicien los trabajos de dragado de arenas se deberá inicial con la instalación del tablestacado, y el segundo punto, es que probablemente se tenga que realizar trabajos de corte de roca en la margen Este del canal de acceso.

En el momento que la segunda draga haya terminado los trabajos de retiro de la arcilla, continuará los trabajos de dragado de la arena en apoyo a la primera draga. Dado que estos trabajos de dragado es recuperar el material extraído, este se realizará mediante tubería, por tal motivo, la utilización de las barcazas no será necesario para esta actividad por lo que se procederá a su retiro o reubicación en otras actividades del proyecto.

Tablestacado

La colocación del tablestacado en el presente proyecto servirá para la confinación del sedimento de las plataformas portuarias de las Etapas 1 y 2. Su función es proporcionar estabilidad a la estructura que estará colindante a los nuevos canales de navegación. Cabe mencionar, que dicho procedimiento de colocación de tablestaca será similar para las dos plataformas que se construirán.

De manera general, en la Etapa 1 los trabajos relacionados con la instalación de tablestaca serán fijados conforme al plan general de obra en donde se especifica la metodología, los procesos y las acciones a realizar para la correcta ejecución de cada una de las piezas de acero y accesorios que conforman el tablestacado.

El suministro de los materiales para la instalación de tablestacado (láminas y accesorios) se realizará en función de los tiempos contemplados en el cronograma de proyecto para garantizar la programación de manera puntual de todos los elementos a ser solicitados en tiempo y forma en los modelos correspondientes. Todos los perfiles de acero viguetas, tablestacas, tensores y perfiles del sistema de tensado se les aplicará la limpieza mecánica, protección anticorrosiva con ES-300 y RE-36, serán cargados y trasladados a los sitios de hincado o en su defecto a una plataforma para su estiba y conforme se tenga el sitio para su hincado o montaje serán trasladados al sitio de colocación correspondiente ya sea por vía acuática o terrestre.

CONSULTA PÚBLICA

Limpieza mecánica (Sand Blast) de los perfiles de acero

Conforme al programa de obra después de haberse adquirido y cumplido el periodo de fabricación, transporte marítimo, e ingresado de los materiales al almacén de la obra, así como haberse construido los talleres, patios de maniobras, plataformas para almacenaje y estiba se inicia con los trabajos de limpieza mecánica, avisando al personal de supervisión de la obra sobre estas actividades y con el ingeniero responsable por parte de la empresa contratista se realicen los controles adecuados para cada proceso.

El sobrestante encargado del taller de limpieza mecánica le indica a los operadores de la grúa sobre neumáticos con pluma telescópica inicie la carga a una plataforma con dolly del patio del almacén de vigas y tablestacas que van en los muros

y las traslade al taller de sand blasteo para que se realice la limpieza con chorro de arena en todo el perímetro de cada perfil en una longitud de 5.50 m que corresponde del nivel -2.00 al nivel +3.50 que es la parte superior de las vigas y tablestacas así como de los tensores y perfiles que son empleados para la sujeción y fijación del sistema de tensado indicado en los planos del proyecto. Antes de iniciar las actividades de limpieza mecánica, cada vigueta y tablestaca es revisada por el personal del taller que los conectores se encuentren sin defectos que impidan la correcta unión entre viguetas y tablestacas, un grupo de soldadores del taller se encargan de corregir los conectores que durante el traslado a la obra sufrieron algún desperfecto.

Para realizar las actividades de limpieza mecánica, se emplean compresores estacionarios de 350 PCM, ollas para sand blast, mangueras de alta presión y pistolas de aire que ejecutan el lanzado de la arena silica a las paredes metálicas y son operadas por los oficiales de sand blast y sus ayudantes, los cuales se apoyan con una grúa sobre neumáticos con pluma telescópica con capacidad suficiente para realizar las maniobras de carga y acomodo de los perfiles metálicos en los bancos de trabajo, la limpieza consiste en aplicar el chorro de arena con alta presión para que se eliminen las grasas, óxidos o escorias que pudieran tener los perfiles hasta dejar la superficie limpia a metal blanco en la longitud de 5.50 m en lo que va hacer la cabeza de cada pieza durante el proceso de hincado de cada perfil (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El mismo proceso que se utiliza para las vigas y tablestacas es aplicado a los tensores y los perfiles metálicos del sistema de tensado, pero después de haber concluido las viguetas y tablestacas ya que de acuerdo con el programa de obra estos se instalaran una vez que en el frente de trabajo se tenga el espacio para poder iniciar su montaje e instalación.



Figura 4. Imagen ilustrativa del proceso de Sand Blast. Fuente: RHG-Ingeniería, 2026.

Procesos particulares de la instalación de tablestacado

Previo al inicio de los trabajos de hincado todos los perfiles de acero HZ y AZ después de concluir su proceso de protección anticorrosión, el equipo de topografía realizará la tarea de marcar con pintura el eje de cada elemento y longitudinalmente en el lugar más apropiado marcara con pintura cada 0.05 m, cada 0.50 m y cada 1.00 m, indicando con números la longitud del elemento con la finalidad de que durante el proceso de hincado el Ingeniero responsable de los trabajos, pueda llevar el control del hincado conforme vaya bajando y el número de golpes con los que va penetrando en el terreno, documentándose todo el proceso de cada elemento.

Los perfiles de acero serán trasladados con el apoyo de una grúa con pluma telescópica y un tractocamión con dolly, a un muelle provisional que se construyó para estos trabajos, donde el chalan con capacidad de 1,200 ton, que contará con una grúa sobre su cubierta, serán cargados los perfiles de acero al chalan que van a ser trasladados al sitio de hincado indicado en proyecto. El remolcador que forma parte del equipo de hincado trasladará al chalan, cargado con todo su equipo de hincado y los perfiles de acero, hasta el sitio donde se iniciaran las actividades de hincado.

Con base en las condiciones de dureza de los estratos, se estima conveniente el procedimiento de perforación previa e hincado con martillo hidráulico (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), recomendándose realizar tres perforaciones continuas donde se localizarán los perfiles HZ, y antes de hincar la tercera pieza realizar otras tres perforaciones con la finalidad de que se protejan los perfiles antes de realizar la perforación. Si se hinca con martinete, las cabezas de las tablestacas se deberán proteger por medio de accesorios adecuados, para evitar deformaciones o deterioro por los golpes. Estos trabajos se complementarán con sistemas de inyección de agua a presión.

La perforadora será instalada en la grúa, con un bote de 1.00 m de diámetro, esta será bajada con la ayuda de un barretón en los puntos marcados en el escantillón, y se inicia la perforación y la extracción del material. Durante todo el procedimiento de perforación, será controlado los niveles y el avance de perforación con la ayuda del equipo de topografía. La perforación será detenida 3.00 m antes del nivel de desplante de la sección HZ indicado en los planos del proyecto. Una vez finalizada la tarea de perforación de las secciones HZ será retirado el bote de perforación del barretón y se posicionará la grúa con la perforadora en donde se ejecutar la perforación de la tablestaca AZ, montando el bote de 1.60 m de diámetro, iniciando la perforación para la tablestaca entendiendo que por ser un elemento de menor longitud el nivel de desplante de proyecto está más arriba que el de las secciones HZ, dicha perforación se detendrá 3.00 m antes de llegar a la cota de proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

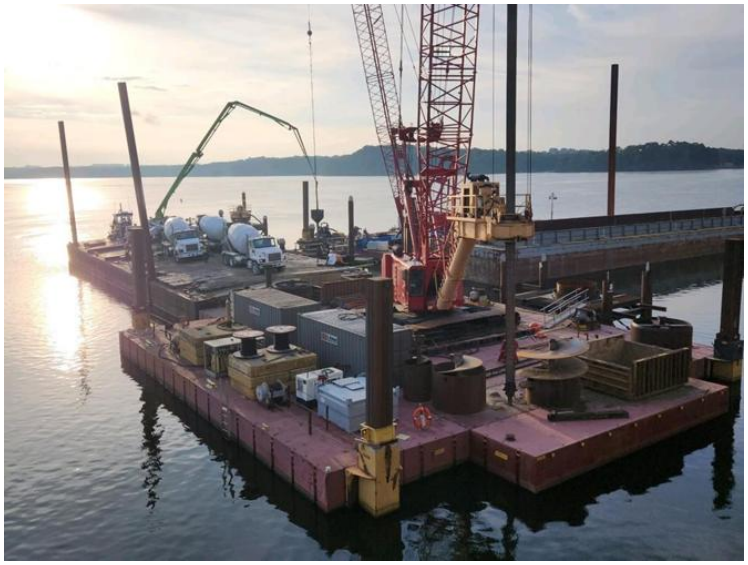


Figura 5 Ejemplo de equipo marino para instalación tablestaca. Fuente: RHG Ingeniería.

Es importante comentar que el material producto de las perforaciones por ser material de características arenosas, podrá ser depositado por el equipo de perforación a un lado de las perforaciones debido a que no altera las condiciones de la superficie marina. Sin embargo, en caso de que el resolutivo de impacto ambiental indicará que el material debe ser retirado del sitio, este se extraerá y se colocará en la cubierta del chalán y se retirará hasta el sitio de disposición final.

Después de concluir la perforación se desmontará el equipo de perforación de la grúa, y con ayuda de los maniobristas se sujetará la sección de acero tipo HZ, la grúa izará el elemento y la introducirá en el escantillón y a su vez en la perforación realizada, una vez en el interior se verificará la verticalidad del elemento, para proceder a la hinca. La grúa tomará el martillo hidráulico para hincado y se montará el capuchón del martillo en la cabeza de la sección HZ, se revisará la verticalidad del martillo y se procederá al hincado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Durante todo el procedimiento de hinca se deberá revisar el número de golpes del matillo y el avance de la sección HZ.

CONSULTA PÚBLICA

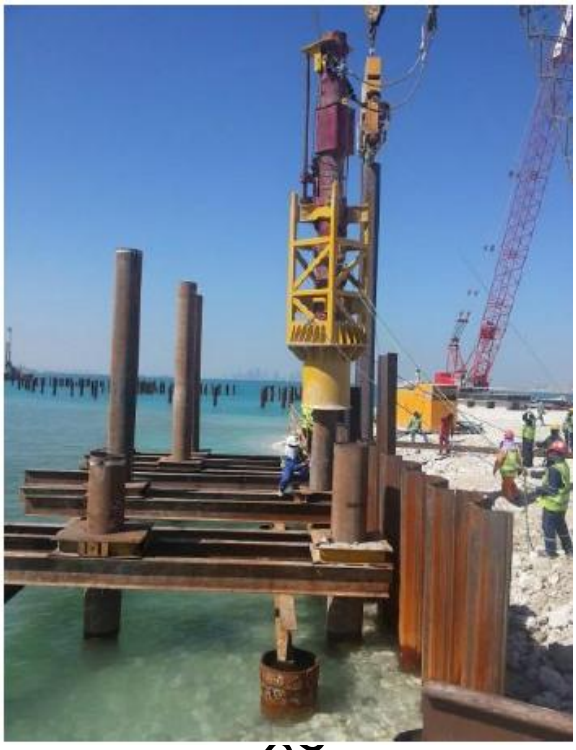


Figura 6. Imagen ilustrativa del equipo de hinca. fuente: RHG-Ingeniería, 2026.

CONSULTA PÚ

Desde el primer golpe se observará la longitud que va penetrando la sección HZ en el terreno, llevando el control de la penetración de acuerdo con el número de golpes del martillo. Cuando se aproxima al nivel de desplante indicando en los planos de proyecto, se verificará el rebote del martillo y el número de golpes, para determinar que la sección llegó al estrato resistente. En el momento en que suspende el hincado se retira el martillo y verificará que los conectores de la sección HZ no registren ningún daño. Una vez colocados varias de las secciones HZ, se procederá al izaje de la tablestaca AZ con la ayuda de la grúa y la guía se engarzarán los candados de unión con la sección HZ y se bajará hasta el fondo de su perforación, se liberará la tablestaca y será montado de nueva cuenta el martillo en la grúa y se iniciará el hincado con el martillo, llevando el control del número de golpes con forme va penetrando la tablestaca en el terreno. Al igual que el procedimiento de hinca de la sección HZ, también se verificará el número de golpes y la penetración del elemento AZ.

La secuencia de trabajo descrita anteriormente para este sistema de muro combinado es repetitiva hasta terminar de hincar las secciones HZ y AZ, tomando en consideración que siempre se debe dejar una perforación sin hincar para evitar que se dañen los conectores o los perfiles del proyecto.

Dada la gran cantidad de secciones de acero HZ y AZ por hincar, se consideran dos equipos de hincado partiendo de un punto medio del eje del muro, el primer equipo iniciará las actividades de hinca y una vez que se haya terminado una secuencia de hinca, el segundo equipo iniciará los trabajos en el sentido opuesto, con el objetivo que no se interfieran ambos equipos.

En los casos en que se necesiten chorros de agua, se requiere un mínimo de dos. El volumen y la presión de agua en las boquillas deberá ser tal que erosione libremente el material adyacente.

Los elementos metálicos del tablestacado se hincarán con la elevación, penetración y capacidad de carga indicada en el proyecto. El hincado de cada elemento se hará en forma continua hasta alcanzar la profundidad fijada en el proyecto, en caso de así requerirlo, el contratista podrá realizar una perforación previa para el hincado de los elementos metálicos utilizando el método que considere más conveniente, dicha perforación deberá quedar incluida en su costo de hincado. Es importante que se considere que la perforación que se realice permita que el elemento metálico se hinque de manera justa, ya que es inadmisible que quedara flojo.

Para la prevención de daños de la tablestaca durante su hincado se tomará en cuenta lo siguiente:

- Se usará un material de amortiguamiento adecuado entre el gorro de acero del martillo y la cabeza de la tablestaca.
- Para reducir los esfuerzos durante el hincado y obtener la energía necesaria, se usará un pistón pesado con baja velocidad de impacto, es decir de carrera corta, en vez de un pistón ligero con alta velocidad de impacto, es decir de carrera larga.
- A fin de evitar una distribución no uniforme de las fuerzas de impacto, la cabeza de la tablestaca deberá ser perpendicular al eje del matillo.
- Cuando se encuentren suelos de baja resistencia, se reducirá la le velocidad del pistón o la carrera al principio del hincado.

Para asegurar la unión entre las tablestacas, se verificará su verticalidad a lo largo de la junta a medida que avanza el hincado. Durante el hincado de las tablestacas se llevará un registro que contenga como mínimo la siguiente información:

- Información general como fecha, condiciones atmosféricas e identificación de la tablestaca.
- Localización precisa de la tablestaca y su número.
- Verticalidad de las tablestacas verificada a intervalos regulares durante su hincado.
- Estabilidad y alineación de las resbaladeras y guías.
- Número de golpes por unidad de longitud.
- Desplazamientos de la tablestaca bajo los golpes a distintas profundidades.
- Posición y calidad de las uniones.

CONSULTA PÚBLICA

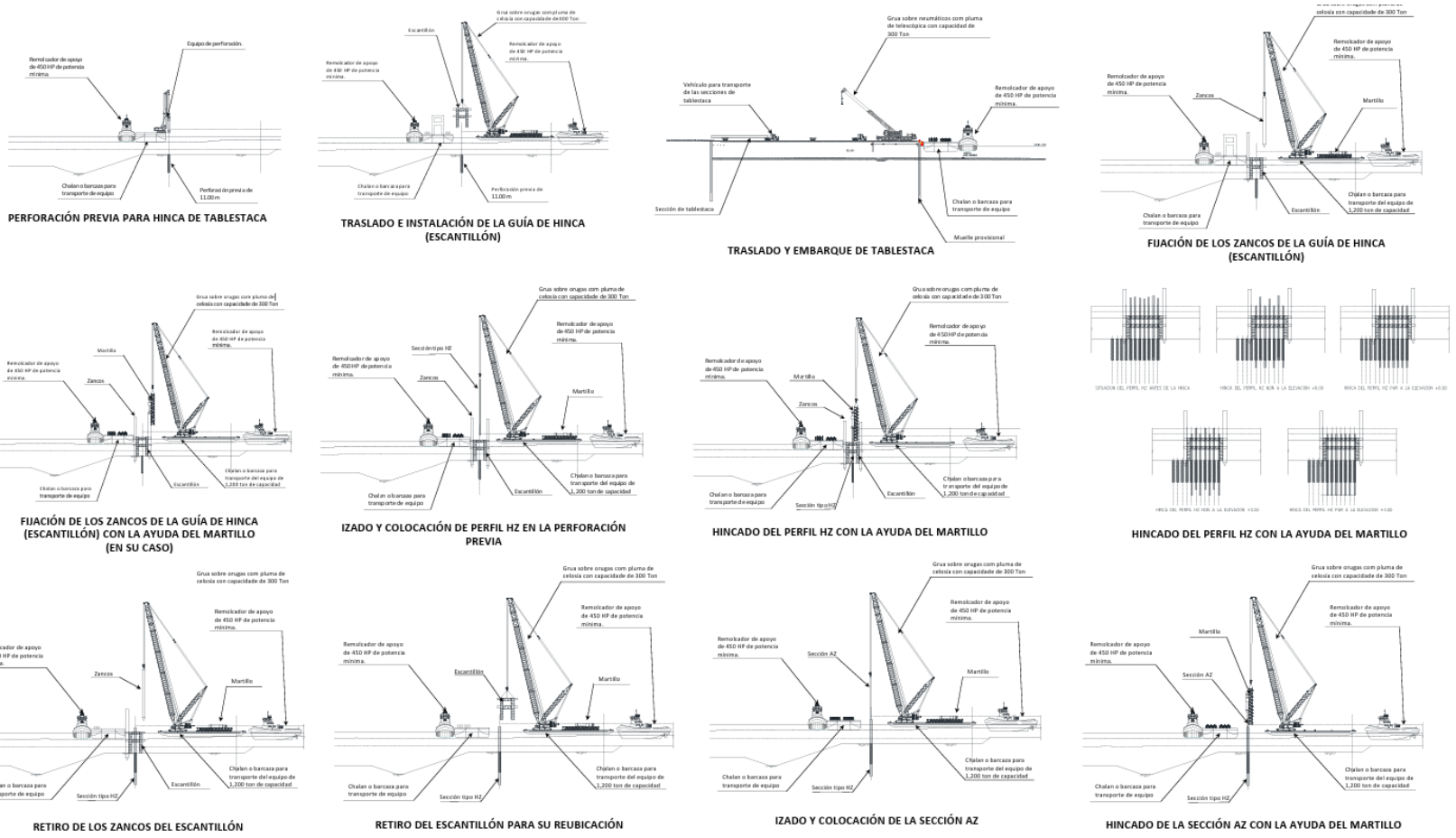


Figura 7. Procedimiento general de la construcción de la pantalla principal de la estructura de contención de rellenos. Fuente: RHG Ingeniería.

- Localización, hora y duración de cualquier interrupción durante el hincado.
- Desplazamientos permanentes y golpes por centímetro para el hincado final.
- Elevación del terreno natural, de la pinta de la tablestaca y del descabece.
- Cualquier comportamiento errático o no usual de la tablestaca, anotando la hora y elevación correspondiente a la punta.
- Posible emersión de las tablestacas adyacentes.

Para que la construcción del tablestacado se considere terminada y sea aceptada, con base en el control de calidad que ejecute el contratista, se verificará:

- Calidad del material
- Ubicación, alineamiento y dimensiones.
  - Que la dimensión en el sentido largo de la sección transversal haya sido la establecida en el proyecto o aprobado por la Entidad, con una tolerancia de más menos un (1) milímetro.
  - Que el espesor haya sido el establecido en el proyecto, con una tolerancia de más menos tres (3) milímetros.
  - Que la longitud de la tablestaca haya sido la establecida en el proyecto con aprobada por la Entidad, con una tolerancia de más menos cuatro centésimas (0.004) de la longitud de proyecto.
  - Que la desviación respecto al eje longitudinal teórico de la tablestaca, previamente a su hincado, no haya sido mayor de una centésima (0.01) de su longitud.
  - Que la posición final del extremo superior de la tablestaca no haya variado respecto a la de proyecto en más de un (1) centímetro en el sentido horizontal y diez (10) en el sentido vertical.
  - Que una vez hecha la excavación, la inclinación de la tablestaca en su parte visible no haya presentado una desviación mayor a un (1) centímetro por metro respecto a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Entidad.

CONSULTA PÚBLICA

Pantalla Secundaria

Una vez finalizada la instalación del muro principal, se procederá a la ejecución de las actividades de dragado en la zona donde se desarrollará el sistema de anclaje. El dragado tiene como objetivo retirar los sedimentos existentes hasta alcanzar las cotas definidas en el proyecto, permitiendo posteriormente la colocación controlada de rellenos que funcionarán como masa de reacción para el sistema de anclaje.

De manera paralela al avance de estos rellenos se procederá a la instalación del tablestacado secundario tipo AZ, el cual funciona como elemento de anclaje del muro principal. Este tablestacado secundario se hinca detrás del muro principal. La instalación de estas tablestacas se realizará mediante vibrador hidráulico desde la plataforma flotante, cuidando que su alineación y profundidad de hinca correspondan con lo especificado en el diseño (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

A medida que se hinca el tablestacado secundario, se realizará simultáneamente la colocación de rellenos provenientes del dragado, formando progresivamente el terraplén o masa de suelo que proporcionará resistencia al sistema de anclaje. Estos rellenos se colocarán en capas controladas y se distribuirán mediante equipo adecuado para garantizar una adecuada conformación del terreno y evitar asentamientos diferenciales.

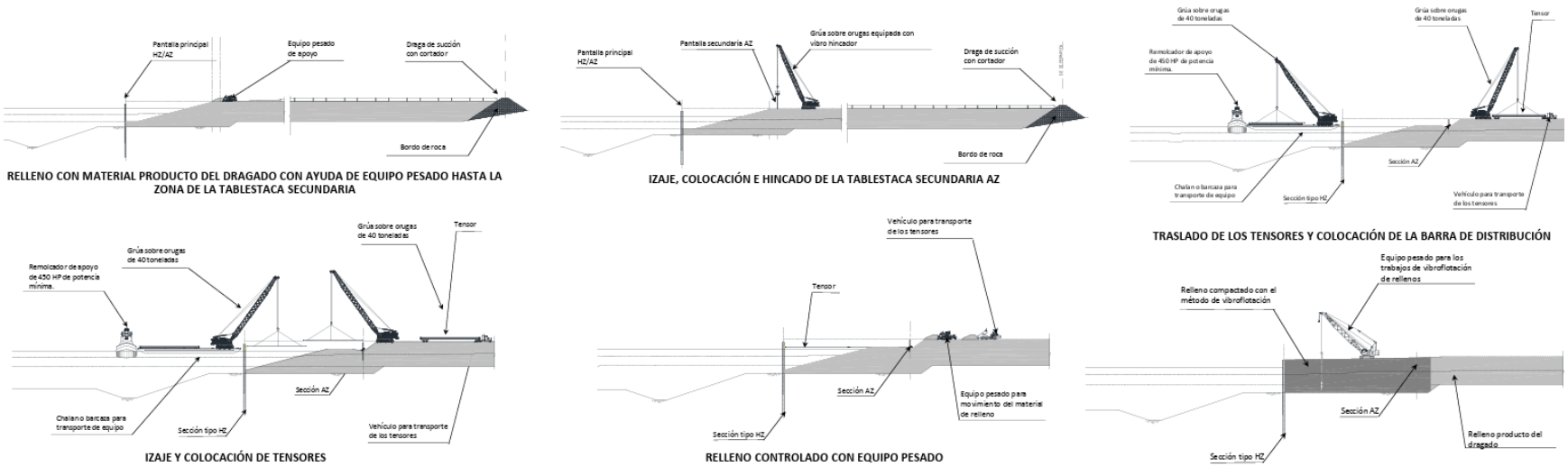


Figura 8 Procedimiento de Construcción de la pantalla secundaria de la estructura de contención de rellenos. Fuente: RHG Ingeniería

CONSULTA PÚBLICA

Posteriormente se procederá a la instalación de los elementos de conexión (tensores) entre el muro principal y el tablestacado secundario, se fijarán al muro principal a través de vigas de reparto o wales metálicos. Estos tirantes se extenderán hasta el tablestacado secundario, donde se anclarán mediante dispositivos estructurales de acero, diseñados para transmitir las cargas de tracción. Una vez instalados, los tirantes se someterán a un proceso de tensado controlado mediante gatos hidráulicos, aplicando la carga especificada en el diseño para garantizar que el sistema trabaje adecuadamente frente a los empujes del terreno y del agua.

Finalmente, se realizarán verificaciones de alineación, desplazamientos y tensión en los anclajes, asegurando que el muro combinado HZ–AZ y el sistema de anclaje con tablestaca secundaria funcionen de manera integrada y proporcionen la estabilidad requerida para las etapas posteriores del proyecto. Este procedimiento permitirá ejecutar la obra en condiciones subacuáticas, optimizando la instalación mediante perforación previa y aprovechando los materiales producto del dragado para conformar el sistema de anclaje del tablestacado.

Instalación de Tensores y Herrajes

La instalación de los tensores y herrajes deberá realizarse una vez que se haya instalado el muro formado por la tablestaca principal, de acuerdo con lo indicado en los planos de proyecto.

Los procedimientos de ejecución y los sistemas de control que se adopten para la instalación de los tensores y herrajes asegurarán lo siguiente:

- El acceso y la evolución de las máquinas. Se debe disponer del espacio necesario para realizar las maniobras de descarga, elevación y colocación de los perfiles.
- La correcta situación en planta de los perfiles y tensores.
- La correcta colocación de los perfiles para los anclajes.

Los tensores con los que se anclan las tablestacas, la conexión de éstas, su puesta en tensión y el relleno de tierra en el que quedan enterrados, constituirán la parte más delicada de la instalación de la tablestaca, por lo tanto, deben ser ejecutados con estricta observancia de las especificaciones y de los procedimientos establecidos por el fabricante.

Considerando lo anterior, antes de iniciar la compactación de los terrenos, los anclajes requerirán una tensión entre el 5% y el 10% de la tensión nominal para controlar las deformaciones. Se pondrá especial atención en la elección del material de relleno en contacto con los anclajes y en su forma de ejecución para no producir daños en ellos.

La unión de las ménsulas de placa de acero se realizará mediante soldadura. Los extremos de las ménsulas y la zona de la tablestaca en donde se soldará deberán ser previamente limpiados retirando de ellos grasa, aceite, herrumbre y cualquier otra impureza. Las juntas de soldadura deberán ser esmeriladas y reparadas, cuando esto se requiera, verificando que en su acabado no presenten grietas. Los trabajos de soldadura deberán ser ejecutados por personal calificado y con experiencia.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 9. Ejemplificación de la instalación de tensores. Fuente: RHG Ingeniería, 2026.

CONSULTA PU

La instalación de los perfiles tipo canal o la viga I de acero comprende el conjunto de todas las maniobras y trabajos que sean necesarios para la debida colocación de los perfiles sobre las ménsulas, previa unión de estas mediante junta soldada. Cada perfil se alineará con el ya instalado.

El alineamiento del perfil será hecho en tal forma que no sea visible ninguna desviación angular entre dos perfiles consecutivos. Asimismo, la colocación de los tensores, herrajes y perfiles, deberán ser colocados dentro de las líneas y niveles de proyecto. Una vez instalados los tensores, perfiles y herrajes, con el alineamiento de proyecto, deberán ser ajustados de manera definitiva.

Fabricación de Cabezal

Una vez que se haya terminado de instalar el tablestacado de la pantalla principal y secundaria, y éstas se encuentren unidas con los tensores, se procederá a realizar la construcción del cabezal en la parte superior del tablestacado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El cabezal estará fabricado de concreto, será resistente a la acción de sulfatos y tendrá la resistencia de proyecto y para su fabricación y colocación deberá cumplir con las especificaciones físicas y químicas de acuerdo con las Normas Oficiales vigentes y aplicables. El concreto tendrá una resistencia a la compresión f'c = 350 kg/cm^2, a los 28 días de duración.

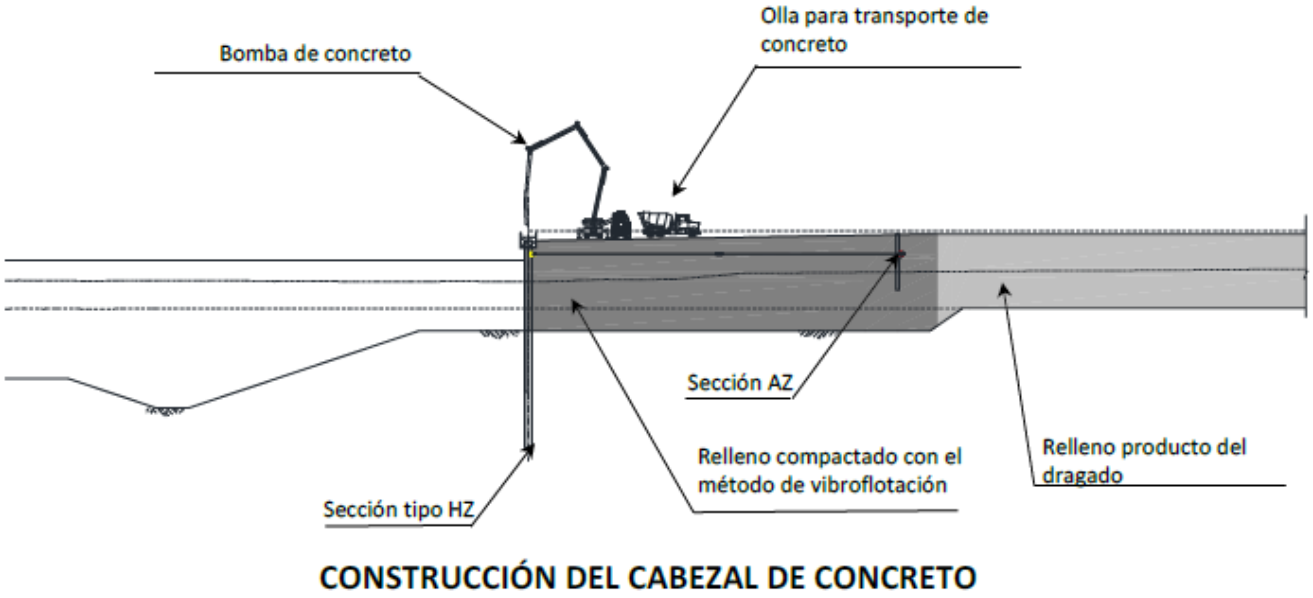


Figura 10. Representación gráfica del proceso de construcción del cabezal de concreto. Fuente: RHG Ingeniería.

CONSULTA PÚBLICA

Asimismo, el acero de refuerzo se ajustará a la especificación ASTM-A-615, grado 60 (Fy = 4,200 kg/cm^2) límite de fluencia o límite elástico. El material debe llegar a la obra exento de oxidación, libre de aceite, grasa o alguna otra sustancia perjudicial y sin quiebres, hojeaduras, ni deformidades de la sección, en donde no haya posibilidad de contaminación con tierra, lodo, aceite, grasa o alguna otra sustancia nociva.

Cuando haya necesidad de descargar sobre el terreno, se colocarán polines o plataformas a fin de que el material descanse en ellos y no sufra alteraciones en su longitud original.

Relleno

El procedimiento de relleno en las explanadas que darán forma a la futura plataforma para la instalación de las TEC's, e realizará a través de tubería, y se observarán los aspectos detallados a continuación:

Cuando el relleno hidráulico llega al recinto a través de tubería se produce una disgregación del material, ya que los tamaños más gruesos se decantan en las proximidades de la boca de salida de la tubería y los más finos en las zonas con menor velocidad de la corriente. Por tanto, se asegurará que los materiales finos se depositan donde se haya previsto, pero nunca en el trasdós de las estructuras, como es el caso de la tablestaca, ni en aquellas zonas donde se comprometa la estabilidad estructural.

Cuando el caudal que aporta la draga es importante, no se sedimenta la totalidad de los sólidos. Para evitar que invadan zonas ya dragadas, se procederá de las siguientes formas:

- Instalando barreras de geotextil que retengan los sólidos en la zona de vertido.

- Cambiando el emplazamiento del aliviadero y/o modificando el recorrido de las aguas con movimientos del material de relleno.
- Recreciendo la altura de los cierres de los recintos después de asegurar la estabilidad de las motas de contención de los rellenos.
- Para rellenos de gran volumen en recintos de gran superficie puede ser conveniente construir éstos sectorizados (ver Figura 3.5), esto posibilita:
  -Utilizar algunos de los sectores como balsa para la decantación de los finos. La concentración en una zona de los finos facilita su posterior tratamiento.
  -Permite realizar la precarga por sectores.
  -Posibilita la puesta en servicio progresiva de los distintos sectores.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se elaborará, dentro de los estudios que conforme al programa de trabajo, el Programa de Vertido que formará parte del Plan de Ejecución, a cargo de la empresa contratista del servicio, que incluirá lo siguiente:

- Estudio de sedimentaciones.
- Cálculo de estabilidad de las motas de cierre. En lugares con riesgo sísmico se debe prestar especial atención a la posibilidad de licuefacción del relleno y su consecuencia sobre la estabilidad de las motas.
- Barreras anticontaminantes.
- Estudio del abundamiento del material y de los asientos previstos, determinando las cotas en fase constructiva.

Para ello se procederá de la siguiente forma:

- Establecimiento de las bases de replanteo.
- Comprobación de la batimetría y la topografía iniciales.
- Controles batimétricos y topográficos periódicos.
- Implantación de testigos o instrumentación que permitan controlar los asientos en las distintas fases constructivas y una vez que los rellenos están terminados.
- Reconocimiento batimétrico de la zona de los yacimientos de los materiales.
- Proceso y archivo de los datos.

CONSULTA PÚBLICA

Mejoramiento del Terreno

Los rellenos portuarios son altamente deformables y/o no tienen la capacidad de carga necesaria debido a la naturaleza de los materiales que conforman los fondos marinos y/o de los que sobre ellos se colocan. Para limitar los asentamientos futuros y/o aumentar la capacidad portante del terreno existen diversos procedimientos de mejora:

- Sustitución del terreno.
- Precarga.
- Vibración profunda y columnas de grava.
- Compactación dinámica.
- Instalación de drenes.
- Inclusiones rígidas.

- Inyecciones y otros tipos de mejora.

La elección del procedimiento de mejora empleado en el presente proyecto se realizó considerando los siguientes parámetros:

- La naturaleza del terreno que se pretende mejorar.
- La mejora que se pretende conseguir.
- El plazo temporal para la obtención de resultados.
- El costo de las distintas opciones.

Dado que en el proyecto del tablestacado es necesario la realización de un mejoramiento del terreno, en el trasdós de la pantalla principal y hasta cinco metros posteriores al eje de la tablestaca secundaria, se propone que el mejoramiento se realice mediante el método de vibroflotación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), con el objetivo de no trasmitir al tablestacado esfuerzos adicionales a su diseño o que esta resulte dañada en el proceso constructivo de mejoramiento.

Se realizará con vibradores de gran tamaño -con peso entre 20 y 40 kN y con diámetros entre 20 y 50 cm- y se pueden tratar terrenos arenosos hasta profundidades de 15 m. El radio de acción de la vibración dependera de la potencia del equipo y del tipo de terreno. En la práctica usual, se suele hacer el tratamiento con una columna de vibrado por cada 3 m^2 a 5 m^2, con lo que se obtiene un aumento de la densidad media del terreno muy apreciable.

Considerando que en el proceso de dragado se retirarán las arcillas, se considera que las arenas utilizadas para el relleno estarán limpias, esto es, que tendrán menos del 5% de sedimentos finos.

El proceso de ejecución de una vibroflotación en la zona de rellenos será el siguiente:

1. Preparación del terreno, de forma que se facilite la evacuación de las aguas y los movimientos de la maquinaria.
2. Replanteo. Se instalarán bases de replanteo que permitan restituir los puntos en caso necesario.
3. Acopio, cuando esté prevista la aportación de material granular.
4. Realización de la vibroflotación con la siguiente secuencia:
    a. Introducir el vibrador por acción de su propio peso, de vibración y de la inyección de aire o agua a presión por su extremo inferior.
    b. Cuando se alcanza la profundidad requerida, se suspende la inyección de agua o aire y se continúa la vibración provocando una consolidación del terreno próximo. En terrenos con contenidos de finos superiores al 5% se producen unas oquedades que se rellenan con la aportación de material granular.
    c. Cuando vibrando en un punto se consigue la consolidación deseada se eleva el vibrador en torno a 50 cm y se repite la operación de vibrado.

Es importante comentar que en obras marítimas es adecuada la vibroflotación por vía húmeda por tres razones:

- Se dispone de agua sin costo.
- El nivel freático suele estar alto.
- La evacuación de las aguas no presenta problemas.

CONSULTA PÚBLICA



Figura 11. Proceso de vibroflotación. Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería.

CONSULTA P

Impacto de la construcción de la plataforma para las TEC´s 1 y 2 sobre el flujo hidrológico en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán

El diseño del Puerto Nuevo Manzanillo contempla la construcción de una plataforma para las futuras TEC´s 1 y 2 sobre el espejo de agua de la zona norte del vaso lagunar donde hay una influencia importante de la desembocadura del arroyo Zacate. Para evaluar el impacto de dicha estructura sobre la circulación dominante y el transporte de sedimentos en este vaso lagunar se realizó un análisis hidrodinámico (abordado en detalle dentro del capítulo IV de esta MIA-R). De acuerdo con los resultados, la construcción de las fases 1 y 2 del proyecto genera una reducción en la conectividad entre el Vaso II y el Vaso I, provocando cambios en la hidrodinámica del Vaso I. Además, se observa la formación de gradientes hidráulicos elevados y acumulación de agua en zonas específicas, particularmente durante eventos de escurrimiento asociados al Arroyo Zacate.

En este sentido, se considera la implementación de drenes en las plataformas con el objetivo de mantener la continuidad en el flujo hidrodinámico natural, minimizando las alteraciones generadas por la construcción de las plataformas portuarias. Las dimensiones de cada dren son de 20 metros de ancho, 2 metros de altura y aproximadamente 400 m de longitud, dependiendo de la ubicación de cada dren.

A partir de simulaciones hidrodinámicas se considera que la implementación de 9 drenes en la etapa 1 y de 8 drenes en la etapa 2 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), es suficiente para desfogar eventos de precipitaciones extraordinarios, mantener la comunicación entre vasos lagunares y evitar zonas de azolvamiento.

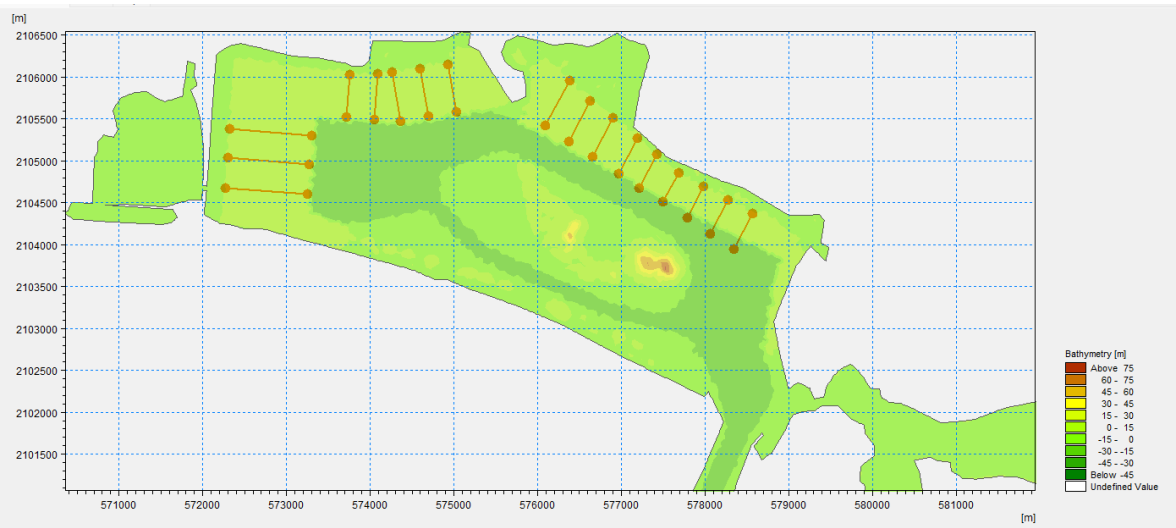


Figura 12. Configuración de drenes en las etapas 1 y 2 del proyecto.

CONSULTA PUBLICA

Vialidades

La longitud total de las vialidades en la Etapa 1 es de 15.51 km, de los cuáles 7.82 km son vialidades a nivel, y 7.69 km son elevadas (Tabla II. 16, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

Tabla II. 16. Longitud (m) y distribución de las vialidades en la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)

No. De carriles	A nivel	Viaducto elevado	Total
2	172.16	3,572.68	3,744.84
3	3,686.70	1,111.17	4,797.87
4	2,172.05	407.05	2,579.10
5	1,496.11	2,595.99	4,092.1
8	290.73	---	290.73
Total	**7,817.75**	**7,686.89**	**15,504.64**

Dependiendo de las características del terreno encontradas en la zona de construcción de vialidades, se realizará el proceso de acondicionamiento que se adapte a las condiciones presentes. Posteriormente se procederá a la construcción del terraplén o plataforma estructural de la vialidad. Este proceso debe ejecutarse mediante la colocación controlada de materiales seleccionados, en capas sucesivas, cuidando que cada una de ellas cumpla con los parámetros de espesor, humedad y compactación establecidos en la ingeniería preliminar. La justificación de este procedimiento radica en la necesidad de generar una estructura homogénea y estable que permita transmitir las cargas hacia el terreno de manera controlada. En suelos

blandos, es frecuente que esta etapa se desarrolle de forma progresiva, con incrementos de carga escalonados y periodos de espera intermedios que permitan la disipación de presiones y la reducción de asentamientos posteriores.

Durante la conformación del terraplén, resulta fundamental integrar el sistema de drenaje, tanto superficial como subterráneo. En un entorno como la Laguna de Cuyutlán, donde el agua constituye un factor permanente, el drenaje no puede considerarse un elemento secundario, sino un componente estructural del sistema vial. La construcción de cunetas, drenes longitudinales, subdrenes y obras de cruce debe ejecutarse de manera coordinada con el avance del terraplén, asegurando que el agua no se acumule dentro de la estructura ni debilite las capas de soporte. La correcta gestión del agua contribuye de manera directa a la durabilidad de la vialidad y a la estabilidad del sistema en su conjunto.

Una vez alcanzada la cota de proyecto y estabilizada la plataforma, se inicia la construcción de la estructura de pavimento. En el contexto portuario, las vialidades están sujetas a cargas de tránsito significativamente mayores que las de una carretera convencional, debido a la circulación de tractocamiones, equipos de carga y vehículos especializados. Por esta razón, la estructura de pavimento debe diseñarse con un enfoque robusto, que permita resistir tanto cargas estáticas como dinámicas.

El proceso constructivo de la estructura de pavimento implica la colocación de capas de subbase y base, las cuales pueden estar constituidas por materiales granulares o estabilizados, dependiendo de los requerimientos de diseño. Estas capas cumplen la función de distribuir las cargas y proporcionar una superficie adecuada para la capa de rodamiento. En función de las condiciones del proyecto, la capa final puede resolverse mediante pavimento asfáltico o concreto hidráulico, siendo este último frecuentemente preferido en zonas de operación portuaria debido a su mayor resistencia a deformaciones y a cargas repetitivas.

En paralelo a la construcción de la estructura de pavimento, deben ejecutarse los elementos complementarios de la vialidad, tales como guarniciones, banquetas, obras de protección, señalamiento horizontal y vertical, alumbrado público y dispositivos de seguridad. Estos elementos no solo contribuyen a la funcionalidad y seguridad de la vialidad, sino que también forman parte integral de su desempeño operativo.

Es importante mencionar que la construcción de las vialidades se ejecutará en estrecha coordinación con las obras de urbanización, redes de servicios y edificaciones de manera que las actividades subterráneas se completen antes de la colocación de las capas finales del pavimento, evitando interferencias y retrabajos.

CONSULTA PÚBLICA

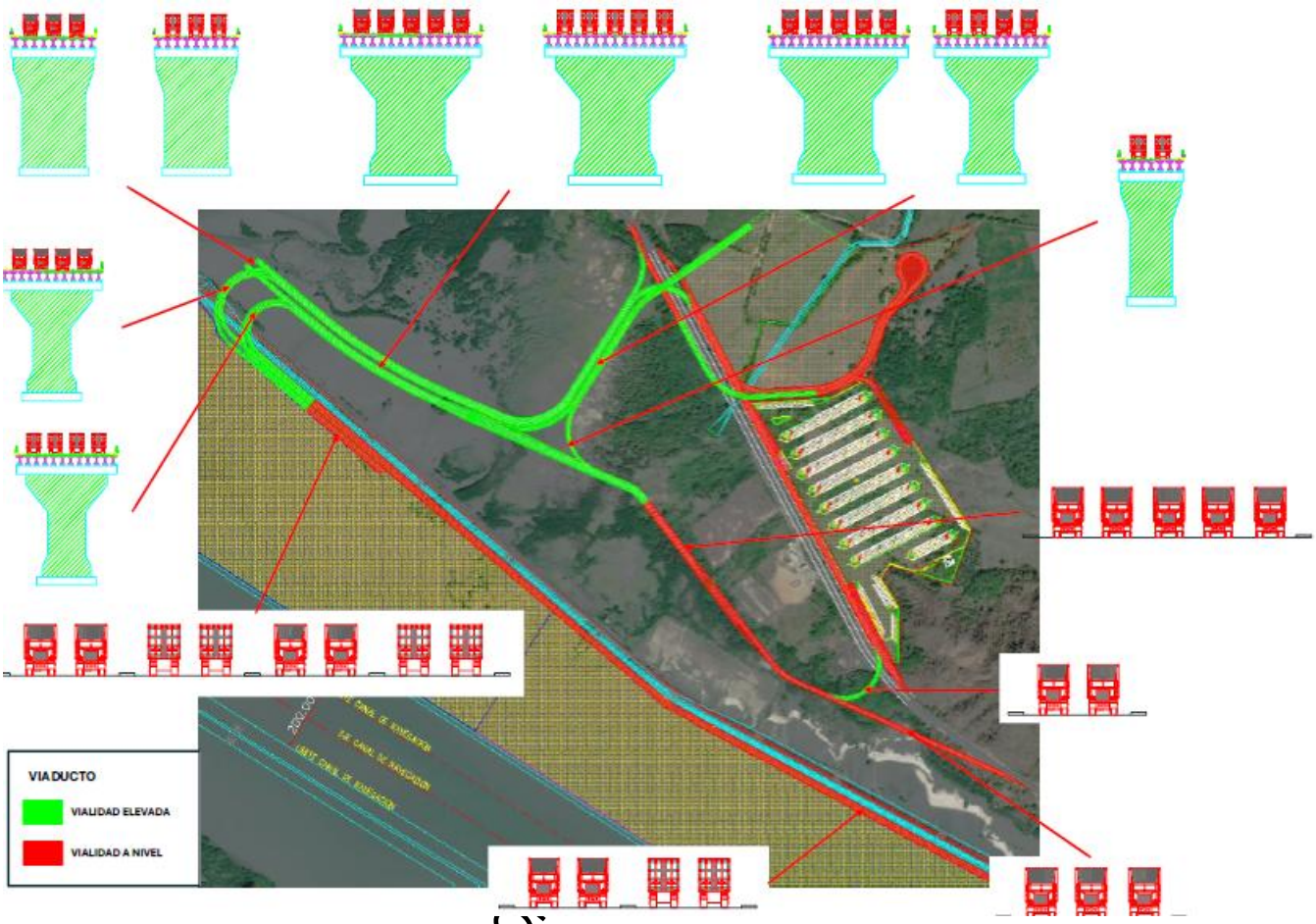


Figura 13. Vialidades de la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería.

Para el proceso constructivo de los viaductos elevados se construirán cimentaciones profundas, que constituyen el elemento estructural más crítico del sistema. Actualmente no se cuenta con un proyecto ejecutivo de estas estructuras, por lo que cuando se tenga la información disponible, se actualizará la información.

En la Etapa 2 se contempla la construcción de tres vialidades que darán comunicación a las tres TECs. Dichas vialidades serán construidas a nivel para su comunicación a tierra, y además se construirá un tramo elevado para conectarlas con las vialidades construidas en la Etapa 1. Se proyecta que las vialidades tengan tres carriles, tanto en el tramo a nivel, como en el elevado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

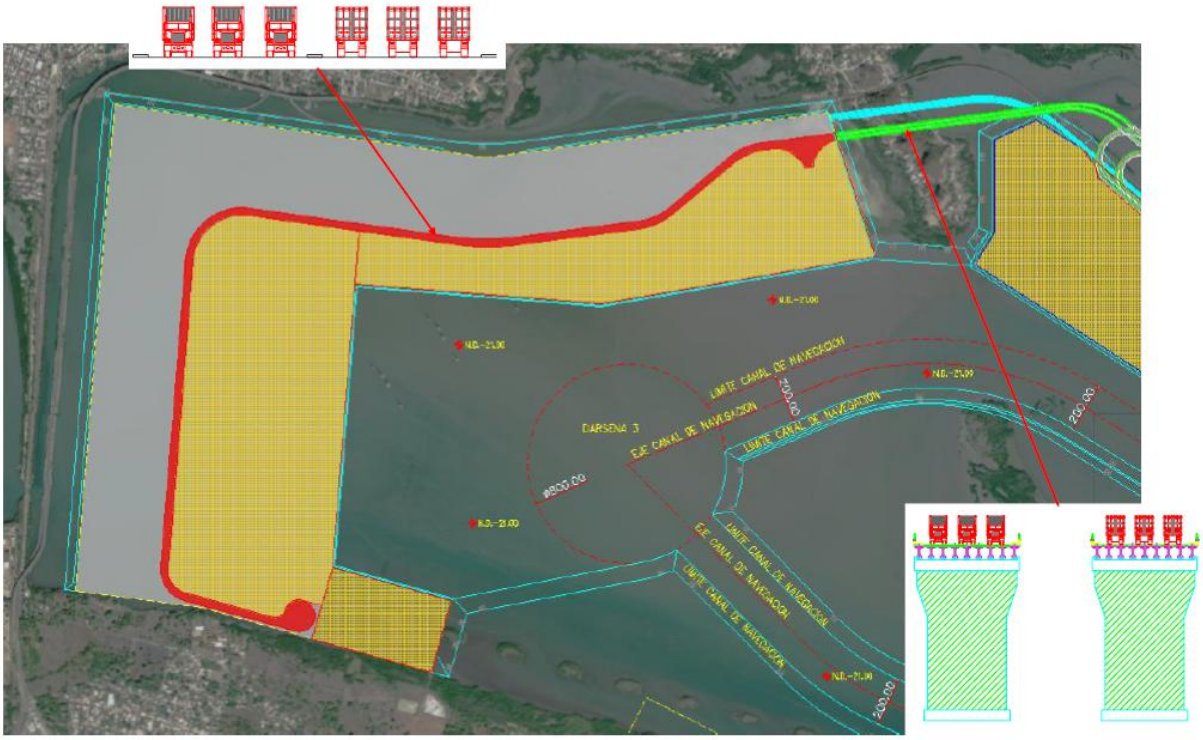


Figura 14. Vialidades de la Etapa 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería.

CONSULTA F

Vías férreas

Se proyecta la construcción de cuatro líneas de ferrocarril adicionales a las existentes. Para la Etapa 1, la línea de ferrocarril tendrá una longitud de 8.28 km, de los cuales 5.17 km deberán ser construidos mediante un viaducto elevado y los restantes 3.11 km deberán ser construidos a nivel de terreno (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

En la Etapa 2 se propone que la línea de ferrocarril cuente con 8 vías con una longitud de 4.12 km cada una, más un tramo de dos vías con una longitud de 0.85 km, todas construidas a nivel de terreno (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El proceso constructivo del viaducto ferroviario también incluye la instalación de elementos complementarios, como sistemas de drenaje, juntas de expansión, dispositivos de seguridad y, en su caso, canalizaciones para sistemas de señalización y control ferroviario. Estos elementos son esenciales para la operación segura del sistema y deben integrarse desde la fase constructiva.

Desde el punto de vista de integración del proyecto, el viaducto ferroviario debe coordinarse con las vialidades, las áreas de urbanización y las instalaciones portuarias, asegurando una conexión funcional con patios de maniobras, terminales

y zonas logísticas. Esta integración implica que el proceso constructivo no puede desarrollarse de manera aislada, sino como parte de un sistema interdependiente donde la secuencia de ejecución debe minimizar interferencias y optimizar el uso de recursos.

Es importante mencionar que dado que el proyecto se encuentra en etapa conceptual, el proceso constructivo descrito debe entenderse como una base técnica adaptable. La secuencia y los métodos podrán ajustarse conforme se disponga de información más detallada, particularmente en lo que respecta a la geotecnia, las cargas de diseño y las especificaciones ferroviarias. No obstante, aun en esta etapa, es posible establecer que la construcción de un viaducto ferroviario mediante cimentaciones profundas, superestructura prefabricada y sistemas de vía de alta precisión constituye una solución técnica coherente y adecuada para las condiciones de la Laguna de Cuyutlán.

Posterior a su construcción, las vías férreas quedarán a cargo de FERROMEX para su operación y mantenimiento.

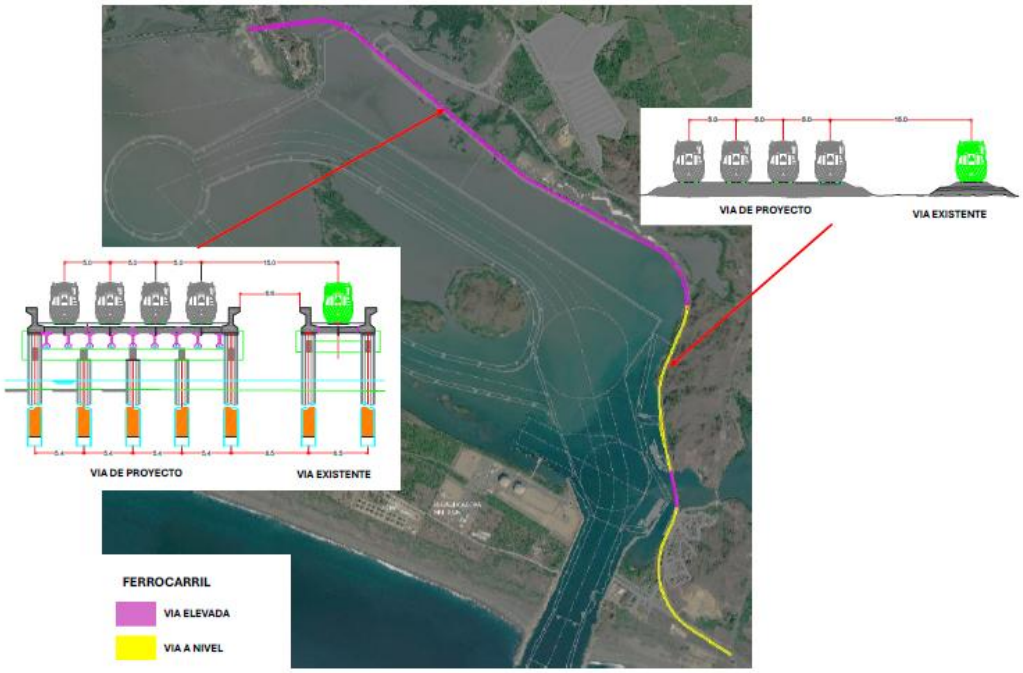


Figura 15. Sistema de vías férreas de la Etapa 1 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería.

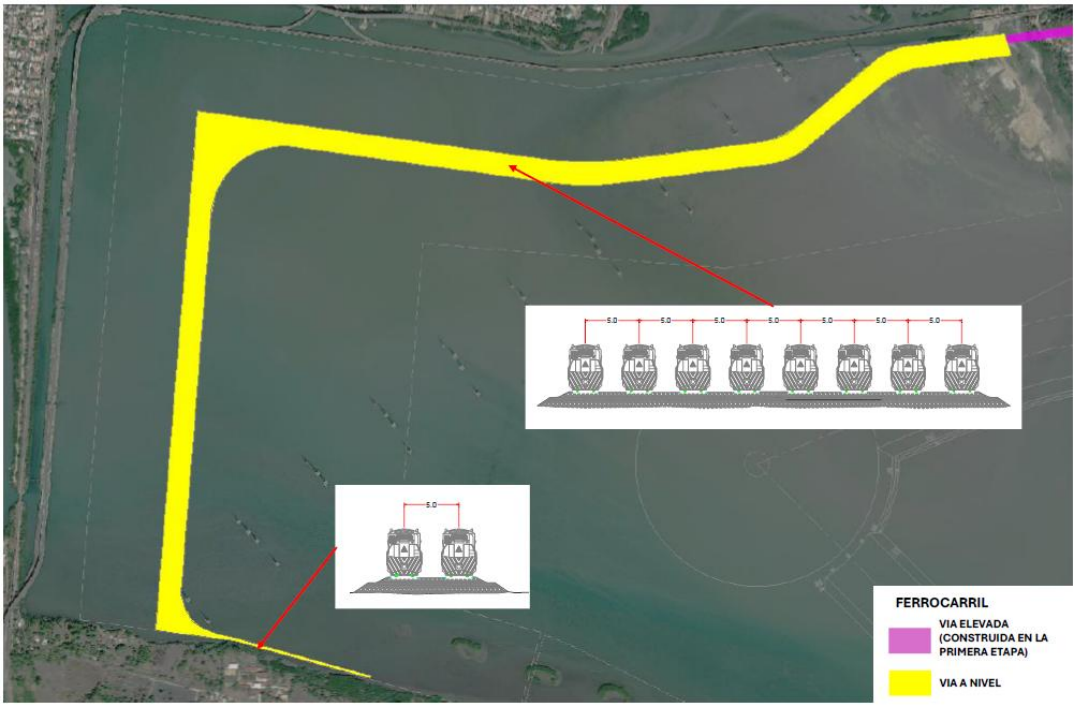


Figura 16. Sistema de vías férreas de la Etapa 2 del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Fuente: Modelo de Desarrollo Portuario, RHG Ingeniería.

CONSULTA PÚBLICA

Centro de Investigación Ambiental Portuaria (CIAP)

El CIAP se concibe como una infraestructura estratégica que asegure que durante el desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, se proteja, conserve y restaure todos los ecosistemas presentes en el área de influencia y SAR del proyecto, integrando investigación científica, monitoreo ambiental, operación de campo, conservación ecológica y vinculación social. Su prediseño responde a las condiciones particulares del sistema lagunar–costero, caracterizado por alta sensibilidad ambiental, dinámica hidrosedimentológica compleja y creciente presión por actividades portuarias.

Desde el punto de vista territorial, el rango de superficie del predio, establecido entre 30,000 y 50,000 m², no responde únicamente a una disponibilidad de suelo, sino a la necesidad de garantizar distancias operativas, separación funcional entre edificios, amortiguamiento ambiental, reservas para crecimiento y compatibilidad con usos exteriores como viveros, senderos interpretativos, patios técnicos, vialidades internas y zonas de restauración ecológica. Este dimensionamiento permite evitar configuraciones compactas que comprometan la bioseguridad, la operación simultánea de múltiples procesos y la adaptación a condiciones climáticas propias de la zona costera. Para nuestro caso y de acuerdo con la disponibilidad de terrenos en la zona de proyecto el CIAP se desarrollará en una superficie de 76,848.46 m^2. La superficie construida estimada de 29,218.16 m² se establece como una cifra de control que equilibra la capacidad científica, operativa y de vinculación del centro con la viabilidad técnica y económica del proyecto. Esta superficie no debe entenderse como un límite rígido, sino como una referencia

base que permite dimensionar instalaciones, redes de servicio, cargas estructurales, consumos energéticos y requerimientos hidráulicos. Su definición se sustenta en la integración de diez unidades funcionales con distintos niveles de criticidad, desde laboratorios altamente especializados hasta áreas públicas y de apoyo, lo cual exige una distribución espacial que minimice interferencias y optimice flujos.



Figura 17. Localización del Centro de investigación Ambiental Portuaria (CIAP). Fuente: RHG Ingeniería, 2026.

En términos normativos, la planeación del CIAP debe integrarse con el marco regulatorio aplicable en materia de construcción, medio ambiente, seguridad, accesibilidad y operación de instalaciones científicas. Esto incluye, de manera no limitativa, reglamentos de construcción locales, normas oficiales mexicanas relacionadas con seguridad e higiene, manejo de residuos, calidad del agua, accesibilidad universal, así como lineamientos de protección civil y, en su caso, referencias

internacionales aplicables a laboratorios, instalaciones de monitoreo y centros de datos. La incorporación temprana de estos criterios evita rediseños en etapas posteriores y asegura que el anteproyecto sea técnicamente viable desde su origen.

La estructura funcional del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se organiza como un sistema integrado de unidades especializadas que operan de manera coordinada bajo criterios de segregación funcional, bioseguridad, continuidad operativa y eficiencia logística, en un área de 76,848.46 m^2, de los cuales el 38% (29,218.16 m^2) se encuentra urbanizado y el restante 62% (47,630.30 m^2) será destinado a un área de conservación y educación ecológica. Asimismo, contará con 1,332.09 m de senderos dedicados a la educación ecológica y difusión ambiental (Tabla II. 17). Cada edificio responde a una función técnica específica dentro del ciclo completo de generación de información, análisis, toma de decisiones, operación de campo, conservación ambiental y vinculación social. El diseño funcional se fundamenta en principios de ingeniería de procesos, donde se identifican flujos de información, materiales, personal y energía, estableciendo relaciones espaciales que minimicen interferencias y maximicen la eficiencia operativa. Asimismo, se consideran referencias conceptuales de diseño de campus científicos, instalaciones portuarias y centros de investigación ambiental.

Tabla II. 17. Distribución de áreas del CIAP. Fuente: RHG-Ingeniería, 2026.

Instalación		Área (m^2)
Edificio administrativo		1377.50
Laboratorios	Sedimentos	94.81
	Biología	102.28
	Microbiología	105.34
	Recepción de muestras	120.48
	Calidad de agua	120.48
	SIG y Modelación	114.81
	Pretratamiento y lavado	114.81
	Preparación de medios	120.48
	Reactivos	120.48
	Química	170.14
	Recepción de fauna	431.67
	Botánico	271.75
	Vivero	1521.10
	Unidad de conservación ecológica	315.85
	Zona de investigadores	2312.22
Edificio de educación ambiental y vinculación		813.97
Alojamiento para investigadores		1041.91
Centro de monitoreo ambiental		1435.28
Talleres, almacenes y servicios técnicos		352.16
Caseta de acceso		4.80
Áreas comunes		9925.13
Vialidades		8230.73
Área de conservación y educación ecológica		47630.30

CONSULTA PÚBLICA

Instalación	Área (m^2)
Superficie TOTAL	**76848.48**
Otras áreas	**Longitud (m)**
Senderos educativos	1332.09
Muelle de madera	30.00
Plataforma peatonal	339.46



Figura 18. Distribución de las instalaciones dentro de la superficie destinada a la construcción del CIAP.

La información a detalle del CIAP, se comparte en el anexo PE25-004-IP-006, denominado Informe Parcial Planteamiento Conceptual de Redes Principales, en el "Proyecto Arquitectónico de Redimensionamiento, Actualización, Adecuación y Optimización Conceptual del redimensionamiento de la infraestructura y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán".

Áreas externas: Áreas administrativas y Estacionamiento

Se contemplan tres áreas externas ubicadas al norte del vaso II de la Laguna de Cuyutlán, contiguas a la autopista Colima-Manzanillo, en dirección hacia Manzanillo. En dichas áreas, se realizarán actividades de excavación y cimentación para las futuras áreas administrativas y de servicio portuario, además de un estacionamiento para tractocamiones.

Área para reubicación de Torres de CFE

Para poder implementar la segunda etapa de desarrollo, es necesario reubicar las torres de alta tensión de CFE que se localizan en la zona de proyecto, actividad que será desarrollada por la CFE. Para tal caso, se ha destinado una superficie de 101.81 ha dentro de la plataforma que se desarrolla de la Etapa 2, lo que representa el 30% de la superficie total. El proceso de construcción es similar al que se describió para la conformación de las plataformas de las TEC's 1 y 2.

II.2.3 Descripción de las Obras y Actividades en las Etapas de Operación y Mantenimiento del Proyecto

CONSULTA PÚBLICA

La operación y mantenimiento del Puerto Nuevo será administrada por la Administración del Sistema Portuario Nacional de Manzanillo S.A. de C.V. (ASIPONA de Manzanillo) que es una entidad paraestatal de la Administración Pública Federal y se rige por la Ley de Navegación, la Ley de Puertos, el Reglamento de la Ley de Puertos, el Reglamento de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo, las Reglas de Operación de Puertos, el Addendum al Título de Concesión de API y el Título de Concesión de API.

Las actividades operativas a cargo de la ASIPONA incluyen la planeación del ingreso y salida de los buques al puerto, el mantenimiento de infraestructura portuaria a su cargo, el mantenimiento de canales y dársenas, así como la seguridad y vigilancia al interior del recinto portuario. Asimismo, las acciones del Centro de Investigación Ambiental Portuario, también estarán a cargo de la ASIPONA.

En el programa de mantenimiento se contemplan varias actividades principales: dragados de mantenimiento del canal de navegación y dársenas, y reparaciones y mantenimiento de las estructuras de confinamiento e infraestructura, también se incluye el mantenimiento de infraestructura portuaria a cargo de la ASIPONA. Las estrategias para la prevención en materia ambiental deberán ser similares a lo presentado en este documento para la etapa de construcción, o en caso de requerirse, emplear los pertinentes con previa autorización de la autoridad ambiental.

II.2.3.1. Dragado de mantenimiento

ASIPONA utilizará un sistema de monitoreo de los niveles de profundidad en los canales y dársenas, que complementará con una batimetría para identificar las zonas que necesiten dragado de mantenimiento. Cuando sea necesario, se hará el dragado en las zonas indicadas en la batimetría, depositando el material en una zona de tiro previamente aprobada.

II.2.3.2. Mantenimiento y reparaciones de las estructuras de confinamiento

El mantenimiento a las estructuras de confinamiento se llevará a cabo sólo si es necesario. Se realizarán monitoreos a lo largo de las estructuras de confinamiento para identificar zonas dañadas, y en su caso se procederá a realizar las actividades de mantenimiento pertinente para optimizar la vida útil de la misma.

II.2.3.3. Mantenimiento y reparaciones de infraestructura

Los edificios administrativos de servicios tendrán mantenimiento periódico, así como las instalaciones generales de energía, agua potable, manejo de aguas residuales y pluviales. Las vialidades internas se revisarán y se ejecutará el mantenimiento necesario para mantener las condiciones adecuadas para dar la capacidad de carga y uso constante a las que está sujeta una zona portuaria.

El mantenimiento del centro de control marítimo y del centro de investigación es de suma importancia, teniendo en consideración que debe de estar equipado conforme a la normativa aplicable en materia de tráfico y seguridad marítimos, y para asegurar el óptimo funcionamiento de la supervisión ambiental dle proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

II.2.3.4. Operación

Respecto a la operación y prestación de servicios portuarios del Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán, actualmente se enfoca en atender la creciente demanda de los energéticos, tales como el gas natural licuado, y los hidrocarburos (proyecto en desarrollo). En el mediano y largo plazo este puerto se convertirá en la opción para los buques de grandes dimensiones (clase E: 400 m de eslora y 59 m de manga) que ya no puedan ser recibidos en el actual Puerto de Manzanillo debido a limitaciones en dimensiones y calados. Y además, complementará los servicios brindados por el actual Puerto de Manzanillo.

Los servicios brindados para las embarcaciones, la carga transportada y los diferentes actores involucrados que incluyen operadores de terminales portuarias, en conjunto brindarán ventajas competitivas a este puerto que se perfila con una especialización para contenedores y de hidrocarburos, al proyectarse en la Etapa 1 el desarrollo de dos Terminales Especializadas de Contenedores (TEC), que en conjunto contarán con 7 posiciones de atraque, y una Terminal de Abastecimiento y Despacho, adicionales a la Terminal existente de recepción y almacenamiento de gas natural licuado, proyectando su consolidación como un nodo estratégico para la seguridad energética del país.

En este sentido, el Puerto Nuevo Manzanillo realizará actividades vinculadas al movimiento de contenedores y más estrechamente a la recepción y distribución de hidrocarburos, en particular derivados del petróleo, así como gas natural licuado. Las actividades correspondientes a la ASIPONA Manzanillo incluyen la supervisión de las actividades de los concesionarios y prestadores de servicios al interior de puerto, la autorización de ingreso y salida de buques al puerto, la determinación del fondeo de los buques para su ingreso al puerto.

Considerando lo anterior, las instalaciones y servicios con los que deberá contar el Recinto portuario Nuevo Manzanillo son los siguientes:

1. Edificio Administrativo
2. Aduanas marítimas (ubicadas dentro de cada una de las terminales): Instalaciones para la revisión de carga de contenedores de comercio exterior, en el caso de la carga de importación y exportación se contará también con agencias aduanales y consignatarias para realizar los trámites correspondientes.
3. Salubridad: Instalaciones para la revisión por las autoridades competentes para la supervisión y cumplimiento de los requerimientos en materia de sanidad y salubridad vigentes en el país y que regirán sobre las instalaciones del puerto.
4. Centro de Servicios: Instalaciones y oficinas para la promoción de negocios portuarios, logísticos y comerciales relacionados con las actividades portuarias y su conectividad terrestre y marítima.
5. Central de emergencias portuarias: Unidad especializada enfocada en la seguridad del recinto portuario. Cuenta con personal capacitado, camiones de bomberos, ambulancias y equipo de materiales peligrosos para atender incendios, accidentes y emergencias médicas.
6. Instalaciones para una Unidad Naval de Protección Portuaria (UNAPROP): Órgano de la Secretaría de Marina que se enfocará en prevenir y atender situaciones de riesgo dentro del recinto portuario. Aquí se encontrará el Comando Unificado Marítimo (CUMAR), el cual es una unidad de gestión de incidentes que se encargará de la coordinación de agencias para atender situaciones de seguridad, protección y respuesta a emergencias. Quitar no forma
7. Torre de control de tráfico marítimo: será la encargada de la entrada y salida de buques al puerto, así como de ordenar el fondeo de los buques en las zonas definidas para ello.
8. Pilotaje: Para el apoyo en arribos, partidas, atraque y desatraque de buques de grandes dimensiones.
9. Remolcadores: Brindan apoyo para guiar a barcos de gran calado durante las maniobras de atraque, desatraque, entrada y salida. Por parte de terceros
10. Amarradores: Personal capacitado para asegurar los buques al muelle durante su llegada, permanencia y salida.
11. Patios
12. Bodegas de almacenaje administradas por ASIPONA y terceros.
13. Zona de estacionamiento: Superficie de 247 100 m^2 designada para el estacionamiento de los vehículos de carga debidamente acreditados para el servicio.
14. Carga, descarga y estiba
15. Grúas
16. Básculas
17. Agua potable: se realizará el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable para asegurar la dotación del recurso.
18. Energía eléctrica: se realizarán los mantenimientos preventivos y correctivos necesarios a las instalaciones eléctricas que alimentarán al Puerto Nuevo Manzanillo.
19. Avituallamiento
20. Recolección de basura: se tendrán las actividades de recolección de RSU, RME y RP, a través de la subcontratación de los servicios con terceros autorizados por las autoridades competentes (municipales, estatales y federales)
21. Fumigación: se realizarán actividades preventivas de fumigación en las instalaciones para prevenir la aparición de vectores de enfermedades, cuidando de utilizar las sustancias que presenten un menor efecto en la salud de personas y fauna en el área del proyecto.
22. Combustible: se adquirirá de Estaciones de Servicio cercanas a las instalaciones del puerto.

CONSULTA PÚBLICA

Desmantelamiento y reubicación de Torres de Alta Tensión de CFE

Esta actividad se ejecutará cuando se pretenda realizar la etapa 2 del proyecto, ya que requerirá adecuar una plataforma dentro del área destinada para las TEC'S 3 Y 4.

II.2.4 Desmantelamiento y Abandono de las Instalaciones

Esta etapa no se prevé en el Proyecto y únicamente se refiere a que, una vez concluidas todas las actividades referentes a la construcción del Proyecto, el contratista deberá desmantelar todas las obras provisionales y/o complementarias que hayan sido utilizadas (almacenes y patio de maquinaria, entre otros). El desmantelamiento de las instalaciones también deberá de contemplar la remoción de todo aquel residuo de manejo especial que pudiera haber quedado sobre el terreno natural, de tal forma que esto permita posteriormente la revegetación natural del sitio.

De acuerdo con el proyecto, se considera que el tiempo de vida útil para el proyecto es indefinido, ya que se prolongará su operación con la implementación de los programas de operación, mantenimiento y conservación adecuados.

II.3 REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA, HERRAMIENTAS, PERSONAL E INSUMOS

La ejecución de este proyecto requiere de la implementación de mano de obra calificada y el requerimiento de materiales específicos.

Los materiales de ejecución de obra consisten básicamente en material pétreo, como arcillas, limos, gravas y cantos rodados, material de banco para conformación de terracerías, cuerpo de terraplén, láminas de acero grado marino (tablestaca), arena, grava, cemento, varilla, acero de refuerzo, pintura, vehículos, entre otros materiales para la construcción de edificaciones, vialidades y vías férreas, así como y maquinaria pesada como retroexcavadoras, excavadoras, roto martillos, moto conformadoras, camión volteo, camionetas, grúas, embarcaciones como remolcadores, dragas, chalanes, entre otros.

CONSULTA PÚBLICA

Por otra parte, un aspecto importante para el desarrollo de los trabajos de la maquinaria y equipo es el combustible, para lo cual, en la etapa en que la maquinaria se encuentre en partes continentales, es decir, en la tierra, los vehículos cargaran en las gasolineras cercanas, mientras que un camión orquesta suministrará in situ a la maquinaria pesada. Por otra parte, la maquinaria que se encuentre en la parte acuática, un camión orquesta será desplazado al sitio por medio de chalanes, el cual se embarcara en el muelle adyacente al almacén 1.

El personal especializado que se requiere será compuesto por un ingeniero superintendente de obra, ingeniero residente de obra, ingeniero topógrafo el cual conformará la brigada de topografía, maestro de obras, operadores de maquinaria pesada, supervisores de seguridad, medio ambiente y aseguramiento de calidad.

El personal esencial se compone de albañiles, fierreros, plomeros, electricistas, carpinteros, cavos de obra, bandereros y ayudantes en general.

II.4.1 Requerimiento de Maquinaria y Herramientas

El desarrollo del proyecto implica la ejecución simultánea de obras de alta complejidad técnica, incluyendo vialidades a nivel, viaductos elevados carreteros, viaductos ferroviarios, urbanización y edificaciones (Tabla II. 18). En este contexto, cada equipo cumplirá con una función específica dentro de una cadena constructiva compleja para llevar a cabo los trabajos de obra en las diferentes etapas.

Tabla II. 18. Equipo y maquinaria más representativo que se requiere para el desarrollo del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

Maquinaria/vehículo	Tipo	Etapa	Cantidad	Combustible
Perforadora rotatoria para pilas	Bauer BG/Soilmec SR	construcción	30	diésel
Planta de lodos bentoníticos	Sistema modular	construcción	10	
Grúa sobre orugas	150 - 500 ton	construcción	30	diésel
Grúa sobre chalan	80 - 300 ton	construcción	20	diésel
Sistema lanzador de vigas	Viga lanzadora	construcción	10	
Excavadora hidráulica	30 - 80 ton	construcción	30	diésel
Excavadora largo alcance	40 - 70 ton	construcción	10	diésel
Compactador vibratorio	10 - 20 ton	preparación/construcción	30	diésel
Motoconformadora	140 - 220 HP	preparación/construcción	40	diésel marino
Draga de succión con cortador (CSD)	40´´	construcción	10	diésel
Cargador frontal	Cargador de ruedas 950 GC	preparación/construcción	30	diésel
Tractor	D9	preparación/construcción	30	diésel
Draga de succión (CDS)	12" - 24"	construcción	2	diésel marino
Draga tipo backhoe	55 -60 ton	construcción	1	diésel
Chalán (barcaza)	500 - 2000 m3	construcción	30	diésel
Remolcador	800 - 2000 HP	construcción	30	diésel marino
Planta de concreto	Fija/móvil	construcción	2	
Bomba de concreto	Pluma 36 - 52 m	construcción	2	diésel
Camión revolvedor	7 -10 m3	construcción	10	diésel
Camión de volteo	14 - 20 m3	preparación/construcción	40	diésel
Equipo de mejoramiento de suelo	Vibroflot/drenes	construcción	30	diésel
Extendedora de concreto	Slipform	construcción	30	diésel
Extendedora asfáltica	Finisher	construcción	30	diésel
Tren de pavimentación	Completo	construcción	20	diésel
Equipo ferroviario	Tendido y bateo	construcción	20	diésel
Bateadora ferroviaria	Automática	construcción	20	diésel
Perfiladora de balasto	Especializada	construcción	30	diésel
Planta de prefabricados	Industrial	construcción	5	diésel
Sistema tremie	Ø 200 - 300 mm	construcción	30	NA

CONSULTA PÚBLICA

Maquinaria/vehículo	Tipo	Etapa	Cantidad	Combustible
Equipo topográfico	GPS RTK / Estación total	preparación/construcción	50	NA
Planta eléctrica/subestación temporal	100 - 500 kVA	preparación/construcción	50	diésel

Tabla II. 19. Herramienta y equipo menor para utilizar en la etapa de preparación y construcción del proyecto.

Herramientas y equipo menor	Cantidad	Combustible
Motosierras	20	Gasolina
Planta generadora de energía móvil	30	Gasolina
Planta para soldar	40	Gasolina
Motobomba de 4", 6" y 10"	25	Gasolina
Equipo de oxicorte	30	Oxígeno y acetileno
Bailarina	20	Energía eléctrica
Taladro	25	Energía eléctrica
Amoladora/esmeriladora	25	Energía eléctrica
Sierra	20	Energía eléctrica
Lijadora	20	Energía eléctrica
Rotomartillo	25	Energía eléctrica
Atornillador eléctrico	30	Energía eléctrica
Martillo demoledor	30	Energía eléctrica
Extensión eléctrica	50	NA
Equipos de buceo	75	NA

CONSU

II.4.2 Requerimiento de Personal

El desarrollo de obras de infraestructura de gran escala, como la ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán requiere la contratación de personal calificado para su ejecución, entre los principales puestos se encuentra personal de obra calificado como ingenieros superintendentes de obra, ingenieros residentes de obra, ingenieros topógrafos, maestro de obras, operadores de maquinaria pesada, capitanes para embarcaciones de remolque, especialistas en área ambiental y de seguridad industrial.

Debido a la magnitud del proyecto, la organización del personal se basa en un modelo de frentes simultáneos, en el cual cada sistema constructivo cuente con equipos humanos especializados que operen de manera paralela, pero coordinada. Con base en lo anterior, se considera la contratación de un total aproximado de entre 1 195 y 1 469 personas para mano de obra especializada y no especializada permanente y temporal. A continuación, se presenta el listado del requerimiento de personal, distribuido por áreas en función del proceso constructivo (Tabla II. 20).

Tabla II. 20. Cantidad de personal necesario para la ejecución del proyecto.

Área	Cantidad
Dragado	141 – 173
Tablestacado	314 - 386
Cimentaciones	130 -160
Subestructura	100 - 120
Superestructura	90 - 110
Terracerías	90 - 110
Urbanización	80 - 100
Edificaciones	70 - 90
Líneas ferroviarias	50 - 70
Logística y mantenimiento	80 - 90
Supervisión, seguridad	50 - 60
TOTAL	**1 195 – 1 469**

CONSULTA PÚBLICA

II.4.3 Requerimiento de Insumos

El proyecto requiere de consumo de materiales que son indispensables en la ejecución de las obras como para el mantenimiento del personal, los principales insumos del proyecto corresponden a combustibles para el movimiento de la maquinaria, materiales pétreos de bancos de materiales, sedimentos de fondo marino para relleno, láminas de acero, conectores de acero, acero en general, agua, electricidad, entre otros.

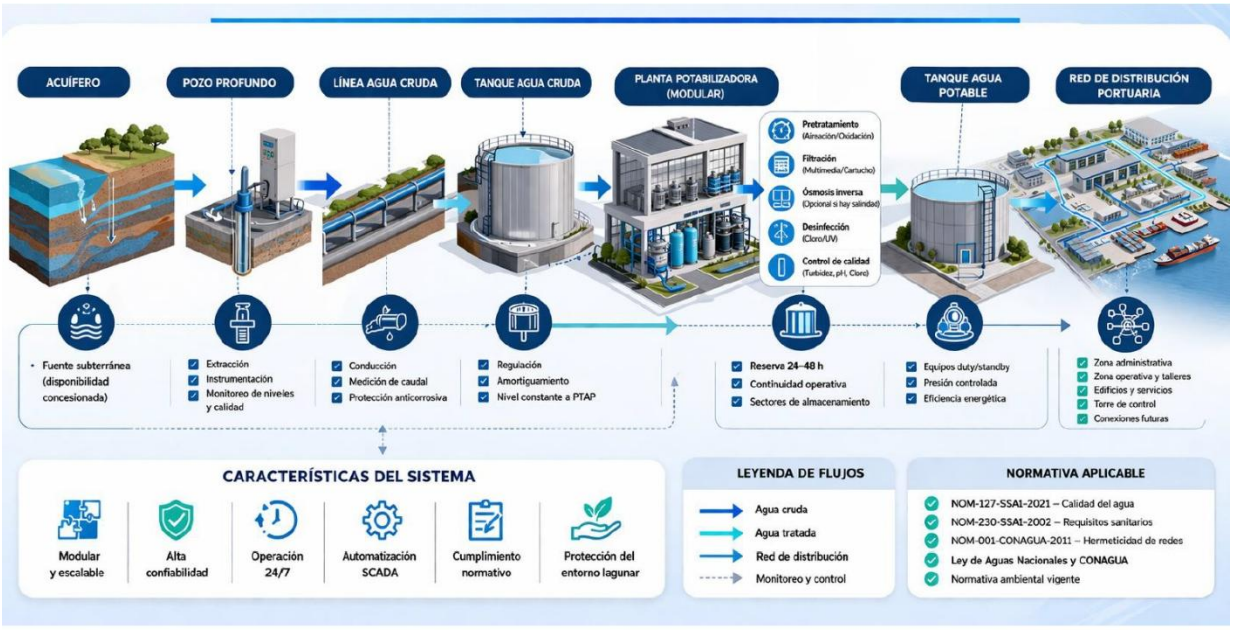
El consumo considerado de combustible para las etapas de preparación de sitio y construcción es de 100,000 litros mensuales de diésel que se utilizará en la maquinaria pesada, dragas y embarcaciones necesarias, y 40,000 litros de gasolina mensuales para equipo menor y vehículos utilitarios que utilice el personal que trabaje en el desarrollo del proyecto. Los combustibles serán adquiridos en las estaciones de servicio cercanas al sitio del proyecto.

II.4.3.1 Requerimiento de Agua

Durante la preparación del sitio y construcción, el agua que se requiera será llevada a los frentes de obra por medio de pipas que cargarán en fuentes de agua que cuenten con su autorización respectiva, por parte de CONAGUA. La ASIPONA supervisará que los contratistas cumplan con esta determinación. El agua cruda será utilizada para alcanzar las humedades del suelo necesarias para asegurar la compactación necesaria para el desplante de la infraestructura, así como para las actividades dentro del proceso de instalación del tablestacado. El agua potable será sumistrada diariamente en garrafones y será utilizada para el consumo e hidratación de los trabajadores en el proyecto. El agua para los servicios sanitarios será la que se suministre con las letrinas (sanitarios portátiles) que se colocarán en los diferentes frentes de trabajo del proyecto, y la

limpieza de las mismas correrá a cargo del proveedor que se contrate para ese servicio. La disposición de las aguas residuales será hacia sitio autorizado (plantas de tratamiento de aguas residuales cercanas al proyecto).

Para la etapa operativa se desarrollarán los proyectos ejecutivos para la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para las oficinas administrativas, mismo que contará con los elementos que se observan en la siguiente imagen.



Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Figura 19. Sistema conceptual de Suministro de agua potable (conforme al documento anexo PE25-004-IP-005, Planteamiento Conceptual de redes principales, marzo 2026).

II.4.3.2 Requerimiento de energía eléctrica

Respecto a los requerimientos de energía eléctrica durante la preparación del sitio y construcción, serán los contratistas que desarrollarán las obras quienes establecerán para sus oficinas temporales y necesidades energéticas, los convenios que sean necesarios con la CFE para el suministro de la electricidad, y en sitios en donde la CFE no pueda otorgar el servicio, se utilizarán plantas de generación de electricidad de diversas capacidades, en función de las necesidades operativas del contratista.

Para la etapa operativa del proyecto, de acuerdo con el dimensionamiento preliminar del sistema eléctrico descrito en el documento anexo PE25-004-IP-005, se menciona que se tendrá que instalar un sistema eléctrico que considere tensiones típicas de 13.8 a 23 kV. La ubicación de los elementos de la red eléctrica, incluyendo la subestación, se definirán durante la etapa de preparación del sitio, en la elaboración del proyecto ejecutivo específico.

II.4.3.3 Insumos de Obra

El proyecto en cuestión requiere de los siguientes insumos para su desarrollo. Se señala que los materiales pétreos que se utilicen en el proyecto, se obtendrán de bancos de materiales que cuenten con todas sus autorizaciones.

Tabla II. 21. Materiales requeridos durante las etapas de preparación y construcción del proyecto.

ID	Tipo de insumo de obra
1	Tablestaca metálica rolada en caliente tipo HZ 1080MD y AZ 25-800 de 31 m (101.70ft) de longitud, acero S430GP (astm a 572 gr.60).
2	Conectores de esquina rolada en caliente tipo RZD/RZU de 24.0 m (78.70ft) de longitud, acero s430gp (astm a 572 gr.60.).
3	Herrajes de placas de acero de sujeción y conectores (RZD 16, RZU 16, Omega 1 y C9).
4	Muros de contención prefabricados de concreto
5	Pilotes cilíndricos prefabricados de concreto
6	trabes huecas prefabricadas de concreto en forma de U de 50 m de longitud
7	Letreros para señalización vertical y horizontal para vías férreas y vialidades.
8	Clavos, alambre y tubería de polietileno
9	Herrajes de acero
10	Anclajes de acero
11	Tornillería para fijación
12	Barras de fijación
13	Placas de soporte
14	Conectores almacenamiento
15	Arena
16	Rollos de geotextil DE 500 GR/M^2
17	Gasolina
18	Diesel
19	Combustóleo
20	Material pétreo
21	Pintura
22	Estopa
23	Thiner
24	Madera
25	Ladrillo
26	Varilla
27	Canto rodado
28	Grava de 6" de diámetro
29	Arcilla y balastro
30	Cemento

ID	Tipo de insumo de obra
31	PVC RD-26
32	tubería corrugada de PEAD
33	Mortero
34	Cables de cobre
35	Concreto
36	Fibra óptica
37	Aceite industrial
38	Agua
39	Hielo
40	Gas butano
41	Soldadura
42	Soldadura de estaño
43	Vidrio
44	Silicon
42	Aluminio
43	Pegamento de PVC
44	Ladrillo/ tabique

CONSULTA PÚB

II.4 GENERACIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, RESIDUOS PELIGROSOS Y EN SU CASO EL CONTROL DE LA EMISIÓN DE GASES AUTOMOTORES

II.5.1 Residuos Generados por Etapa del Proyecto e Infraestructura para su Manejo Integral

El manejo de los residuos generados durante el desarrollo del presente proyecto se hará de acuerdo con lo establecido en la Ley General Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) y su reglamento, en donde se clasifican tres tipos de residuos: sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos, así como en la Ley General de Economía Circular para minimizar la generación de residuos con destino a disposición final (Tabla II. 22). Para cumplir con lo anterior, se desarrollará un Plan Integral de Manejo de Residuos para describir puntualmente las acciones que se deben realizar para la atención a este impacto, y en el que se describirán las autorizaciones correspondientes a obtener ante las autoridades federales, estatales y municipales, de acuerdo con el ámbito de su competencia, y que servirá como referencia a los contratistas que desarrollarán los trabajos del proyecto, para que ASIPONA supervise el cumplimiento de los requisitos legales en materia de manejo de residuos que deben cumplir (registro de generadores de RME y RP, planes de manejo de RME y RP, almacenes temporales, comprobantes de destino final por empresas autorizadas, entre otros).

Tabla II. 22. Categorización de los residuos que potencialmente se generarán con la ejecución del proyecto.

Categoría	Tipo de residuo	Componente
Residuos sólidos urbanos	Orgánicos	Troncos, ramas, hojarascas, papel, cartón, residuos de alimentos, frutas, verduras, cáscaras
	Inorgánicos	Latas de aluminio, botellas PET, envases Tetrapak, recipientes de unicel, bolsas de plásticos
Residuos de manejo especial	Líquidos	Aguas residuales provenientes de sanitarios
	Reciclables	Cartón, recortes de metal, recortes de alambre, madera
	No reciclables	Sedimentos, arcillas con restos orgánicos, mortero, escombro, mezcla de concreto
Residuos peligrosos	Líquidos	Aceites usados, aguas oleosas.
	Sólidos impregnados	Trapos impregnados con hidrocarburos, estopas impregnadas con hidrocarburos, sólidos impregnados.

II.5.1.1 Generación y Manejo de Residuos en las Etapas de Preparación del Sitio y Construcción

La generación de residuos sólidos urbanos asociados al personal que trabajará en la preparación del sitio, construcción y operación se estima que sea de 0.7 kg de residuos al día por trabajador durante el proyecto. Generalmente este tipo de residuos se producen de manera moderada, no requieren de técnicas especiales para su control.

Para la colecta de los residuos se dispondrán contenedores portátiles colocados en lugares estratégicos considerando el área total de trabajo para su posterior disposición reglamentaria. Los residuos podrán clasificarse como orgánicos e inorgánicos. Se propone realizar una clasificación secundaria, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 18, Capítulo Único, Título Tercero de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) con el fin de facilitar la recuperación de los residuos inorgánicos valorizables. Considerando lo anterior, se dispondrán de distintos contenedores basados con los criterios para su clasificación dependiendo de su origen (Tabla II. 23), y de acuerdo con las especificaciones de la Guía para la Identificación Gráfica del Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (SEMARNAT, 2015).

Los contenedores deberán estar debidamente señalizados e identificados y con tapa para cubrirlos de la intemperie. Estas áreas deberán permanecer a una distancia mínima de 100 m de áreas de vegetación en estado primario y cuerpos de agua.

Tabla II. 23. Criterios de clasificación por tipo de residuo.

Tipo de residuo	Color de identificación
Orgánico	
Inorgánico (papel manchado con grasa, plumas, lápices, etc.)	
Plástico y metal	
Vidrio (envases y residuos)	
Papel y similares	

CONSULTA PÚBLICA

Teniendo en cuenta los 0.7 kg/día de residuos producidos por trabajador, entonces, se calculan entre 1 195 y 1 469 trabajadores en la zona del proyecto que estarían generando un promedio de 837 - 1 028 kg por día de basura, lo que corresponde de manera mensual a 25.11- 30.84 toneladas por mes, y entre 301.3 y 370.1 toneladas por año.

Los residuos sólidos serán enviados a los lugares autorizados para su almacenamiento temporal, mediante brigadas de recolección de desechos o serán recolectados por una empresa recicladora o trasladados directamente al relleno sanitario para su disposición final (Tabla II. 24).

Tabla II. 24. Disposición de los residuos sólidos urbanos generados durante el proyecto.

Residuo	Tipo	Manejo	Transporte	Disposición final
Sólidos urbanos	Reciclables	Almacén temporal dentro del área del proyecto	Camión recolector	Empresa recicladora
	No reciclables	Almacén temporal dentro del área del proyecto	Camión recolector	Relleno sanitario municipal.

Residuos de manejo especial

La vegetación proveniente del desmonte se triturará y compactará para su traslado a un sitio definido por la autoridad municipal, y parte de ella se reutilizará en áreas verdes del proyecto. Los residuos provenientes de la nivelación y de la apertura de caminos temporales son materiales formados por componentes propios del suelo de la región, por lo que, al depositarlos en otro sitio, no afectarán o contaminarán en sitio o en su caso los mantos freáticos.

Los residuos derivados de la construcción que, de acuerdo con el artículo 19, Fracción VII, Capítulo Único, Título Tercero de la LGPGIR, se deben considerar como residuos de manejo especial serán almacenados en uno de los almacenes temporales establecidos (Tabla II. 25). Ejemplo de éstos son varillas, alambre, escombro, etcétera. Además, las áreas deberán estar debidamente señaladas, delimitadas e identificadas, no deberán tener contacto con suelo natural. Por la naturaleza de los materiales que serán almacenados en este lugar, será necesario realizar la clasificación de riesgo incendio, tal y como se encuentra fundamentado en el numeral 5.1, A1 y A2 de la NOM-002-STPS-2010 o en su caso, la norma que la sustituya.

Tabla II. 25. Disposición de los residuos de manejo especial generados durante el proyecto.

Residuo	Tipo	Manejo	Transporte	Disposición final
Manejo especial	Reciclable	Disposición temporal en proyecto	Camión recolector	Empresa recicladora
	No reciclable	Disposición temporal en proyecto	Camión volteo, chalan, draga	Sitio de disposición final autorizados por SEMARNAT, IMADES
	Líquido	Disposición temporal en proyecto	Camión extractor	Empresa autorizada por IMADES, CAPDAM, CIAPACOV, MAPAC.

CONSULTA PÚBLICA

Residuos peligrosos

Estos residuos se generarán por labores de composturas o mantenimiento simple de la maquinaria y equipo pesado, así como por sustancias utilizadas en la señalización de los espacios dentro del área del proyecto.

Los residuos potenciales de generación son los aceites y lubricantes gastados/usados, así como estopas y trapos impregnados provenientes del mantenimiento de los motores de la maquinaria a utilizar, serán ubicados en los almacenes temporales de residuos peligrosos, con las características necesarias que define el Reglamento de la LGPGIR.

Los residuos peligrosos de potencial generación son:

- Aceites gastados
- Solventes orgánicos gastados
- Baterías plomo-ácido
- Materiales impregnados con hidrocarburos
- Anticongelantes
- Grasas gastadas de lubricantes

Existe la posibilidad de que los vehículos que transporten combustible, y la misma maquinaria usada puedan ocasionar derrames en forma accidental, por lo que estas unidades deberán portar un kit de antiderrames.

Los residuos peligrosos generados en la implementación del proyecto serán transportados de manera segura y controlada a uno o más almacenes temporales (no mayor a 6 meses) que estarán ubicado en sitios estratégicos a los frentes de obra, para evitar el traslado de grandes distancias de los RP, hasta que se entreguen a la empresa recolectora (autorizada por la SEMARNAT para su recolección, transporte y disposición final), la cual será la encargada de esta tarea. El almacén contará con las siguientes características:

- Sistemas de detección y extinción de incendios.
- Señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados.
- Pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia.
- Contar con canaletas, trincheras y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados.
- Contar con paredes de materiales no inflamables.
- Pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicos, electrónicos o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia.
- No deben presentar ningún tipo de drenaje o apertura que permita que los líquidos fluyan fuera del área protegida.
- Tambos debidamente identificados y con tapa, de acuerdo con las características de peligrosidad de cada uno de los residuos generados.
- Matriz de compatibilidad de residuos peligrosos.
- Se recomienda levantar muros de 50 cm de alto.
- Ventilación natural para evitar la acumulación de vapores peligrosos.
- Iluminación a prueba de explosión.

CONSULTA PÚBLICA

La capacidad del almacén estará determinada por la cantidad de residuos esperada para el proyecto y se sujetará a lo que establece la LGPGIR, así como su respectivo reglamento. De acuerdo con la cantidad de residuos peligrosos es como se deberá autocategorizar el contratista como micro generador (hasta de 400 kilogramos al año), pequeño generador (mayor a 400 kilogramos y menor a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año) o gran generador (igual o superior a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año). Por el tipo de obra, el nivel de generación estará entre pequeño generador y gran generador. La gran generación se realizará durante el periodo de preparación del sitio y construcción y el pequeño generador durante la etapa operativa, considerando que la producción actual del Puerto de Manzanillo es de 1 tonelada de residuos peligrosos anuales (OFICIO No. 06/SGPARN/UGA/0351/2024 donde se avisa el cambio de categoría de Microgenerador a Pequeño Generador para la ASIPONA Manzanillo S.A. de C.V.).

Los residuos serán transportados de manera segura y controlada al almacén de residuos peligrosos temporal donde se colocarán en tambos metálicos, los cuales serán etiquetados con el nombre del residuo, área generadora, fecha de ingreso al almacén, clasificación con el código CRETIB y cantidad en kilogramos o toneladas.

Una vez transcurrido 6 meses o disponer de suficiente de estos residuos se solicitará a empresas autorizadas, el retiro y transporte de estos para su tratamiento y disposición final, conforme a lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Residuos sanitarios

Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores se contempla instalar sanitarios portátiles en proporción de un sanitario por cada 12 trabajadores, con lo cual se cumple con lo establecido en la NOM-150-SEMARNAT-2017. En este sentido, para este proyecto se planea la instalación de siete sanitarios portátiles por cada 100 trabajadores. Los sanitarios estarán ubicados de manera estratégica. Se calcula que los residuos sanitarios generados serán de volumen variable (aproximadamente 5 l/persona/día), los cuales serán retirados y manejados por una empresa autorizada tres veces a la semana, la cual los transportará a una planta de tratamiento o al sitio en donde la empresa prestadora del servicio tenga convenido por la autoridad correspondiente para su disposición final con base a lo establecido en la normativa ambiental vigente.

Mecanismos para la implementación de un programa de manejo de residuos

La estrategia general de trabajo se divide en tres etapas (Tabla.II.26):

1. Establecimiento de la infraestructura física para el manejo de los residuos.
2. Generación de información y evaluación de resultados.
3. Fortalecimiento de la conciencia ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 26. Estrategias de minimización o aprovechamiento de residuos.

Estrategia	Mecanismo	Indicador
Establecimiento de la infraestructura física para el manejo de los residuos.	• Construcción de área para almacenamiento de reciclables. • Estandarizar el sistema de identificación de separación. • Emplear el sistema de color reglamentado. • Separación de residuos orgánicos.	-Número de botes instalados. -Número de señalizaciones. -Material generado para señalizar los residuos. -Bitácoras diarias de cuantificación
Generación de información y evaluación de resultados.	• Implementación de bitácoras de acuerdo con la recomendación de este documento. • Asignación de personal para la actividad. • Asignación presupuestal. • Asignación de equipo de cómputo.	-Bitácoras semanales de cuantificación. -Archivo digital de estadística de generación.
Fortalecimiento de la conciencia ambiental.	• Política interna de la empresa para la prevención de contaminación por residuos sólidos urbanos y de manejo especial • Capacitación en el manejo integral de los residuos a todo el personal operativo	-El proyecto contempla un plan ambiental como herramienta para el control del manejo y generación de los RSU y RME. - Programa de charlas de inducción con temática de la generación, segregación y disposición de los RSU y RME
Mejoramiento de suelo	• Verter el material orgánico a predios de uso agrícola para formar una capa de mejoramiento de suelo	-Bitácoras semanales de cuantificación. -Archivo digital de estadística de generación.

II.5.1.2 Generación y Manejo de Residuos en la Etapa de Operación y Mantenimiento

Actualmente no existe un programa de actividades o plan de manejo que se ejecute durante la operación y mantenimiento, sin embargo, para esta etapa se considera la actividad de maniobras de maquinaria, equipos, vehículos terrestres y marinos, así como personal. En este sentido, se adaptará el actual plan de manejo de residuos del Puerto de Manzanillo, que está sujeto a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su respectivo reglamento. Cabe mencionar, que parte del mantenimiento en esta etapa consiste en un dragado periódico cuyo sedimento debe ser vertido en un banco autorizado por la autoridad ambiental.

II.5.2 Generación de Emisiones y Gases de Efecto Invernadero y su Control

Estas serán producidas principalmente por el consumo de combustible por la operación de maquinaria y equipo que se empleará en las etapas de preparación del sitio y la construcción del canal de navegación y dársena, plataformas, edificaciones, vialidades y vía férrea. Cuyo equipo se apegará al cumplimiento de la NOM-041-SEMARNAT-2015, NOM-167-SEMARNAT-2017, NOM-042-SEMARNAT-2003, NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-082-SEMARNAT-1994.

Considerando lo anterior, la cantidad de gases de efecto invernadero se estimó con relación a la operación mensual de la maquinaria a utilizar. Aplicando el factor correspondiente asociado a la emisión de los gases de efecto invernadero CO, HC, NOx y PM_{10} se calculó la estimación de emisiones anuales de ton CO_2eq. Al ser este un valor estimado, y en cumplimiento de la Ley General de Cambio Climático y su reglamento, se realizará la cuantificación anual real, con base en los consumos reales de combustible y energía eléctrica del proyecto, para monitorear si en algún momento se sobrepasa de las 25,000 ton CO_2e y se requerirá reportar las emisiones a la SEMARNAT al convertirse el generador en sujeto obligado.

Con base al consumo de combustible considerado para las etapas de preparación del sitio y construcción, en la Tabla II. 27 se presenta la estimación de las emisiones de GEI de manera anual.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla II. 27. Estimación de emisiones de GEI (ton) por año durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Emisiones de GEI	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Ton CO_2e	9,571.38	9,571.38	9,571.38	9,571.38	9,571.38	9,571.38	9,571.38

Tomando como base los resultados del Informe sobre Inventario de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en el Puerto de Manzanillo (2022-2024), se observa que para una actividad operativa al 100%, las emisiones correspondientes a la ASIPONA Manzanillo en los Alcances 1 y 2 son las que se muestran en la Tabla II. 28.

Tabla II. 28. Estimación de emisiones de GEI (ton) por año durante la operación del proyecto con base en los valores de operación actual del Perto de Manzanillo.

Inventario de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) de la ASIPONA Manzanillo

AÑO	Total Alcance 1	Total Alcance 2	Total de los Alcances 1 y 2
2022	620.39	1,410.77	2,031.16
2023	514.84	1,435.42	1,950.26
2024	258.32	1,473.80	1,732.12

Fuente: Unidad de Puertos y Marina Mercante, del Sistema Puerto Inteligente Seguro modulo ECOPIS, Fecha de Consulta Marzo 2026

Los valores anteriores corresponden única y exclusivamente a lo emitido por ASIPONA Manzanillo, sin embargo, como responsable global del Puerto Nuevo Manzanillo, la ASIPONA supervisará las emisiones de los cesionarios y prestadores de servicio, así como de las líneas navieras, y se espera tener una emisión similar a la etapa operativa actual del puerto de Manzanillo, para la Fase 1 del Puerto Nuevo Manzanillo, misma que se describe a continuación para los Alcances 1, 2 y 3:

- **Alcance 1:** 65,766 ton CO_2e promedio 2022-2024 (incluye consumo directo de combustible en todas las cesionarias, ASIPONA y prestadores de servicios)
- **Alcance 2:** 33,904.67 ton CO_2e promedio 2022-2024 (incluye todo el consumo eléctrico para el Puerto de Manzanillo)
- **Alcance 3:** 198,605.09 ton CO_2e promedio 2022-2024 (incluye emisiones de motores principales, auxiliares y calderas auxiliaries de las embarcaciones que arriban al puerto de Manzanillo).

Para el caso de la Etapa 2 del desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, se espera que los valores previos se doblen en cantidad, debido al incremento en la capacidad del Puerto. Para atender esto, la ASIPONA continuará la supervisión anual de las emisiones de los cesionarios, prestadores de servicios y líneas navieras, así como de las emisiones propias, para establecer las medidas necesarias en caso de incrementos significativos en los niveles aquí reportados y tomados como referencia. Es importante recordar, que estas emisiones están vinculadas a la productividad del propio Puerto, por lo que si éste incrementa su capacidad, se espera un incremento proporcional de las emisiones de CO_2e.

CONSULTA PÚBLICA

II.5.2.1 Identificar por etapas del Proyecto, en su caso las fuentes generadoras de Gases de Efecto Invernadero

Las actividades potenciales que generan gases de efecto invernadero se muestran en la Tabla II. 29, también se generarán partículas suspendidas por las actividades de desmonte, dragado, nivelación, edificaciones y formación de caminos, así como por el transporte de materiales y equipos. En el capítulo VI de esta MIA se describen con mayor detalle las medidas de prevención y mitigación para estos impactos, que entre otras se considera la verificación de todos los vehículos con motor a diésel y/o gasolina cada bimestre, mientras que el equipo menor deberá tener mantenimiento con su respectiva evidencia fotográfica y bitácora de mantenimiento. En cuanto a los camiones que trasladen material pétreo, deberán tener y utilizar las lonas que eviten que las partículas sean dispersadas por el viento, en caso contrario serán sancionados.

Tabla II. 29. Obras o actividades potenciales de generar gases de efecto invernadero.

Actividad	Fase	Obras y actividades	Generación de gases
Etapa 1			
Mantenimiento de canal de Tepalcates y construcción del canal de navegación Norte y Sur	Preparación del sitio	Infraestructura temporal de apoyo	No
		Desmonte y despalme de caminos auxiliares	SÍ
		Transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo a través de barcazas o chalanes	SÍ
	Construcción	Instalación de tablestacas y muro de contención	SÍ
		Dragado	SÍ
		Traslado de sedimento a zona de tiro	SÍ
Construcción de plataformas TEC 1 y 2.	Preparación del sitio	Transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo.	SÍ
		Dragado	SÍ
	Construcción	Instalación de Geotextil	SÍ
		Relleno y nivelación de terreno	SÍ
		Muro de contención	SÍ
		Instalación de cabezal de concreto	SÍ
Zonas de urbanización (Área administrativa, Estacionamiento, CIAP)	Preparación del sitio	Desmonte y despalme	Si
	Construcción	Nivelación	SÍ
		Construcción de cimientos	SÍ
		Edificación	Si
Etapa 2			
Dragado final en canales de navegación Norte y Sur	Preparación del sitio	Transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo al sitio de trabajo	SÍ
	Construcción	Dragado	Si
		Traslado de sedimentos a la zona de tiro	SÍ
Construcción de plataforma para TEC´s 3,4 y TUM 5	Preparación del sitio	Infraestructura temporal de apoyo	No
		Transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo	Si
		Dragado	SÍ
	Construcción	Instalación de tablestacas y muro de contención	SÍ
		Relleno y nivelación de terreno	Si
		Instalación de cabezal de concreto	SÍ

CONSULTA PÚBLICA

Referencias bibliográficas:

- Benavides-González, J. A. (2021). Evolución del estado trófico de la laguna de Cuyutlán, Colima ante la reapertura y ampliación del canal de Tepalcates, en el periodo 2009-2018 [Universidad Autónoma de Nuevo León]. http://eprints.uanl.mx/22893/1/1080315667b.pdf
- Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoons. En B. Kjerfve (Ed.), *Coastal lagoon processes* (Vol. 3, pp. 1–8). Elsevier.
- Ledezma-Boschini, P. J. (2025, February 3). La creciente influencia de China en el puerto de Manzanillo, México. https://www.linkedin.com/pulse/la-creciente-influencia-de-china-en-el-puerto-m%C3%A9xico-pablo-jos%C3%A9-y223f/
- Mendoza Cota, J. E. (2015). El comercio México-China: Su importancia e impacto en la economía mexicana. México y La Cuenca Del Pacífico, 4(12), 65–91. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-53082015000300065&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- NOM-002-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
- NOM-034-SCT2-2011, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.
- NOM-050-SCT2-2017, disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas.
- NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.
- NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
- NOM-167-SEMARNAT-2017, Define el método de prueba para verificar los límites de emisión de contaminantes en vehículos a gasolina, gas natural o gas licuado de petróleo.
- NOM-042-SEMARNAT-2003 establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para vehículos nuevos en México.
- NOM-082-SEMARNAT-1994: Establece los límites máximos de emisión de ruido para motocicletas y triciclos motorizados.
- Patiño-Barragán, M., Galicia-Pérez, M. A., Gaviño-Rodríguez, J. H., Meyer-Willerer, A., Olivos-Ortiz, A., & Chávez, J. C. (2008). Diagnóstico ambiental de la Laguna de Cuyutlán, Colima. En *Primera parte: La economía urbana y el desarrollo sustentable* (pp. 45–56).

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO III

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

ÍNDICE GENERAL

III.1 Introducción 1

III.2 Vinculación con los instrumentos de planeación y regulación del uso de suelo 2

III.2.1 Vinculación con Instrumentos de Planeación 2

III.2.1.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 5

III.2.1.2 Plan Estatal de Desarrollo de Colima, 2021-2027 8

III.2.1.3. Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo, Colima 2024-2027 9

III.2.1.4 Programa Sectorial de Marina (PSM) 2025-2030 10

III.2.1.5 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2025-2030 .. 11

III.2.1.6 Programa Maestro de Desarrollo Portuario de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2026-2031 13

III.2.1.7 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2025-2030 14

III.2.1.8 Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026-2030 15

III.2.2 Vinculación con Instrumentos de Regulación del Uso de Suelo 18

III.2.2.1 ACUERDO por el que se delimita y determina el recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima 22

III.2.2.2 DECRETO de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, ubicado en el municipio de Manzanillo, en el estado de Colima 23

III.2.2.3 Quinto Addendum, al Título de Concesión otorgado por el Ejecutivo Federal el 1 de febrero de 1994, a favor de la entonces Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V., actualmente Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo, S.A. de C.V., para usar, aprovechar y explotar bienes del dominio público de la Federación y de las obras e instalaciones propiedad del Gobierno Federal; así como para la construcción de obras, marinas, terminales e instalaciones portuarias y la prestación de los servicios portuarios en los recintos portuarios del Puerto de Manzanillo y recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima 24

III.2.2.4 Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Municipio de Manzanillo, Colima (PMOTDU) 25

III.2.2.5 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 47

III.2.2.6 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima (POETEC) 54

Influencia directa del Proyecto en UGA's 56

CONSULTA PÚBLICA

III.2.2.7 Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET Laguna de Cuyutlán 2003 con Reforma del 2007 y adición de 2014) 64

III.2.2.8 Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016) 93

III.3. Vinculación con Instrumentos Normativos Aplicables 96

III.3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 99

III.3.2 Tratados Internacionales 102

III.3.2.1 Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR, 1982) 104

III.3.2.2 Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los buques (MARPOL 73/78) . 106

III.3.2.3 Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM, 2004)..... 108

III.3.2.4 Acuerdo de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, el Gobierno de los Estados Unidos de América y el Gobierno de Canadá (Suscrito el 14 de septiembre de 1993, en vigor el 1 de enero de 1994) 109

III.3.2.5 Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) 110

III.3.2.6 Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030..... 113

III.3.2.7 Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas-Objetivos de Desarrollo Sostenible 114

III.3.2.8 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)..... 116

III.3.2.9 Acuerdo de París 119

III.3.2.10 Compromisos climáticos y ambientales derivados de la COP 27 122

III.3.2.11. Convención de Diversidad Biológica (CDB)..... 123

III.3.2.12. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)..... 127

III.3.2.13. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención RAMSAR)..... 129

III.3.2.14. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales (ESCAZÚ)..... 131

III.3.3. Legislación federal aplicable..... 134

III.3.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 134

III.3.3.2. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental..... 136

III.3.3.3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) 140

III.3.3.4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)..... 142

III.3.3.5. Ley de Aguas Nacionales..... 144

III.3.3.6. Ley General de Bienes Nacionales..... 145

III.3.3.7. Ley de navegación y comercio marítimos..... 146

CONSULTA PÚBLICA

III.3.3.8 Ley de Puertos 149
III.3.3.9 Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar 152
III.3.3.10. Ley de vertimientos en las zonas marinas mexicanas 153
III.3.3.11. Ley General de Vida Silvestre (Articulo 60 TER) 155
III.3.3.12. Ley General de Cambio Climático 162
III.3.3.13. Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40 165
III.3.3.14. Reglamento de la LGCC en Materia del Registro Nacional de Emisiones 167
III.3.3.15. Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera 169
III.3.3.16. Reglamento de La Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales 170
III.3.3.17. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental 170
III.3.3.18. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 173
III.3.3.19. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 174
III.3.3.20. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos 175

III. 3.4. Leyes y Reglamentos Estatales y Municipales 176

III. 3.4.1 Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima 176
III. 3.4.2 Reglamento de Ecología para el Municipio de Manzanillo 178
III. 3.4.3 Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima 179
III. 3.4.4 Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Colima 181

III.3.5 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables 183

III.3.6 Vinculación con Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas (ANP) y otras áreas de interés ambiental 208

III.3.6.1. Áreas Naturales Protegidas (ANP) 208
III.3.6.2. Regiones Prioritarias establecidas por la CONABIO 209
III.3.6.3. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad establecidos por la CONABIO 217

CONSULTA PÚBLICA

VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III 1. Instrumentos aplicables al proyecto 3
Tabla III 2. Vinculación con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 7
Tabla III 3. Vinculación con el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima 8
Tabla III 4. Plan Municipal de Desarrollo 2024- 2027 de Manzanillo. 9
Tabla III 5. Instrumentos de regulación de uso de suelo para el área del proyecto. 18
Tabla III 6. Unidades de Gestión Ambiental del Territorio del PMOTDU relacionadas con el proyecto 26
Tabla III 7. Unidades de Gestión Ambiental del Territorio del PMOTDU vinculadas con el proyecto 27
Tabla III 8. Políticas y estrategias establecidas para las Regiones Ecológicas y Unidades Ambientales Biofísicas aplicables al Proyecto. 49
Tabla III 9. Vinculación del proyecto con las Estrategias establecidas para según las Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT. 49
Tabla III 10. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POETEC del estado de Colima con influencia directa por el proyecto. 57
Tabla III 11. Criterios de regulación ecológica 59
Tabla III 12. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán que inciden en el proyecto. 66
Tabla III 13. Atributos generales de las UGA'S del PROETSLC en las que incide el proyecto 67
Tabla III 14. Vinculación con los criterios ecológicos de las UGA's en las que incide el POETSLC. 67
Tabla III 15. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local de Manzanillo, Colima (POET 2016) en el área de influencia del Proyecto de Desarrollo del Nuevo Puerto de Manzanillo. 95
Tabla III 16. Vinculación del proyecto con el marco jurídico. 96
Tabla III 17. Vinculación del proyecto con los preceptos constitucionales aplicables 100
Tabla III 18. Principales instrumentos internacionales al proyecto 103
Tabla III 19. Vinculación del proyecto con en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar 105

Tabla III 20. Vinculación del proyecto con el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) 107

Tabla III 21. Vinculación del proyecto con Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030 114

Tabla III 22. Vinculación del proyecto con la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas-Objetivos de Desarrollo Sostenible 115

Tabla III 23. Vinculación del proyecto con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 117

Tabla III 24. Vinculación del Proyecto con el Acuerdo de París. 119

Tabla III 25. Vinculación del Proyecto con la Convención de Diversidad Biológica 123

Tabla III 26. Ejemplo de especies de fauna presente en SAR en algunas de las categorías del CITES 127

Tabla III 27. Ejemplo de especies de vegetación presentes en SAR en algunas de las categorías del CITES 128

Tabla III 28. Relación del proyecto con el Acuerdo de Escazú 132

Tabla III 29. Vinculación con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 134

Tabla III 30. Vinculación con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. 136

Tabla III 31. Vinculación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 140

Tabla III 32. Vinculación con el Reglamento de la LGPGIR. 142

Tabla III 33. Vinculación del proyecto con el marco jurídico con la Ley de navegación y comercio marítimo 147

Tabla III 34. Vinculación del Proyecto con la Ley de Puertos 149

Tabla III 35. Vinculación del Proyecto con el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar 152

Tabla III 36. Vinculación del Proyecto con la Ley de vertimientos en las zonas marinas mexicanas 153

Tabla III 37. Vinculación con la Ley General de Vida Silvestre 156

Tabla III 38. Vinculación con la Ley General de Cambio Climático 163

Tabla III 39. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones. 167

Tabla III 40. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera 169

Tabla III 41. Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 173

Tabla III 42. Vinculación con el Reglamento de la LGDFS. 174

Tabla III 43. Vinculación del proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos 175

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 44. Vinculación con la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima. 176
Tabla III 45. Vinculación del proyecto con el Reglamento de Ecología para el Municipio de Manzanillo 178
Tabla III 46. Vinculación con la Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima..... 179
Tabla III 47. Vinculación del proyecto con la Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Colima 181
Tabla III 48. Vinculación del proyecto con Normas Oficiales Mexicanas aplicables. 184
Tabla III 49. Vinculación con la NOM-022-SEMARNAT-2003. 193
Tabla III 50. RTP más cercana al Proyecto 211
Tabla III 51. Descripción de las características de la RHP Ríos Purificación- Armería. 213
Tabla III 52. Atributos generales de la AICA en la que incide el Proyecto 216
Tabla III 53. Atributos generales de la RMP en la que incide el Proyecto 216
Tabla III 54. Sitios prioritarios en los que incide el Proyecto..... 219

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa III 1. Incidencia del Proyecto respecto a las Unidades de Gestión Ambiental del Territorio (UGAT) del PMOTDU de Manzanillo. 25

Mapa III 2. Incidencia del Proyecto sobre la Ubicación del Proyecto respecto a las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) del POEGT. 48

Mapa III 3. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POETEC del Estado de Colima que se localizan dentro del SAR..... 56

Mapa III 4. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET Laguna de Cuyutlán 2003 con reforma del 2007 y adición 2014) que inciden en el proyecto. 65

Mapa III 5. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016). 94

Mapa III 6. Cercanía del Proyecto con el sitio RAMSAR 130

Mapa III 7. Cercanía del Proyecto con las ANP´s..... 209

Mapa III 8. Cercanía del Proyecto con respecto a Región Terrestre Prioritaria (RTP) Manantlán-Volcán de Colima..... 210

Mapa III 9. Incidencia del Proyecto con respecto a la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) Ríos Purificación–Armería. 211

Mapa III 10. Incidencia del Proyecto con respecto a Región Marina Prioritaria (RMP) Cuyutlán–Chupadero.212

Mapa III 11. Incidencia del Proyecto con respecto al Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA Laguna de Cuyutlán y Estero Palo Verde..... 213

Mapa III 12. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad donde recae el Proyecto. 218

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III 1. Ejes del Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 5

Figura III 2. Clasificación general de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto. 184

III.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objeto analizar la vinculación del proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables en el ámbito de los tres órdenes de gobierno, así como en el plano de convenios internacionales, con la finalidad de determinar su congruencia normativa y su compatibilidad con las políticas de uso, manejo y conservación desde el orden internacional hasta el territorio donde se pretende desarrollar.

El análisis se realiza considerando tanto el área directa del proyecto, localizada en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, como el Sistema Ambiental Regional (SAR) y su área de Influencia que incluye desde la cuenca alta, el sistema lagunar y áreas marinas adyacentes fuera del sistema lagunar y zonas de influencia indirecta asociadas a actividades complementarias del proyecto, tales como la sinergia con el actual puerto de San Pedrito, el dragado, el vertimiento de material y la presencia de estructuras portuarias artificiales en el frente costero de la Barra de Cuyutlán y las bahías de Santiago y Manzanillo.

La vinculación se efectúa mediante la identificación y revisión de los instrumentos de planeación ambiental y territorial vigentes, incluyendo los ordenamientos ecológicos del territorio, los programas de desarrollo urbano y sectorial, así como el marco jurídico ambiental aplicable, integrando los criterios, políticas y lineamientos que regulan el uso del suelo y del medio marino–costero en el área de estudio.

El capítulo se desarrolla con un enfoque de análisis técnico–jurídico, estableciendo la relación entre las disposiciones normativas y las características generales del proyecto, con el propósito de determinar su compatibilidad, identificar condicionantes ambientales relevantes y, en su caso, señalar los criterios que deberán ser atendidos en las distintas etapas del proceso de evaluación de impacto ambiental.

El análisis de vinculación se desarrolló con base en la revisión de los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos vigentes a la fecha de elaboración de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, considerando sus actualizaciones oficiales y la cartografía disponible en fuentes institucionales. La interpretación de dichos instrumentos se realizó atendiendo a su ámbito de aplicación, escala y objetivos, con el propósito de asegurar una evaluación consistente y congruente con el marco normativo que regula el desarrollo de proyectos portuarios en el área de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

III.2 Vinculación con los instrumentos de planeación y regulación del uso de suelo

El análisis de vinculación se realizó mediante la identificación, revisión e interpretación de los instrumentos de planeación vigentes que regulan el uso y aprovechamiento del territorio y del medio marino–costero en el área donde se localiza el proyecto y en su zona de influencia. Dichos instrumentos establecen las políticas, criterios y lineamientos que orientan el desarrollo de actividades productivas y de infraestructura, así como las medidas de protección ambiental aplicables.

Para la integración del presente apartado se consideraron los instrumentos de planeación emitidos por las autoridades competentes en materia ambiental, territorial y sectorial, en los ámbitos federal, estatal y municipal, atendiendo a su escala de aplicación (regional, local o específica) y a su relación directa con la naturaleza y características del proyecto portuario.

La vinculación se desarrolló con un enfoque de congruencia territorial y normativa, evaluando la compatibilidad del proyecto con los objetivos, políticas y estrategias definidos en cada instrumento, así como la correspondencia entre el uso propuesto y los lineamientos establecidos para las unidades de gestión o zonificaciones aplicables. Este análisis permite identificar de manera clara los instrumentos rectores, aquellos de aplicación complementaria y las condicionantes ambientales y territoriales que deberán ser observadas durante la ejecución del proyecto.

Con base en lo anterior, el apartado se estructura en subcapítulos que abordan de forma diferenciada los instrumentos de planeación ambiental, los programas de ordenamiento territorial y urbano, y los instrumentos de planeación sectorial, a fin de presentar una evaluación ordenada y coherente de la vinculación del proyecto con el marco de planeación vigente.

III.2.1 Vinculación con Instrumentos de Planeación

En este apartado se analizan los instrumentos de planeación que resultan aplicables al proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo, en función de su localización dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, así como de su área de influencia que comprende zonas marinas adyacentes y áreas costeras vinculadas a la actividad portuaria.

La identificación de los instrumentos aplicables se realizó considerando la escala de planeación, el ámbito territorial de cobertura y la competencia de la autoridad emisora, priorizando aquellos ordenamientos de carácter ecológico que regulan de manera específica los ecosistemas costeros, lagunares y marinos donde se inserta el proyecto. En este sentido, se tomaron en cuenta tanto los instrumentos de regulación de uso de suelo de alcance local, regional y estatal, como aquellos instrumentos que regulan de forma particular la franja costera y el medio marino del litoral del estado de Colima.

CONSULTA PÚBLICA

El análisis de vinculación se centra en la evaluación de la compatibilidad del proyecto con las políticas ambientales. Este ejercicio permite determinar si las actividades propuestas se encuentran permitidas, condicionadas o sujetas a restricciones específicas, mismas que deberán ser consideradas en el diseño y ejecución del proyecto.

Con base en lo anterior, en los subapartados siguientes se presenta la revisión de los principales instrumentos de planeación ambiental aplicables, describiendo sus objetivos generales y analizando su relación con el proyecto, a fin de sustentar su congruencia con el marco de planeación ecológica vigente.

Tabla III 1. Instrumentos aplicables al proyecto

Instrumento de planeación	Ámbito de aplicación	Autoridad emisora	Escala	Vinculación con el proyecto
Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025-2030	Nacional	Gobierno Federal	Nacional	Establece directrices generales para el desarrollo de infraestructura estratégica, incluyendo proyectos portuarios, bajo criterios de sustentabilidad.
Plan Estatal de Desarrollo de Colima, 2021-2027	Estatal	Gobierno Estatal	Estatal	Se estructura en cinco ejes rectores, cada uno sustentado en su respectivo diagnóstico, así como en la definición de metas, líneas de acción, programas y proyectos orientados a mejorar las condiciones de bienestar, convivencia social y desarrollo integral de las y los habitantes de la entidad.
Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo, Colima 2024-2027	Municipal	Gobierno Municipal	Municipal	Establece las directrices estratégicas para atender los retos derivados del crecimiento económico y urbano del municipio, particularmente aquellos asociados a la consolidación de su vocación logística-portuaria y al desarrollo sostenible del territorio
Programa Sectorial de Marina 2025 – 2030	Nacional	Secretaría de Marina	Nacional	Especificar los objetivos, prioridades y políticas que rigen el desempeño de las actividades de la MARINA, incluyendo a las entidades paraestatales agrupadas en el sector.
Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Nacional	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Nacional	Define la política ambiental aplicable al desarrollo de proyectos de infraestructura, promoviendo el uso sustentable de los recursos naturales.

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento de planeación	Ámbito de aplicación	Autoridad emisora	Escala	Vinculación con el proyecto
(PROMARNAT) 2025-2030				
Programa Maestro de Desarrollo Portuario de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2026-2031	Nacional	Secretaría de Marina / SICT	Nacional	Orienta la planeación y modernización de la infraestructura portuaria nacional, en la cual se inserta el proyecto.
Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2025-2030	Federal	SICT	Nacional	Conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte marítimo y terrestre del Gobierno Federal.
Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026-2030	Federal	SEDATU	Federal	Busca la planificación nacional, enfocado en el ordenamiento territorial y desarrollo urbano sustentable.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.1.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030[1]

El **Plan Nacional de Desarrollo (PND)** constituye el instrumento rector de la planeación democrática del desarrollo nacional, en el cual se establecen los objetivos, estrategias y líneas de acción que orientan la actuación del Gobierno de México durante el periodo correspondiente. Su finalidad es consolidar la transformación del país mediante un modelo de desarrollo basado en el bienestar social, la justicia, la equidad y la sustentabilidad.

El PND se estructura en cuatro ejes generales y tres ejes transversales (Figura III 1), los cuales articulan de manera integral la política pública y garantizan la coherencia de las acciones gubernamentales en los distintos órdenes de gobierno.



Figura III 1. Ejes del Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

Entre los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030, en el eje relativo al **Desarrollo Económico con Trabajo Digno y Economía Moral**, se reafirma que México puede alcanzar un crecimiento sostenido con igualdad social y soberanía económica.

[1] Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 15 de abril de 2025.

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, la posición geográfica estratégica del país y la existencia de múltiples tratados comerciales internacionales representan una ventaja competitiva para el fortalecimiento del comercio exterior. En consecuencia, la consolidación y modernización de infraestructura estratégica como puertos, aeropuertos y carreteras constituye un elemento fundamental para detonar el desarrollo regional con bienestar, fortalecer la conectividad nacional y potenciar la inversión productiva. El Plan Nacional establece los compromisos del Gobierno de México para el periodo 2025–2030, destacando en el apartado:

XI. República próspera y conectada

- Consolidación del puerto de Salina Cruz y mejoramiento de 11 puertos adicionales.

Eje General 3. Economía Moral y Trabajo

Este eje contempla iniciativas orientadas al desarrollo de infraestructura estratégica que contribuya a una República mejor conectada. Entre sus líneas de acción se incluyen:

- Modernización y ampliación de puertos y aeropuertos.
- Fortalecimiento del transporte de pasajeros y de carga.
- Impulso a la infraestructura para el comercio interno y transfronterizo.

Estas acciones permitirán una integración más eficiente de las regiones del país, incrementando la competitividad, reduciendo costos logísticos y favoreciendo el desarrollo económico nacional.

Dentro del componente **República próspera y conectada**, se reconoce la necesidad de transitar hacia un esquema de transporte multimodal que integre de manera eficiente los distintos medios de transporte para carga y pasajeros, con el propósito de optimizar tiempos de traslado, mejorar la seguridad operativa y promover la sostenibilidad. Asimismo, se identifican retos en materia de infraestructura portuaria, particularmente en aspectos tecnológicos, conectividad logística y actualización regulatoria, los cuales inciden en la competitividad de los puertos mexicanos en el comercio internacional y, por ende, en la generación de empleo y crecimiento económico.

Objetivo 3.7

Mejorar la movilidad de personas y mercancías en el territorio nacional y transfronterizo, incrementando la competitividad del país mediante la consolidación de una red intermodal de infraestructura que garantice un transporte eficiente, seguro y sostenible.

Estrategia 3.7.4

Incrementar la conectividad regional mediante el fortalecimiento del transporte aéreo y marítimo, a través del desarrollo de infraestructura y la incorporación de equipamiento moderno que permita ofrecer servicios seguros, eficientes y sostenibles, en cumplimiento de la normatividad nacional e internacional aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

Vinculación del Proyecto

El Proyecto se alinea directamente con el Eje General 3 “Economía Moral y Trabajo” y con el componente “República próspera y conectada”, al contribuir al fortalecimiento de la infraestructura portuaria mediante acciones de ampliación y modernización.

La creciente demanda de servicios y operaciones en el Recinto Portuario hace necesaria la optimización de su infraestructura, considerando que el transporte de mercancías constituye una de las principales actividades que generan derrama económica y crecimiento para el Estado, además de representar un nodo estratégico de conexión a nivel nacional, regional e internacional.

En este sentido, el Proyecto contribuye al cumplimiento de los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030, fortaleciendo la competitividad logística, promoviendo el desarrollo económico regional y consolidando la integración del país en los mercados internacionales, en congruencia con la política pública federal vigente.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 2. Vinculación con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

Instrumento de Planeación	Eje / Apartado	Objetivo/Estrategia/Compromiso	Vinculación con el Proyecto
Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030	Eje General 3. Economía Moral y Trabajo	Desarrollo de infraestructura estratégica para fortalecer la conectividad nacional y la competitividad económica.	El Proyecto contempla la ampliación y modernización de infraestructura portuaria, contribuyendo al fortalecimiento logístico y al desarrollo económico regional.
Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030	XI. República próspera y conectada	Consolidación y modernización de puertos estratégicos del país.	El Proyecto fortalece la infraestructura del Recinto Portuario, incrementando su capacidad operativa y eficiencia en el manejo de mercancías.
Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030	Objetivo 3.7	Mejorar la movilidad de personas y mercancías mediante una red intermodal eficiente, segura y sostenible.	La modernización portuaria mejora la movilidad de mercancías, reduce tiempos logísticos y favorece la integración multimodal.
Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030	Estrategia 3.7.4	Incrementar la conectividad regional a través del fortalecimiento del transporte marítimo.	El Proyecto incrementa la capacidad operativa y competitividad del transporte marítimo regional y nacional.

III.2.1.2 Plan Estatal de Desarrollo de Colima, 2021-2027[2]

El Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima se estructura en cinco ejes rectores, cada uno sustentado en su respectivo diagnóstico, así como en la definición de metas, líneas de acción, programas y proyectos orientados a mejorar las condiciones de bienestar, convivencia social y desarrollo integral de las y los habitantes de la entidad.

Los ejes que lo conforman son: **Bienestar para Todas y Todos; Economía para el Bienestar; Sembrar la Paz; Colima Nuestro Hogar; y Gobierno Honesto y Transparente**. Estos ejes se encuentran alineados con el Plan Nacional de Desarrollo y con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, adoptada en 2015, la cual establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) orientados a garantizar el desarrollo humano en condiciones de igualdad, equidad y pleno acceso a los derechos fundamentales.

De esta manera, el Plan Estatal de Desarrollo integra una visión estratégica que articula las prioridades locales con los compromisos nacionales e internacionales en materia de desarrollo sostenible, gobernanza, crecimiento económico y bienestar social (Tabla III 3).

Tabla III 3. Vinculación con el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima.

Instrumento de Planeación	Eje / Apartado	Estrategia / Línea de Acción / Programa	Vinculación con el Proyecto
Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima	Eje 2. Economía para el Bienestar – Desarrollo Económico	Objetivo: Fortalecer la economía estatal mediante el impulso al comercio, turismo, industria y campo, promoviendo empleos dignos y oportunidades para mujeres y grupos vulnerables.	El Proyecto contribuye al fortalecimiento del sector logístico-portuario, consolidando al Puerto de Manzanillo como motor estratégico del comercio nacional e internacional, generando condiciones para el crecimiento económico y la creación de empleos formales a través de las medidas y/o Programas que se planteen en el Capítulo VI para el medio socioeconómico.
Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima	Eje 2. Economía para el Bienestar	Estrategia 2: Ampliación de infraestructura y regulación de patios en Manzanillo.	El Proyecto contempla la creación de un nuevo Recinto Portuario, fortaleciendo la infraestructura estratégica requerida para atender la creciente demanda operativa y mejorar la competitividad logística del estado.
Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima	Eje 2. Economía para el Bienestar	Línea de acción: Crear condiciones en el Puerto de Manzanillo para fortalecer sus ventajas comparativas y competitivas.	El desarrollo de un nuevo puerto mejora la capacidad instalada, eficiencia operativa y conectividad logística, consolidando al actual Puerto de Manzanillo como nodo clave del comercio exterior y del desarrollo regional.
Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Colima	Eje 2. Economía para el Bienestar	Programa/Proyecto: Ampliación del Puerto de Manzanillo al vaso 2.	El Proyecto se vincula directamente con la creación de un nuevo Puerto al Vaso II, fortaleciendo la infraestructura portuaria estratégica en apego a la planeación estatal vigente.

[2] Plan Estatal de Desarrollo de Colima, 2021-2027. Publicado en el Periódico Oficial del Estado: 16 de julio de 2022.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.1.3. Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo, Colima 2024-2027[3]

El Plan Municipal de Desarrollo 2024–2027 de Manzanillo establece las directrices estratégicas para atender los retos derivados del crecimiento económico y urbano del municipio, particularmente aquellos asociados a la consolidación de su vocación logística-portuaria y al desarrollo sostenible del territorio.

En este contexto, el Puerto de Manzanillo representa el principal detonante económico del municipio, por lo que las estrategias municipales contemplan el fortalecimiento de la infraestructura portuaria, el ordenamiento del crecimiento urbano y la implementación de medidas estructurantes en las zonas de desarrollo logístico.

El Proyecto se vincula de manera directa con el Eje 2 “Economía para el Bienestar” y el Eje 4 “Manzanillo Nuestro Hogar”, así como con la Estrategia 2.5 “Puerto Laguna de Cuyutlán”, al contribuir a la modernización y ampliación de la infraestructura portuaria bajo criterios de competitividad y sostenibilidad. A continuación, se presenta la tabla de vinculación correspondiente (Tabla III 4).

Tabla III 4. Plan Municipal de Desarrollo 2024- 2027 de Manzanillo.

Instrumento de Planeación	Eje / Estrategia	Objetivo o Enfoque	Vinculación con el Proyecto
Plan Municipal de Desarrollo 2024–2027	Eje 2. Economía para el Bienestar	Fortalecer la vocación logística y comercial del municipio mediante infraestructura estratégica.	El Proyecto amplía y moderniza la infraestructura portuaria, incrementando la capacidad operativa y la competitividad del sistema logístico municipal.
	Eje 2. Economía para el Bienestar	Consolidar al Puerto como motor económico y generador de empleo.	El desarrollo de un nuevo Puerto incrementa el movimiento de mercancías, generando derrama económica y empleo formal en la región.
	Eje 4. Manzanillo Nuestro Hogar	Impulsar un desarrollo urbano equilibrado y sostenible.	El Proyecto considera medidas de mitigación y compensación derivadas de estudios de impacto ambiental, promoviendo un crecimiento compatible con el entorno urbano y natural, de acuerdo con lo que se plantea para el medio socioeconómico y en congruencia con lo indicado en el Capítulo VI. Se considera realizar la gestión necesaria con el Ayuntamiento de Manzanillo y CONAGUA, para prevenir el impacto del desarrollo urbano complementario, derivado del proyecto, así como del abastecimiento de agua para la zona de El Colomo.
	Estrategia 2.5 Puerto Laguna de Cuyutlán	Gestionar y consolidar programas y obras estructurantes en zonas logístico-portuarias.	El Proyecto se inserta directamente en el proceso de consolidación del desarrollo logístico-portuario en la Laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

[3] Plan Municipal de Desarrollo de Manzanillo, Colima 2024-2027. Publicado en el Periódico Oficial del Estado: 29 de enero de 2025.

III.2.1.4 Programa Sectorial de Marina (PSM) 2025-2030

El PSM 2025-2030 es un instrumento de política pública de la Secretaría de Marina que define la hoja de ruta integral que posiciona a la MARINA como un pilar estratégico para el desarrollo nacional, la protección del entorno marítimo y la consolidación de México como un Estado soberano y una potencia marítima emergente.

Los objetivos del PSM vinculados al desarrollo del proyecto son:

1. *Potenciar las capacidades operativas, tecnológicas y estratégicas de la Armada de México para salvaguardar a la población, proteger los intereses marítimos nacionales y la seguridad nacional en las zonas marinas mexicanas, plataforma continental, territorios insulares y espacios estratégicos.*

   Vinculación: El proyecto abonará a este objetivo, ya que con éste se potenciará las capacidades operativas, tecnológicas y estratégicas de la Armada de México.

2. *Impulsar el desarrollo científico, tecnológico e innovador del sector marítimo, mediante la vinculación con instituciones educativas, centros de investigación y sectores productivos, para fortalecer la soberanía nacional y generar bienestar social.*

   Vinculación: El proyecto se vinculará con este objetivo al incluir como elemento fundamental el Centro de Investigación Ambiental Portuario, mediante el cual se impulsará el desarrollo científico, tecnológio e innovador del sector marítimo, para fortalecer la soberanía nacional y generar bienestar social.

3. *Fortalecer la articulación institucional y la cooperación intersectorial entre dependencias de la administración pública federal para consolidar la implementación efectiva de la Política Nacional Marítima como instrumento de desarrollo nacional.*

   Vinculación: El proyecto se ha estado vinculando a este objetivo desde su concepción, ya que la promovente ha llevado a cabo las acciones de articulación institucional y de cooperación intersectorial necesarias para cubrir y atender todas las observaciones señaladas por las instituciones relacionadas al proyecto, buscando siempre que el proyecto pueda convertirse en un ejemplo de desarrollo de infraestructura sustentable a nivel nacional.

4. *Consolidar las atribuciones y capacidades de la Autoridad Marítima Nacional para regular, supervisar y fomentar el desarrollo sostenible de las actividades marítimo-portuarias en las zonas marinas mexicanas.*

   Vinculación: Con el desarrollo del proyecto se consolidarán las atribuciones y capacidades de la Marina para regular, supervisar y fomentar el desarrollo sostenble de las actividades marítimo-portuarias en las zonas marinas mexicanas y sus áreas de influencia, estableciendo los elementos de coordinación intersectorial y de los diferentes órdenes de gobierno involucrados.

CONSULTA PÚBLICA

5. *Promover el bienestar y el desarrollo integral del personal civil, mercante y naval de la MARINA, mediante políticas institucionales que mejoren su calidad de vida, eleven su satisfacción laboral y optimicen su desempeño.*

   Vinculación: el proyecto permitirá alcanzar un mayor bienestar y desarrollo integral del personal civil, mercante y naval de la Marina, reconociendo que si bien, algunos grupos sociales serán temporalmente afectados por el desarrollo del proyecto, por medio de las mesas de trabajo que se han desarrollado y los acuerdos alcanzados, se logrará que mejoren su calidad de vida con la aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación que se describen en el capítulo VI de esta MIA, entre las que se incluyen un Programa de Capacitación para los sectores económicos afectados; un Programa de Reubicación de la Población asentada dentro del Recinto Portuario del Vaso II; un Programa de Comunicación de la Información Ambiental para cumplir con lo estipulado por el Acuerdo de Escazú; un Programa de Capacitación y Concientización Ambiental para el personal que participará en el desarrollo del proyecto (constructoras).

III.2.1.5 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2025-2030[4]

El PROMARNAT 2025-2030 es un instrumento de política pública de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que orienta la política ambiental federal. Se establecen objetivos, metas, acciones y mecanismos de evaluación tendientes a proveer la ejecución del Eje General 4 "Desarrollo sustentable", específicamente en los objetivos 4.3, 4.5 y 4.6. del PND 2025-2030:

Objetivo 1: Conservar, proteger y aprovechar sustentablemente los ecosistemas para salvaguardar la biodiversidad y sus servicios ambientales, consolidándolos como un medio para erradicar la pobreza, reducir desigualdades y fortalecer el tejido social, con respeto a los derechos humanos e igualdad, priorizando comunidades indígenas y afromexicanas.

Vinculación: El proyecto, si bien contempla el aprovechamiento parcial de algunos ecosistemas dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, también tiene entre sus objetivos principales el asegurar la protección y conservación de las superficies restantes, con el fin de salvaguardar la biodiversidad y sus servicios ambientales. Lo anterior se demuestra, principalmente, con el cambio en el diseño del proyecto para conservar las Islas Cocodrilos I y II dentro del Vaso II, y también con las actividades de Conservación y Restauración del manglar y la selva baja caducifolia que se llevarán a cabo tanto en el vaso II, como en el área de influencia del proyecto, en una proporción de 3:1 para la superficie de estos ecosistemas que serán aprovechados para el desarrollo del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

[4] Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2025-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 06 de septiembre de 2025.

Objetivo 2: Restaurar ecosistemas naturales prioritarios para la biodiversidad y sus servicios ambientales, con enfoque interdisciplinario, intersectorial y con la participación de comunidades locales, indígenas y afromexicanas, basado en principios de igualdad, inclusión y justicia ambiental.

Vinculación: el proyecto contempla un Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica, que en conjunto con los demás programas descritos a detalle en el Capítulo VI, tendrán la finalidad de coadyuvar a restaruar los ecosistemas prioritarios dentro del área de influencia del proyecto. El enfoque interdisciplinario, intersectorial y con la participación de las comunidades se logrará con la construcción y operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), elemento fundamental en la concepción del proyecto.

Objetivo 3: Garantizar el derecho humano al agua, asegurando la gestión sustentable de los recursos hídricos y fomentando la protección e integridad de las cuencas y acuíferos, los ecosistemas y su biodiversidad.

Vinculación: el proyecto coadyuvará con el Estado Mexicano a garantizar el derecho humano al agua, realizando los estudios y monitoreos de la calidad del agua y de sus volúmenes en las cuencas y acuíferos del SAR, por medio del Programa de Calidad del Agua, para asegurar la protección e integridad de los acuíferos alimentadores a los ecosistemas y biodiversidad presentes en los Vasos I, II, III y IV, y el Estero Palo Verde, de la unidad hidrológica de la Laguna de Cuyutlán.

Objetivo 4: Fortalecer la acción climática para transitar hacia una economía adaptativa y baja en carbono, integrando la prevención y control de la contaminación para proteger la salud de la población, ecosistemas, sistemas productivos y la infraestructura estratégica ante los impactos climáticos.

Vinculación: el proyecto considera los efectos del cambio climático en la disponibilidad hídrica, y las medidas de prevención, mitigación y compensación descritas en el Capítulo VI integran estos esfectos, para asegurar la protección de la salud de la población los ecosistemas, los sistemas productivos (como los salineros, apicultores y pescadores), así como también de la infraestructura estratégica, ante los impactos del cambio climático.

Objetivo 5: Impulsar una política ecológica humanista, con participación ciudadana, inclusiva y de acceso a la justicia ambiental, respaldada por una cultura ambiental e información relevante para la toma de decisiones, con enfoque territorial.

Vinculación: el proyecto se vincula con este objetivo al incluir desde su diseño, los elementos de la política ecológica humanista promovida por el Gobierno Federal, en donde el desarrollo de esta Manifestación de Impacto Ambiental se ha realizado con alto grado de participación ciudadana, en la que han sido escuchadas las dudas de los diversos sectores (salinero, apícola, pescadores), y en algunos casos, se han incorporado las propuestas realizadas para definir varias de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en esta MIA.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.1.6 Programa Maestro de Desarrollo Portuario de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2026-2031[5]

Este Programa Maestro tiene como objetivo definir la planeación estratégica de los puertos con visión a 20 años y establecer acciones a realizar en un período de ejecución de cinco años, que promuevan la operación óptima y el desarrollo de su infraestructura y de los servicios portuarios, así como el crecimiento económico de su zona de influencia, de manera eficaz, eficiente y sustentada en la participación coordinada de su comunidad portuaria.

Este PMDP identifica y justifica los destinos, usos y formas de operación de las diferentes zonas del puerto, por lo que incluye, entre otras cosas, metas de construcción, expansión y modernización de infraestructura y equipamiento.

En el PMDP se tiene establecido al proyecto como Puerto Laguna de Cuyutlán, sin embargo, como se ha mencionado en el capítulo II, para está Manifestación de Impacto Ambiental, dicho puerto será denominado Puerto Nuevo Manzanillo, y ambos nombres se refieren al mismo puerto, que estará ubicado en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán se enfoca en atender la creciente demanda de los energéticos, como lo son el gas natural licuado que tiene como destino el bajío y la termoeléctrica de Manzanillo, y los hidrocarburos que actualmente las terminales están en desarrollo, una dentro del área concesionada a la ASIPONA MANZANILLO y otras a nivel de proyecto que operarán en la barra de Campos con permiso de la SCT (hoy SICT). En el mediano y largo plazo este Puerto se convertirá en la opción para los buques de grandes dimensiones (clase E) que ya no puedan ser recibidos en el Puerto de Manzanillo debido a sus limitaciones de dimensiones y calados en dársenas y canales de navegación.

Hasta la fecha el Puerto Nuevo Manzanillo cuenta dos protecciones marginales como infraestructura de protección. En cuanto a la demanda señala que el Puerto de Manzanillo podría tener un mayor crecimiento en sus actividades, generando la necesidad de desarrollar nueva infraestructura portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, que actualmente forma parte de la concesión de la Administración Portuaria.

Por su ubicación y su incipiente actividad portuaria, la Laguna de Cuyutlán es el área adecuada para el desarrollo de largo plazo del Puerto de Manzanillo.

Para el desarrollo de este Plan Maestro, se establecieron Objetivos Estratégicos y líneas acción, entre ellas se encuentran:

CONSULTA PÚBLICA

[5] Programa de Maestro de Desarrollo Portuario de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2026-2031. Consultada en: https://www.puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/2026/PMDP%20de%20los%20puertos%20de%20Manzanillo,%20San%20Pedrito%20y%20Laguna%20de%20Cuyutlán%202026-2031%20DGP%20(Sellado).pdf

Objetivo Estratégico 1 Incrementar la eficiencia, capacidad y conectividad portuaria del Puerto de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán mediante la modernización y expansión de su infraestructura, fortaleciendo la integración multimodal y el movimiento de la carga para impulsar el comercio y desarrollo marítimo del país.

Objetivo Estratégico 2 Consolidar la capacidad y conectividad a las embarcaciones turísticas en el puerto concesionado a ASIPONA Manzanillo, a través de la modernización y desarrollo de la infraestructura y los servicios portuarios, para incrementar el movimiento de pasajeros, y fortalecer el sector turístico local y nacional.

Línea de Acción:

2.3. Propiciar la ampliación y modernización del Puerto Laguna de Cuyutlán para consolidarlo como un polo estratégico de desarrollo logístico, industrial y energético en la región.

Vinculación

Con lo anterior, se hace ver que el Proyecto permitirá el desarrollo de infraestructura de clase mundial con los mejores niveles de protección, para que México sea líder en el ámbito de conexiones de los puertos terrestres y marítimos de entrada y salida de mercancías con las redes de transporte internacionales, y así atender el crecimiento por la demanda de transporte de mercancía generada en el Recinto Portuario, cumpliendo así la misión establecida en este Programa Maestro, y comprometiéndose al desarrollo de una infraestructura ambientalmente sostenible.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.1.7 Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2025-2030[6]

El Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2025-2030 (PSCyT), es un programa en el que se establece que el Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación. Corresponde a la Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transporte (SICT), el fomentar y conducir las políticas y programas para el desarrollo del transporte marítimo y terrestre del Gobierno Federal; construir y mantener la infraestructura necesaria, directamente o a través de contratistas, concesionarios y permisionarios -de puertos- y vigilar su buen funcionamiento y operación.

Las prioridades de atención se identifican a través de siete Objetivos. A continuación, objetivos estratégicos que, en conjunto, justifican y orientan el desarrollo de infraestructura portuaria (como nuevos puertos), que son aplicables al Proyecto.

1. Mejorar la conectividad y accesibilidad territorial. Este es el eje más importante.

[6] Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2025-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 05 de septiembre de 2025.

- Busca articular el territorio mediante infraestructura multimodal (carretera, ferroviaria, portuaria y aeroportuaria).
- Incluye la construcción, modernización y conservación de infraestructura para facilitar el movimiento de mercancías.

2. Fortalecer la competitividad logística y el comercio. El Programa plantea que la infraestructura es un motor de crecimiento económico y competitividad.

3. Desarrollar infraestructura estratégica para el desarrollo regional

- Se priorizan proyectos que **reduzcan desigualdades territoriales** y activen economías regionales.

4. Impulsar sistemas de transporte multimodal. Integración de puertos + ferrocarril + carreteras como sistema logístico. Ejemplo: corredores interoceánicos que articulan puertos con redes terrestres.

5. Promover infraestructura sostenible e incluyente

- Se incorporan criterios de **sostenibilidad ambiental, inclusión social y eficiencia energética**

6. Modernización y expansión del sistema portuario nacional. Aunque no siempre aparece como "objetivo independiente", el Programa contempla:

- Modernizar puertos existentes
- Ampliar capacidad portuaria
- Mejorar eficiencia operativa y logística

Vinculación

Este proyecto se relaciona de manera directa ya que los puertos, en el programa SICT 2025–2030, son considerados nodos estratégicos de conectividad, impulsan comercio exterior y competitividad, generan desarrollo regional, forman parte de sistemas multimodales integrados, manteniéndo siempre las características fundamentales de ser sostenibles y resilientes.

III.2.1.8 Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026-2030[7]

Este Programa es de reciente publicación en el DOF (15 de abril de 2026), y se establece como el instrumento del Estado que reconoce al territorio como un bien común, y que expresa la voluntad popular de transformar el territorio en una plataforma de justicia territorial, sostenibildad ambiental y posperidad compartida. El PNOTDU 2026 - 2030 está estructurado en 4 temáticas:

1. Ordenamiento Territorial,

[7] Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2026-2030. Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 15 de abril de 2026.

CONSULTA PÚBLICA

2. Desarrollo Territorial,

3. Desarrollo Regional Productivo, y

4. Sustentabilidad y Resiliencia.

A través de ellas, pone en el centro de la política pública el principio de justicia territorial, entendida como respuesta estructural a las desigualdades heredadas y persistentes. En una dimensión ética y programática, se reafirman los principios fundamentales: la honestidad en el servicio público, la defensa de la soberanía y la autodeterminación territorial, y la convicción de que la política debe ejercerse con responsabilidad, empatía y compromiso colectivo. No basta con transformar los espacios físicos; es indispensable transformar también las relaciones de poder que los han configurado históricamente.

A continuación, se establecen los objetivos del Programa y cómo se vincula el proyecto con éstos:

Objetivo 1: Consolidar un ordenamiento territorial integrado, sistémico, articulado y participativo, que mejore la gestión eficiente del suelo y garantice el acceso equitativo a servicios y oportunidades para la población, especialmente en regiones con rezago.

Vinculación: el proyecto se ajusta a lo establecido en este ordenamiento territorial integrado, sistémico, articulado y participativo, por medio del cumplimiento de las disposiciones establecidas en los instrumentos de regulación de uso de suelo que inciden tanto en la zona del proyecto (Programa Maestro de Desarrollo Portuario y Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo), como en su área de influencia (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Colima, Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca de la Laguna de Cuyutlán), y por lo tanto, garantizará la gestión eficiente del suelo y el acceso equitativo a servicios y oportunidades a la población durante todas las etapas del proyecto, con las medidas socioeconómicas que a detalle se describen en el capítulo VI de esta MIA.

Objetivo 2: Reducir las brechas territoriales en infraestructura, equipamiento, espacio público, movilidad y vivienda adecuada, priorizando la atención a poblaciones en situación de vulnerabilidad, para incrementar el bienestar de las personas en entornos seguros e incluyentes.

Vinculación: el desarrollo del proyecto será un detonante para alcanzar el cumplimiento de este objetivo, al permitir, con su instalación y operación, disminuir las brechas territoriales de infraestructura, equipamiento, espacio público, movilidad y vivienda adecuada, como ya se ha visto con las obras vinculadas al mismo que se han iniciado con anterioridad (ampliación de la autopista Manzanillo-Colima, desarrollo de viviendas del bienestar en Manzanillo, construcción de un nuevo Hospital General de Zona del IMSS), y las que hacen falta por desarrollarse, lo que sin duda garantizará el incremento del bienestar de las personas en entornos seguros e incluyentes.

Objetivo 3: Impulsar el desarrollo económico con justicia socioterritorial a través del ordenamiento territorial, la certeza jurídica y la evaluación de aptitud territorial para proyectos productivos, en beneficio de quienes habitan las regiones y comunidades.

CONSULTA PÚBLICA

Vinculación: el proyecto ha estado cumpliendo con este objetivo desde su planeación, al tener como uno de sus objetivos el impulso al desarrollo económico tanto de Manzanillo, como del estado de Colima y de México, y consdierando siempre la evaluación de la aptitud territorial del área del proyecto (vaso II de la Laguna de Cuyutlán), desde que fue declarado como Puerto de Altura y Cabotaje en 2011, para el beneficio de las regiones y las comunidades involucradas.

Objetivo 4: Fortalecer la resiliencia y sustentabilidad del territorio mediante la protección y restauración del ambiente, el ordenamiento territorial y la gestión integral de riesgos de desastres, para salvaguardar a comunidades vulnerables ante los efectos del cambio climático.

Vinculación: el proyecto, por medio del diseño, construcción y operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), infraestructura desarrollada como elemento fundamental, que será el medio por el cual se garantizará el fortalecimiento de la resiliencia y sustentabilidad del territorio, al ser el ente que se encargará de proteger, conservar y restaurar el ambiente, vigilar el cumplimiento de las disposiciones de ordenamiento territorial, y coodinar la gestión integral de riesgos de desastres en el área de infuencia y SAR del proyecto, es como se vincula con este objetivo del Programa.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.2 Vinculación con Instrumentos de Regulación del Uso de Suelo

En este apartado se analizan los instrumentos de regulación de uso de suelo aplicables al proyecto Puerto Nuevo Manzanillo. Estos instrumentos constituyen el marco rector para la regulación del uso y aprovechamiento del territorio y de los recursos naturales, estableciendo políticas ambientales, criterios ecológicos y lineamientos de manejo que deben ser observados por los proyectos de infraestructura.

Con base en lo anterior, en los subapartados siguientes se presenta la revisión de los principales instrumentos de regulación de uso de suelo aplicables, describiendo sus criterios y analizando su relación con el proyecto, a fin de sustentar su congruencia con el marco de regulación territorial vigente.

Tabla III 5. Instrumentos de regulación de uso de suelo para el área del proyecto.

Instrumento de regulación del uso de suelo	Ámbito de aplicación	Autoridad emisora	Escala	Vinculación con el proyecto
ACUERDO por el que se delimita y determina el recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima	Nacional	Gobierno Federal	Nacional	Instrumento que determina la vocación del área contenida dentro del polígono del recinto portuario para el desarrollo de infraestructura portuaria.
DECRETO de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, ubicado en el municipio de Manzanillo, en el estado de Colima	Nacional	Gobierno Federal	Nacional	Instrumento que determina la regulación específica del Vaso II como Puerto, bajo lo determinado por la Ley de Puertos.
Quinto Addendum, al Título de Concesión otorgado por el Ejecutivo Federal el 1 de febrero de 1994, a favor de la entonces Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V., actualmente Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo, S.A. de C.V., para usar, aprovechar y explotar bienes del dominio público de la Federación y de las obras e instalaciones propiedad del Gobierno Federal; así	Nacional	Gobierno Federal	Nacional	Instrumento que modifica la regulación del uso de suelo a favor de la Administración del Sistema Nacional Portuario Manzanillo (ASIPONAMAN) para los Puertos de Manzanillo y Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento de regulación del uso de suelo	Ámbito de aplicación	Autoridad emisora	Escala	Vinculación con el proyecto
como para la construcción de obras, marinas, terminales e instalaciones portuarias y la prestación de los servicios portuarios en los recintos portuarios del Puerto de Manzanillo y recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima				
Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima (PMOTDUM)	Municipal	Ayuntamiento de Manzanillo	Municipal	Instrumento rector que ordena el desarrollo urbano, usos de suelo y zonificación en el municipio de Manzanillo, Colima, buscando la sostenibilidad y la integración de la zona urbana, portuaria y turística bajo lo dispuesto en la Ley General de Asentamiento Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.
Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)	Federal	SEMARNAT	Nacional	Regula el uso de suelo del territorio a nivel nacional; incide en el área del proyecto y su SAR mediante Unidades Ambientales Biofísicas, bajo la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico Territorial.
Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima (POETEC)	Estatal	Gobierno del Estado de Colima / SEMARNAT	Estatal	Establece políticas ecológicas y criterios de regulación de uso del suelo **para áreas que se encuentran fuera de zonas urbanas, recintos portuarios, ordenamientos ecológicos regionales y locales en el territorio**, para ecosistemas costeros, lagunares y marinos del estado, bajo la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico Territorial. Se puntualiza que el Vaso II, al ser decretado Recinto Portuario, se considera una zona federal tutelada por el Estado Mexicano, y su regulación al interior de dicho polígono se manifiesta a través de la Ley de Puertos, y el instrumento de regulación de uso de

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento de regulación del uso de suelo	Ámbito de aplicación	Autoridad emisora	Escala	Vinculación con el proyecto
				suelo denominado Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP). Asimismo, se señala que la totalidad de la superficie del proyecto se localiza dentro del polígno de desarrollo urbano delimitado por el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo (PMOTDUM), y que existe regulación municipal en materia de uso de suelo para las superficies del proyecto que se encuentren fuera del área del Recinto Porturaio. En este tenor, y a pesar de que el proyecto vincula con otros instrumentos de regulación de uso de suelo, también se realiza la vinculación de los criterios del POETEC en las UGAs en donde se establecerá el proyecto. .
Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subregión Laguna de Cuyutlán (PROETSLC)	Regional	Gobierno del Estado / SEMARNAT	Regional	Regula de manera específica el uso y manejo del suelo en el sistema lagunar de Cuyutlán **fuera de las áreas de aplicación del Recinto Portuario y del PMOTDUM**, donde se localiza el área directa del proyecto, bajo la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico Territorial. Se puntualiza que el Vaso II, al ser decretado Recinto Portuario, se considera una zona federal tutelada por el Estado Mexicano, y su regulación al interior de dicho polígono se manifiesta a través de la Ley de Puertos, y el instrumento de regulación de uso de suelo denominado Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP). Asimismo, se señala que la totalidad de la superficie del proyecto se localiza dentro del polígno de desarrollo urbano delimitado por el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo (PMOTDUM), y que existe regulación municipal en materia de uso de suelo para las superficies del proyecto que se

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento de regulación del uso de suelo	Ámbito de aplicación	Autoridad emisora	Escala	Vinculación con el proyecto
				encuentren fuera del área del Recinto Porturaio. En este tenor, y a pesar de que el proyecto vincula con otros instrumentos de regulación de uso de suelo, también se realiza la vinculación de los criterios del PROETSLC en las UGAs en donde se establecerá el proyecto.
Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016)	Municipal	Ayuntamiento de Manzanillo	Municipal	Este instrumento se encarga de regular el uso de suelo bajo lo dispuesto en la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico, en las áreas ubicadas fuera de los polígonos urbanos al interior de la superficie del territorio del municipio de Manzanillo. Se puntualiza que el Vaso II, al ser decretado Recinto Portuario, se considera una zona federal tutelada por el Estado Mexicano, y su regulación al interior de dicho polígono se manifiesta a través de la Ley de Puertos, y el instrumento de regulación de uso de suelo denominado Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP). Asimimo, se señala que la totalidad de la superficie del proyecto se localiza dentro del polígno de desarrollo urbano delimitado por el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo (PMOTDUM), y que existe regulación municipal en materia de uso de suelo para las superficies del proyecto que se encuentren fuera del área del Recinto Porturaio. En este tenor, y a pesar de que el proyecto vincula con otros instrumentos de regulación de uso de suelo, también se realiza la vinculación de los criterios del POET Manzanillo en las UGAs en donde se establecerá el proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.2.1 ACUERDO por el que se delimita y determina el recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima[8]

Con el objeto de satisfacer las necesidades de la operación portuaria y el transporte marítimo, mediante este acuerdo se delimita y determina el recinto portuario del Vaso II del Puerto "Laguna de Cuyutlán", determinándose como una poligonal envolvente de 18,809,950.1460 m^2 en el cual se excluyen un total de 40,763.8961 m² de área de tierra y 578,482.7343 m^2 de agua, resultando un **recinto portuario de 18,190,703.5156 m²**.

Este acuerdo declara a efecto al recinto portuario bajo la administración de la Secretaría de Marina, las zonas federales que comprenden las áreas de agua, terrenos, obras e instalaciones adquiridas o construidas por el Gobierno Federal y, en general, los bienes del dominio público ubicados en el recinto portuario a que se refiere este Acuerdo, mismos que se destinarán al establecimiento de instalaciones y a la prestación de servicios portuarios. En caso de que a dichas áreas se les dé un destino distinto, quedarán excluidas, por ese solo hecho, del recinto portuario y pasarán a la competencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El recinto portuario del Vaso II del Puerto "Laguna de Cuyutlán" (que en esta MIA se denominará como Puerto Nuevo Manzanillo), en Manzanillo, Colima, se sujetará al Decreto y a las disposiciones de la Ley de Puertos, entre las cuales están las siguientes:

I. Que, mediante Decreto Presidencial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el veintitrés de diciembre de dos mil once, se habilitó con el carácter de Puerto, el lugar denominado "Laguna de Cuyutlán", quedando adscrito a la Capitanía del Puerto de Manzanillo, Colima, actualmente a cargo de la Secretaría de Marina, ubicado en el Municipio del mismo nombre.

II. Los bienes de dominio público que comprende serán susceptibles de uso, aprovechamiento, explotación o prestación de servicios portuarios, mediante Contratos de Cesión Parcial de Derechos o de Prestación de Servicios, que el Administrador Portuario celebre con terceros;

III. Los usos, destinos y modos de operación que se determinen para sus diferentes zonas, se sujetarán al Programa Maestro de Desarrollo Portuario respectivo, y

IV. Su uso, aprovechamiento y explotación, se sujetará a lo previsto por las disposiciones de la Ley de Puertos, respecto a:

   1. El régimen de administración y operación del recinto portuario;

   2. La construcción de obras e instalaciones portuarias, y

   3. El pago de los aprovechamientos, derechos o contraprestaciones contractuales.

[8] Acuerdo por el que se delimita y determina el recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima. Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 17 de julio de 2023.

CONSULTA PÚBLICA

Finalmente, las autoridades competentes ejercerán sus atribuciones en el recinto portuario materia de este Acuerdo.

Vinculación

El Proyecto se apega con lo señalado en el presente Acuerdo que delimita y determina como Recinto Portuario el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, en el sitio que ha sido destinado para el uso y prestación de servicios portuarios y por su parte, las autoridades podrán determinar las obras e instalaciones portuarias que resulten necesarias para su operatividad y de acuerdo a lo establecido en su Programa Maestro de Desarrollo Portuario vigente.

III.2.2.2 DECRETO de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, ubicado en el municipio de Manzanillo, en el estado de Colima[9]

Considera la importancia de la habilitación de un nuevo Puerto que detonará otras actividades productivas principales, auxiliares y conexas de la navegación de altura y cabotaje y la aceleración del desarrollo en la región centro occidente de la República Mexicana y otros estudios que determinaron cuales son las áreas que se destinarán a la prestación de servicios portuarios, con los que se acredita que el punto conocido como "Laguna de Cuyutlán" (Puerto Nuevo Manzanillo) en el Municipio de Manzanillo, localizado en el Estado de Colima, es propicio para la navegación de cabotaje y altura mediante este Decreto se habilita con el carácter de Puerto, el lugar denominado "Laguna de Cuyutlán", ubicado en el Municipio de Manzanillo, en el Estado de Colima, con el tipo de navegación.

El Puerto "Laguna de Cuyutlán" (Puerto Nuevo Manzanillo) quedará adscrito a la Capitanía de Puerto de Manzanillo y que, de manera conjunta con las autoridades aduaneras, sanitarias, migratorias o cualquiera otra competente, ejercerán sus atribuciones en el Puerto habilitado mediante el presente Decreto, en los términos de las disposiciones legales aplicables.

Vinculación

El Proyecto se apega a esta declaratoria toda vez que se trata de generación de un nuevo puerto que llevará a garantizar la operatividad y funcionalidad de la infraestructura estatal, regional y nacional con alcances internacionales, y además, la declaratoria habilita la regulación del uso de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, para se utilizado como Recinto Portuario.

CONSULTA PÚBLICA

[9] DECRETO de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, ubicado en el Municipio de Manzanillo, en el Estado de Colima. Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 23 de noviembre de 2023.

III.2.2.3 Quinto Addendum, al Título de Concesión otorgado por el Ejecutivo Federal el 1 de febrero de 1994, a favor de la entonces Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V., actualmente Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo, S.A. de C.V., para usar, aprovechar y explotar bienes del dominio público de la Federación y de las obras e instalaciones propiedad del Gobierno Federal; así como para la construcción de obras, marinas, terminales e instalaciones portuarias y la prestación de los servicios portuarios en los recintos portuarios del Puerto de Manzanillo y recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima[10]

Este Quinto Addendum considera que, en conjunto con el puerto consolidado de Manzanillo, el recinto portuario del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, se proyecta para seguir impulsando los beneficios logísticos al comercio exterior, así como rutas de cabotaje y Transporte Marítimo de Corta Distancia, que permitan abonar en precios competitivos para el transporte de bienes, beneficios que redundan directamente en una mejor calidad de vida para la población en nuestro país.

Asimismo, la ampliación solicitada al Título de Concesión permitirá el desarrollo de una plataforma logística que impulse el transporte multimodal de mercancías, que son clave para sectores que generan una gran derrama económica y contribuyen significativamente con los empleos que demanda el bono demográfico del país, sin dejar de lado el estricto cumplimiento a las medidas de sostenibilidad a las que están comprometidos los puertos de México.

Su objeto es incorporar al Título de Concesión otorgado a la Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo S.A. de C.V., el Recinto Portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo Colima, publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 17 de agosto de 2023, con una superficie de 18,190,703.5156 m², la cual comprende 860,139.4009 m² de área de tierra y 17,330,564.1147 m² de área agua.

Vinculación

Con este Quinto Addendum a la concesión de la actual ASIPONA Manzanillo, en el ámbito espacial de la superficie otorgada se permite la construcción de obras, marinas, terminales e instalaciones portuarias y la prestación de los servicios portuarios en el Vaso II del Puerto Nuevo Manzanillo.

CONSULTA PÚBLICA

[10] QUINTO Addendum, al Título de Concesión otorgado por el Ejecutivo Federal el 1 de febrero de 1994, a favor de la entonces Administración Portuaria Integral de Manzanillo, S.A. de C.V., actualmente Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo, S.A. de C.V., para usar, aprovechar y explotar bienes del dominio público de la Federación y de las obras e instalaciones propiedad del Gobierno Federal; así como para la construcción de obras, marinas, terminales e instalaciones portuarias y la prestación de los servicios portuarios en los recintos portuarios del Puerto de Manzanillo y recinto portuario del Vaso II del Puerto Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Colima. Diario Oficial de la Federación. 09 de noviembre de 2023.

III.2.2.4 Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Municipio de Manzanillo, Colima (PMOTDU)[11]

Este programa fue publicado en el Periódico Oficial del Estado de Colima en junio de 2025, y se encarga de regular el uso de suelo en el municipio de Manzanillo, atendiendo con especial énfasis los polígonos urbanos al interior del municipio, y ya que el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán y las áreas colindantes es donde se desarrollarán ciertas obras de las propuestas en este proyecto, es que este instrumento es vinculante de manera obligatoria para el proyecto.



Mapa III 1. Incidencia del Proyecto respecto a las Unidades de Gestión Ambiental del Territorio (UGAT) del PMOTDU de Manzanillo.

A continuación, se definen las Unidades de Gestión Ambiental del Territorio de este instrumento que tienen relación con el proyecto (10, 13, 77, 136, 141), y posteriormente se realiza su vinculación a los criterios ecológicos establecidos.

[11] Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Municipio Manzanillo, Publicado en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Colima: 10 de junio de 2025.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 6. Unidades de Gestión Ambiental del Territorio del PMOTDU relacionadas con el proyecto

UGAT	Sector	Claves
10	Asentamientos Humanos	AH1, AH2, AH4, AH5, AH6, AH7, AH8, AH12, AH13, AH15, AH16, AH18, AH19, AH21, AH22.
	Infraestructura y Equipamiento	INF1, INF2, INF3, INF4, INF7, INF15, INF20, INF21.
	Industrial	IN1, IN2, IN3, IN4, IN5, IN7.
	Manglares	MA1, MA2.
	Minería	MI17, Mi18, Mi19, Mi20, Mi21, Mi22, Mi23.
	Ganadería	GA1
	Administrativos	AD2
	Educación Ambiental	ED4, ED5.
	Sector Turístico	TU1, TU2, TU3, TU4, TU7, TU8, TU9.
13	Asentamientos Humanos	AH1, AH11, AH10, AH12.
	Minería	MI18, MI19, MI20, MI21, MI22, MI23.
	Acuacultura	AC4, AC5, AC6, AC7, AC9, AC10, AC12, AC13, AC20, AC21, AC22, AC23.
	Infraestructura y Equipamiento	INF2, INF3, INF10, INF11, INF12, INF13, INF14, INF15, INF16, INF19, INF20, INF21, INF28, INF31.
	Construcción y Actividades Portuarias	PUE1, PUE2, PUE3, PUE4, PUE5, PUE6, PUE7, PUE8, PUE9, PUE10, PUE11.
77	Desarrollo Sustentable	DS1, DS2, DS3, DS4,
	Administrativos	AD1, AD2.
	Agricultura	AG1, AG2, AG3, AG4, AG5, AG6, AG7, AG8, AG9, AG10, AG11, AG12, AG13, AG14, AG15, AG16, AG17, AG18, AG19, AG20, AG21, AG22, AG23, AG24, AG25, AG26, AG27, AG28, AG29, AG30, AG32, AG33.
	Ganadería	GA1, GA2.
	Asentamientos Humanos	AH1, AH2, AH3, AH4, AH5, AH6, AH7, AH8, AH10, AH11, AH12, AH13, AH15, AH16, AH17, AH18, AH19, AH20, AH22.
	Infraestructura y Equipamiento	INF1, INF2, INF3, INF4, INF7.
	Educación Ambiental	ED4
	Minería	MI1, MI4, MI5, MI6, MI18, MI19, MI20, MI21, MI22, MI23.
	Flora y Fauna en Preservación	FFP10
136	Desarrollo Sustentable	DS2
	Ganadería	GA3
	Asentamientos Humanos	AH10, AH11, AH14.
	Infraestructura y Equipamiento	INF5, INF7, INF8, INF10, INF11.
	Flora y Fauna en Restauración	FFR1, FFR2, FFR3, FFR4, FFR5, FFR6, FFR7, FFR8, FFR12, FFR13.
	Flora y Fauna en Conservación	FFC1, FFC2, FFC3, FFC4, FFC5, FFC6, FFC7, FFC8, FFC9, FFC10, FFC11, FFC13.
	Flora y Fauna en Preservación	FFP1, FFP4, FFP5, FFP12, FFP20.
	Forestal	FOR1, FOR2, FOR3, FOR4, FOR5, FOR6, FOR7, FOR8, FOR9, FOR10, FOR12, FOR13, FOR14, FOR15, FOR17.
	Educación Ambiental	ED2, ED3, ED4, ED6, ED7, ED8, ED9.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Sector	Claves
	Manejo del Agua	MA2, MA4.
	Minería	MI1, MI4, MI5, MI6, MI17, MI21, MI22.
	Construcción y Actividades Portuarias	PUE2
141	Acuacultura	AC4, AC5, AC6, AC7, AC9, AC10, AC12, AC13, AC20, AC21, AC22, AC23.
	Asentamientos Humanos	AH1, AH10, AH12.
	Infraestructura y Equipamiento	INF2, INF3, INF10, INF11, INF12, INF13, INF14, INF15, INF16, INF19, INF20, INF21, INF28, INF31.
	Construcción y Actividades Portuarias	PUE1, PUE2, PUE3, PUE4, PUE5, PUE6, PUE7, PUE8, PUE9, PUE10, PUE11.

De los criterios ecológicos establecidos en la tabla que antecede, se procede a la vinculación de los criterios aplicables a aquellas UGATs que quedan establecidas fuera de los límites territoriales del decreto como Recinto Portuario, en consideración a que las establecidas dentro del mismo quedan sujetas a las disposiciones del Programa Maestro de Desarrollo Portuario; misma vinculación que se efectúa en los términos siguientes.

Tabla III 7. Unidades de Gestión Ambiental del Territorio del PMOTDU vinculadas con el proyecto

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
10	AH1	Se seguirán los criterios establecidos en la Tabla de Compatibilidades de usos de suelo del PMOTDUM.	Para el desarrollo de las obras y/o actividades del proyecto, se observará y dará seguimiento en lo aplicable las disposiciones establecidas en la Tabla de Compatibilidades de Usos de Suelo establecida en el punto IV.7.4 y en el Cuadro IV.58., del presente Programa en vinculación.
	AH2	Los asentamientos humanos mayores a 1,500 habitantes deberán contar con infraestructura para el acopio y/o manejo de desechos sólidos, aunado a programas de reciclamiento de residuos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales competentes y bajo un registro como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH4	El drenaje pluvial deberá estar separado del drenaje sanitario, cumpliendo las especificaciones de diseño establecidas para este tipo de sistemas.	El desarrollo del proyecto contempla el diseño de su infraestructura con drenaje separado, por un lado, el pluvial y por otro el drenaje de los servicios sanitarios.
	AH5	Todas las poblaciones deberán de contar con plantas de tratamiento de aguas residuales, cumpliendo la NOM-001-SEMARNAT-1996.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, las instalaciones del proyecto contarán para su etapa de operación y mantenimiento con

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
			una planta de tratamiento de aguas residuales, para efectos del cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
	AH6	Loa asentamientos humanos deberán de contar con lineamientos para la construcción de obra e infraestructura relacionados con la prevención de destres naturales, industriales y agropecuarios.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, el diseño de sus instalaciones se basará en lineamientos y especificaciones relativos a la prevención de accidentes, desastres naturales, industriales y/o de riesgo; así como los relativos a los efectos del cambio climático.
	AH7	La disposición final de los desechos sólidos se efectuará de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, el manejo de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y los peligrosos, se efectuarán bajo el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes aplicables para cada tipo de residuo, incluyendo las relativas a su disposición final.
	AH8	Los asentamientos humanos deberán contar con infraestructura para el acopio y manejo de residuos sólidos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales competentes y bajo un registro como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH12	Se tendrán que definir normas de construcción para asentamientos humanos, infraestructura y equipamientos que tomen en cuenta el riesgo de tsunamis.	El desarrollo del proyecto no se trata de infraestructura para asentamiento humano, no obstante, el diseño de sus instalaciones se basará en lineamientos y especificaciones relativos a la prevención de riesgos ante la presencia de tsunamis.
	AH13	Para el establecimiento de rellenos sanitarios se deberá contar con un estudio especifico que establezca criterios ecológicos para la selección del sitio, la construcción y la etapa de abandono del mismo, así como las medidas de mitigación de impactos al ambiente, evitando la contaminación del manto freático y la alteración de la flora y la fauna del lugar, de conformidad como lo establece la NOM-083-SEMARNAT-2003.	El desarrollo de proyecto no implica o prevé el establecimiento de relleno sanitario alguno; por lo que se considera al presente criterio como no aplicable al proyecto.
	AH15	Se deberán evitar las descargas de aguas residuales hacia la playa o el mar, mediante sistemas de captación independientes conexiones a drenaje municipal.	El desarrollo del proyecto no contempla descargas de sus aguas residuales hacia la playa y/o el mar.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	AH16	Se deberá promover la intensificación de los usos de suelo, previendo la expansión de infraestructura urbana necesaria.	El desarrollo del proyecto no se trata de infraestructura para asentamiento humano, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable respecto de la promoción de la intensificación de los usos de suelo.
	AH18	Se deberán conducir los residuos líquidos generados por los asentamientos humanos cercanos a los canales de agua hacia sistemas de alcantarillado.	El desarrollo de proyecto no se trata de un asentamiento humano, ni contempla descargas al sistema de drenaje y/o alcantarillado municipal, dado que serán conducidas a una planta de tratamiento de aguas residuales dentro de las instalaciones del proyecto.
	AH19	Ninguna obra deberá afectar el efecto barrera natural de las dunas costeras consideradas fundamentales en la prevención de riesgos contra tsunamis.	El desarrollo del proyecto no contempla obras y/o actividades dentro del área de dunas costeras presentes dentro del área de influencia del proyecto, razón por la cual estas no se verán afectadas en su morfología por el desarrollo del proyecto.
	AH21	Se deberá contar con estudios de riesgos naturales para prevenir afectaciones a la población.	Dentro del manifiesto de impacto ambiental que nos ocupa, se establecen el análisis y los estudios en su caso ante la presencia de riesgos naturales presente en el área de desarrollo del proyecto, su área de influencia y dentro del sistema ambiental regional definido para el proyecto.
	AH22	Se establecerán los programas y se tomarán acciones concertadas e integrales para la prevención y la intervención en caso de peligrosos hidrometeorológicos y la restauración de las áreas afectadas.	El desarrollo del proyecto habrá de contar para el manejo de sus instalaciones con un Programa de Atención a Contingencias y Emergencias.
	INF1	No se permitirá la disposición de aguas residuales, descargas de drenaje sanitario y desechos sólidos en la laguna y en cualquier tipo de cuerpo de agua natural.	El desarrollo del proyecto no contempla descargas de sus aguas residuales hacia la laguna, playa, el mar y/o cualquier otro cuerpo de agua natural.
	INF2	Las construcciones de asentamientos y de infraestructura tendrán que seguir las normas antisísmicas estatales.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, el diseño de sus instalaciones se basará en lineamientos y especificaciones relativos a la prevención de accidentes, desastres naturales, industriales y/o de riesgo; así como los relativos a los efectos del cambio climático.
	INF3	Se permite la construcción de obras de infraestructura y servicios siempre y cuando se sometan al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental con base en lo establecido en la Legislación Ambiental Estatal y/o Federal vigente en el ámbito de sus competencias.	Para efectos del presente criterio, se ingresa al procedimiento de evaluación del impacto ambiental el desarrollo del proyecto.
	INF4	Se deberá mejorar la cobertura de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamientos de aguas residuales.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, se contempla el diseño e instalación de una planta para el tratamiento de las aguas residuales generadas en sus instalaciones, por lo que con

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
			ello se contribuye a la mejora de la infraestructura relativa al manejo integral de las aguas residuales.
	INF7	Para todo tipo de construcción de infraestructura tales como; caminos, vías de ferrocarril, duetos, líneas de transmisión de alta tensión, edificaciones, etc., previo a las etapas de preparación y construcción, se someterán al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental con base en lo establecido en la Legislación Ambiental Estatal y/o Federal vigente, tratando de evitar en lo posible repercusiones que se puedan tener sobre a integridad ecológica del sistema lagunar, considerando de manera especial el comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas de manglar. En todo caso no se aceptarán diseños de este tipo de infraestructura que incluyan terraplenes o barreras que interrumpan los flujos de agua, y el libre transito seguro y continuo de fauna.	En virtud de que el desarrollo del proyecto contempla la construcción e instalación de infraestructura tales como caminos, vías de ferrocarril, líneas de transmisión de alta tensión, edificaciones, etc., es por ello que se ha sometido al procedimiento de evaluación del impacto ambiental. Estableciéndose en la presente manifestación lo relativo a posibles repercusiones que se puedan tener sobre a integridad ecológica del sistema lagunar, considerando de manera especial el comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas de manglar.
	INF15	Se buscarán sitios de disposición del material de los dragados necesarios para el recinto portuario, los cuales deberán contar con la autorización de impacto ambiental correspondiente previo al inicio de la actividad.	Se cuenta a la fecha del presente estudio, con sitios autorizados para el tiro del material de dragado, así mismo, otros sitios se encuentran en proceso de autorización ante la autoridad competente.
	INF20	Se buscarán sitios de disposición del material de los dragados necesarios para el recinto portuario, los cuales deberán contar con la autorización de impacto ambiental correspondiente previo al inicio de la actividad.	Se cuenta a la fecha del presente estudio, con sitios autorizados para el tiro del material de dragado, así mismo, otros sitios se encuentran en proceso de autorización ante la autoridad competente.
	INF21	Se permitirán obras de infraestructura que favorezcan el control de aporte de sedimentos continentales hacia la laguna.	El desarrollo del proyecto dentro de su área de desarrollo no contempla la instalación y/o construcción de dicho tipo de infraestructura; no obstante, como parte de las medidas de mitigación y/ compensación a desarrollarse, se podrán contempla y/o proponer el desarrollo de las mismas.
	IN1	Se dará mantenimiento y se rehabilitará la obra de toma de la Central Termoeléctrica Manzanillo.	El desarrollo del proyecto no prevé el mantenimiento y/o la rehabilitación de la obra de toma de la Central Termoeléctrica Manzanillo, por lo que el presente criterio se considera no aplicable al proyecto.
	IN2	Se deberán aplicar medidas continuas de mitigación de impactos ambientales por procesos industriales, con énfasis a las	El desarrollo del proyecto contempla dentro del presente manifiesto, las medidas propuestas para todos y cada uno de los impactos ambientales adversos a generarse

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		descargas de aguas residuales, emisiones a la atmosfera y disposición de desechos sólidos.	durante el desarrollo del proyecto; con énfasis a las descargas de aguas residuales, emisiones a la atmosfera y disposición de desechos sólidos.
	IN3	Se deberán controlar las emisiones industriales a la atmosfera, principalmente en cuanto a: control de partículas suspendidas, SO2 y Nox, control de emisiones de gases de combustión, descargas difusas y emisiones de partículas y gases, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	El desarrollo del proyecto contempla dentro del presente manifiesto, la ejecución de un programa de vigilancia ambiental, dentro del cual se establecen acciones de monitoreo y de la ejecución de las medidas preventivas, de mitigación y compensación de entre las cuales se incluyen las emisiones industriales a la atmosfera, principalmente en cuanto a: control de partículas suspendidas, SO2 y Nox, control de emisiones de gases de combustión, descargas difusas y emisiones de partículas y gases, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.
	IN4	Se deberán aplicar medidas de prevención y atención de emergencias derivadas de accidentes relacionados con el almacenamiento de combustibles, así como por altos riesgos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, tsunamis, etc.). Se deberá instrumentar un plan de emergencia para la evacuación de la población en caso de accidentes, así como planes de emergencias en respuesta a derrames y/o explosiones de combustibles y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	El desarrollo del proyecto habrá de contar para el manejo de sus instalaciones con un Programa de Atención a Contingencias y Emergencias, en el que se incluirán accidentes relacionados con el almacenamiento de combustibles, así como por altos riesgos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, tsunamis, etc.), así como acciones para la evacuación de la población en caso de accidentes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.
	IN5	Se deberá asegurar que la construcción de conductos de gas y otros cumplan con especificaciones técnicas y medidas de mitigación ambiental durante su construcción, para evitar afectaciones en los sistemas costeros.	El desarrollo del proyecto contempla la instalación y desarrollo de infraestructura portuaria, sin que se contemple instalación de gasoductos, no obstante, para las instalaciones de conducción de materiales o sustancias altamente riesgosas y/o peligrosas que lleguen a desarrollarse, se observarán para su cumplimiento las especificaciones técnicas y medidas de mitigación ambiental durante su construcción, para evitar afectaciones en los sistemas costeros.
	IN7	La disposición final de efluentes con tratamiento, en manglares y humedales, será posible únicamente previa autorización en materia de Impacto Ambiental tomando como límites máximos permisibles los establecidos para la protección de vida acuática (NOM-001-SEMARNAT-1996).	El desarrollo del proyecto no contempla descargas de aguas de residuales en zonas de manglar y/o cuerpo de aguas naturales.
	MA1	Se habilitarán los canales internos hacia el segundo vaso lagunas para mayo entrada de agua.	El desarrollo del proyecto al contemplar el desarrollo y/o conformación de canales de navegación dentro del vaso II, se ajustará al presente criterio.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	MA2	Cualquier actividad y/o construcción de infraestructura que modifique los patrones naturales de las corrientes en el interior de la unidad ambiental tendrá que presentar un estudio de impacto ambiental que evalúe estas modificaciones y su viabilidad. En todo caso, los proyectos o actividades a desarrollar no limitarán el flujo o intercambio de agua y de organismos acuáticos entre la Laguna y el mar. Se preferirán diseños que favorezcan esos intercambios y que prueben mejorar las condiciones hidrodinámicas del sistema lagunar.	Para efectos del presente criterio, se ingresa al procedimiento de evaluación del impacto ambiental el desarrollo del proyecto, dentro del cual se establecen las posibles modificaciones a los patrones naturales de las corrientes en el interior del sistema lagunar.
	MI17	Se deberá desalentar el establecimiento y la autorización ambiental para la explotación, exploración y beneficio de concesiones mineras de competencia federal y aprovechamientos mineros de competencia estatal, en UGAs con políticas de Protección y Conservación con fundamento en lo establecido en los artículos, 4, 27 y 115 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, a los Artículos 27 fracción IV y, en su caso 20, de la Ley Minera; Arts. 58 y 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Art. 87 Fracción II de la Constitución del Estado Colima Art. 2º Fracc. III, 8 Fracc. XV y XVII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, al libro quinto del código federal de procedimientos civiles, y, cuando corresponda, al Art. 59 de la Ley Agraria, entre otros ordenamientos jurídicos en la materia.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	Mi18	Las actividades de beneficio minero definidas como tales en la Ley Minera realizadas fuera de las áreas de exploración y explotación se consideran como actividad industrial y aplicarán los criterios de regulación ecológica “In”.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	Mi19	Los sitios de trabajo o trituración para preparación de minerales o sustancias reservadas para la federación establecidos fuera del área de la concesión minera deberán contar con una Manifestación de Impacto Ambiental Federal y un Estudio Técnico	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		Justificativo para cambio de uso del suelo para su autorización. En la Evaluación del Impacto Ambiental correspondiente se deberá detallar y explicitar las medidas de control de la contaminación atmosférica por emisiones de polvos, los mecanismos para para el cumplimiento de los límites de emisión de contaminantes a la atmosfera (NOM-035-Semarnat-1993, NOM-043-Semarnat-1993) y las medidas cautelares para el control de erosiones del almacenamiento a cielo abierto de materiales. En caso de ser autorizado el proyecto, y como parte de las condicionantes del resolutivo correspondiente, el titular de la concesión minera o responsable del proyecto, deberá presentar un seguro ambiental por la vigencia útil de las operaciones por los posibles daños ambientales por efecto de contaminación atmosférica o de lixiviado de materiales. La Autoridad Ambiental Estatal fomentará a través de convenios de coordinación con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la realización de visitas de inspección periódicas para verificar el cumplimiento de las condicionantes de las autorizaciones respectivas.	
	Mi20	Los sitios exclusivos de trabajo o trituración de materiales pétreos deberán contar con una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Estatal para su autorización. En la MIA correspondiente se deberá detallar y explicitar las medidas de control de la contaminación atmosférica por la emisión de polvos de acuerdo a la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, el cumplimiento de los límites de emisión de contaminantes a la atmosfera (NOM-035-Semarnat-1993, NOM-043-Semarnat-1993) y las medidas cautelares para el control de erosiones del almacenamiento de materiales. En caso de ser autorizado el proyecto, y como parte de las condicionantes del resolutivo correspondiente, el titular del proyecto deberá presentar, una fianza a favor del fideicomiso ambiental por los posibles daños ambientales	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación de materiales pétreos, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		por efecto de contaminación atmosférica o de lixiviado de materiales. La autorización o renovación de la licencia ambiental única estatal deberá ir acompañada por la renovación de la fianza antes referida.	
	Mi21	Los promoventes que pretenda realizar actividades de extracción de arena para la construcción, dentro de la zona federal de los cauces de la UGA deberán contar con una autorización explícita de la Comisión Nacional del Agua y presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de carácter Federal. En dicha MIA, se deberá presentar un estudio específico de los procesos de sedimentación en el cauce y los efectos sobre dichos procesos de las actividades de extracción de arena, así como las medidas de resguardo y reforestación de la vegetación de galería del cauce.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de extracción de arena para la construcción, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	Mi22	Los promoventes que pretendan realizar actividades de extracción de arena para la construcción fuera de la zona federal de los cauces de la UGA u y hasta 200 m de ésta deberán contar con una autorización explícita de la Autoridad Ambiental Estatal y presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de carácter estatal. En dicha MIA, se deberá presentar un estudio específico de los procesos de sedimentación en el cauce y los efectos sobre dichos procesos de las actividades de extracción de arena, así como las medidas de resguardo y reforestación de la vegetación de galería del cauce.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de extracción de arena para la construcción, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	Mi23	En los centros de población y, por su posible impacto ambiental, solo podrán ser autorizados proyectos de beneficio minero (trabajos para preparación, tratamiento, fundición de primera mano y refinación de productos minerales, en cualquiera de sus fases, con el propósito de recuperar u obtener minerales o sustancias, al igual que de elevar la concentración y pureza de sus contenidos) o de trituración y acondicionamiento de materiales pétreos dentro de las zonas consideradas como I3 (Industria pesada y de alto impacto) del Programa de Desarrollo Urbano de Manzanillo,	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		el programa Parcial de Desarrollo Urbano correspondiente o en parques industriales debidamente autorizados además de cubrir los requisitos de los criterios "In" del presente instrumento.	
	GA1	Se fomentarán los programas de reconversión de la ganadería a la ganadería estabulada o a uso agrícola o agroforestal y se desarrollarán e impulsará un programa de ganadería estabulada que incluya la alimentación, sanidad, mercado y asesoría técnica permanente.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades de ganadería, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AD2	Se regularán las nuevas áreas de asentamientos humanos a través de las instancias correspondientes.	El desarrollo del proyecto no prevé obras para asentamientos humanos, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	ED4	Se desarrollarán talleres de capacitación y educación ambiental para los habitantes sobre actividades ecoturísticas y su enfoque hacia la conservación de los recursos naturales.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	ED5	Se difundirá información del área y la importancia de la conservación en los sitios de afluencia del turismo convencional durante temporada de vacaciones, para evitar la incidencia de basura.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	TU1	Se desarrollará el ecoturismo como una actividad económica alternativa para los residentes con base a estudios técnicos confiables.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	TU2	Se realizará un estudio de factibilidad para establecer actividades ecoturísticas en el área.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	TU3	Se permitirán las actividades ecoturísticas siempre y cuando sea de manera organizada, planificada y aprobadas por las autoridades competentes, además de proveer informes periódicos a las mismas.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	TU4	No se permitirán las actividades turísticas fuera de los sitios que se determinen en la zonificación que señale la dirección del área de protección.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	TU7	Se permitirán los recorridos interpretativos, observación de flora y fauna y paseos fotográficos, guiados y con la debida acreditación.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	TU8	En las unidades de conservación o restauración con dunas costeras solo se permite una densidad de 30 palapas por hectárea para uso recreativo y de servicios.	El desarrollo del proyecto actividades recreativas, ni obras y/o actividades en zonas de dunas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	TU9	En el desarrollo de proyectos turísticos se deberán mantener de manera prioritaria ecosistemas tales como humedales, selva baja caducifolia y selva media subcaducifolia.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
77	DS1	Se propiciará la conservación de los recursos naturales, a través del uso sustentable de sus recursos, rescatando el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, y adecuando y diversificando las actividades productivas.	El desarrollo del proyecto prevé el aprovechamiento del recurso suelo, para el desarrollo de sus obras y/o actividades, sometido al procedimiento de impacto ambiental.
	DS2	Se promoverá la realización de estudios para el desarrollo de alternativas productivas para el aprovechamiento sustentable.	El desarrollo del proyecto prevé el aprovechamiento del recurso suelo, para el desarrollo de sus obras y/o actividades, sometido al procedimiento de impacto ambiental.
	DS3	Únicamente se podrán llevar a cabo actividades de bajo impacto ambiental, relacionadas con el desarrollo de actividades rurales.	El desarrollo del proyecto prevé el aprovechamiento del recurso suelo, para el desarrollo de sus obras y/o actividades, sometido al procedimiento de impacto ambiental.
	DS4	Todo proyecto de explotación de recursos debe de sustentarse en estudios que garanticen la sustentabilidad productiva a largo plazo, lo cual incluye la fertilidad del suelo, condiciones climáticas adecuadas y disponibilidad de agua.	El desarrollo del proyecto prevé el aprovechamiento del recurso suelo, para el desarrollo de sus obras y/o actividades, sometido al procedimiento de impacto ambiental.
	AD1	Las unidades con uso urbano e industrial que colinden con alguna área con vocación de protección, restauración o conservación deberán contar con zonas de amortiguamiento entre ambas.	El desarrollo del proyecto prevé el aprovechamiento del recurso suelo, para el desarrollo de sus obras y/o actividades, sometido al procedimiento de impacto ambiental.
	AD2	Se regularán las nuevas áreas de asentamientos humanos a través de las instancias correspondientes.	El desarrollo del proyecto no prevé obras para asentamientos humanos, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG1	Se promoverá la realización de estudios para el desarrollo de alternativas agroecológicas productivas.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG2	Se promoverá el uso sustentable de las áreas de cultivo, a través de prácticas agroecológicas que permitan un aprovechamiento permanente y más eficiente de los recursos naturales.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	AG3	Se fomentará la agricultura orgánica, asociación y rotación de cultivos, cultivos de cobertura, desarrollo de sistemas agroforestales, aplicación de métodos de control biológico y fertilización orgánica.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG4	El uso y aplicación de insecticidas y herbicidas se realizará de acuerdo a la normatividad de la CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control, Producción y Uso de Pesticidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas), o la instancia correspondiente.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG5	Se deberán promover programas de certificación ambiental y de calidad agrícola a través de asesoría técnica para vincular las cadenas productivas de alto valor agregado.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG6	Se fomentará la creación de una reserva agrícola.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG7	Las áreas agrícolas se considerarán espacios de recursos estratégicos que no podrán ser sustituidos por los desarrollos urbanos.	El desarrollo del proyecto se ha sometido a través del presente manifiesto para su evaluación en materia de impacto ambiental.
	AG8	Se promoverá una diversificación de cultivos acorde con las condiciones del sitio.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG9	Se fomentará la creación y el mantenimiento de cercas vivas.	El desarrollo del proyecto no contempla el establecimiento de cercos vivos, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG10	Se fomentará el mantenimiento o la creación de franjas de vegetación nativa de hasta 20 m alrededor de las superficies que sirvan como refugio para la fauna.	El desarrollo del proyecto contempla dentro de las medidas propuestas, sobre todo las de compensación mediante restauración, la reforestación de franjas de vegetación nativa.
	AG11	En las cercas vivas se deberá promover la diversificación de especies nativas.	El desarrollo del proyecto no contempla el establecimiento de cercos vivos.
	AG12	Se promoverá el tratamiento de las aguas de riego para evitar salinización y contaminación.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG13	En la utilización de pesticidas se evitará la afectación de la fauna.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG14	Se fomentarán aquellas prácticas agroecológicas que prevengan la erosión del suelo.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	AG15	Se hará un diagnóstico técnico para la reconversión de las áreas agrícolas de monocultivos, seleccionando los sitios para la producción de hortalizas, floricultura y rotación de cultivos.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG16	Se desarrollarán programas sobre conservación de suelos y agua para mejorar la capacidad productiva, tomando en cuenta los cultivos actuales y llevar a cabo la diversificación de los mismos.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG17	Se fomentará el uso múltiple del suelo en traspatio (hortalizas biodinámicas, manejo de aves de corral, árboles frutales, cunicultura, porcicultura, apicultura, acuacultura), para favorecer el autoabasto mediante la disponibilidad de productos para mejorar la dieta familiar y asegurar mayores ingresos de los excedentes comercializables a través del trabajo familiar y de género.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG18	No se permitirá el almacenamiento, uso alimentario y siembra de semillas y material vegetal transgénico para fines agrícolas, hortícolas, y pecuarios, a menos de que exista un estudio técnico y científico que demuestre que el material no afecta a los ecosistemas naturales, la salud humana y la del ganado.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG19	No se permitirá la expansión de la superficie agrícola a costa del aprovechamiento forestal, el desmonte de la vegetación nativa, el cinchamiento o muerte de la vegetación forestal por cualquier vía o procedimiento.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG20	Se promoverá la instrumentación de proyectos productivos alternativos a la ganadería extensiva y la agricultura existentes, como criaderos de fauna silvestre, viveros de plantas nativas, etc.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG21	Se gestionará ante organismos estatales y federales encargados de apoyar al campo, para que proporcionen la asistencia técnica adecuada, créditos suficientes y apoyo a la comercialización de los productos del campo.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG22	Se creará y mantendrá actualizado un padrón de agricultores.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	AG23	Los agricultores inscritos en el padrón del sector que sigan los criterios ecológicos en las prácticas de cultivo, tendrán prioridad para acceder a los incentivos agrícolas.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG24	Se promoverá que las áreas de cultivo estén separadas de cuerpos de agua y zonas de protección o conservación por una zona de amortiguamiento de 20 m de ancho.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG25	Las aguas con alto contenido de sales no deberán usarse para el riego de aquellos suelos con bajo poder de infiltración o con drenaje deficiente.	Las aguas tratadas que serán reutilizadas para riego de áreas verdes, cumplirán con los límites máximos permisibles establecidos por norma para su descarga, o a las condiciones particulares establecidas por la autoridad competente.
	AG26	Se analizará la calidad del agua para riego de forma periódica ya sea a intervalos dados o bien durante el periodo potencial de riego.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG27	Las áreas de aprovechamiento contiguas a áreas protegidas deberán establecer medidas para evitar la contaminación por desechos.	El desarrollo del proyecto colinda con un sitio RAMSAR, porque dentro de la presente manifestación se establecen las medidas preventivas a desarrollar para evitar la contaminación dentro de dicho sitio por desechos producto del desarrollo del proyecto.
	AG28	En las unidades de producción donde se cultiven especies anuales se recomienda establecer un cultivo de cobertura al final de cada ciclo del cultivo que será incorporado como abono verde o bien utilizado como forraje en el siguiente ciclo.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG29	Se gestionará la capacitación, asistencia técnica y financiera adecuada, de tal forma que permita aumentar la producción de los cultivos, recurriendo ante los organismos relacionados con el campo para solicitarles mayor participación en el fomento a la producción agrícola.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG30	Se intensificarán acciones que permitan a los ejidatarios promover y fortalecer sus organizaciones productivas, así como concertar acciones con pequeños propietarios e inversionistas privados, tendientes a integrar sociedades en las que compartan, por igual, riesgos y beneficios en la producción agrícola, por lo que será fundamental que se actúe con apego a la legislación agraria vigente.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
	AG32	Se propiciará la organización social para hacer más productivo al ejido, a través de la creación de sociedades de productores, sociedades cooperativas o grupos solidarios de producción, que se responsabilicen de la gestión de los recursos necesarios que permitan el incremento de la rentabilidad de los cultivos.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AG33	Se fomentará ante los agricultores el uso de postes provenientes de plantaciones forestales o cercos vivos para evitar el corte madera en las áreas de vegetación nativa.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	GA1	Se fomentarán los programas de reconversión de la ganadería a ganadería estabulada o a uso agrícola o agroforestal y se desarrollará e impulsará un programa de ganadería estabulada que incluya la alimentación, sanidad, mercado y asesoría técnica permanente.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	GA2	Se promoverá la utilización del estiércol en compostas como fertilizantes orgánicos para las actividades agrícolas.	El desarrollo del proyecto no prevé actividades agropecuarias, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	AH1	Se seguirán los criterios establecidos en la Tabla de Compatibilidades de usos de suelo del PMOTDUM.	Para el desarrollo de las obras y/o actividades del proyecto, se observará y dará seguimiento en lo aplicable las disposiciones establecidas en la Tabla de Compatibilidades de Usos de Suelo establecida en el punto IV.7.4 y en el Cuadro IV.58., del presente Programa en vinculación.
	AH2	Los asentamientos humanos mayores a 1,500 habitantes deberán contar con infraestructura para el acopio y/o manejo de desechos sólidos, aunado a programas de reciclamiento de residuos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales competentes y bajo un registro como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH3	En los asentamientos menores de 1 500 habitantes se formularán y aplicarán programas de reciclamiento de residuos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
			competentes y bajo un registro como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH4	Se deberá mejorar la cobertura de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamientos de aguas residuales.	El desarrollo del proyecto contempla el diseño de su infraestructura con drenaje separado, por un lado, el pluvial y por otro el drenaje de los servicios sanitarios.
	AH5	Todas las poblaciones deberán contar con plantas de tratamiento de aguas residuales, cumpliendo la NOM-001-SEMARNAT- 1996.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, las instalaciones del proyecto contarán para su etapa de operación y mantenimiento con una planta de tratamiento de aguas residuales, para efectos del cumplimiento a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
	AH6	Los asentamientos humanos deberán contar con lineamientos para la construcción de obra e infraestructura relacionados con la prevención de desastres naturales, industriales y agropecuarios.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, el diseño de sus instalaciones se basará en lineamientos y especificaciones relativos a la prevención de accidentes, desastres naturales, industriales y/o de riesgo; así como los relativos a los efectos del cambio climático.
	AH7	La disposición final de los desechos sólidos se efectuará de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, el manejo de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y los peligrosos, se efectuarán bajo el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes aplicables para cada tipo de residuo, incluyendo las relativas a su disposición final.
	AH8	Los asentamientos humanos deberán contar con infraestructura para el acopio y manejo de residuos sólidos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales competentes y bajo un registro como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH10	En esta zona queda prohibido el establecimiento de nuevos asentamientos humanos y de reservas territoriales.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, por lo que se establece que el presente criterio no le resulta aplicable al proyecto.
	AH11	No se permitirá la instalación de tiraderos de basura.	El desarrollo de proyecto no implica o prevé el establecimiento de tiraderos de residuos sólidos; las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales competentes y bajo un registro

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
			como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH13	Para el establecimiento de rellenos sanitarios se deberá contar con un estudio especifico que establezca criterios ecológicos para la selección del sitio, la construcción y la etapa de abandono del mismo, así como las medidas de mitigación de impactos al ambiente, evitando la contaminación del manto freático y la alteración de la flora y la fauna del lugar, de conformidad como lo establece la NOM-083-SEMARNAT-2003.	El desarrollo de proyecto no implica o prevé el establecimiento de relleno sanitario alguno; por lo que se considera al presente criterio como no aplicable al proyecto.
	AH17	Se prohibirán los asentamientos sobre los cauces o al borde de éstos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, por lo que se establece que el presente criterio no le resulta aplicable al proyecto.
	AH20	En los asentamientos menores de 1500 hab., se formularán y aplicarán programas de reciclamiento de residuos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante las instalaciones del proyecto contarán con infraestructura para el acopio y/o manejo de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos; mismo que se efectuará bajo el seguimiento a un programa de manejo de residuos de manejo especial, sometido a autorización de las autoridades ambientales competentes y bajo un registro como generador de residuos peligrosos, basado en principios de reducción desde su fuente de generación, del reuso y reciclaje.
	AH22	Se establecerán los programas y se tomarán acciones concertadas e integrales para la prevención y la intervención en caso de peligrosos hidrometeorológicos y la restauración de las áreas afectadas.	El desarrollo del proyecto habrá de contar para el manejo de sus instalaciones con un Programa de Atención a Contingencias y Emergencias.
	INF1	Se dará mantenimiento y se rehabilitará la obra de toma de la Central Termoeléctrica Manzanillo.	El desarrollo del proyecto no contempla descargas de sus aguas residuales hacia la laguna, playa, el mar y/o cualquier otro cuerpo de agua natural.
	INF2	Se deberán aplicar medidas continuas de mitigación de impactos ambientales por procesos industriales, con énfasis a las descargas de aguas residuales, emisiones a la atmosfera y disposición de desechos sólidos.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, el diseño de sus instalaciones se basará en lineamientos y especificaciones relativos a la prevención de accidentes, desastres naturales, industriales y/o de riesgo; así como los relativos a los efectos del cambio climático.
	INF3	Se deberán controlar las emisiones industriales a la atmosfera, principalmente en cuanto a: control de partículas suspendidas, SO2 y Nox, control de emisiones de gases de combustión, descargas difusas y emisiones de partículas y	Para efectos del presente criterio, se ingresa al procedimiento de evaluación del impacto ambiental el desarrollo del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		gases, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	
	INF4	Se deberán aplicar medidas de prevención y atención de emergencias derivadas de accidentes relacionados con el almacenamiento de combustibles, así como por altos riesgos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, tsunamis, etc.). Se deberá instrumentar un plan de emergencia para la evacuación de la población en caso de accidentes, así como planes de emergencias en respuesta a derrames y/o explosiones de combustibles y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	El desarrollo del proyecto no se trata de un asentamiento humano, no obstante, se contempla el diseño e instalación de una planta para el tratamiento de las aguas residuales generadas en sus instalaciones, por lo que con ello se contribuye a la mejora de la infraestructura relativa al manejo integral de las aguas residuales.
	INF7	La disposición final de efluentes con tratamiento, en manglares y humedales, será posible únicamente previa autorización en materia de Impacto Ambiental tomando como límites máximos permisibles los establecidos para la protección de vida acuática (NOM-001-SEMARNAT-1996).	En virtud de que el desarrollo del proyecto contempla la construcción e instalación de infraestructura tales como caminos, vías de ferrocarril, líneas de transmisión de alta tensión, edificaciones, etc., es por ello que se ha sometido al procedimiento de evaluación del impacto ambiental el desarrollo del proyecto. Estableciéndose en la presente manifestación lo relativo a posibles repercusiones que se puedan tener sobre a integridad ecológica del sistema lagunar, considerando de manera especial el comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas de manglar.
	ED4	Se desarrollarán talleres de capacitación y educación ambiental para los habitantes sobre actividades ecoturísticas y su enfoque hacia la conservación de los recursos naturales.	El desarrollo del proyecto actividades de turismo y/o ecoturísticas, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI1	Los predios sujetos a explotación minera deberán contar con una manifestación de impacto ambiental y cumplir con las medidas de mitigación y restauración del sitio.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI4	Los recursos minerales no metálicos, se explotarán en forma racional, mediante la capacitación adecuada de los propietarios y empresarios.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI5	Se deberá controlar la disposición de materiales residuales de la extracción generada en las minas, poniendo especial énfasis en la prevención de la contaminación de la laguna de Cuyutlán.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI6	Los proyectos mineros superficiales que se establezcan en la UGA estarán condicionados	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		a un Manifiesto de Impacto Ambiental ya sea de carácter federal o estatal en el ámbito de sus competencias. El manifiesto deberá demostrar que las actividades mineras no afectan los patrones hidrodinámicos y de sedimentación del sistema lagunar, ni tendrán consecuencias sobre el abastecimiento de agua de las poblaciones vecinas a través de un estudio específico de balances hidrológicos que consideren períodos de retorno de 100 años.	que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI18	Las actividades de beneficio minero definidas como tales en la Ley Minera realizadas fuera de las áreas de exploración y explotación se consideran como actividad industrial y aplicarán los criterios de regulación ecológica "In".	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI19	Los sitios de trabajo o trituración para preparación de minerales o sustancias reservadas para la federación establecidos fuera del área de la concesión minera deberán contar con una Manifestación de Impacto Ambiental Federal y un Estudio Técnico Justificativo para cambio de uso del suelo para su autorización. En la Evaluación del Impacto Ambiental correspondiente se deberá detallar y explicitar las medidas de control de la contaminación atmosférica por emisiones de polvos, los mecanismos para para el cumplimiento de los límites de emisión de contaminantes a la atmosfera (NOM-035-Semarnat-1993, NOM-043-Semarnat-1993) y las medidas cautelares para el control de erosiones del almacenamiento a cielo abierto de materiales. En caso de ser autorizado el proyecto, y como parte de las condicionantes del resolutivo correspondiente, el titular de la concesión minera o responsable del proyecto, deberá presentar un seguro ambiental por la vigencia útil de las operaciones por los posibles daños ambientales por efecto de contaminación atmosférica o de lixiviado de materiales. La Autoridad Ambiental Estatal fomentará a través de convenios de coordinación con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la realización de visitas	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		de inspección periódicas para verificar el cumplimiento de las condicionantes de las autorizaciones respectivas.	
	MI20	Los sitios exclusivos de trabajo o trituración de materiales pétreos deberán contar con una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) Estatal para su autorización. En la MIA correspondiente se deberá detallar y explicitar las medidas de control de la contaminación atmosférica por la emisión de polvos de acuerdo a la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, el cumplimiento de los límites de emisión de contaminantes a la atmosfera (NOM-035-Semarnat-1993, NOM-043-Semarnat-1993) y las medidas cautelares para el control de erosiones del almacenamiento de materiales. En caso de ser autorizado el proyecto, y como parte de las condicionantes del resolutivo correspondiente, el titular del proyecto deberá presentar, una fianza a favor del fideicomiso ambiental por los posibles daños ambientales por efecto de contaminación atmosférica o de lixiviado de materiales. La autorización o renovación de la licencia ambiental única estatal deberá ir acompañada por la renovación de la fianza antes referida.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación de materiales pétreos, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI21	Los promoventes que pretenda realizar actividades de extracción de arena para la construcción, dentro de la zona federal de los cauces de la UGA deberán contar con una autorización explícita de la Comisión Nacional del Agua y presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de carácter Federal. En dicha MIA, se deberá presentar un estudio específico de los procesos de sedimentación en el cauce y los efectos sobre dichos procesos de las actividades de extracción de arena, así como las medidas de resguardo y reforestación de la vegetación de galería del cauce.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de extracción de arena para la construcción, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	MI22	Los promoventes que pretendan realizar actividades de extracción de arena para la construcción fuera de la zona federal de los cauces de la UGA u y hasta 200 m de ésta deberán contar con una autorización explícita	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de extracción de arena para la construcción, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

UGAT	Clave	Descripción	Vinculación
		de la Autoridad Ambiental Estatal y presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de carácter estatal. En dicha MIA, se deberá presentar un estudio específico de los procesos de sedimentación en el cauce y los efectos sobre dichos procesos de las actividades de extracción de arena, así como las medidas de resguardo y reforestación de la vegetación de galería del cauce.	
	MI23	En los centros de población y, por su posible impacto ambiental, solo podrán ser autorizados proyectos de beneficio minero (trabajos para preparación, tratamiento, fundición de primera mano y refinación de productos minerales, en cualquiera de sus fases, con el propósito de recuperar u obtener minerales o sustancias, al igual que de elevar la concentración y pureza de sus contenidos) o de trituración y acondicionamiento de materiales pétreos dentro de las zonas consideradas como I3 (Industria pesada y de alto impacto) del Programa de Desarrollo Urbano de Manzanillo, el programa Parcial de Desarrollo Urbano correspondiente o en parques industriales debidamente autorizados además de cubrir los requisitos de los criterios "In" del presente instrumento.	El desarrollo del proyecto no prevé acciones de explotación, exploración y beneficio de minerales, por lo que se considera que el presente criterio no le resulta aplicable.
	FFP10	Quedarán prohibidas todas las actividades que puedan comprometer la conservación del ecosistema sin contar con las autorizaciones correspondiente federal, estatal o municipal.	El desarrollo de todas y cada una de las actividades del proyecto se encuentra sometidas al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, para que, en su caso, su ejecución se encuentre debidamente autorizada.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.2.5 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)[12]

Este es un instrumento de planeación ambiental de carácter federal, formulado y expedido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con fundamento en lo dispuesto en los artículos 19, 20 y 21 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Este ordenamiento tiene como objetivo regular el uso del territorio a nivel nacional, estableciendo políticas ambientales orientadas al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y a la protección de los ecosistemas.

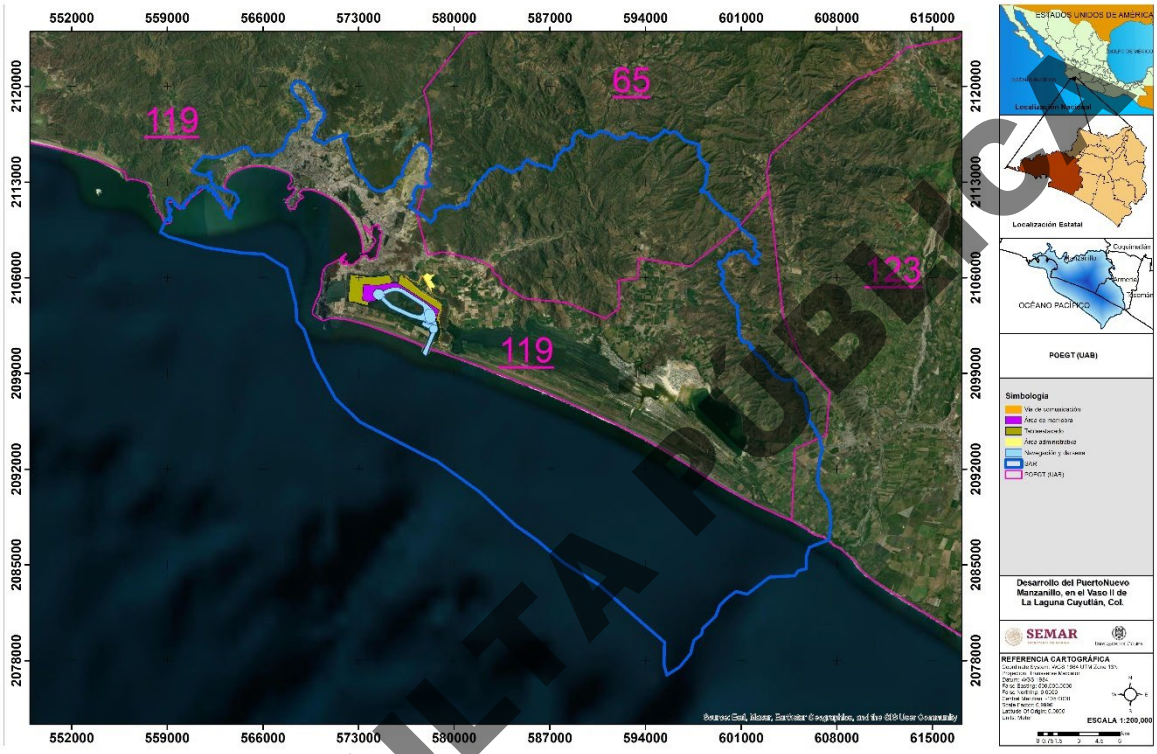
El POEGT organiza el territorio nacional en Unidades Ambientales Biofísicas (UAB), definidas con base en criterios físicos, biológicos y socioeconómicos, para las cuales se establecen políticas ambientales generales, tales como conservación, aprovechamiento sustentable, restauración y protección. Estas políticas constituyen un marco de referencia para la planeación y evaluación de proyectos de infraestructura de alcance regional y nacional, incluyendo aquellos relacionados con el desarrollo portuario.

De acuerdo con la revisión del POEGT, el área donde se localiza el proyecto se encuentra comprendida dentro de una UAB definidas por este instrumento (119). En este sentido, el POEGT resulta aplicable como instrumento rector de referencia, estableciendo criterios generales de congruencia territorial que deben ser observados por el proyecto (Mapa III 2).

La vinculación del proyecto con el POEGT se realiza mediante la evaluación de la compatibilidad entre las actividades portuarias propuestas y las políticas ambientales asignadas a las UAB correspondientes, considerando que dicho ordenamiento no regula usos específicos a escala local, sino que proporciona lineamientos generales para la planeación ambiental del territorio. Este análisis permite identificar la congruencia del proyecto con los objetivos nacionales de ordenamiento ecológico y desarrollo sustentable.

CONSULTA PÚBLICA

[12] Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 07 de septiembre de 2012.



Mapa III 2. Incidencia del Proyecto sobre la Ubicación del Proyecto respecto a las Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) del POEGT.

En la siguiente Tabla III 7 se describen los atributos generales de la UAB 119 Lomeríos de la Costa de Jalisco y Colima, en el que incide el Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 8. Políticas y estrategias establecidas para las Regiones Ecológicas y Unidades Ambientales Biofísicas aplicables al Proyecto.

UAB/ Región	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Política Ambiental	Estrategias sectoriales
UAB 119 Región 8.33	Preservación de Flora y Fauna Turismo	Forestal Minería	Agricultura Ganadería	CFE SCT	Protección Aprovechamiento sustentable Restauración	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 15 BIS, 19, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 33, 36, 37, 42, 43, 44

A continuación, se realiza la vinculación de las estrategias que resultan aplicables al Proyecto.

Tabla III 9. Vinculación del proyecto con las Estrategias establecidas para según las Unidades Ambientales Biofísicas del POEGT.

Estrategias		Vinculación
Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio.		
A) Preservación	1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad.	A pesar de las afectaciones de la vegetación y fauna en el Vaso II, como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo VI, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP). De manera puntual, durante el proceso constructivo y de operación se implementarán acciones para no poner en riesgo los ecosistemas y su biodiversidad y se precisa que se implementará las siguientes acciones ambientales para su protección: Acciones de rescate de reubicación de flora y fauna silvestre. Acciones de restauración mediante reforestación.
	2. Recuperación de especies en riesgo.	Como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo VI, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP). En este sentido se plantea que se llevarán a cabo actividades de recuperación natural y asistida de manglar inscrito en la NOM-059.

CONSULTA PÚBLICA

Estrategias		Vinculación
	3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad.	Como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo VI, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP). En este sentido el proyecto se vincula y atiende esta estrategia.
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.	A pesar de que el establecimiento del Proyecto en el Vaso II puede considerarse un aprovechamiento de un recurso natural, como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo VI, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP). En este sentido el proyecto se vincula y atiende esta estrategia.
	5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios.	El Proyecto no realizará actividades que impliquen el aprovechamiento de suelos agrícolas y pecuarios, por lo tanto, no es de observancia esta estrategia.
	6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.	Toda vez que no se contempla ningún tipo de actividad agrícola o acciones u obras relacionadas con ella, esta Estrategia no es aplicable para el desarrollo del Proyecto
	7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.	Esta Estrategia no es aplicable para el desarrollo del Proyecto, toda vez que no se llevará a cabo ningún aprovechamiento de recursos forestales.
	8. Valoración de los servicios ambientales.	En cumplimiento a esta Estrategia, se han identificado los servicios ambientales en el sitio del Proyecto, estableciéndose medidas ambientales, que permitan la conservación y protección del ecosistema y sus recursos naturales, y en consecuencia los servicios ambientales que prestan, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP).
C) Protección de los recursos naturales	9. Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados	En el Capítulo IV se realizó un estudio geohidrológico con el cual se pone de manifiesto que el proyecto no alterará el equilibrio hidrológico de la cuenca El Zacate, la directamente involucrada con el proyecto, así que a pesar de que existirá un pozo de extracción y una planta potabilizadora. Con las obras de infraestructura proyectadas no se afectará el equilibrio de cuencas o acuíferos, por lo tanto, esta Estrategia está contemplada en el Proyecto.
	10. Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	Estrategia que deberá ser realizada por las autoridades que resulten competentes en la materia, por ello, no es aplicable al Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Estrategias		Vinculación
	11. Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	Toda vez que el Proyecto no guarda relación con presas o su funcionamiento, esta Estrategia no aplica para el desarrollo del Proyecto.
	12. Protección de los ecosistemas.	Con la implementación de medidas y acciones ambientales propuestas en esta MIA-R, se busca prevenir, mitigar o compensar los impactos causados por el Proyecto sobre la fauna, flora, suelo, agua y otros componentes ambientales, a fin de garantizar la protección de los ecosistemas, a través del funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), dando cumplimiento a lo establecido en esta Estrategia.
	13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	Para el desarrollo del Proyecto no se llevarán a cabo actividades que requieran la utilización de agroquímicos o biofertilizantes, por ello, esta Estrategia no es aplicable.
D) Restauración	14. Restauración de los ecosistemas forestales y suelos agrícolas.	Respecto a ecosistemas forestales, el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable incluye al manglar dentro de las formaciones forestales, como "Otras asociaciones forestales arboladas" junto con la vegetación ribereña. Debido a su importancia y su naturaleza forestal, los manglares están sujetos a estrictas normas de protección, como la NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para su preservación, conservación y restauración; mientras que el Artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre prohíbe la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte el flujo hidrológico del manglar. A pesar de las afectaciones de la vegetación en el Vaso II, como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo VI, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), dando cumplimiento a lo establecido en esta Estrategia.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios.	15. Aplicación de los productos del Servicio Geológico Mexicano al desarrollo económico y social y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales no renovables.	La disposición establecida en esta Estrategia no es aplicable al Proyecto, ya que recae en obligaciones directas para las autoridades competentes y, por otra parte, el Proyecto no guarda relación con actividades del sector minero, industrial o de energía.
	15 bis. Coordinación entre los sectores minero y ambiental	La disposición establecida en esta Estrategia no es aplicable al Proyecto, ya que recae en obligaciones directas para las autoridades competentes en la materia y, por otra parte, el Proyecto no guarda relación con actividades del sector minero, industrial o de energía.

CONSULTA PÚBLICA

Estrategias		Vinculación
	19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.	Las actividades del Proyecto no se relacionan con el sector energético, por tanto, no es de observancia esta estrategia. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto se van a considerar fuentes alternativas de energía y tecnologías limpias que contribuirán a disminuir las emisiones de GEI durante el desarrollo del proyecto.
	20. Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental.	Las disposiciones establecidas en estas Estrategias se van a considerar en el desarrollo del proyecto ya que se van a aplicar fuentes alternativas de energía y tecnologías limpias que contribuirán a disminuir las emisiones de GEI durante el desarrollo del proyecto para coadyuvar a la sustentabilidad ambiental.
	21. Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo.	El Proyecto no guarda relación con el sector turístico, por lo tanto, esta Estrategia no resulta aplicable para su desarrollo.
	22. Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	El Proyecto no guarda relación con el sector turístico, por lo tanto, esta Estrategia no resulta aplicable para su desarrollo.
	23. Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista) – beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional.	El Proyecto no guarda relación con el sector turístico, por lo tanto, esta Estrategia no resulta aplicable para su desarrollo.
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	30. Construir y modernizar la red carretera a fin de ofrecer mayor seguridad y accesibilidad a la población y así contribuir a la integración de la región.	Aun cuando el Proyecto no consiste en la construcción y modernización de infraestructura carretera de manera directa, sino portuaria, con su implementación se contribuye a cubrir las condiciones necesarias que requiere la región para prestar un servicio eficiente para que tanto la ciudad como la región sean más competitivas, sustentables y bien estructuradas, por lo que se considera se da cumplimento a esta Estrategia.
	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas.	Aun cuando el Proyecto consiste en el desarrollo portuario, con su implementación, las medidas de mitigación y compensación del medio socioeconómico podrán contribuir a impulsar mejores condiciones para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables, bien estructuradas y menos costosas, con lo cual se da cumplimiento a esta Estrategia.

CONSULTA PÚBLICA

Estrategias		Vinculación
E) Desarrollo social	33. Apoyar el desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y promover la articulación de programas para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza.	Aun cuando el Proyecto consiste en el desarrollo portuario, con su implementación, las medidas de mitigación y compensación del medio socioeconómico podrán contribuir al desarrollo de capacidades para la participación social en las actividades económicas y la articulación de estrategias para optimizar la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a servicios en el medio rural y reducir la pobreza al diversificar las actividades productivas en la región, con lo cual se da cumplimiento a esta Estrategia.
	36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	
	37. Integrar a mujeres indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	Aun cuando el Proyecto consiste en el desarrollo portuario, con su implementación, las medidas de mitigación y compensación del medio socioeconómico podrán contribuir al desarrollo de capacidades para la participación social de mujeres y grupos vulnerables en actividades económicas y la articulación de estrategias a través de la aplicación de recursos públicos que conlleven a incrementar las oportunidades de acceso a oportunidades de trabajo y servicios en el medio rural y reducir la pobreza al diversificar las actividades productivas en la región, con lo cual se da cumplimiento a esta Estrategia.
Grupo III. Dirigidas al fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	Se verificará que el polígono en el cual se va a desarrollar el Proyecto cumpla con los derechos de la propiedad rural para no afectar la titularidad de la propiedad social, Ejidal y Comunal, en su desarrollo, con lo cual se da cumplimiento a esta Estrategia.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos.	Esta Estrategia no guarda relación con el Proyecto, por lo tanto, no resulta aplicable.
	44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	Aunque corresponde a las autoridades locales o estatales competentes la planeación del ordenamiento territorial, con la implementación de este Proyecto se impulsará la revisión y el cumplimiento del ordenamiento territorial estatal y municipal, así como el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.

CONSULTA PÚBLICA

Con las medidas y acciones ambientales de prevención, mitigación o en su caso, compensación para atenuar o minimizar los impactos ambientales que pudieran generarse durante el desarrollo del Proyecto, se garantiza la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad para no poner en riesgo su funcionamiento y los servicios ambientales que prestan sin contravenir lo establecido en las demás estrategias establecidas para la UAB 119, por tanto, se considera que es viable conforme a lo establecido en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

III.2.2.6 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima (POETEC)[13]

El Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima (POETEC 2024–2034) es un instrumento de política ambiental de carácter estatal que orienta la toma de decisiones sobre el uso del suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales y la prevención de conflictos socioambientales en el territorio del estado, mediante un esquema de zonificación ecológica sustentado en criterios técnicos, participación social y lineamientos de manejo. El POETEC es un documento que integra una visión amplia del territorio y establece una base de planeación para la regulación ambiental, territorial y sectorial con un horizonte de planeación de mediano plazo.

El instrumento se apoya en una estructura integral que incluye apartados de caracterización del territorio, diagnóstico, pronóstico y la formulación del modelo de ordenamiento, lo que permite identificar el contexto ambiental y territorial del estado, los procesos de transformación del suelo y los principales conflictos entre sectores. El propio POETEC reconoce la importancia de los sistemas de infraestructura presentes en Colima, incluyendo infraestructura terrestre, portuaria, aeroportuaria, ferroviaria y eléctrica, así como las dinámicas poblacionales y económicas que influyen sobre el territorio.

En el diagnóstico, el POETEC incorpora resultados derivados de ejercicios participativos, señalando que la identificación de conflictos ambientales y territoriales se alimentó de un proceso amplio de participación social, incluyendo talleres con diversos sectores. En este contexto, el documento señala que uno de los elementos de vulnerabilidad percibidos como más relevantes es el recurso hídrico, abordando aspectos como zonas de presión antropogénica sobre el agua y la vulnerabilidad de aguas subterráneas.

Adicionalmente, en el apartado de pronóstico se describe que para lograr escenarios de planeación se evaluaron tendencias en las actividades económicas, así como transformaciones futuras en el uso del suelo y manejo de recursos naturales, mediante un ejercicio de modelación que integró variables naturales, sociales y económicas. En este análisis se revisaron escenarios y se profundizó en condiciones presentes y futuras, destacando la importancia del agua como recurso limitante para el desarrollo sectorial, considerando su incorporación dentro del conjunto de políticas ambientales del modelo de ordenamiento.

[13] Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima (POETEC). Publicado en el Periódico Oficial del Estado: 05 de abril de 2025.

CONSULTA PÚBLICA

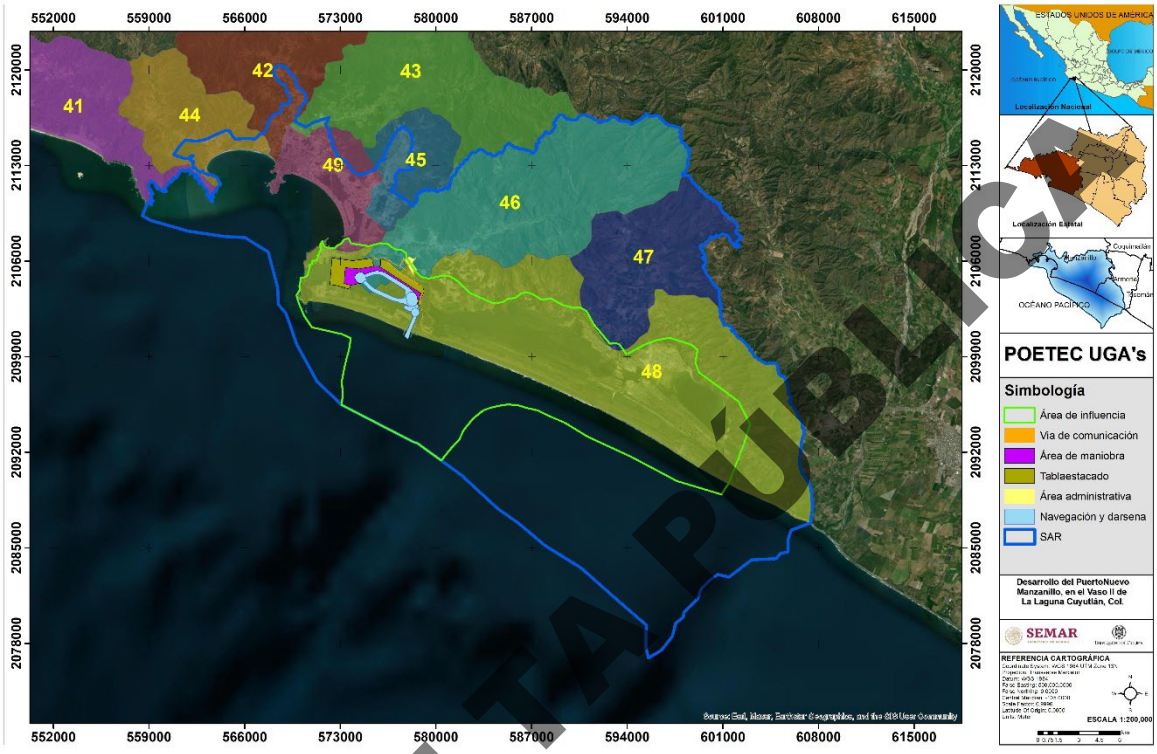
Como parte de su modelo de ordenamiento, el POETEC establece la delimitación y aplicación de Unidades de Gestión Ambiental (UGA) indicando que constituyen una pieza medular del instrumento y que su delimitación se realizó con base en microcuencas. En el documento se reconoce además que a nivel estatal se plantea una distribución de 49 UGAs, y se incluye un esquema de zonificación mediante políticas ecológicas, lineamientos y criterios de regulación.

En particular, el POETEC integra la zonificación por políticas ecológicas, precisando que existen políticas ambientales obligatorias asociadas a procesos como conservación, protección y restauración, además de otras políticas mixtas que complementan el ordenamiento. Asimismo, el modelo contempla los lineamientos y estrategias ecológicas y territoriales, además de la asignación de usos del suelo por UGA y sus respectivos criterios de regulación ecológica, considerando los usos y dinámicas presentes en el territorio.

Para efectos de vinculación con el proyecto de expansión del Puerto de Manzanillo, el POETEC estatal constituye un instrumento de referencia esencial, ya que incorpora dentro de su análisis la presencia y relevancia de infraestructura estratégica asociada al municipio, incluyendo instalaciones portuarias, las cuales forman parte del contexto territorial y económico del estado. En este sentido, el instrumento reconoce que el desarrollo del estado ha estado históricamente vinculado al puerto y describe características generales del recinto portuario, como su superficie y la infraestructura asociada a las operaciones de atraque, vialidades internas y red férrea, información que se utiliza como antecedente territorial para comprender el entorno donde se inserta el proyecto.

Por lo anterior, la vinculación del proyecto con el POETEC 2024–2034 se desarrolla mediante la identificación de las UGA estatales que intersectan con él, así como la revisión puntual de la política ecológica asignada, los usos del suelo establecidos y los criterios de regulación ecológica aplicables. Considerando que el proyecto contempla componentes localizados tanto en el sistema lagunar de la Laguna de Cuyutlán (Vaso II), como en zonas terrestres destinadas a infraestructura complementaria y áreas marinas asociadas a la actividad portuaria, resulta indispensable integrar el análisis territorial con base en la zonificación establecida por los instrumentos de ordenamiento vigentes. En este sentido, la superposición espacial del proyecto permite identificar las UGA relacionadas con ambientes lagunares y marino–costeros, así como aquellas correspondientes a componentes terrestres del proyecto. Así, en el Mapa III 3 se observa de manera general las UGA's que se vinculan al proyecto.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa III 3. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POETEC del Estado de Colima que se localizan dentro del SAR.

Influencia directa del Proyecto en UGA's

Las Unidades de Gestión Ambiental en donde el proyecto tendrá influencia directa (Tabla III 9) corresponden a aquellas que presentan intersección espacial con el área de desplante del proyecto, es decir, donde se desarrollarán las actividades de preparación del sitio, construcción y operación.

Derivado del análisis de superposición cartográfica entre el polígono del proyecto y el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima (POETEC), se identificó que las UGA's 46 y 48 son las que inciden directamente sobre los componentes del proyecto, particularmente en las zonas destinadas a infraestructura administrativa y a las nuevas vías de comunicación.

Estas unidades establecen políticas y criterios orientados al aprovechamiento sustentable del territorio, por lo que el análisis de vinculación se enfoca en verificar la compatibilidad del proyecto con los lineamientos ecológicos aplicables, así como en la identificación de condicionantes que deberán ser observadas durante la ejecución de las obras.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 10. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POETEC del estado de Colima con influencia directa por el proyecto.

UGA	Nombre	Política ambiental	Ámbito/ Zona	Observación técnica	Lineamientos
UGA 46	El Colomo	AP- Res, AP Urb, Pre, Pro, Res	Zona terrestre vinculada al sistema portuario	El desarrollo del proyecto deberá apegarse a los criterios de regulación ecológica aplicables, priorizando el uso ordenado del territorio, la prevención de impactos ambientales y la implementación de medidas de control durante las etapas de construcción.	Proteger los ecosistemas de bosque de encino e hidrófila. Preservar los ecosistemas de vegetación de selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia, las zonas prioritarias hidrológicas que contienen cuerpos de agua y bosque de galerías. Restaurar zonas o ecosistemas degradados tales como bosques de encino, hidrófila, selvas medianas, selvas bajas y bosques de galerías. Además de sujetarse al Programa de Manejo del ANP de Canoas y Programa de Manejo del Corredor Biológico Canoas-Manantlán. Permitiendo el aprovechamiento de los centros de población, sin permitir la expansión en áreas no reconocidas para asentamientos humanos. Fomentar el desarrollo turístico limitando el impacto ecológico. Orientar la producción agropecuaria y acuícola a prácticas más sustentables, debiendo realizar acciones de restauración ecológica en las parcelas. Así como explotar los recursos minerales metálico y no metálicos que cuenten con sus respectivas autorizaciones previas por las autoridades correspondientes, debiendo contar con su proyecto de restauración del sitio. Regular los sitios de tiro para que cumplan con los requisitos y condiciones de su funcionamiento, seguridad, control y vigilancia debiendo contar con su autorización por las autoridades competentes.
UGA 48	Cuyutlán	Ap- Res, AP Urb, Con-Res, Pre, Pro, Res	Obras y actividades dentro del sistema lagunar (Vaso II)	Se deberán considerar medidas orientadas a la protección de los recursos naturales y al control de efectos indirectos derivados de la construcción, garantizando la congruencia con los lineamientos ecológicos	Proteger y preservar los ecosistemas de dunas costeras, manglar, mezquital tropical, hidrófila y selva baja caducifolia y de manglar, selva mediana subcaducifolia y selva baja, las zonas prioritarias hidrológicas que contienen cuerpos de agua y bosque de galerías. Restaurar zonas o ecosistemas degradados tales como dunas costeras, manglares, mezquites tropicales, hidrófila, selvas medianas, selvas bajas y bosques de galerías. Permitiendo el aprovechamiento de los centros de población y

CONSULTA PÚBLICA

UGA	Nombre	Política ambiental	Ámbito/ Zona	Observación técnica	Lineamientos
				establecidos para la unidad.	la actividad portuaria, sin permitir la expansión en áreas no reconocidas para asentamientos humanos. Fomentar el desarrollo turístico limitando el impacto ecológico. Orientar la producción agropecuaria y acuícola a prácticas más sustentables, debiendo realizar acciones de restauración ecológica en las parcelas. Así como explotar los recursos minerales salinos y no metálicos que cuenten con sus respectivas autorizaciones previas por las autoridades correspondientes, debiendo contar con su proyecto de restauración del sitio. Regular los sitios de tiro para que cumplan con los requisitos y condiciones de su funcionamiento, seguridad, control y vigilancia debiendo contar con su autorización por las autoridades competentes.

CONSULTA PÚBLICA

De manera directa, el Proyecto tendrá inferencia en las UGA´s 46 y 48 al estar en contacto con el Vaso II donde serán afectadas 55.66 ha: 21.87 ha de manglar y 33.79 ha de selva baja (8.98 ha primaria y 24.81 ha secundaría). Como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar de Cuyutlán como una unidad hidrológica conformada por sus cuatro Vasos, una vez construido y estando en operaciones el Proyecto, se considera que su biodiversidad y relaciones ecológicas permanecerán funcionales, lo cual incluye al Sitio Ramsar que es parte de los Vasos III, IV y estero Palo Verde. En este sentido, las UGA´s 46 y 48 pueden estar relacionadas con sistemas aledaños a través de corredores ecológicos, y como se indica en el Capítulo VI, a través de la implementación de distintas acciones y estrategias, incluida la construcción y operación de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), se estarán realizando estudios y monitoreos que lleven a la vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración) para evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad de la cuenca alta del SAR, su parte costera y su frente marino considerando ecosistemas actualmente degradados como las dunas costeras, manglar, mezquital tropical, hidrófila, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, con la participación de los distintos actores sociales (ONGs) y productivos (como pescadores, agricultores, salineros, apicultores) a través de acciones de capacitación, educación y sensibilización que lleven a mejorar sus prácticas de producción para lograr un uso sustentable y sostenible del sistema lagunar de Cuyutlán durante la operación del Proyecto, que lleve a garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, incluso con beneficios socioambientales como lograr la futura existencia de actividades ecoturísticas compatibles.

De manera específica, para la UGA 48, en se especifica que se deben regular los sitios de tiro para que cumplan con los requisitos y condiciones de su funcionamiento, seguridad, control y vigilancia debiendo contar con sus autorizaciones por las autoridades competentes. En este sentido, los sedimentos producto de dragado del proyecto que por sus características no serán útiles (limos y arcillas) para ser reutilizados en la construcción de las plataformas (arenas), y las arenas excedentes del dragado, serán vertidos de manera directa y controlada en un sitio de tiro en mar abierto el cual cuanta con los permisos correspondientes y será realizado por una empresa que deberá cumplir con los lineamientos establecidos para esta acción. No se van a disponer materiales en sitios de tiro terrestres.

En cuanto a los criterios de regulación ecológica, a continuación, se detalla la manera en que se ajustarán a las disposiciones establecidas.

Tabla III 11. Criterios de regulación ecológica

Clave	Descripción	Vinculación
Conservación		
CON3	El proyecto deberá considerar un manejo apropiado de los ecosistemas que conlleven a la conservación y protección del sitio.	El proyecto en su Capitulo IV contempla a los cuatro vasos como una unidad hidrológica, y se explica que las afectaciones en el Vaso II no ponen en riesgo su integridad ecológica, además en el Capítulo VI se explican estrategias protección, conservación y restauración integrales en el SAR a través del Programa de vigilancia ambiental, así como un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para garantizar estas actividades atendiendo a este Criterio.
CON4	Los relictos de vegetación natural deben sujetarse a programas de protección, conservación y restauración.	El proyecto en su Capitulo VI expone el Programa de vigilancia ambiental, conservación y restauración integrales en el SAR así como un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para garantizar estas actividades atendiendo a este Criterio.
CON7	Debe realizarse un monitoreo continuo de las poblaciones de especies de flora y fauna con importancia ecológica, económica y comercial.	El proyecto en su Capitulo VI expone el Programa de vigilancia ambiental con estrategias de protección, conservación y restauración integrales en el SAR así como la operación de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para realizar un monitoreo continuo y garantizar estas actividades atendiendo a este Criterio.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Descripción	Vinculación
CON14	Las actividades no deben realizar desmontes, despalmes o cualquier tipo de remoción de la vegetación existente, con excepción de la instalación de infraestructura de servicios básicos.	El proyecto afectará principalmente manglar selva baja caducifolia en el Vaso II, pero en su Capitulo IV contempla a los cuatro vasos como una unidad hidrológica, y se explica que las afectaciones en el Vaso II no ponen en riesgo su integridad ecológica, además en el Capítulo VI se expone el Programa de vigilancia ambiental con estrategias de protección, conservación y restauración integrales en el SAR así como un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para garantizar estas actividades atendiendo a este Criterio, a pesar de que no contempla la instalación de infraestructura de servicios básicos.
CON16	Cualquier actividad productiva para realizar en la UGA debe garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.	El proyecto afectará vegetación en el Vaso II, pero en su Capitulo IV contempla a los cuatro vasos como una unidad hidrológica, y se explica que las afectaciones en el Vaso II no ponen en riesgo su integridad ecológica, además en el Capítulo VI se expone el Programa de vigilancia ambiental con estrategias de conservación y restauración integrales en el SAR así como un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para garantizar estas actividades atendiendo a este Criterio.
CON22	El proyecto no debe integrar especies invasoras o exóticas para el área de influencia.	El proyecto no considera actividades que promuevan la introducción directa de especies invasoras o exóticas, en el caso de las actividades navieras que contemplen la descarga de aguas de lastre o lodos residuales, la ASIPONA pedirá a las operadoras la aplicación de protocolos bajo los lineamientos de la OMI lo que será vigilado y sancionado por las autoridades ambientales competentes dando cumplimiento a este Criterio.
CON34	El desmonte no debe de realizarse fuera de áreas de aprovechamiento forestal, agropecuario y urbano y/o sin previa autorización.	Aunque el proyecto contempla actividades de desmonte y despalme en el proceso constructivo, esto será dentro de su polígono autorizado, después de su autorización atendiendo a las observaciones resultantes de la MIA-R en caso de un resolutivo favorable para cumplir con este Criterio.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Descripción	Vinculación
	Cuerpos de Agua	
CUA8	Las infraestructuras de vialidades y de paso peatonal ya existentes deben tener obras de conservación del suelo y permitir la continuidad hídrica.	El proyecto contempla la construcción de infraestructura que no afectará de manera negativa vialidades o de paso peatonal, y serán diseñadas y construidas para permitir el paso hídrico de los escurrimientos de la cuenca El Zacate así cono de la comunicación entre el Vaso I y Vaso II y el resto del sistema lagunar, dando cumplimiento a este Criterio.
CUA16	El proyecto contiguo o cercano a humedales de manglar deberán integrar en la MIA los estudios de comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos, y las medidas propuestas para la permanencia de las comunidades bióticas del manglar.	El proyecto contempla la construcción de infraestructura que no afectará de manera negativa el flujo hídrico de los escurrimientos de la cuenca El Zacate así como de la comunicación entre el Vaso I y Vaso II y el resto del sistema lagunar como se muestra en el Capítulo IV en donde se realizaron escenarios para verificar el transporte de sedimentos. En los Capítulos V y VI se identifican los impactos y enlistas las propuestas para la permanencia del manglar y otras especies asegurando la interconectividad ecológica del sistema lagunar, dando cumplimiento a este Criterio.
	Gestión de Riesgos	
GR2	Debe construir la infraestructura requerida para reducir las afectaciones derivadas de la ocurrencia y frecuencia de fenómenos, ya sean naturales o antropogénicos.	En el Capítulo IV se expone el funcionamiento actual y futuro del sistema lagunar por el desarrollo del Proyecto. En el Capítulo VII se analizan los escenarios de Riesgo por ocurrencia y frecuencia relacionados con fenómenos naturales y antropogénicos incluidos en Cambio Climático, dando cumplimiento a este Criterio.
	Infraestructura	
INF42	Las obras de canalización y dragado deben tomar las medidas para que la concentración de sólidos suspendidos no exceda el 5% de su concentración natural en el cuerpo de agua.	El proyecto contempla la construcción de infraestructura y el dragado que durante el proceso constructivo no afectará de manera negativa el flujo hídrico incluso durante la operación como se muestra en el Capítulo IV, para lo cual se realizaron estudios y modelaciones de solidos suspendidos, dando cumplimiento a este Criterio.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Descripción	Vinculación
INF49	Se deben integrar estudios del comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas del manglar.	El proyecto contempla la construcción de infraestructura y el dragado que durante el proceso constructivo no afectará de manera negativa el flujo hídrico incluso durante la operación como se muestra en el Capítulo IV, lo que asegura la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas del manglar, dando cumplimiento a este Criterio.
INF58	La actividad no debe realizar ni modificar la circulación o flujo de agua dentro de la laguna, ni incrementar la tasa de azolvamiento dentro de ella.	El proyecto contempla la construcción de infraestructura y el dragado que durante el proceso constructivo no afectará de manera negativa el flujo hídrico incluso durante la operación como se muestra en el Capítulo IV, lo que asegura que no se modificará la circulación o flujo de agua dentro de la laguna, ni incrementará la tasa de azolvamiento dentro de ella., dando cumplimiento a este Criterio.
INF59	El diseño y operación de proyectos de infraestructura y servicios deben demostrar y considerar de manera integral beneficios a la estructura y procesos ecológicos del sistema lagunar, y la generación de efectos sinérgicos positivos con otros proyectos para coadyuvar a la conservación de la subcuenca.	En el Capítulo IV se contempla a los cuatro vasos como una unidad hidrológica, y se explica que las afectaciones en el Vaso II no ponen en riesgo su integridad ecológica, además en el Capítulo VI se expone el Programa de vigilancia ambiental con estrategias de protección, conservación y restauración integrales en el SAR así como un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), cuya operación permanente durante el desarrollo del Proyecto generará beneficios a la estructura y procesos ecológicos del sistema lagunar, y la generación de efectos sinérgicos positivos con otros proyectos para coadyuvar a la conservación de la subcuenca, atendiendo a este Criterio.
INF60	La construcción con cualquier tipo de obra con materiales permanentes debe llevarse a cabo con al menos de 5 metros de tierra adentro, detrás de la cresta de primera duna, no enfrente ni sobre ella.	El desarrollo de este proyecto no se realiza cercano a la zona de dunas de la Barra de Cuyutlán por lo que no existirán obras detrás de la cresta de primera duna, o enfrente ni sobre ella.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Descripción	Vinculación
	Portuaria	
PORT7	La actividad no debe realizar la disposición de los lodos de aceite y aceite residual por parte de los buques, debiendo contar con los planes y equipos de contingencia necesarios para cualquier eventualidad. En caso de contingencia el transportista será responsable civil, administrativa y penalmente de cualquier en el lugar con base en la legislación vigente.	Durante la etapa de construcción del proyecto, la promovente solicitará y vigilará que los distintos operadores cumplan con las normativas vigentes y contar con planes y equipos de contingencia necesarios para cualquier eventualidad. Durante la etapa de operación pedirá a las empresas operadoras su cumplimiento expreso de acuerdo con las normativas ambientales vigentes, dando cumplimiento a este Criterio.
	Protección	
PRO2	La actividad no debe realizar la construcción de obras en Zonas Estatales o Municipales dedicadas a la protección de la flora y la fauna con características naturales, sobresalientes o frágiles al menos de que se trate de infraestructura de servicios.	El proyecto no será construido en zonas consideradas Areas Naturales Protegidas o sobre un sitio RAMSAR, y no contempla estas obras de servicios por lo que este Criterio no aplica. Sin embargo, como se describe en el Capítulo VI, expone el Programa de vigilancia ambiental con estrategias de protección, conservación y restauración integrales en el SAR así como un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), cuya operación permanente durante el desarrollo del Proyecto generará beneficios a la estructura y proceses ecológicos del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

Conforme a lo señalado en este Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal, el Proyecto incide en UGAs que tienen como política de aprovechamiento-urbano, donde las actividades portuarias se encuentran como un uso condicionado, por lo que es de considerarse que el Proyecto es acorde a lo señalado en este Programa de Ordenamiento. Si bien el Proyecto requiere de la remoción de la cobertura vegetal, en donde se incluye el Manglar, es importante precisar que, al tratarse de un proyecto concerniente a la operatividad del Recinto Portuario, este se realiza dentro de los límites del decreto de delimitación en donde se consideran y destina el cuerpo lagunar (Vaso II) para el uso, aprovechamiento y servicios que presta, considerando que la remoción del manglar representa 1.19% de la cobertura de manglar identificado en el SAR. Como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar de Cuyutlán como una unidad hidrológica conformada por sus cuatro Vasos, una vez construido y estando en operaciones el Proyecto, se considera que su biodiversidad y relaciones ecológicas permanecerán funcionales, siendo esta una afectación mitigada y compensada, como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R, a través de la generación y operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), cuya operación contempla en sus objetivos el estudio y la investigación de manera

integrar en el SAR, la flora y fauna, la calidad de la columna de agua, la hidrodinámica interna y costera, procesos de sedimentación, todo es sus distintos ambientes para con ello detectar posibles alteraciones y actuar en consecuencia en prevención, mitigación, restauración y compensación, sin dejar de lado acciones de educación ambiental, capacitación y concientización a productores (como salineros y pescadores); ligado a todas las actividades relacionadas como futuras Áreas Naturales Protegidas de distintos tipos y el sito RAMSAR existente que garanticen su permanencia, sus condiciones naturales, su conectividad ecológica y preservar sus servicios ambientales de manera sostenida.

III.2.2.7 Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET Laguna de Cuyutlán 2003 con Reforma del 2007 y adición de 2014) [14]

El Programa Regional de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán constituye un instrumento de política ambiental orientado a promover el desarrollo sustentable dentro del área que comprende. Su propósito es evaluar y programar, desde una perspectiva ambiental, los usos del suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales, las actividades productivas y el desarrollo urbano, con la finalidad de hacer compatible la conservación de la biodiversidad y la protección al ambiente con el aprovechamiento sustentable de los recursos y elementos naturales, así como con el desarrollo urbano y rural y las actividades económicas que se realizan en la región.

Este programa establece las bases para la elaboración y ejecución de programas y proyectos de desarrollo, a partir del análisis del deterioro ambiental y de las potencialidades de aprovechamiento existentes en la subcuenca. El área de aplicación comprende una superficie total de 968.45 km², de los cuales 610.28 km² corresponden a área terrestre y 358.17 km² a porción oceánica, localizada en la vertiente occidental de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, entre las coordenadas 18°53'00" y 18°08'00" de latitud Norte y 104°00'00" y 104°20'00" de longitud Oeste.

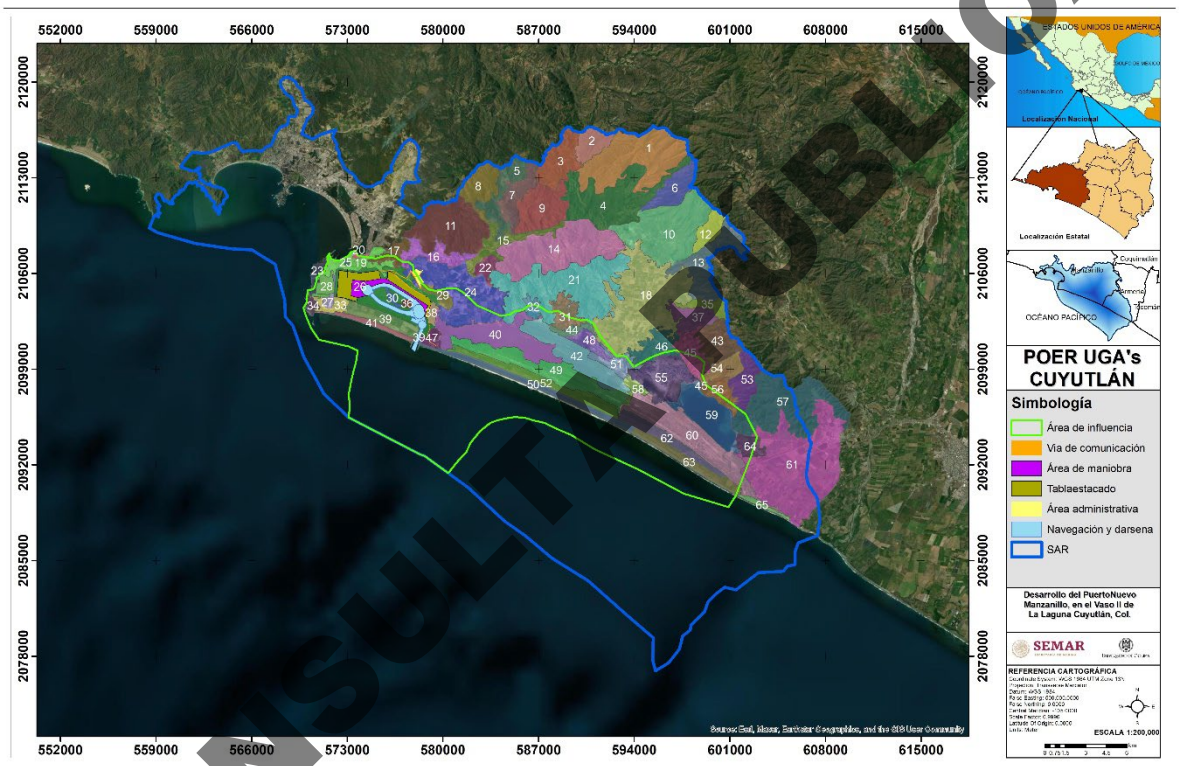
Asimismo, el programa es de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal y municipal en la programación y ejecución de obras, servicios y acciones, así como en el otorgamiento de autorizaciones, permisos, licencias y concesiones dentro del área comprendida, conforme a lo establecido en el artículo 20 BIS 1 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en el artículo 37 de la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, siempre y cuando se cumpla con que los proyectos se desarrollen fuera de polígonos urbanos definidos por Programas de Desarrollo Urbano, o fuera de polígonos de ANP's, en donde la regulación de uso de suelo lo determinan estos instrumentos. Para el caso del Proyecto Puerto Nuevo Manzanillo, si bien el polígono del POETSCLC incluye los vasos I y II, éstos se encuentran dentro del polígono de desarrollo urbano de Manzanillo, por lo que

[14] Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET). https://admiweb.col.gob.mx/archivos_prensa/banco_img/file_59d6361e9c7f5_programa_de_ordenamiento_ecologico_territorial_sub_cuenca_cuyutlan.pdf

CONSULTA PÚBLICA

los criterios de este ordenamiento se vinculan al proyecto, pero no son de observancia obligatoria para el proyecto.

Con base en lo anterior, en el Mapa III 4 se presentan las UGA identificadas sobre el SAR como primer paso para el análisis de congruencia normativa aplicables, a fin de sustentar la compatibilidad del proyecto con el marco de planeación ecológica vigente.



Mapa III 4. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET Laguna de Cuyutlán 2003 con reforma del 2007 y adición 2014) que inciden en el proyecto.

La Influencia Directa del proyecto en UGA's del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán situadas en el SAR, corresponden a aquellas que presentan intersección espacial con el área de desplante del proyecto dentro del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Laguna de Cuyutlán, en donde se desarrollarán las actividades de preparación del sitio, construcción y operación.

CONSULTA PÚBLICA

Derivado del análisis de superposición cartográfica, se identificó que las UGA's **24, 26, 29, 30, 36, 38 y 39** presentan coincidencia directa con los componentes del proyecto, particularmente en las zonas asociadas al sistema lagunar, áreas de transición tierra–agua y espacios vinculados a la infraestructura portuaria.

Dada la relevancia ecológica del sistema lagunar de Cuyutlán, estas unidades establecen criterios específicos orientados a la conservación de humedales, protección de la biodiversidad, regulación de actividades productivas y control de modificaciones al entorno natural. En este sentido, el análisis de vinculación se enfoca en verificar la compatibilidad del proyecto con las políticas ecológicas aplicables, así como en el cumplimiento de los criterios establecidos para el manejo sustentable del sistema lagunar.

Asimismo, se reconoce que, por la naturaleza del proyecto, las actividades deberán apegarse estrictamente a los lineamientos ambientales definidos para estas unidades, particularmente en lo relativo a la protección de cuerpos de agua, control de emisiones, manejo de residuos y prevención de afectaciones a los ecosistemas costeros.

Tabla III 12. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán que inciden en el proyecto.

No. UGA	Política	Área (ha) de la UGA	Componente del proyecto asociado
24	Aprovechamiento	2027.31	Área terrestre ubicada en el área de construcción de edificios administrativa.
26	Aprovechamiento	1,960.5	Área de la laguna de Cuyutlán del vaso II ubicada dentro del proyecto general.
29	Restauración	187.14	Área terrestre en donde se desarrollará la construcción de vías de comunicación.
30	Protección	62.212	Isla dentro del vaso II de la Laguna de Cuyutlán ubicada dentro de la influencia del proyecto.
36	Conservación	35.292	Isla dentro del vaso II de la Laguna de Cuyutlán ubicada dentro de la influencia del proyecto.
38	Restauración	91.482	Área terrestre en donde se desarrollará la construcción de vías de comunicación.
39	Aprovechamiento	521.23	Área terrestre colindante a la de la laguna de Cuyutlán del vaso II ubicada dentro del proyecto general.

CONSULTA PÚBLICA

Los atributos generales de las UGA´s en las que incide el proyecto, se describen a continuación

Tabla III 13. Atributos generales de las UGA'S del PROETSLC en las que incide el proyecto

UGA	Clave del lineamiento ecológico	Criterios
24	A Ag	DS1, DS2, DS3, DS4, AD1, AD2, AG1, AG2, AG3, AG4, AG5, AG6, AG7, AG8, AG9, AG10, AG11, AG12, AG13, AG14, AG15, AG16, AG17, AG18, AG19, AG20, AG21, AG22, AG23, AG24, AG25, AG26, AG27, AG28, AG29, AG30, AG32, AG33, GA1, GA2, AH1, FFP10, INF7, ED4
26	A Apc	AH1, AH10, AH12, INF2, INF3, INF10, INF11, INF12, INF13, INF14, INF15, INF16, INF19, INF20, INF21, PUE1, PUE2, PUE3, PUE4, PUE5, PUE6, PUE7, PUE8, PUE9, PUE10, PUE11.
29	Rp Ent2	GA3, AC1, AH10, AH11, INF7, FFR2, FFR4, FFR8, FFR9, FFC5, FFC8, FFP1, FFP2, FFP3, FFP4, FFP5, FFP12, ED2, INF10, INF11, PUE2
30	C Ena	AC1, AH10, AH11, FFR2, FFR8, FFC8, FFP1, FFP2, FFP3, FFP4, FFP5, FFP6, FFP7, FFP9, FFP11, FFP12, FFP13, ED2, MA4, MA5, INF10, INF11, PUE2
36	C Ena	AC1, AH10, AH11, FFR2, FFR8, FFC8, FFP1, FFP2, FFP3, FFP4, FFP5, FFP6, FFP7, FFP8, FFP9, FFP10, FFP11, FFP12, FFP13, ED2, MA4, MA5, INF10, INF11, PUE2.
38	Rp Ent2	GA3, AC1, AH10, AH11, INF7, FFR2, FFR4, FFR8, FFR9, FFC5, FFC8, FFP1, FFP2, FFP3, FFP4, FFP5, FFP6, FFP7, FFP8, FFP9, FFP10, FFP11, FFP12, ED2, INF10, INF11, INF15, INF20, INF21, PUE2
39	A Ei	AH12, INF2, INF3, INF7, INF20, INF21, IN2, IN3, IN4, IN5, IN7, MA2

Los criterios de regulación ecológica aplicables al Proyecto que se vinculan a las 7 UGA´s antes mencionadas se muestran a continuación.

Tabla III 14. Vinculación con los criterios ecológicos de las UGA's en las que incide el POETSLC.

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
Desarrollo Sustentable		
DS1	Se propiciará la conservación de los recursos naturales, a través del uso sustentable de sus recursos, rescatando el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, y adecuando y diversificando las actividades productivas.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para su cuidado y protección: como Rescate y reubicación de flora; Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna; Reforestación; Compensación ambiental. Lo anterior realizado como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, como se descrine en el Capítulo IV de esta MIA-R, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas.
DS2	Se promoverá la realización de estudios para el desarrollo de alternativas productivas para el aprovechamiento sustentable.	Con el funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se promoverá la realización de estudios para el desarrollo de alternativas productivas para el aprovechamiento sustentable cómo se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas.
DS3	Únicamente se podrán llevar a cabo actividades de bajo impacto ambiental, relacionadas con el desarrollo de actividades rurales.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales como se plantea en el Capítulo VI de esta MIA-R. Lo anterior realizado como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre como se expone en el Capítulo VI, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), que garanticen el desarrollo de actividades rurales.
DS4	Todo proyecto de explotación de recursos debe de sustentarse en estudios que garanticen la sustentabilidad productiva a largo plazo, lo cual incluye la fertilidad del suelo, condiciones climáticas adecuadas y disponibilidad de agua.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para su cuidado y protección: como Rescate y reubicación de flora; Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna; Reforestación; Compensación ambiental como se plantea en el Capítulo VI de esta MIA-R.
Agricultura		

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
AG1	Se promoverá la realización de estudios para el desarrollo de alternativas agroecológicas productivas.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG2	Se promoverá el uso sustentable de las áreas de cultivo, a través de prácticas agroecológicas que permitan un aprovechamiento permanente y más eficiente de los recursos naturales.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG3	Se fomentará la agricultura orgánica, asociación y rotación de cultivos, cultivos de cobertura, desarrollo de sistemas agroforestales, aplicación de métodos de control biológico y fertilización orgánica.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG4	El uso y aplicación de insecticidas y herbicidas se realizará de acuerdo a la normatividad de la CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control, Producción y Uso de Pesticidas, Fertilizantes y Substancias Tóxicas), o la instancia correspondiente.	Aunque el Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable, durante la fase de preparación, construcción y operativa del área administrativa no se utilizarán este tipo de productos para controlar algún tipo de vegetación.
AG5	Se deberán promover programas de certificación ambiental y de calidad agrícola a través de asesoría técnica para vincular las cadenas productivas de alto valor agregado.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG6	Se fomentará la creación de una reserva agrícola.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG7	Las áreas agrícolas se considerarán espacios de recursos estratégicos que no podrán ser sustituidos por los desarrollos urbanos.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, sin embargo, durante la fase de construcción y operación del área administrativa, se ocuparán suelos agrícolas, y a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se implementarán estrategias que permitirán la reubicación y reforestación de la flora en la cuenca alta del SAR, recuperando zonas de cobertura vegetal con la participación social como se establece en el Capítulo VI de esta MIA-R.
AG8	Se promoverá una diversificación de cultivos acorde con las condiciones del sitio.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG9	Se fomentará la creación y el mantenimiento de cercas vivas.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG10	Se fomentará el mantenimiento o la creación de franjas de vegetación nativa de hasta 20 m alrededor de las superficies que sirvan como refugio para la fauna.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, sin embargo, durante la fase de construcción y operación del área administrativa, se ocuparán suelos agrícolas, y a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se capacitará a los agricultores en el mantenimiento o la creación de franjas de vegetación nativa de hasta 20 m alrededor de las superficies que sirvan como refugio para la fauna, como se establece en el Capítulo VI de esta MIA-R.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
AG11	En las cercas vivas se deberá promover la diversificación de especies nativas.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG12	Se promoverá el tratamiento de las aguas de riego para evitar salinización y contaminación.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG13	En la utilización de pesticidas se evitará la afectación de la fauna.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG14	Se fomentarán aquellas prácticas agroecológicas que prevengan la erosión del suelo.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG15	Se hará un diagnóstico técnico para la reconversión de las áreas agrícolas de monocultivos, seleccionando los sitios para la producción de hortalizas, floricultura y rotación de cultivos.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG16	Se desarrollarán programas sobre conservación de suelos y agua para mejorar la capacidad productiva, tomando en cuenta los cultivos actuales y llevar a cabo la diversificación de los mismos.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG17	Se fomentará el uso múltiple del suelo en traspatio (hortalizas biodinámicas, manejo de aves de corral, árboles frutales, cunicultura, porcicultura, apicultura, acuacultura), para favorecer el autoabasto mediante la disponibilidad de productos para mejorar la dieta familiar y asegurar mayores ingresos de los excedentes comercializables a través del trabajo familiar y de género.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG18	No se permitirá el almacenamiento, uso alimentario y siembra de semillas y material vegetal transgénico para fines agrícolas, hortícolas, y pecuarios, a menos de que exista un estudio técnico y científico que demuestre que el material no afecta a los ecosistemas naturales, la salud humana y la del ganado.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG19	No se permitirá la expansión de la superficie agrícola a costa del aprovechamiento forestal, el desmonte de la vegetación nativa, el cinchamiento o muerte de la vegetación forestal por cualquier vía o procedimiento.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG20	Se promoverá la instrumentación de proyectos productivos alternativos a la ganadería extensiva y la agricultura existentes, como criaderos de fauna silvestre, viveros de plantas nativas, etc.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG21	Se gestionará ante organismos estatales y federales encargados de apoyar al campo, para que proporcionen la asistencia técnica adecuada, créditos suficientes y apoyo a la comercialización de los productos del campo.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG22	Se creará y mantendrá actualizado un padrón de agricultores.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
AG23	Los agricultores inscritos en el padrón del sector que sigan los criterios ecológicos en las prácticas de cultivo tendrán prioridad para acceder a los incentivos agrícolas.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG24	Se promoverá que las áreas de cultivo estén separadas de cuerpos de agua y zonas de protección o conservación por una zona de amortiguamiento de 20 m de ancho.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG25	Las aguas con alto contenido de sales no deberán usarse para el riego de aquellos suelos con bajo poder de infiltración o con drenaje deficiente.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG26	Se analizará la calidad del agua para riego de forma periódica ya sea a intervalos dados o bien durante el periodo potencial de riego.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG27	Las áreas de aprovechamiento contiguas a áreas protegidas deberán establecer medidas para evitar la contaminación por desechos.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG28	En las unidades de producción donde se cultiven especies anuales se recomienda establecer un cultivo de cobertura al final de cada ciclo del cultivo que será incorporado como abono verde o bien utilizado como forraje en el siguiente ciclo.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG29	Se gestionará la capacitación, asistencia técnica y financiera adecuada, de tal forma que permita aumentar la producción de los cultivos, recurriendo ante los organismos relacionados con el campo para solicitarles mayor participación en el fomento a la producción agrícola.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG30	Se intensificarán acciones que permitan a los ejidatarios promover y fortalecer sus organizaciones productivas, así como concertar acciones con pequeños propietarios e inversionistas privados, tendientes a integrar sociedades en las que compartan, por igual, riesgos y beneficios en la producción agrícola, por lo que será fundamental que se actúe con apego a la legislación agraria vigente.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG32	Se propiciará la organización social para hacer más productivo al ejido, a través de la creación de sociedades de productores, sociedades cooperativas o grupos solidarios de producción, que se responsabilicen de la gestión de los recursos necesarios que permitan el incremento de la rentabilidad de los cultivos.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.
AG33	Se fomentará ante los agricultores el uso de postes provenientes de plantaciones forestales o cercos vivos para evitar el corte de madera en las áreas de vegetación nativa.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector agrícola, por lo que este criterio no es aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
	Ganadería	
GA1	Se fomentarán los programas de reconversión de la ganadería a ganadería estabulada o a uso agrícola o agroforestal y se desarrollará e impulsará un programa de ganadería estabulada que incluya la alimentación, sanidad, mercado y asesoría técnica permanente.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector ganadero, por lo que este criterio no es aplicable.
GA2	Se promoverá la utilización del estiércol en compostas como fertilizantes orgánicos para las actividades agrícolas.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector ganadero, por lo que este criterio no es aplicable.
GA3	No se permitirá la ganadería.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector ganadero, por lo que este criterio no es aplicable.
	Administrativo	
AD1	Las unidades con uso urbano e industrial que colinden con alguna área con vocación de protección, restauración o conservación deberán contar con zonas de amortiguamiento entre ambas.	Durante el proceso de construcción y operación del área administrativa no se afectan de manera directa áreas con vocación de protección, restauración o conservación. Sin embargo, el Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales como se plantea en el Capítulo VI de esta MIA-R. Lo anterior realizado como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), generando y estabilizando zonas de amortiguamiento.
AD2	Se regularizarán las nuevas áreas de asentamientos humanos a través de las instancias correspondientes.	El Proyecto se realiza bajo los lineamientos de asentamientos humano para lo cual se realizó esta MIA-R que será evaluada por la Autoridad Ambiental y de ser positivo el resolutivo pueda ser realizado atendiendo las observaciones ambientales señaladas.
	Asentamientos Humanos	
AH1	Se seguirán los criterios de los programas de desarrollo urbano aplicables.	Este criterio no aplica ya que el Proyecto no se vincula con asentamientos humanos, sin embargo, durante el proceso constructivo y la operación de las instalaciones administrativas se precisa que se observa lo señalado en el PDUCP Manzanillo, en este capítulo.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
AH10	En esta zona queda prohibido el establecimiento de nuevos asentamientos humanos y de reservas territoriales.	Este criterio no aplica ya que el Proyecto no se vincula con actividades de asentamientos humanos.
AH11	No se permitirá la instalación de tiraderos de basura.	Este criterio no aplica ya que el Proyecto no se vincula con asentamientos humanos.
Infraestructura y Equipamiento		
INF2	Las construcciones de asentamientos y de infraestructura tendrán que seguir las normas antisísmicas estatales.	Las instalaciones administrativas contarán con construcciones de asentamientos y de infraestructura apegadas a las normas antisísmicas estatales.
INF3	Se permitirá la construcción de obras de infraestructura y servicios siempre y cuando se sometan al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental con base en lo establecido en la Legislación Ambiental Estatal y/o Federal vigente en el ámbito de sus competencias.	En cumplimiento a lo señalado en este criterio ecológico, el Proyecto presentó la MIA-R para su correspondiente evaluación y autorización en materia de impacto ambiental de acuerdo con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento en materia de evaluación de impacto ambiental.
INF4	Se deberá mejorar la cobertura de infraestructura de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales.	Durante el periodo de construcción el agua será transportada por pipas desde sitios autorizados. En la operación las instalaciones administrativas contarán con infraestructura de agua potable propia a través de un pozo y una planta potabilizadora, con su propio drenaje y tratamiento de aguas residuales cuyos desechos serán utilizados para riego de áreas verdes. El proyecto al estar lejos de zonas urbanas adyacentes no perturbará el funcionamiento del alcantarillado y tratamiento de aguas, como se señala en el Capítulo IV, donde además se señalan mejoras socioeconómicas en la calidad de vida de poblaciones adyacentes ya que su operación, entre otros aspectos, podrá aportar de agua bajo el estudio y control adecuado del recurso hídrico.
INF5	Se deberán considerar factores ambientales (e.g. erosión, destrucción de especies locales) durante la planeación y construcción de caminos de acceso.	Durante la construcción se usarán brechas y caminos secundarios preexistentes para no generar erosión y destrucción o ambientes de especies locales.
INF7	Para todo tipo de construcción de infraestructura tales como: caminos, vías de ferrocarril, ductos, líneas de transmisión de alta tensión, edificaciones, etc., previo a las etapas de preparación y construcción, se someterán al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental con base en lo establecido en la Legislación Ambiental Estatal y/o Federal vigente, tratando de evitar en lo posible repercusiones que se puedan tener sobre la integridad ecológica del sistema lagunar, considerando de manera especial el comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte	Como se ha mencionado, el Proyecto expone la presente MIA-R para su correspondiente evaluación y autorización en materia de impacto ambiental de acuerdo con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento en materia de evaluación de impacto ambiental. El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para su cuidado y protección, como se menciona en el Capítulo VI. Lo anterior realizado

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
	de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas de manglar. En todo caso no se aceptarán diseños de este tipo de infraestructura que incluyan terraplenes o barreras que interrumpan los flujos de agua, y el libre tránsito seguro y continuo de fauna	como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad en el cuerpo lagunar, lo que permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA). Con el objetivo de evitar en lo posible repercusiones que se puedan tener sobre la integridad ecológica del sistema lagunar, considerando de manera especial el comportamiento hidrodinámico, la estabilidad de sustratos, el transporte de sedimentos y la permanencia de las comunidades bióticas de manglar.
INF8	Se permiten las obras de infraestructura, sin que esto afecte la estabilidad de las dunas costeras, la hidrodinámica de la laguna y las funciones de este ecosistema.	El Proyecto no se desarrollará en el área de dunas costeras, asimismo, como se muestra en el Capítulo IV, al considerar los cuatro vasos como un sistema hidrológico, no se afecta la hidrodinámica lagunar, ni las funciones del ecosistema en el que se incide, por lo tanto, no se contraviene lo señalado en este criterio.
INF10	Como resultado de la creación del recinto portuario en el vaso II se creará un fondo ambiental que será construido con la aportación de cada uno de los usuarios del puerto, que permitirá el pago de externalidades de los impactos ambientales que pudiera causar sobre el sistema lagunar, así como la restauración de los ecosistemas de la Subcuenca.	El Proyecto contempla la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) cuya construcción y equipamiento será financiado por la Promovente y en un futuro se creará un fondo ambiental construido con la aportación de cada uno de los usuarios del puerto, que permitirá el pago de externalidades de los impactos ambientales que pudiera causar sobre el sistema lagunar, así como la restauración de los ecosistemas de la Subcuenca.
INF11	El fondo ambiental de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán, creado de acuerdo a la INF10 será utilizado para el pago de servicios ambientales en la subcuenca, así como en inversiones destinadas a la solución de problemas ambientales que puedan afectar las especies de fauna y flora, así como proyectos de restauración y conservación de la misma.	El Proyecto contempla la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) cuya construcción y equipamiento será financiado por la Promovente y en un futuro se creará un fondo ambiental construido con la aportación de cada uno de los usuarios del puerto, que permitirá el pago de externalidades de los impactos ambientales que pudiera causar sobre el sistema lagunar, así como la restauración de los ecosistemas de la Subcuenca.
INF12	El fondo ambiental será administrado a través de un fideicomiso.	El Proyecto contempla la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) cuya construcción y equipamiento será financiado por la Promovente y en un futuro se creará un fideicomiso que maneje las aportaciones de los usuarios del puerto, que permitirá el pago de externalidades de los impactos ambientales que pudiera causar sobre el sistema lagunar,

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		así como la restauración de los ecosistemas de la Subcuenca.
INF13	Comité de Seguimiento y Evaluación del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán, además de las responsabilidades conferidas en la Ley del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Ambiente y el Reglamento de Ordenamiento Ecológico, tendrá la gestión de los recursos generados por los usuarios del puerto en el vaso II los cuales serán destinados conforme a INF10, INF11 e INF12. La gestión de los recursos tendrá que ser transparente y el uso de los recursos comunicado a los actores sociales y al público en general de manera regular.	Se observa lo señalado en este criterio ecológico.
INF14	La creación del puerto en el Vaso II se realizará únicamente después de un inventario faunístico detallado, que definirá con precisión la biología de las especies existentes en la laguna y en la subcuenca de la laguna de Cuyutlán, en particular de las incluidas en la NOM-059-SEMARNAT.	El Proyecto previo a la solicitud de la autorización en materia de impacto ambiental, realizó un levantamiento que se muestra en el Capítulo IV para inventariar tanto las especies de flora como de fauna identificadas en el sitio donde se llevarán tanto las actividades de remoción como el Proyecto, enlistando también aquellas identificadas bajo algún estatus establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con ello, se da cumplimiento a lo señalado en este criterio.
INF15	Se buscarán sitios de disposición del material de los dragados necesarios para el recinto portuario, los cuales deberán contar con la autorización de impacto ambiental correspondiente previo al inicio de la actividad.	De manera paralela con esta MIA-R la promovente solicitó a la SEMAR realizar los trámites correspondientes para la autorización de la disposición del material de dragado ante las autoridades competentes.
INF16	Las obras de construcción de las entradas de los canales deberán evitar el incremento de la erosión costera.	El Proyecto no desarrolla un nuevo canal de entrada al sistema lagunar, se utilizará el Canal de Tepalcates ya existente. Sin embargo, debido a que en el interior del Vaso II se dragarán canales internos de navegación, cuyos efectos negativos en la circulación y evolución del sistema lagunar serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales, primero con estudios hidrodinámicos previos mostrados en el Capítulo IV que manifiestan que no ocurrirán cambios significativos que afecten la circulación interna y costera, y durante la operación del Proyecto a través de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la interconectividad hidrodinámica adecuada entre frente costero y marino como se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R, lo que asegurará el flujo ecológicos entre los distintos Vasos y el Estero Palo Verde y la no afectación de la hidrodinámica

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		que pueda generar procesos de azolve o erosión, y de ser así, prevenirlos, mitigarlos y/o compensarlos.
INF19	La construcción de infraestructura para servicios se permitirá siempre y cuando su desarrollo no represente modificaciones que limiten la circulación o flujo de agua dentro de la laguna, ni incrementan la tasa de asolvamiento en la laguna o en alguna parte de ella. Se dará preferencia a proyectos de infraestructura cuyo diseño favorezca esta circulación o flujo y contribuyan a reducir el azolvamiento de la laguna y aumenten la profundidad de la misma.	El Proyecto no interfiere con la circulación o flujo de agua dentro de la laguna como se muestra a través de modelaciones hidrodinámicas en el Capítulo IV, donde también se expone que el diseño del puerto fue realizado de manera integral a la hidrodinámica acoplada entre los cuatro vasos, con lo cual no se contrapone a lo señalado en este criterio.
INF20	El diseño y operación de los proyectos de infraestructura y servicios deberá demostrar y considerar de manera integral beneficios a la estructura y los procesos ecológicos del sistema lagunar y, la generación de efectos sinérgicos positivos con otros proyectos para coadyuvar a la conservación de la subcuenca.	El Proyecto no interfiere con la circulación o flujo de agua dentro del sistema lagunar como se muestra a través de modelaciones hidrodinámicas en el Capítulo IV, donde también se expone que el diseño del puerto fue realizado de manera integral a la hidrodinámica acoplada entre los cuatro vasos y con ello asegurar los beneficios a la estructura y los procesos ecológicos del sistema lagunar al considerar efectos sinérgicos positivos con otros proyectos para coadyuvar a la conservación de la subcuenca.
INF21	Se permitirá obras de infraestructura que favorezcan el control de aporte de sedimentos continentales hacia la laguna.	El Proyecto no interfiere con la circulación o flujo de agua dentro del sistema lagunar como se muestra a través de modelaciones hidrodinámicas en el Capítulo IV, donde también se expone que el diseño del puerto fue realizado de manera integral a la hidrodinámica acoplada entre los cuatro vasos que favorecen el control de aporte de sedimentos continentales hacia la laguna al considerar de manera integral un modelo hidrogeológico
Flora y fauna en restauración		
FFR1	La UGA deberá restaurarse con vegetación preferentemente nativa.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales como se plantea en el Capítulo VI de esta MIA-R. Durante su etapa de operación realizado, estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para asegurar la implementación de estrategias de conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA). También se promoverá que las islas Tiburón sean destinadas como Áreas Destinadas

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		Voluntariamente a la Conservación (ADVC) para promover la restauración de vegetación preferentemente nativa como parte de la compensación.
FFR2	Solo se permitirá la remoción de la vegetación nativa de la UGA, con la autorización de impacto ambiental correspondiente.	El Proyecto expone la presente MIA-R para su correspondiente evaluación y autorización en materia de impacto ambiental en apego a lo establecido en la LGEEPA y su reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental. Cabe precisar que tanto el Proyecto como las actividades de remoción implementarán las medidas, acciones y estrategias ambientales que evitaran, mitigaran o compensarán los impactos generados por las obras u actividades como se expone en el Capítulo VI de esta MIA-R.
FFR4	Se restaurará la vegetación riparia.	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se prioriza la conservación de la vegetación riparia; en caso de afectación, se implementarán acciones de restauración con especies nativas adecuadas al ecosistema, conforme a la normativa aplicable. Con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se pretende asegurar esta práctica como se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R.
FFR5	Se realizarán estudios para definir las estrategias de restauración de la UGA.	Como se expone en el Capítulo II, durante el proceso constructivo el Proyecto requiere de actividades de remoción en el Vaso II y sus inmediaciones, para lo cual se implementarán las medidas, acciones y estrategias ambientales que evitarán, mitigarán o compensarán los impactos generados por las obras u actividades como se expone en el Capítulo VI de esta MIA-R. Para lo que en el periodo de operación se contará con las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) con lo que se asegura esta práctica.
FFR6	Se establecerán Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (criaderos, viveros).	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales como se plantea en el Capítulo VI de esta MIA-R. Durante su etapa de operación realizado, estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para asegurar la implementación de estrategias de conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA). También se promoverá que las islas Tiburón sean destinadas como Áreas Destinadas

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		Voluntariamente a la Conservación (ADVC) para promover la restauración de vegetación preferentemente nativa como parte de la compensación.
FFR7	Se gestionarán los apoyos técnicos y financieros, tendientes a repoblar las áreas arboladas en las diversas localidades del área del ordenamiento ecológico territorial.	En la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) a través del cual se gestionarán apoyos técnicos y financieros, tendientes a repoblar las áreas arboladas en las diversas localidades del área del ordenamiento ecológico territorial ya que se considera la conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA).
FFR8	Se iniciará un proceso de reintroducción de fauna nativa en aquellas áreas donde haya sido desplazada.	En la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) a través del cual se habrá un proceso repoblar las áreas arboladas en las diversas localidades del área del ordenamiento ecológico territorial ya que se considera la conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna nativa, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA).
FFR9	La unidad deberá contar con un programa específico de restauración que garantice su recuperación.	En la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) a través del cual se promueva la restauración de la biodiversidad en las diversas localidades del área del ordenamiento ecológico territorial ya que se considera la conectividad en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna nativa, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA).
FFR12	Se establecerán programas de recuperación de suelos y lucha contra la erosión.	En la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) a través del cual se promueva la recuperación de suelos y la lucha contra la erosión en las diversas localidades del área del ordenamiento ecológico territorial ya que se considera la conectividad en el cuerpo lagunar.
FFR13	Se establecerán programas de recuperación de la selva baja a través de los estudios correspondientes de reforestación.	En la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) a través del cual se establecerán estrategias de recuperación de la selva baja a través de

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		los estudios correspondientes de reforestación en las diversas localidades del área del ordenamiento ecológico territorial ya que se considera la conectividad en el cuerpo lagunar.
Flora y fauna en conservación		
FFC1	Se propiciará la conservación de los recursos naturales, a través del uso sustentable de sus recursos, rescatando el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, y adecuando y diversificando las actividades productivas.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales como se señala en el Capítulo VI de este documento. Lo anterior realizado como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas.
FFC2	Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre, salvo autorización expresa para pie de cría.	Durante el proceso constructivo se implementarán pláticas al personal para que tengan conocimiento de esta prohibición de acuerdo a un reglamento interno de operación. Durante la operación del Proyecto como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se darán capacitaciones al personal para que tengan conocimiento de esta prohibición y de la implementación de estrategias la conservación de flora y fauna del sistema lagunar como se describe en el Capítulo VI de este documento.
FFC3	Se llevará a cabo un diagnóstico completo que determine la factibilidad, magnitud y limitaciones de las especies de fauna silvestre, para desarrollar actividades de manejo en semicautiverio dentro de la zona de amortiguamiento.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable.
FFC4	Se fomentará el pago de servicios ambientales para fijación de carbono.	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del área administrativa, el proyecto se alinea con acciones de conservación y compensación ambiental conforme a la normativa aplicable. Además, con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se pretende a futuro fomentar el pago de servicios ambientales para fijación de carbono entre los distintos operarios como se expone en el Capítulo VI de la MIA-R.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
FFC5	Se fomentará el pago de servicios ambientales para recarga de acuíferos.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable. Sin embargo, como se indica en Capítulo VI de esta MIA-R con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se pretende restaurar la cobertura vegetal del sistema y con ello coadyuvar a mantener los servicios ambientales de la recarga de acuíferos como se expone en el Capítulo VI de la MIA-R
FFC6	Se deberán fomentar y apoyar técnica y financieramente los esfuerzos comunitarios de conservación y rescate de fauna y flora silvestre.	Durante la operación del proyecto se fomentarán y apoyarán financieramente proyectos comunitarios de conservación y rescate a través de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) como se indica en Capítulo VI de esta MIA-R, que estará operando para asegurar la implementación de estas estrategias para garantizar la conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales.
FFC7	Se inducirá a la población, para que participe directamente en la conservación y administración de los recursos naturales, proporcionándoles la asesoría adecuada.	Durante la operación del proyecto, como se indica en Capítulo VI de esta MIA-R se fomentará que la población participe directamente en la conservación y administración de los recursos naturales, proporcionándoles la asesoría adecuada a través de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estas estrategias para garantizar la conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales.
FFC8	Las unidades de producción forestal deberán contar con un programa de manejo autorizado por SEMARNAT a través de la evaluación de impacto ambiental correspondiente.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, sin embargo, como se indica en Capítulo VI de esta MIA-R con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se dará seguimiento y asesoría ente posibles iniciativas de este tipo para que cumplan con su Programa de vigilancia ambiental autorizado por la Autoridad Ambiental a través de los procedimientos correspondientes.
FFC9	Se debe dar preferencia a la rehabilitación de terracerías existentes en vez de construir nuevas.	Durante la construcción se usarán brechas y caminos secundarios preexistentes para no generar erosión y destrucción o ambientes de especies locales.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
FFC10	Los propietarios y poseedores de terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal están obligados a prevenir los incendios forestales mediante la realización de guardarrayas entre predios colindantes, limpieza y control de material combustible y la integración de brigadas preventivas.	Durante la etapa de preparación, construcción y operación de las áreas administrativas del Proyecto, en la periferia existirán guardarrayas con los predios colindantes, limpieza y control de material combustible, así como la integración de brigadas preventivas como se menciona en el Capítulo VI de este documento.
FFC11	El aprovechamiento de leña para uso doméstico deberá sujetarse a lo establecido en la NOM-012-RECNAT-1996	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable.
FFC13	Se dará preferencia a la rehabilitación de caminos existentes, y en su caso se favorecerá el uso de materiales que permitan la infiltración al subsuelo.	Durante la construcción se usarán brechas y caminos secundarios preexistentes para no generar erosión y destrucción o ambientes de especies locales.
FFC17	Se deberá conservar, en la zona de dunas, la vegetación nativa halófila con el fin de contrarrestar la erosión natural de las playas y preservar su biodiversidad.	Como se describe en el proceso constructivo, Capítulo II de esta MIA-R, el Proyecto no se realizarán en zona de dunas costeras o playas. Con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se dará seguimiento y a la mitigación y compensación de la vegetación halófila como se describe en el Capítulo VI de este documento.
Flora y fauna en protección		
FFP1	La colecta de ejemplares de flora y fauna silvestre, así como cualquier tipo de material para propagación con fines científicos, deberá contar con autorización expresa de la SEMARNAT.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales como se señala en el Capítulo VI de este documento. Lo anterior realizado como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, lo que permitirá la reubicación de la flora y fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual deberá contar con autorización expresa de la SEMARNAT.
FFP2	Quedará prohibido realizar in situ la manipulación y/o experimentación de la flora y fauna silvestre y del ecosistema en general.	Durante la etapa de operación estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, lo que requerirá de la manipulación y/o experimentación de la flora y fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual deberá contar con autorización expresa de la SEMARNAT.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
FFP3	Se impedirá la construcción de obras en zonas decretadas para la protección de flora y fauna de competencia federal, estatal o municipal.	Como se indica en el Capítulo II de este documento, el Proyecto no se desarrolla en ninguna ANP o zona decretada para la protección de flora y fauna, por lo tanto, no es aplicable este criterio ecológico.
FFP4	Se deben realizar estudios específicos que permitan la reproducción de especies sujetas a estatus y elaborar planes de manejo para su conservación.	Durante la etapa de operación estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estudios específicos que permitan la reproducción de especies sujetas a estatus, para lo cual deberá contar con autorización expresa de la SEMARNAT para poder realizar planes de manejo para su conservación.
FFP5	Se prohíbe practicar cualquier tipo de ganadería.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable.
FFP6	En las unidades aptas para protección, se permitirá llevar a cabo actividades científicas o ecológicas.	Durante la etapa de operación estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estudios específicos que orienten actividades ecológicas para conocer, realizar, proteger y generar la rehabilitación, el cuidado y la sustentabilidad de los recursos y servicios ambientales del SAR Como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R.
FFP7	Se fomentará la creación de un área natural estatal o federal.	Durante la etapa de operación estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estudios específicos que orienten actividades ecológicas para conocer, realizar, proteger y generar la rehabilitación, el cuidado y la sustentabilidad de los recursos y servicios ambientales del SAR Como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R.
FFP9	Se prohibirá la ampliación de las actividades agrícolas sobres las zonas aptas para ser protegidas.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable.
FFP10	Quedarán prohibidas todas las actividades que puedan comprometer la conservación del ecosistema sin contar con las autorizaciones correspondiente federal, estatal o municipal.	El Proyecto expone la presente MIA-R para su correspondiente evaluación y autorización en materia de impacto ambiental de acuerdo con lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento en materia de evaluación de impacto ambiental.
FFP11	En las unidades de protección ecológica (zona núcleo) se prohíbe la construcción o permanencia de algún tipo de infraestructura (turística, de servicios, etc).	El Proyecto no se desarrollan en ninguna ANP o zona decretada para la protección de flora y fauna, por lo tanto, no es aplicable este criterio ecológico.
FFP12	Se buscarán los mecanismos para remplazar las actividades productivas de la UGA con pago de servicios ambientales.	Las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del área administrativa del Proyecto, aunque afectan actividades productivas se alinean con acciones de conservación y compensación ambiental conforme a la normativa aplicable. Además, con la operación del Centro

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se implementarán mecanismos para la recuperación de servicios ambientales como se expone en el Capítulo VI de la MIA-R.
FFP13	No podrá realizarse desmontes de manglares ni actividades que puedan afectar esta vegetación.	A pesar de las afectaciones de la vegetación en el Vaso II en función del proceso constructivo (Capítulo II), al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica como se explica en el Capítulo IV, su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo VI, a través de funcionamiento de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), el cual a través de monitoreo ambiental durante la operación del proyecto, ya que su objetivo principal será implementar acciones de investigación para manejar los ecosistemas del SAR y su biodiversidad a través de acciones de rescate de reubicación de flora y de restauración mediante reforestación natural y asistida en los Vasos III, IV y estero Palo Verde en concordancia con el sitio RAMSAR existente y la preservación de las islas Tiburón en el Vaso II como parte de una futura Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC).
FFP14	Las actividades de colecta, anidación y protección de la tortuga marina, estarán sujetas al programa de manejo autorizado para la UMA correspondiente	Como se describe en el Capítulo VI, durante la operación del área administrativa del proyecto, a través de funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), se establecerán actividades de apoyo logístico, técnico y científico a los campamentos tortugarios operativos en la región (Manzanillo y Cuyutlán) e instituciones de educación superior/investigación para coadyuvar al estudio colecta, anidación y protección de quelonios marinos.
FFP15	Se prohíben las modificaciones físicas y químicas de cualquier zona de dunas y playas, particularmente las zonas de anidación de tortugas.	Como se describe en el Capítulo II de esta MIA-R, el Proyecto no realizará obras en zona de dunas costeras o playas, por lo tanto, no es aplicable este criterio.
FFP16	Para garantizar el arribo, desove y retorno de las tortugas marinas se prohíbe la iluminación directa al mar.	Como se describe en el Capítulo II de esta MIA-R, el proyecto no realizará obras sobre la playa, sin embargo, se tomará en consideración este criterio para evitar el alumbrado directo durante la realización de los trabajos hacia el mar en actividades secundarias como se señala en el Capítulo VI.
FFP17	Se prohíbe el tránsito vehicular sobre la playa durante el periodo de anidación de las tortugas, a excepción a lo previsto en el programa de manejo	Como se describe en el Capítulo II de esta MIA-R, el proyecto no realizará obras sobre la playa, sin embargo, se tomará en consideración este criterio para evitar el alumbrado directo durante la realización de los trabajos hacia el mar en actividades secundarias como se señala en el Capítulo VI.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
FFP18	Se promoverán lineamientos de navegación durante la época de anidación y desove de tortugas marinas	Debido a que en el lado este del Canal de Tepalcates existirá una zona de fondeadero de buques frente a la Barra de Cuyutlán, como se menciona en el Capítulo VI, durante todo el año se implementará un carril de arribo y disminución de velocidad de los buques en la zona para minimizar su efecto.
FFP19	En playas tortugueras se prohíbe el tránsito e introducción de animales domésticos en la playa.	Aunque el Proyecto no promueve el tránsito e introducción de animales domésticos en las playas tortugueras, a través de funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), se establecerán actividades científicas para coadyuvar con los campamentos tortugarios operativos en la región (Manzanillo y Cuyutlán) e instituciones de educación superior/investigación en labores de protección y cuidado de quelonios marinos con participación ciudadana.
FFP20	Por ser sitio de desove de varias especies de tortugas se prohibirá el turismo típico de playa, en virtud a la peligrosidad del oleaje. El tipo de actividad turística recomendada es la de bajo impacto.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable.
FFP21	No se permite el acceso de equinos a las dunas a fin de evitar el efecto de sus cascos sobre los sitios de anidación de la fauna, particularmente las zonas de anidación de tortugas.	Las actividades señaladas en este criterio ecológico no se asocian con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable.
Forestal		
FOR1	Se autorizarán explotaciones forestales con programas de manejo que garantice la conservación del suelo y de los ecosistemas	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR2	Los aprovechamientos forestales deberán garantizar la permanencia de corredores faunísticos.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR3	Se deberán crear viveros en los que se propaguen las especies sujetas al aprovechamiento forestal.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR4	En las áreas de tala los residuos vegetales deberán permanecer en el sitio.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR5	Se podrán llevar a cabo aprovechamientos forestales comerciales que demuestren el mantenimiento de la estructura y función del bosque.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
FOR6	Los aprovechamientos forestales deberán estar acompañados de un programa de reforestación con especies nativas.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR7	Se prohíben las plantaciones comerciales monoespecíficas.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR8	Se promoverá el enriquecimiento de acahuales con especies maderables y no maderables con valor de uso y comercial.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR9	En las áreas de corta, la disposición de los residuos vegetales deberá seguir los lineamientos de la normatividad forestal vigente.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR10	Se prohíbe la explotación y/o extracción de productos como resinas, gomas, fibras y ceras de especies bajo protección especial, de acuerdo a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-1994.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR12	Se promoverá la creación y explotación de rodales mixtos.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR13	Las áreas de corta deberán contar con programas y sistemas de prevención y control de la erosión.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR14	En los aclareos se evitará el corte de raíz, se recomienda dejar los tocones en pie.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR15	Los aprovechamientos forestales deberán contar con viveros en los que se propaguen las especies sujetas al aprovechamiento forestal.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
FOR17	Se apoyarán estudios dasonómicos, inventarios forestales y capacitación a los ejidatarios y pequeños propietarios.	No es aplicable este criterio toda vez que el Proyecto no se relaciona con actividades de explotación o aprovechamiento forestal.
Educación Ambiental		
ED2	Se fomentará la sustitución gradual de la flora no nativa a través de programas de información sobre los daños generados por las especies exóticas.	Durante la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para además de asegurar la implementación de estudios específicos que garanticen la sustentabilidad ecológica del SAR, generará conocimiento para fomentar la sustitución gradual de la flora no nativa a través de estrategias de información sobre los daños generados por las especies exóticas como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
ED3	Se establecerán los mecanismos adecuados para la divulgación de la información científica hacia la población local.	Durante la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para además de asegurar la implementación de estudios específicos que garanticen la sustentabilidad ecológica del SAR, generará información de divulgación científica hacia la población local como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R.
ED4	Se desarrollarán talleres de capacitación y educación ambiental para los habitantes sobre actividades ecoturísticas y su enfoque hacia la conservación de los recursos naturales.	Durante la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para además de asegurar la implementación de estudios específicos que garanticen la sustentabilidad ecológica del SAR, se genere información aplicada en talleres de capacitación y educación ambiental para los habitantes sobre actividades ecoturísticas y su enfoque hacia la conservación de los recursos naturales como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R.
ED5	Se difundirá información del área y la importancia de la conservación en los sitios de afluencia del turismo convencional durante temporada de vacaciones, para evitar la incidencia de basura.	Durante la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para además de asegurar la implementación de estudios específicos que garanticen la sustentabilidad ecológica del SAR, se generar información sobre conservación del área para ser difundida en los sitios de afluencia del turismo convencional durante temporada de vacaciones, para evitar la incidencia de basura como se indica en el Capítulo VI de esta MIA-R.
ED6	Se fomentará la reflexión, el entendimiento y la organización de los habitantes locales a través de talleres de educación ambiental y capacitación, como un medio a través del cual la misma población promueva la producción de bienes de consumo y bienestar, evitando la degradación los recursos naturales.	Durante la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para además de asegurar la implementación de estudios específicos que garanticen la sustentabilidad ecológica del SAR, se comparta información que fomente la reflexión, el entendimiento y la organización de los habitantes locales a través de talleres de educación ambiental y capacitación, como un medio a través del cual la misma población promueva la producción de bienes de consumo y bienestar, evitando la degradación los recursos naturales.
ED7	Se establecerán programas de capacitación de comunidades en los que se valore la importancia de la tierra y del agua, presentando alternativas de producción.	Durante la etapa de operación del Proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) para además de asegurar la implementación de estudios específicos que garanticen la sustentabilidad ecológica del SAR, se establezcan estrategias de capacitación entre la comunidad en los que se valore la importancia de la tierra y del agua, presentando alternativas de producción.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
ED8	Para lograr el incremento de la productividad de las actividades agrícolas, se organizará, capacitará y se gestionará el apoyo técnico y financiero necesario que beneficie a los agricultores.	El Proyecto no se relaciona con actividades agrícolas, por ello, no es aplicable este criterio ecológico.
ED9	Se difundirá a través de diversos medios de comunicación, programas de cultura forestal, con la participación de las autoridades del Gobierno Federal, Estatal y Municipal e instituciones educativas y privadas.	Las actividades sobre cultura forestal no se asocian con el Proyecto, por ello, no es aplicable este criterio ecológico.
ED11	Se llevarán a cabo programas de capacitación turística para eficientar el servicio prestado, siendo necesario disponer del apoyo de las autoridades correspondientes del ámbito federal, estatal y municipal.	Las actividades sobre capacitación turística no se asocian con el Proyecto, por ello, no es aplicable este criterio ecológico.
Minería		
MI1	Los predios sujetos a explotación minera deberán contar con una manifestación de impacto ambiental y cumplir con las medidas de mitigación y restauración del sitio.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector minero, por lo tanto, no es aplicable este criterio.
MI4	Los recursos minerales no metálicos, se explotarán en forma racional, mediante la capacitación adecuada de los propietarios y empresarios.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector minero, por lo tanto, no es aplicable este criterio.
MI5	Se deberá controlar la disposición de materiales residuales de la extracción generada en las minas, poniendo especial énfasis en la prevención de la contaminación de la laguna de Cuyutlán.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector minero, por lo tanto, no es aplicable este criterio.
MI6	Los proyectos mineros superficiales que se establezcan en la UGA estarán condicionados a un Manifiesto de Impacto Ambiental ya sea de carácter federa o estatal en el ámbito de sus competencias. El manifiesto deberá demostrar que las actividades mineras no afectan los patrones hidrodinámicos y de sedimentación del sistema lagunar, ni tendrán consecuencias sobre el abastecimiento de agua de las poblaciones vecinas a través de un estudio especifico de balances hidrológicos que consideren períodos de retorno de 100 años.	El Proyecto no se relaciona con actividades del sector minero, por lo tanto, no es aplicable este criterio.
Industria y de Servicios		
IN2	Se deberán aplicar medidas continuas de mitigación de impactos ambientales por procesos industriales, con énfasis a las descargas de aguas residuales, emisiones a la atmósfera y disposición de desechos sólidos.	Las actividades industriales no se relacionan con el Proyecto. Sin embargo, durante la etapa de preparación y construcción se verificará que el constructor cumpla con las normas ambientales sobre emisiones a la atmósfera (Capítulo II), y durante la operación en el área administrativas estará en operación una PTAR bajos la normativa ambiental cuyas aguas de desecho serán utilizadas para el riego de áreas verdes, así como un

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		programa de disposición de desechos sólidos como se expone en el Capítulo VI de esta MIA-R.
IN3	Se deberán controlar las emisiones industriales a la atmósfera, principalmente en cuanto a: control de partículas suspendidas, SO_2 y NO_x, control de emisiones de gases de combustión, descargas difusas y emisiones de partículas y gases, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	Las actividades industriales no se relacionan con el Proyecto. Sin embargo, durante la etapa de preparación y construcción (Capítulo II) se verificará que el constructor cumpla con las normas de control de partículas suspendidas, SO_2 y NO_x, control de emisiones de gases de combustión, descargas difusas y emisiones de partículas y gases, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, bajo el Programa de vigilancia ambiental expuesto en el Capítulo VI de este documento.
IN4	Se deberán aplicar medidas de prevención y atención de emergencias derivadas de accidentes relacionados con el almacenamiento de combustibles, así como por altos riesgos naturales (sismos, inundaciones, huracanes, tsunamis, etc.). Se deberá instrumentar un plan de emergencias para la evacuación de la población en caso de accidentes, así como planes de emergencias en respuesta a derrames y/o explosiones de combustibles y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas.	Las actividades industriales no se relacionan con el Proyecto. Sin embargo, durante la etapa de preparación y construcción (Capítulo II), así como durante la operación, se verificará que se cumpla con las normas de control de almacenamiento de combustibles, plan de emergencias para la evacuación en caso de accidentes, así como planes de emergencias en respuesta a derrames y/o explosiones de combustibles y solventes, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas, lo que está expuesto en el Programa de vigilancia ambiental en el Capítulo VI de este documento.
IN5	Se deberá asegurar que la construcción de conductos de gas y otros cumplan con especificaciones técnicas y medidas de mitigación ambiental durante su construcción, para evitar afectaciones en los sistemas costeros.	Las actividades industriales no se relacionan con el Proyecto, por lo tanto, no es aplicable este criterio.
IN7	La disposición final de efluentes con tratamiento, en manglares y humedales, será posible únicamente previa autorización en materia de impacto ambiental tomando como límites máximos permisibles los establecidos para la protección de vida acuática (NOM-001-SEMARNAT-2021).	Las actividades industriales no se relacionan con el Proyecto. Sin embargo, durante la operación del proyecto el área administrativa estará en operación una PTAR cuyos desechos serán reutilizados para riego de áreas verdes de acuerdo a la normativa ambiental vigente.
Manejo del agua		
MA2	Cualquier actividad y/o construcción de infraestructura que modifique los patrones naturales de las corrientes en el interior de la unidad ambiental tendrá que presentar un estudio de impacto ambiental que evalúe estas modificaciones y su viabilidad. En todo caso, los proyectos o actividades a desarrollar no limitarán el flujo o intercambio de agua y de organismos acuáticos entre la Laguna y el mar. Se preferirán diseños que favorezcan estos intercambios y que prueben mejorar las condiciones hidrodinámicas del sistema lagunar.	Como se expone en el Capítulo IV de esta MIA-R, los estudios de hidrodinámica, con y sin proyecto, apoyados con el estudio geohidrológico, aportan evidencia técnico-científica a través de modelaciones numéricas acopladas a los distintos vasos lagunares que muestran que el patrón de circulación y corrientes no limitarán el flujo o intercambio de agua y de organismos acuáticos entre la laguna y el mar, para lo que también fueron considerados tiempos de residencia, la salinidad y transporte de sedimentos como proxis de posibles alteraciones con

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		repercusiones ambientales. Para esto se trabajaron distintos diseños y número de las alcantarillas en las plataformas del Proyecto para verificar el intercambio de agua respecto a la cuenca El Zacate, los Vasos I y II en época de estiaje y lluvia con distintos periodos de retorno. Lo cual también fue replicados para los Vasos III, IV y Estero Palo Verde, dando cumplimiento a este criterio.
MA4	Se deberán mantener y proteger las áreas de vegetación natural que permitan la recarga de acuíferos, el flujo de agua dulce a la laguna y a los sistemas de esteros.	Como se expone en el Capítulo IV de esta MIA-R, se realizaron estudios de hidrodinámica y geohidrológico, con y sin proyecto que aportan evidencia técnico-científica a través de modelaciones numéricas acopladas a los distintos vasos lagunares; para lo que se trabajaron distintos diseños y número de alcantarillas en las plataformas del Proyecto para verificar el intercambio de agua respecto a la cuenca El Zacate, los distintos Vasos y Estero Palo Verde, en época de estiaje y lluvia con distintos periodos de retorno. Lo anterior muestra que al considerar a la laguna un sistema hidrológico se mantienen y protegen las áreas de vegetación natural al permitir la recarga de acuíferos, el flujo de agua dulce a la laguna, entre los distintos Vasos lagunares y el frente costero adyacente, dando cumplimiento a este criterio.
Construcción y las actividades portuarias		
PUE1	Las operaciones portuarias en la zona de un nuevo recinto portuario (UGA26) no deberán afectar la calidad de agua de la laguna.	El Proyecto consta de obras y actividades para la instalación de infraestructura portuaria más no para la operación propiamente. Sin embargo, durante el proceso de preparación y construcción, como se estipula en el Capítulo II, se dará puntual atención al cumplimiento de las Normativas Ambientales Mexicanas incluidas en este Capítulo, para no afectar la calidad del agua durante las obras de dragado, instalación de tablaestacado, relleno de plataformas, así como en la manipulación y transporte de material a ser depositado en un sitio de vertimiento que cumplirá con lo señalado por la normativa ambiental una vez se tenga la autorización de esta MIA-R. Para esto en el Capítulo VI de esta MIA-R se enlistan estrategias, así como medidas de prevención, mitigación y compensación al interior del Programa de vigilancia ambiental. Durante la operación del proyecto, la Promovente dará seguimiento de que las empresas operativas cumplan con las normativas nacionales y convenios internacionales que garanticen la no afectación de la calidad del agua y los ecosistemas lagunares y costeros incluidos en este Capítulo y otros que deban cumplir, para lo cual deberán

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
		contar con planes y estrategias autorizados en sus respectivos estudios de impacto ambiental que estarán aceptados y sujetos a observaciones y seguimiento ambiental por parte de la SEMARNAT. La Promovente verificará el cumplimiento y envío de los reportes correspondientes a los resolutivos emitidos por la SEMARNAT conforme a sus obras y actividades manifestadas al operar en el puerto.
PUE2	Se instalará un sistema de monitoreo de las especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT y en el caso de detección de afectaciones a estas especies se establecerán planes de intervención que serán financiados por parte de las entidades responsables de las actividades portuarias.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para su monitoreo, cuidado y protección: como Rescate y reubicación de flora y fauna; Reforestación; Compensación ambiental. Estas intervenciones serán desarrolladas como parte de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, como se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre así como la restauración natural y asistida de vegetación, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas garantizando la sustentabilidad del SAR.
PUE3	Se llevarán a cabo las actividades portuarias monitoreando la calidad del agua de la laguna por parte de los usuarios.	Durante la futura operación portuaria la Promovente, a través de la operación Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), asegurará la participación de los distintos usuarios en las actividades de monitoreo de la calidad del agua para asegurar la conectividad ecológica del sistema lagunar, como se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R, lo que permitirá el funcionamiento a través de la restauración natural y asistida de los distintos ecosistemas, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA).
PUE4	El desarrollo de un puerto en la UGA deberá contar con un programa o sistema de manejo ambiental integral que deberá ser autorizado por las autoridades ambientales federales competentes. Dicho programa de manera	Durante la futura operación portuaria la Promovente generará un Programa de vigilancia ambiental que incluya estrategias de monitoreo de calidad del aire y agua; de manejo integral de residuos y de compensación ambiental. Esto será operado a través del Centro de Investigación

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
	mínima deberá contener los siguientes apartados o subprogramas: Programa de monitoreo de calidad del aire y agua Programa de manejo integral de residuos Programa de compensación ambiental	Ambiental Portuario (CIAP), que asegurará la participación de los distintos usuarios en las actividades de monitoreo de la calidad del agua para asegurar la conectividad ecológica del sistema lagunar, como se describe en el Capítulo IV de esta MIA-R, lo que permitirá el funcionamiento a través de la restauración natural y asistida de los distintos ecosistemas, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) asegurando su manejo sustentable. Esto será sujeto a evaluación y autorización por parte de la autoridad ambiental.
PUE5	El manejo del agua de lastre de los buques deberá realizarse de acuerdo a lo establecido por la Resolución A.868(20) APROBADA EL 27 DE NOVIEMBRE DE 1997 DE LA Organización marítima Internacional (OIC) "DIRECTIRCES PARA EL CONTROL Y LA GESTIÓN DEL AGUA DE LASTRE LOS BUQUES A FIND E REDUCIR AL MÍNIMO LA TRNSFERENCIA DE ORGANISMOS ACUÁTICOS PERJUDICIALES Y AGENTES PATÓGENOS".	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente a través del Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), vigilará que las empresas establecidas cumplan con el acuerdo internacional sobre "Directrices para el control y la gestión del agua de lastre los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos", como se establece en este Capítulo.
PUE6	Sólo serán autorizados a ingresar a esta UGA los buques y transportistas que cumplan con el protocolo MARPOL 73/78 de la organización Marítima Internacional, sus adendos y anexos que establecen los lineamientos para la prevención de contaminación en buques.	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente a través del Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), vigilará que las empresas establecidas cumplan con el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (1973), modificado por el Protocolo de 1978, adoptado en el seno de la Organización Marítima Internacional sobre "Prevenir y minimizar la contaminación del medio marino por operación normal de buques y accidentes marítimos", como se establece en este Capítulo.
PUE7	En la UGA estará prohibida la disposición de lodos de aceite y aceite residual por parte de los buques. La autoridad portuaria deberá contar con los planes y equipos de contingencia necesarios para cualquier eventualidad. En caso de contingencia el transportista será responsable civil, administrativa y penalmente de cualquier accidente en el lugar con base en la legislación vigente.	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente a través del Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), vigilará que las empresas establecidas cumplan con la disposición que prohíbe la disposición de lodos de aceite y aceite residual por parte de los buques. Verificará que la Autoridad Portuaria y las empresas operativas cumplan con los planes y equipos de contingencia necesarios para cualquier eventualidad. En caso de contingencia el transportista será responsable civil, administrativa y penalmente de cualquier accidente en el lugar con base en la legislación vigente.

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Criterio ecológico	Vinculación
PUE8	En la UGA estará prohibido el mantenimiento preventivo de embarcaciones de todo tipo, incluyendo pintura.	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente a través del Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), la Promovente a través de la Autoridad Portuaria verificará que no se realice el mantenimiento preventivo de embarcaciones de todo tipo, incluyendo pintura dentro las instalaciones portuarias e inmediaciones costeras.
PUE9	Sólo se permitirá el acceso a puerto a buques que manifiesten cumplir el uso de pinturas de tipo “TT”. Estará prohibido el ingreso a esta UGA de buques que empleen pinturas de tipo “TF”.	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente a través del Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), la Promovente a través de la Autoridad Portuaria verificará que solo se permitirá el acceso a puerto a buques que manifiesten cumplir el uso de pinturas de tipo “TT”, entando prohibido el ingreso al puerto a buques que empleen pinturas de tipo “TF” en cumplimiento con lo expuesto por la Organización Marítima Internacional en el convenio MARPOL 73/78.
PUE10	Sólo se permitirá el ingreso de tractocamiones para las maniobras de carga y descarga del recinto portuario que cumplan la normatividad aplicable.	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente a través del Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), la Promovente a través de la Autoridad Portuaria verificará que solo se permita el ingreso de tractocamiones para las maniobras de carga y descarga al recinto portuario que cumplan la normatividad aplicable.
PUE11	Los canales de navegación estarán sujetos a un monitoreo que permita evaluar la calidad del agua y establecer medidas que eviten la contaminación de humedales.	En la futura etapa de operación portuaria, la Promovente mediante el Programa de vigilancia ambiental y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), realizará monitoreos que permitan evaluar la calidad del agua y establecer medidas que eviten la contaminación de humedales y otros ambientes del SAR como se expone en el Capítulo VI de esta MIA-R.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con el análisis realizado, el Proyecto cumple con los criterios ecológicos establecidos en el Programa Regional de Ordenamiento Ecológico. Asimismo, mediante el desarrollo, construcción y operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), elemento fundamental del proyecto, así como la implementación de las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación ambiental, explicadas con mayor detalle en el Capítulo VI, y las estrategias incluidas en el Programa de Vigilancia Ambiental, la Promovente a través de la Autoridad Portuaria, verificará que se realicen distintas acciones para evitar, reducir o compensar los posibles impactos derivados de la ejecución de las obras y actividades del Proyecto. Esto a través del Programa de vigilancia ambiental y de operación que asegurarán la participación de los distintos usuarios en las actividades de monitoreo de la calidad ambiental del SAR para asegurar la conectividad ecológica, lo que permitirá el funcionamiento a través de la restauración natural y asistida de los distintos ecosistemas incluso algunos protegidos, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se

reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) asegurando su manejo sustentable; por lo que se estima viable su desarrollo conforme a lo dispuesto en el marco normativo correspondiente.

CONSULTA PÚBLICA

III.2.2.8 Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016) [15]

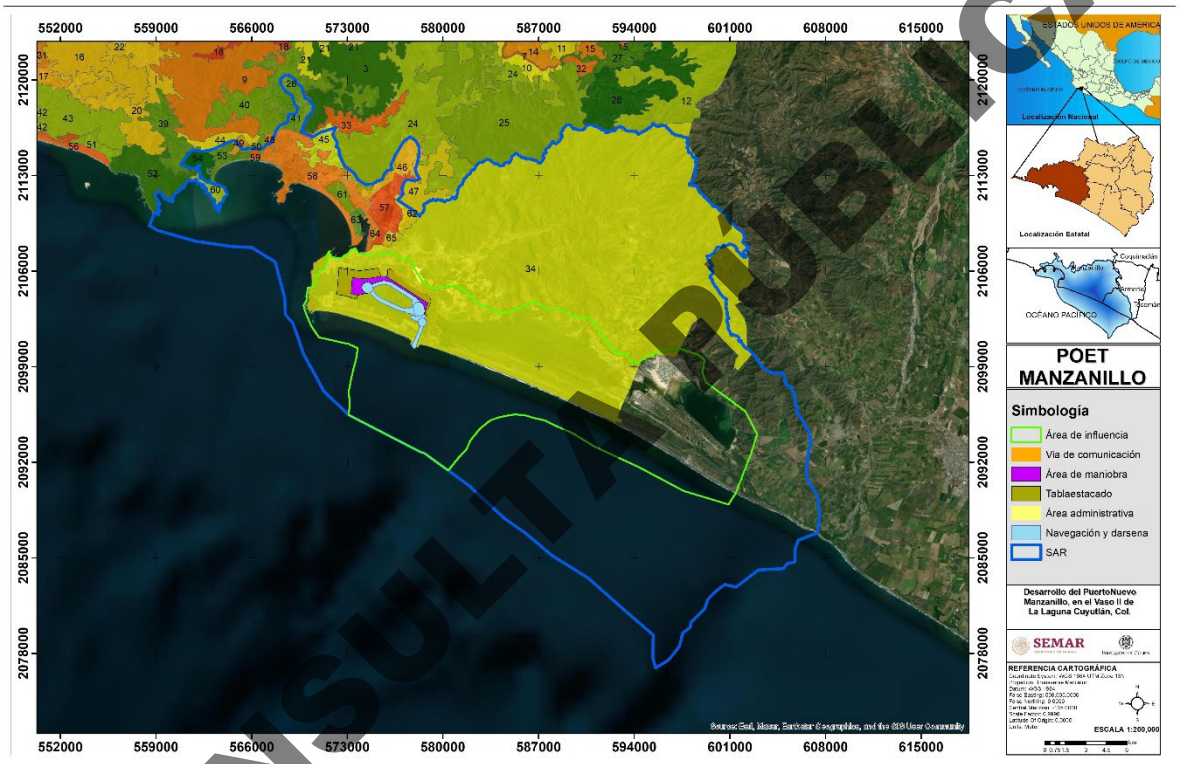
El Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016) es un instrumento de política ambiental de aplicación municipal que establece la zonificación del territorio mediante Unidades de Gestión Ambiental (UGA), asignando políticas, estrategias y lineamientos ambientales para orientar el uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales en el municipio. Dicho instrumento fue aprobado por el H. Ayuntamiento de Manzanillo y publicado en el Periódico Oficial del Estado, por lo que constituye un referente obligatorio para evaluar la congruencia territorial del proyecto dentro del ámbito municipal. Para efectos de vinculación normativa, el POET Manzanillo establece que el territorio municipal se organiza en 65 Unidades de Gestión Ambiental (UGA), las cuales integran la política ambiental aplicable, así como estrategias y lineamientos ambientales por unidad. En este sentido, el análisis de congruencia del proyecto se desarrolla mediante la identificación de las UGA que intersectan el área del proyecto y su zona de influencia, con el propósito de reconocer los criterios y lineamientos municipales aplicables, así como las disposiciones específicas que remiten a instrumentos decretados de carácter regional cuando corresponda.

Con base en la superposición espacial del proyecto con la zonificación establecida en el POET Manzanillo (2016), se identificaron las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) que presentan incidencia directa o funcional con los componentes del proyecto. No obstante esta superposición, se señala que los instrumentos principales de regulación del uso de suelo para el proyecto serán el Programa Maestro de Desarrollo Portuario, en donde se definen los usos de las superficies al interior del Recinto Portuario, y el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, para las áreas del proyecto que quedan fuera del Recinto Portuario, pero dentro del polígono de desarrollo urbano de Manzanillo.

Con el propósito de sustentar la vinculación territorial del proyecto con el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (2016), se elaboró un mapa de referencia en el que se representa la ubicación de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) que presentan incidencia directa o funcional con los componentes del proyecto y su zona de influencia. Este mapa permite visualizar de manera integrada la relación espacial entre el proyecto y la zonificación ambiental municipal, y constituye un insumo

[15] Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016). https://admiweb.col.gob.mx/archivos_prensa/banco_img/file_68152ab05ea86_POETManzanillo_2016.pdf

técnico para identificar los criterios, lineamientos y programas aplicables a cada unidad de gestión. En este sentido, el mapa muestra la distribución de las UGA identificadas dentro del ámbito municipal, lo cual facilita la interpretación del análisis de congruencia normativa, particularmente en aquellas áreas donde el proyecto interactúa con unidades de manejo asociadas a entornos lagunares, marino–costeros y zonas vinculadas a infraestructura portuaria (Mapa III 5).



Mapa III 5. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo 2016).

Las **Unidades de Gestión Ambiental (UGA)** de influencia directa corresponden a aquellas que presentan **intersección espacial con el área de desplante del proyecto**, conforme a la zonificación establecida en el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo, 2016), después de realizar un análisis de superposición cartográfica, se determinó que la **UGA 34** es la única unidad que se ubica dentro del área de influencia directa del proyecto, al coincidir espacialmente con las zonas destinadas a las etapas de preparación del sitio, construcción y operación. Esta unidad establece criterios y lineamientos de regulación ecológica a nivel local, orientados al ordenamiento del territorio, la protección de los recursos naturales y la compatibilidad de los usos del suelo. En este contexto, el análisis de

CONSULTA PÚBLICA

vinculación se enfoca en evaluar la congruencia del proyecto con los lineamientos aplicables a la UGA 34, así como en verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Tabla III 15. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local de Manzanillo, Colima (POET 2016) en el área de influencia del Proyecto de Desarrollo del Nuevo Puerto de Manzanillo.

No. UGA	Nombre de la UGA (POET)	Área (ha) de la UGA	Política	Componente del proyecto asociado
34	Subcuenca Laguna de Cuyutlán	38114.61	Se aplicarán las políticas del POET Cuyutlán	Área lagunar dentro del sistema de área de influencia del proyecto.

De acuerdo con el Programa Regional de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local de Manzanillo, Colima (POET Manzanillo, 2016), en los criterios de regulación ecológica, la UGA 34 aplica en el Programa Regional de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca “Laguna de Cuyutlán”, se aplicará el Programa Regional de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca “Laguna de Cuyutlán” publicado el 05 de junio de 2003 y reformado el 03 de mayo de 2007.

Derivado de lo anterior, se determina que no existen lineamientos, criterios ecológicos o disposiciones del POET Manzanillo que restrinjan de manera específica la construcción del proyecto dentro de la UGA 34, en virtud de la remisión normativa al instrumento regional antes citado. En este contexto, la evaluación del proyecto se sustenta en su congruencia con los lineamientos y criterios establecidos en el Programa Regional de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán, misma que deberá ser acreditada mediante el cumplimiento de las disposiciones aplicables, así como de las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación que se establezcan durante el proceso de evaluación en materia de impacto ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

III.3. Vinculación con Instrumentos Normativos Aplicables

Una vez identificados los instrumentos de planeación ambiental y las Unidades de Gestión Ambiental aplicables al proyecto, resulta necesario complementar el análisis mediante la revisión del marco jurídico y normativo vigente que regula las obras y actividades asociadas al desarrollo del proyecto. En este sentido, la vinculación normativa permite establecer la relación entre las actividades previstas y las disposiciones constitucionales, legales, reglamentarias y los instrumentos internacionales en materia de protección ambiental, prevención y control de la contaminación, manejo de descargas, vertimientos en zonas marinas y operación de infraestructura portuaria.

El análisis considera la jerarquía normativa aplicable en el sistema jurídico mexicano, iniciando con los preceptos establecidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, continuando con la legislación federal en materia ambiental, hídrica y marítima, las Normas Oficiales Mexicanas aplicables y los tratados e instrumentos internacionales suscritos por el Estado mexicano en materia de protección del medio marino y desarrollo sustentable. Lo anterior permite identificar las disposiciones que regulan aspectos relevantes para el proyecto, tales como la protección del medio ambiente, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la prevención de la contaminación marina, el manejo de aguas residuales, sedimentos y descargas asociadas a la operación portuaria.

En la Tabla III 16 se presenta la síntesis de los principales instrumentos normativos aplicables al proyecto, así como los artículos y disposiciones relevantes y su relación con las actividades previstas, lo cual constituye la base para el análisis de vinculación jurídica desarrollado en los apartados subsecuentes.

Tabla III 16. Vinculación del proyecto con el marco jurídico.

Instrumento jurídico	Artículo(s)	Tema regulado	Relación con el proyecto
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Arts. 1, 4, 25, 27, 28 y 133	Derechos humanos, medio ambiente sano, rectoría del desarrollo nacional y aprovechamiento de recursos naturales	El proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental y considera medidas de prevención y mitigación conforme al derecho a un medio ambiente sano y al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	28	Evaluación del impacto ambiental y prevención del daño ambiental	El proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental federal.
Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental	Arts 5, 11, 13, 44, 47	Reglamentar la LEGEEPA en materia de impacto ambiental a nivel federal	El proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental y considera medidas de prevención y mitigación para los impactos identificados y evaluados.

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento jurídico	Artículo(s)	Tema regulado	Relación con el proyecto
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	Arts. 16, 19, 40, 41, 42, 54.	Protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional	Garantizar el derecho a un ambiente sano mediante la implementación de acciones orientadas a la prevención, reducción, valorización y manejo integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos generados durante las distintas etapas del proyecto, incluyendo su identificación, clasificación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final conforme a la normatividad aplicable, a fin de prevenir la contaminación de suelos, cuerpos de agua y otros componentes ambientales, así como, en su caso, llevar a cabo acciones de remediación.
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)	Arts. 16, 42, 43, 83, 84,	Reglamentar la LGPGIR a nivel nacional.	Reglamenta las disposiciones y acciones para distintos tipos de residuos en conformidad con las NOM aplicable.
Ley de Aguas Nacionales	Arts. 86 BIS 2	Prevención y control de la contaminación de aguas nacionales	Aplicable al manejo de descargas y protección del sistema lagunar y zonas marinas asociadas al proyecto.
Ley General de Bienes Nacionales	Arts. 7 y 8	Señala que son y el uso igualitario de los bienes nacionales de uso común.	Regula la administración, uso, conservación y disposición de los bienes nacionales como propiedades federales, recursos naturales y espacios públicos.
Ley de navegación y comercio marítimo	Arts. 2, 7, 8, 38, 40 y 42	Es el marco jurídico para el desarrollo y control de las actividades marítimas, garantizando la seguridad marítima y promoviendo el desarrollo del comercio exterior.	Regula las actividades relacionadas con la navegación, el comercio marítimo, las embarcaciones, la seguridad en el mar, y las operaciones portuarias.
Ley de Puertos	Arts. 3, 7, 9, 10, 14, 20, 30 y 41	Regulación de infraestructura y operación portuaria	Marco regulatorio para la operación del puerto y sus ampliaciones.
Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar	Art. 5	Regula el cumplimiento de las Leyes General de Bienes Nacionales, de Navegación y Comercio Marítimos y de Vías Generales de Comunicación.	Vigila el cumplimiento de las Leyes General de Bienes Nacionales, de Navegación y Comercio Marítimos y de Vías Generales de Comunicación en aguas marítimas y de los bienes que formen parte de los recintos portuarios.

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento jurídico	Artículo(s)	Tema regulado	Relación con el proyecto
Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas	1, 3, 3 Bis, 6, 7, 8 y 15	Regulación de vertimientos en zonas marinas	Aplicable a actividades de dragado y disposición de materiales conforme a autorizaciones correspondientes.
Ley General de Vida Silvestre	Arts. 60 TER, 4, 19, 30, 106	Protección de especies y ecosistemas costeros	Aplicable a ecosistemas lagunares y marino-costeros dentro del área de influencia del proyecto.
Ley General de Cambio Climático	Arts. 2, 26, 37, 90	Mitigación y adaptación al cambio climático	El proyecto incorpora medidas orientadas a la reducción y control de emisiones durante construcción y operación.
Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40	—	Consolida alianzas entre sociedad y gobiernos, con el objetivo de crear un frente común contra el cambio climático.	Aprovecha el talento de la comunidad científica y la actuación decidida del sector empresarial en este propósito.
Reglamento de la LGCC en Materia del Registro Nacional de Emisiones	Arts. 2, 4, 6,	Reglamenta la Ley en lo que se refiere al Registro Nacional de Emisiones	Dictamina sobre la operación y emisión de gases efecto invernadero desde distintas fuentes fijas y móviles por parte de actividad productiva, comercial o de servicios.
Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera	Arts. 13, 28, 36	Reglamente a esta ley sobre calidad de aire y protección a la atmósfera respecto a emisiones de gases contaminantes.	Aplica a las emisiones temporales para las cuales se tienen establecidas diversas acciones que conllevan asegurar el cumplimiento de obligaciones ambientales.
Reglamento de La Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales	Art. 5	Aplica procesos de Autorregulación y la realización de Auditorías Ambientales entre sus miembros, a fin de prevenir la contaminación y proteger el ambiente.	Se aplicará a proveedores, trabajadores, operarios y el resto participantes en el proceso constructivo para que se tengan los permisos correspondientes con el fin de regular las acciones para la realización de las obras.
Ley Federal de Responsabilidad ambiental	Art. 2	Regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, su reparación y compensación	Contempla las acciones de conservación, regeneración, restauración y los costos ambientales (pago) de un proyecto ante los distintos impactos generados.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Arts. 68, 93	Regula la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales	Contempla el ETJ de cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción que son requeridas para el desarrollo del Proyecto.
Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Art. 139	Reglamenta la LGDFS	Reglamenta el procedimiento del cambio de uso de suelo para la realización de este proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Instrumento jurídico	Artículo(s)	Tema regulado	Relación con el proyecto
Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos	Art. 1,2, 28	Protección del patrimonio cultural y regulación de obras que puedan afectar bienes arqueológicos	Aplicable por actividades de excavación y movimiento de suelo; en caso de hallazgos fortuitos se dará aviso a la autoridad competente.

III.3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece los principios fundamentales que rigen la protección de los derechos humanos, la preservación del medio ambiente, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la rectoría del desarrollo nacional, constituyendo el marco jurídico superior al cual deben apegarse las obras y actividades susceptibles de generar impactos ambientales. En este sentido, el desarrollo del proyecto se vincula con los preceptos constitucionales que reconocen el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y establecen la responsabilidad del Estado de garantizar su protección mediante la aplicación de instrumentos preventivos, regulatorios y de control ambiental (Tabla III 19).

El artículo 1 constitucional establece la obligación de todas las autoridades de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos reconocidos en la Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado mexicano sea parte, incluyendo el derecho a un medio ambiente sano. En este contexto, el proyecto incorpora medidas orientadas a la prevención y mitigación de impactos ambientales, en apego a los principios de protección ambiental y desarrollo sustentable.

Por su parte, el **artículo 4** reconoce el derecho humano a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de las personas, estableciendo la obligación del Estado de garantizar su respeto. La evaluación del impacto ambiental se constituye como el instrumento mediante el cual se identifican y previenen los posibles efectos adversos derivados del proyecto, asegurando su compatibilidad con la conservación del equilibrio ecológico y la protección de los ecosistemas lagunares y marino–costeros asociados al área de estudio.

El artículo **25** establece que corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, promoviendo el crecimiento económico bajo criterios de equidad social y protección ambiental. La expansión de infraestructura portuaria se vincula con este principio constitucional al contribuir al desarrollo económico regional y nacional, considerando simultáneamente la implementación de medidas ambientales orientadas a prevenir y reducir los efectos sobre el entorno natural.

El artículo **27** constitucional establece que la Nación tiene el dominio directo sobre los recursos naturales, determinando las bases para su aprovechamiento y conservación. La vinculación del proyecto con este precepto se relaciona con el uso y manejo de zonas federales marítimo–terrestres, cuerpos lagunares y áreas marinas sujetas a regulación federal, así como con la aplicación de disposiciones ambientales orientadas a su preservación.

CONSULTA PÚBLICA

El **artículo 28**, relativo a la rectoría económica del Estado y la regulación de áreas estratégicas, establece el marco para el desarrollo de infraestructura estratégica nacional, dentro de la cual se incluye la infraestructura portuaria, siempre bajo el cumplimiento de las disposiciones legales y ambientales aplicables. Finalmente, el **artículo 133** establece la supremacía constitucional y la obligatoriedad de los tratados internacionales suscritos por el Estado mexicano, lo cual fundamenta la aplicación de instrumentos internacionales en materia de protección ambiental y prevención de la contaminación marina que resultan aplicables al proyecto.

Tabla III 17. Vinculación del proyecto con los preceptos constitucionales aplicables

Artículo constitucional	Principio establecido	Alcance en materia ambiental	Vinculación con el proyecto
Artículo 1°	Protección y garantía de los derechos humanos	Obligación del Estado de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos reconocidos en la Constitución y tratados internacionales	El proyecto incorpora desde su etapa de diseño la identificación, evaluación y prevención de impactos ambientales, mediante la aplicación de medidas de mitigación y compensación que contribuyen a garantizar el derecho humano a un medio ambiente sano. Asimismo, considera el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y la implementación de estrategias ambientales que aseguran la protección de los ecosistemas presentes en el área de influencia. La presentación de esta MIA-R para su evaluación y autorización en el PEIA establecido por la normativa ambiental, así como el establecimiento de las condicionantes necesarias en su resolutivo respectivo, es la manera en la que el Estado Mexicano asegurará el atender su obligación ante esta disposición.
Artículo 4°	Derecho humano a un medio ambiente sano	Reconoce el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar	El proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental en su modalidad regional, mediante el cual se identifican, previenen, mitigan y compensan los posibles impactos sobre los ecosistemas lagunares y marino-costeros. Adicionalmente, contempla la implementación de estrategias de manejo ambiental orientados a la protección de la biodiversidad y la conservación de los procesos ecológicos. La presentación de esta MIA-R para su evaluación y autorización en el PEIA establecido por la normativa ambiental, así como el establecimiento

CONSULTA PÚBLICA

Artículo constitucional	Principio establecido	Alcance en materia ambiental	Vinculación con el proyecto
			de las condicionantes necesarias en su resolutivo respectivo, es la manera en la que el Estado Mexicano asegurará el atender su obligación ante esta disposición.
Artículo 25	Rectoría del desarrollo nacional	Desarrollo nacional integral y sustentable bajo criterios económicos y ambientales	El desarrollo del proyecto portuario contribuye al crecimiento económico regional y nacional, al fortalecer la infraestructura logística y comercial; sin embargo, su ejecución se plantea bajo criterios de sustentabilidad, incorporando medidas ambientales, estrategias de manejo y cumplimiento de la legislación aplicable, a fin de equilibrar el desarrollo económico con la protección del medio ambiente.
Artículo 27	Dominio de la Nación sobre los recursos naturales	Bases para el aprovechamiento y conservación de los recursos naturales	El proyecto se desarrolla en zonas sujetas a jurisdicción federal, incluyendo zona federal marítimo-terrestre y cuerpos lagunares, por lo que su ejecución se encuentra sujeta a autorizaciones, concesiones y permisos correspondientes. Asimismo, se garantiza el uso racional de los recursos naturales mediante la implementación de medidas de control, prevención y mitigación de impactos ambientales.
Artículo 28	Regulación de actividades estratégicas del Estado	Marco para el desarrollo de infraestructura estratégica nacional	El proyecto forma parte del desarrollo de infraestructura estratégica del país, en el sector portuario, por lo que se alinea con las disposiciones aplicables para su planeación, construcción y operación, incorporando criterios de seguridad, eficiencia y protección ambiental conforme a la normatividad vigente.
Artículo 133	Supremacía constitucional y tratados internacionales	Reconoce la obligatoriedad de los tratados internacionales suscritos por el Estado mexicano	El proyecto considera la aplicación de instrumentos internacionales en materia ambiental, particularmente aquellos relacionados con la protección del medio marino y la prevención de la contaminación, integrando sus principios en el diseño de medidas ambientales, así como en el cumplimiento de la legislación nacional

CONSULTA PÚBLICA

Artículo constitucional	Principio establecido	Alcance en materia ambiental	Vinculación con el proyecto
			derivada de dichos tratados. La presentación de esta MIA-R para su evaluación y autorización en el PEIA establecido por la normativa ambiental, así como el establecimiento de las condicionantes necesarias en su resolutivo respectivo, es la manera en la que el Estado Mexicano asegurará el atender su obligación ante esta disposición.

III.3.2 Tratados Internacionales

Además del marco Constitucional y legal nacional y las Normas Oficiales, el proyecto se encuentra vinculado con diversos instrumentos internacionales en materia de protección ambiental y preservación del medio marino, de los cuales el Estado mexicano es parte. Dichos instrumentos establecen principios, obligaciones y estándares orientados a prevenir, reducir y controlar la contaminación marina, proteger los ecosistemas costeros y garantizar el uso de sostenible de los recursos oceánicos.

Considerando que el proyecto se localiza en un sistema lagunar con interacción marina y contempla actividades asociadas a infraestructura portuaria, dragado y operaciones de embarcaciones, resulta pertinente analizar su congruencia con los compromisos internacionales asumidos por México en materia de derecho del mar, prevención de contaminación por buques, gestión de aguas de lastre y cooperación ambiental regional.

En este sentido, a continuación, se describe de maneral general los principales instrumentos internacionales aplicables al proyecto (Tabla III 18).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 18. Principales instrumentos internacionales al proyecto

Tratado	Aspectos relacionados	Alcance del convenio	Vinculación con el proyecto
Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR, 1982)	Arts. 192, 194, 207, 208 y 210	Protección del medio marino y prevención de contaminación	Prevención de contaminación marina derivada de actividades portuarias y marítimas.
Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78)	Anexos aplicables	Prevención de contaminación por buques	Control de descargas y manejo de residuos generados por embarcaciones.
Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM, 2004)	Estándares D-1 y D-2	Gestión de aguas de lastre y sedimentos para prevenir especies invasoras	Aplicable al manejo de aguas de lastre en buques que operen en el puerto, contribuyendo a la protección del sistema lagunar y marino
Acuerdo de Cooperación Ambiental entre México, Estados Unidos y Canadá	Disposiciones generales	Cooperación para la protección ambiental y aplicación efectiva de legislación ambiental	El proyecto se desarrolla en cumplimiento del marco ambiental mexicano, en congruencia con compromisos internacionales en materia de protección ambiental.
Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)	Disposiciones aplicables	Proporcionar evaluaciones científicas sobre el cambio climático	Generar acciones para mitigar impactos y posibles estrategias de mitigación y adaptación ante el Cambio Climático.
Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030	Disposiciones aplicables	Generar iniciativas científicas y políticas para combatir el Cambio Climático	Coordinar programas de investigación, observación, capacidades, planificación marítima y reducción de riesgos marinos para mejorar la gestión de recursos oceánicos y costeros.
Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas- Objetivos de Desarrollo Sostenible	Objetivos 8, 9, 11, 13, 14.	Conservación y uso sostenible de océanos y recursos marinos	El proyecto se vincula con la protección del medio marino y reducción de contaminación.
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	Disposiciones aplicables	Establece el marco de cooperación global para enfrentar el Cambio Climático	Estabilizar las concentraciones de GEI para evitar interferencias peligrosas en el sistema climático y permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente.
Acuerdos de París	Disposiciones aplicables	Iniciativa política climática internacional relacionada con impacto ambiental de infraestructura portuaria y gobernanza ambiental.	Considerar en distintas etapas las actividades de emisiones a la atmósfera, que las concentraciones de GEI sean acordes a las distintas normativas y lineamientos para reducir estas emisiones, mitigarlas o compensarlas.

CONSULTA PÚBLICA

Tratado	Aspectos relacionados	Alcance del convenio	Vinculación con el proyecto
Compromisos climáticos y ambientales derivados de la COP 27	Disposiciones aplicables	Compromisos climáticos, para crear un fondo de "pérdidas y daños" para países vulnerables	Atender las observaciones de ONGs y comunidades sobre que el manglar es una infraestructura natural contra el cambio climático y los riesgos que de su afectación se deriven en un futuro.
Convención de Diversidad Biológica (CDB).	Disposiciones aplicables	Promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible para la conservación de la diversidad biológica que es de interés común de toda la humanidad	Considerar compromisos para la conservación de la diversidad biológica, utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	Disposiciones aplicables	Regula la exportación, reexportación e importación de especies, así como la introducción procedente del mar de especímenes de animales y plantas enlistadas en alguno de sus Apéndices	Considerar identificar especies de flora incluidas en algunos de los Apéndices de esta Convención, para implementar medidas de protección como parte de la prevención, mitigación y compensación.
Sitios RAMSAR	Disposiciones aplicables	Marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos	Aplica a la protección, evaluación de impactos, restauración ecológica y participación comunitaria para el manejo del humedal.
Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales (ESCAZÚ)	Disposiciones aplicables	Garantizar el acceso a la información ambiental, la participación pública en decisiones ambientales y el acceso a la justicia en estos temas, fortaleciendo capacidades y cooperación para proteger el derecho de todas las personas a un ambiente sano y promover el desarrollo sostenible	El proyecto debe proteger los derechos de todas las personas al acceso a la información, participación y justicia en temas ambientales, así como establecer las medidas para facilitar su ejercicio y los mecanismos para garantizarlos.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.2.1 Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR, 1982)[16]

Este instrumento internacional establece el marco jurídico internacional que regula los derechos y obligaciones de los Estados en sus aguas territoriales y en alta mar, así como la preservación de los recursos marinos y la explotación de los recursos naturales. México es Estado Parte de dicha Convención, por lo que

[16]Convención de la Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR, 1982), rectificado por México el 18 de marzo de 1983 y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de junio de 1983.

sus disposiciones forman parte del marco internacional que orienta la actuación del Estado en materia de prevención y control de la contaminación marina.

En atención a las disposiciones establecidas en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR), se presenta a continuación el análisis de vinculación del proyecto con los artículos y numerales aplicables de dicho instrumento internacional. Para tal efecto, se desglosan las principales obligaciones en materia de protección y preservación del medio marino, así como su correspondencia con las actividades del proyecto, destacando las medidas implementadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación en el sistema lagunar y marino asociado.

Tabla III 19. Vinculación del proyecto con en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar

Artículo	Disposición	Vinculación con el proyecto
Artículo 192	Establece la obligación de los Estados de proteger y preservar el medio marino.	Como se describe en el Capítulo II, durante la realización del Proyecto se incorporan medidas orientadas a la protección del sistema lagunar y marino, mediante la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación, construcción y dragado, así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se preservará el medio marino y su entorno.
Artículo 194, numeral 1	Los Estados adoptarán todas las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino.	Como se describe en el Capítulo II, durante la realización del Proyecto se incorporan medidas orientadas a la protección del sistema lagunar y marino, mediante la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación, construcción y dragado, así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se prevendrá, reducirá y controlará la contaminación del medio marino mediante la implementación de medidas para combatir la contaminación por residuos, emisiones y posibles derrames durante las actividades del proyecto.
Artículo 194, numeral 3	Las medidas deberán incluir la reducción de la contaminación proveniente de fuentes terrestres, embarcaciones y otras instalaciones.	Como se describe en el Capítulo II, durante la realización del Proyecto se incorporan medidas orientadas a la protección del sistema lagunar y marino, mediante la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación, construcción y dragado, así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se prevendrá, reducirá y controlará la contaminación del medio marino proveniente de fuentes terrestres, embarcaciones y otras instalaciones.
Artículo 207	Regulación de la contaminación procedente de fuentes terrestres.	Como se describe en el Capítulo II, durante la realización del Proyecto se incorporan medidas orientadas a la protección del sistema lagunar y marino, mediante la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación, construcción y dragado, así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se prevendrá, reducirá y controlará la contaminación del medio marino procedente de fuentes terrestres.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Disposición	Vinculación con el proyecto
Artículo 208	Regulación de la contaminación por actividades en fondos marinos bajo jurisdicción nacional.	Como se describe en el Capítulo II, durante la realización del Proyecto se incorporan medidas orientadas a la protección del sistema lagunar y marino, mediante la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación, construcción y dragado, así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se prevendrá, reducirá y controlará la contaminación en fondos marinos.
Artículo 210	Regulación del vertimiento de desechos en el medio marino.	Como se describe en el Capítulo II, durante la realización del Proyecto se incorporan medidas orientadas a la protección del sistema lagunar y marino, mediante la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación, construcción y dragado, así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se prevendrá, reducirá y controlará el vertimiento de desechos en el medio marino.

III.3.2.2 Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los buques (MARPOL 73/78)[17]

México ha ratificado e incorporado MARPOL en su ordenamiento, de modo que los criterios de prevención de contaminación por buques son parte del marco jurídico nacional que aplica a los centros portuarios.

Por ello:

- El proyecto debe respetar los criterios y obligaciones ambientales vigentes en México, que incluyen la prevención de contaminación por buques conforme a estándares internacionales ratificados.
- Cualquier plan de mitigación o programa de gestión ambiental del proyecto portuario deberá considerar las obligaciones de prevención de descargas, manejo de residuos y medidas de emergencia requeridas por MARPOL.

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78) constituye el principal instrumento internacional para la prevención de la contaminación del medio marino ocasionada por buques, ya sea por descargas accidentales u operativas. México es Estado Parte de este Convenio, por lo que sus disposiciones resultan obligatorias en el ámbito nacional conforme al principio de supremacía constitucional.

El Convenio MARPOL regula la prevención de la contaminación por hidrocarburos, sustancias nocivas líquidas a granel, aguas sucias, basuras y emisiones atmosféricas provenientes de buques, a través de sus distintos anexos técnicos. En este sentido, establece la obligación de los Estados Parte de adoptar medidas

[17] Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 73/78) rectificado por México 23 de abril del 1992 y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 08 de julio de 1992.

CONSULTA PÚBLICA

para garantizar que las embarcaciones que operen en sus puertos cumplan con los estándares internacionales en materia de manejo de residuos, control de descargas y prevención de contaminación marina.

En el contexto del proyecto de expansión portuaria, la vinculación con MARPOL se relaciona con el incremento potencial en el tráfico marítimo y operaciones portuarias. En consecuencia, las actividades de operación deberán desarrollarse considerando las disposiciones aplicables en materia de recepción y manejo de residuos generados por buques, prevención de descargas indebidas y cumplimiento de estándares internacionales para la protección del medio marino. Asimismo, la modernización de infraestructura portuaria puede fortalecer la capacidad para el manejo adecuado de residuos y descargas reguladas por MARPOL, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el Estado mexicano en materia de prevención de la contaminación por buques.

Se presenta la vinculación del proyecto con el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, considerando los anexos aplicables al tipo de actividades portuarias previstas, estableciendo su correspondencia con las actividades del proyecto y las medidas de control ambiental implementadas.

Tabla III 20. Vinculación del proyecto con el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL)

Anexo	Tema	Vinculación con el proyecto
Anexo I	Prevención de la contaminación por hidrocarburos	Durante la fase de preparación y construcción operación, como se describe en el Capítulo II, el Proyecto considera la operación de maquinaria, equipo y embarcaciones, por lo que se implementan medidas para el manejo adecuado de combustibles, aceites y posibles derrames, incluyendo almacenamiento controlado, mantenimiento preventivo y atención oportuna de contingencias, evitando su ingreso al sistema lagunar. Lo anterior se mantendrá mediante la ejecución así mismo durante la operación portuaria como se describe en el Capítulo VI que a través de Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se prevendrá, reducirá y controlará el vertimiento de desechos en el medio marino.
Anexo V	Prevención de la contaminación por basura de los buques	Durante la operación del proyecto, como se describe en el Capítulo VI, la Promovente vigilará que los buques cumplan con la implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos, que contemple la separación, almacenamiento temporal y disposición final de residuos sólidos, evitando su descarga al medio marino y promoviendo su manejo conforme a la normatividad nacional aplicable mediante su disposición ante empresas nacionales certificadas.
Anexo VI	Prevención de la contaminación atmosférica por los buques	Durante la operación del proyecto, como se describe en el Capítulo VI, la Promovente vigilará que los buques cumplan con el uso de maquinaria y embarcaciones que generan bajas emisiones atmosféricas, por lo que se implementan medidas de mantenimiento y control operativo, a fin de reducir emisiones contaminantes y cumplir con los estándares aplicables a nivel nacional e internacional.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.2.3 Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM, 2004)

El Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM, 2004), adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI), tiene por objeto prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, eliminar la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos a través del agua de lastre y los sedimentos transportados por los buques.

México ratificó el Convenio BWM y lo incorporó a su ordenamiento jurídico —la adhesión se depositó ante la OMI en 2008 y entró en vigor para México en 2017— con lo que el país se compromete a aplicar y hacer cumplir las disposiciones del Convenio en sus puertos, aguas territoriales y jurisdicción marítima, esto implica que:

- Las autoridades portuarias mexicanas (Secretaría de Marina y el Sistema Portuario) tienen que asegurarse de que los buques que arriban a puertos nacionales cumplan con los requisitos de gestión de agua de lastre, incluyendo la presentación de certificados y registros.
- Los puertos deben contar con instalaciones y protocolos que faciliten la aplicación de estas normas, incluyendo la recepción adecuada de sedimentos y posibles tratamientos conforme a las exigencias del Convenio.

El Convenio establece que los Estados Parte deberán exigir que los buques bajo su jurisdicción cumplan con medidas específicas de gestión del agua de lastre, incluyendo la aplicación de estándares técnicos para el intercambio y tratamiento del agua de lastre. En particular, contempla:

Regla D-1, relativa al estándar de intercambio del agua de lastre, mediante el cual se establece que los buques deberán realizar el intercambio del agua de lastre en mar abierto bajo condiciones específicas.

Regla D-2, que establece el estándar de desempeño para la gestión del agua de lastre, limitando la concentración de organismos viables descargados al medio marino.

Asimismo, las Reglas de Operación Portuaria se adhieren a este Convenio y disponen la obligación de contar con un **Plan de Gestión del Agua de Lastre**, un **Libro de Registro del Agua de Lastre**, y certificación correspondiente para los buques que operen en tráfico internacional.

Vinculación

En el contexto de la operación portuaria, la vinculación con el Convenio BWM se relaciona con el incremento potencial en el arribo y operación de embarcaciones en el recinto portuario. En este sentido, el cumplimiento de las disposiciones del Convenio resulta fundamental para prevenir la introducción de especies exóticas invasoras que pudieran alterar el equilibrio ecológico del sistema lagunar de Cuyutlán y de las zonas marinas adyacentes. Si bien la responsabilidad directa del cumplimiento del Convenio recae en los buques y en el Estado de bandera correspondiente, la operación portuaria deberá desarrollarse en congruencia con el

CONSULTA PÚBLICA

marco normativo internacional aplicable, promoviendo prácticas de gestión que contribuyan a la protección del medio marino y lagunar frente a riesgos biológicos asociados al agua de lastre como se incluye en el Capítulo VI donde se menciona que la Promovente verificará que las embarcaciones cumplan con las especificaciones de este Convenio y sus descargas al momento de estar atracados sean controladas a través de empresas certificadas para este fin.

III.3.2.4 Acuerdo de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, el Gobierno de los Estados Unidos de América y el Gobierno de Canadá (Suscrito el 14 de septiembre de 1993, en vigor el 1 de enero de 1994)

El Acuerdo en Materia de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, el Gobierno de los Estados Unidos de América y el Gobierno de Canadá, suscrito en el capítulo 24 del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), establece mecanismos de cooperación orientados a fortalecer la protección ambiental, promover el desarrollo sostenible y asegurar la aplicación efectiva de la legislación ambiental en cada uno de los países Parte.

Este acuerdo no regula directamente proyectos específicos, pero sí establece compromisos estructurales:

- Aplicación efectiva de la legislación ambiental nacional.
- No debilitamiento de normas ambientales para atraer inversión o comercio.
- Proceso de consulta pública.
- Cooperación técnica trilateral.
- Mecanismos de revisión de cumplimiento ambiental.

Respecto al comercio y ambiente el desarrollo del puerto busca fortalecer el comercio marítimo con América del Norte. Por tanto, el crecimiento comercial no debe implicar degradación ambiental. Deberá promover infraestructura compatible con estándares ambientales internacionales y fomentar cooperación en temas como biodiversidad marina, contaminación y especies invasoras. Dado que la Laguna de Cuyutlán es un ecosistema costero sensible, el proyecto adquiere relevancia en términos de conservación y uso sostenible.

El Acuerdo reconoce la importancia de conservar y proteger el medio ambiente, incluyendo los ecosistemas marinos y costeros, así como de prevenir la contaminación derivada de actividades industriales, marítimas y portuarias. Asimismo, promueve la cooperación regional en temas relacionados con la gestión de residuos, la calidad del agua, la protección de la biodiversidad y el cumplimiento de compromisos internacionales en materia ambiental.

Si bien el Acuerdo no regula de manera específica las actividades del proyecto, constituye un marco de referencia que refuerza la importancia del cumplimiento normativo en materia de prevención de la

CONSULTA PÚBLICA

contaminación, protección de ecosistemas marinos y conservación de la biodiversidad, aspectos que se encuentran integrados en el diseño y atención de esta MIA-R del proyecto y que son descritos en los Capítulos II y VI, en las estrategias del Programa de vigilancia ambiental así como en la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) durante la ejecución del Proyecto.

Vinculación

En el contexto del proyecto, este instrumento se relaciona con la obligación del Estado Mexicano de aplicar efectivamente su legislación ambiental y fortalecer la protección del medio marino y costero, particularmente en actividades vinculadas al comercio internacional y la operación portuaria. La ampliación del puerto, al formar parte de infraestructura estratégica asociada al intercambio comercial regional, deberá desarrollarse en apego a la normativa ambiental nacional, en congruencia con los compromisos internacionales asumidos por México en el marco de este Acuerdo.

III.3.2.5 Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)

México participa en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) desde su creación en 1988. No existe fecha de ratificación ni publicación en el Diario Oficial de la Federación para el IPCC, la participación de México deriva de su pertenencia a la ONU. El IPCC fue establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para proporcionar evaluaciones científicas sobre el cambio climático, sus impactos y posibles estrategias de mitigación y adaptación. México al ser uno de los países fundadores del IPCC ha participado activamente en sus reuniones y grupos de trabajo mediante:

1. Contribución Científica: Científicos y expertos mexicanos han contribuido como autores principales, revisores expertos y editores en los Informes de Evaluación del IPCC (AR1 a AR6).

2. Representación Gubernamental: La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) representan a México en las reuniones plenarias del IPCC.

3. Aportes a Informes Especiales: México ha aportado datos y estudios para informes especiales sobre vulnerabilidad climática, océanos y zonas costeras.

Entre otros aportes significativos destacan:

- 1988: México se une al IPCC como miembro fundador.
- 1990: Participa en la elaboración del Primer Informe de Evaluación (AR1) del IPCC.
- 1992: Ratifica la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), alineándose con los informes del IPCC.

CONSULTA PÚBLICA

• 1997: Participa en la adopción del Protocolo de Kioto, utilizando como base científica los informes del IPCC.

• 2015: Contribuye activamente al Acuerdo de París, apoyado en los hallazgos del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC.

La participación de México en este organismo internacional ha tenido impacto en su Política Climática lo que se refleja en:

• Ley General de Cambio Climático (2012): Basada en recomendaciones del IPCC, establece objetivos de reducción de emisiones de GEI.

• Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC): Utiliza proyecciones del IPCC para desarrollar políticas de adaptación y mitigación.

• Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs): México utiliza escenarios del IPCC para establecer sus metas de reducción de emisiones ante la CMNUCC.

Asimismo ha contribuido en distintos foros de trascendencia global en material de Cambio Climático entre los que destaca:

• Grupo de Trabajo II (Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad): Científicos mexicanos han liderado capítulos sobre vulnerabilidad en América Latina.

• Sexto Informe de Evaluación (AR6, 2021-2022): Investigadores mexicanos participaron en estudios sobre riesgos climáticos en megaciudades como la Ciudad de México.

Con lo anterior se resalta que México ha sido un actor clave en el IPCC desde sus inicios, contribuyendo con investigaciones científicas y utilizando los informes del IPCC para desarrollar sus políticas climáticas, lo que ha lo obliga a poner en marcha la esencia de estos acuerdo en sus acciones en que se vincula, con un desarrollo sustentable, la reducción de impactos y la emisión de gases efecto invernadero así como con la preservación, rescate y recuperación de ambientes que contribuyan a minimizar los impactos a nivel global y local.

Este proyecto se relaciona con los compromisos de México ante el IPCC a través de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) y sus políticas de mitigación y adaptación al cambio climático. Estos compromisos se basan en las recomendaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y proteger los ecosistemas vulnerables en las lagunas costeras de acuerdo con:

1. Mitigación de Emisiones de GEI.

CONSULTA PÚBLICA

La construcción de infraestructura portuaria puede generar emisiones de GEI. México se ha comprometido a reducir estas emisiones en un 22% para 2030 (NDC actualizada en 2025). Para alinear una obra portuaria en una laguna costera con estos compromisos, se pueden aplicar las siguientes medidas:

- Energías Renovables: integrar fuentes de energía limpia para reducir el uso de combustibles fósiles.
- Tecnologías de Bajo Carbono: implementar maquinaria y transporte con tecnología de bajas emisiones (vehículos eléctricos o híbridos).
- Eficiencia Energética: diseñar la infraestructura con tecnologías de eficiencia energética en iluminación y procesos operativos.

2. Adaptación al Cambio Climático.

Las lagunas costeras son ecosistemas vulnerables al cambio climático, incluyendo el aumento del nivel del mar y la intensificación de tormentas. México ha asumido compromisos de adaptación para proteger estos ecosistemas en sus NDCs, alineándose con los informes del IPCC, especialmente con el Informe Especial sobre el Océano y la Criósfera.

- Infraestructura Resiliente: diseñar obras portuarias resistentes al aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos.
- Protección de Ecosistemas Costeros: conservar y restaurar manglares y humedales para fortalecer la adaptación basada en ecosistemas. Estos hábitats no solo protegen contra inundaciones, sino que también capturan carbono azul, contribuyendo a la mitigación de GEI.
- Soluciones Basadas en la Naturaleza: utilizar soluciones naturales (dunas, vegetación costera) como parte de las medidas de protección costera y adaptación.

3. Conservación de Carbono Azul.

El IPCC reconoce la importancia del carbono azul en la mitigación del cambio climático. Las lagunas costeras suelen estar rodeadas de manglares, pastos marinos y marismas, que almacenan grandes cantidades de carbono. La construcción de infraestructura portuaria debe:

- Minimizar la Destrucción de Hábitats: evitar o reducir el impacto en manglares y pastos marinos para preservar el carbono almacenado en estos ecosistemas.
- Compensación Ambiental: implementar programas de reforestación de manglares o restauración de pastos marinos si es necesario alterar estos ecosistemas.
- Monitoreo y Reporte de Carbono Azul: incorporar la medición del carbono azul en los inventarios nacionales de GEI de México, en línea con las directrices del IPCC.

4. Cumplimiento de Normativas y Políticas Nacionales.

CONSULTA PÚBLICA

- Ley General de Cambio Climático: México establece que toda infraestructura debe alinearse con sus metas de mitigación y adaptación.
- Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC): promueve la protección de ecosistemas costeros como parte de la adaptación al cambio climático.
- Evaluación de Impacto Ambiental: la construcción en lagunas costeras requiere un estudio riguroso para evaluar y mitigar impactos climáticos y ambientales.

Vinculación

Para la ejecución del Proyecto, en el Capítulo II en el proceso de constructivo se describen estrategias para reducir emisiones de GEI por parte del equipo y maquinaria, en el Capítulo IV se realizaron estudios con escenarios del cambio climático y biodiversidad, y para la etapa de operación se contempla la implementación de energías alternativas que compensen los impactos de las emisiones directas e indirectas de su actividad, por lo que se alinea con medidas de mitigación y compensación ambiental que contribuyen a la reducción de impactos, lo que será realizado en el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar esta práctica, lo que se puede consultar en el Capítulo VI de esta MIA-R.

III.3.2.6 Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030

Las Naciones Unidas han declarado el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030. Esta iniciativa pretende movilizar a la comunidad científica, responsables políticos, industria y sociedad civil en torno a un programa común de investigación e innovación tecnológica. Este Decenio, es coordinado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO. La proclamación del Decenio es la culminación de esfuerzos de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO para fomentar la cooperación internacional en ciencias oceánicas. El Decenio coordinará programas de investigación, sistemas de observación, planes desarrollo de capacidades, planificación marítima y reducción de riesgos marinos para mejorar la gestión de recursos oceánicos y costeros.

Al aportar soluciones naturales e innovadoras a los retos mundiales, desde el cambio climático hasta la erradicación de la pobreza, el desarrollo de las ciencias oceánicas es esencial para el equilibrio social, económico y medioambiental del planeta. Este Decenio proporcionará un marco internacional para la mejorar la coordinación y establecer colaboraciones que refuercen la capacidad de investigación en ciencias marinas y la transferencia de tecnología.

El Decenio de las Naciones Unidas para los Océanos (2021-2030) acelerará la aplicación del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 (Vida submarina) para la conservación y el uso sostenible de los océanos, los mares y los recursos marinos. Esto se relaciona con los compromisos a través de la gestión sostenible de los ecosistemas marinos y costeros, la mitigación de impactos ambientales y la promoción del conocimiento científico para la conservación oceánica. En atención a los lineamientos del Decenio de las Ciencias Oceánicas

CONSULTA PÚBLICA

para el Desarrollo Sostenible (2021–2030), se presenta la vinculación del proyecto con los principales objetivos y ejes estratégicos promovidos por esta iniciativa internacional, destacando la correspondencia entre dichos lineamientos y las acciones consideradas en el desarrollo del proyecto como se indica a continuación.

Tabla III 21. Vinculación del proyecto con Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030

Lineamiento del Decenio	Vinculación
Ciencia oceánica para una infraestructura sostenible	Como se describe en el Capítulo II, en la etapa de preparación y construcción se implementarán medidas de mecanismo e infraestructura sostenible en la medida de las posibilidades. Para la etapa de operación el Proyecto en el Capítulo VI considera la realización de estudios ambientales y técnicos que permiten evaluar las condiciones del sistema lagunar, incluyendo aspectos hidrológicos, calidad del agua y biodiversidad, con el fin de sustentar el diseño y operación de la infraestructura.
Protección de ecosistemas costeros y marinos	Como se describe en los Capítulos II y VI, desde la etapa de construcción y durante la operación, se contemplan medidas para prevención, protección y conservación de ecosistemas sensibles como manglares y en el frente marino con quelonios y mamíferos, así como acciones de restauración ecológica y compensación ambiental derivadas del Programa de Vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario para prevenir, reducir y controlar el vertimiento de desechos en el medio marino entre otras estrategias.
Reducción de la contaminación marina	El Proyecto como se describe en los Capítulos II y VI, desde la etapa de construcción y durante la operación, contempla incorporar medidas para el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos, así como acciones para prevenir la contaminación del sistema lagunar a través del Programa de Vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario para prevenir, reducir y controlar el vertimiento de desechos en el medio marino entre otras estrategias.
Resiliencia al cambio climático y adaptación basada en ecosistemas	El Proyecto como se describe en los Capítulos II y VI, desde la etapa de construcción y durante la operación, considera condiciones ambientales y riesgos asociados al cambio climático, promoviendo medidas que contribuyen a la estabilidad del ecosistema y la reducción de impactos a través del Programa de Vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario para prevenir, reducir y controlar el vertimiento de desechos en el medio marino entre otras estrategias.
Ciencia inclusiva y gobernanza oceánica	Como se describe en el Capítulo VI, el Proyecto con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario considera mecanismos de coordinación con autoridades y el cumplimiento de la normatividad ambiental, así como la integración de información técnica y científica en la toma de decisiones en lo cual habrá participación de actores productivos y participación ciudadana.
Cumplimiento de compromisos internacionales	Como se describe es este Capítulo, el Proyecto se alinea con instrumentos internacionales, por ejemplo, el ODS 14, el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Acuerdo de París, mediante la implementación de medidas orientadas a la conservación de ecosistemas marinos y costeros.

III.3.2.7 Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas-Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Organización de las Naciones Unidas, establece un marco global de acción orientado al desarrollo sostenible en sus dimensiones económica, social y ambiental. No se trata de una vinculación jurídica directa (la Agenda 2030 no es un tratado vinculante), sino de una relación programática y de alineación de políticas públicas, ya que México adoptó formalmente la Agenda 2030 y debe

CONSULTA PÚBLICA

orientar sus proyectos estratégicos conforme a sus principios de sostenibilidad. Dentro de sus objetivos, se relaciona con el proyecto con los siguientes:

Tabla III 22. Vinculación del proyecto con la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas-Objetivos de Desarrollo Sostenible

ODS	Vinculación
ODS 8 Trabajo Decente y Crecimiento Económico. Un proyecto portuario de gran escala: • Genera empleo directo e indirecto. • Aumenta actividad económica regional. Impulsa cadenas logísticas y comercio internacional.	La Agenda 2030 exige que el crecimiento sea sostenido, inclusivo y ambientalmente responsable, no únicamente expansivo, y como se expone en el Capítulo VI además de generar mejores niveles de vida a través del empleo, promoverá la participación de sectores sociales y productivos en las distintas etapas.
ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura. El desarrollo portuario: • Fortalece infraestructura logística estratégica. • Incrementa capacidad de comercio exterior. • Mejora conectividad multimodal (marítima-terrestre).	Desde esta perspectiva, el puerto en Cuyutlán puede considerarse alineado con la meta pues como se describe en el Capítulo VI, busca desarrollar infraestructura resiliente y sostenible al impulsar la instalación de infraestructura sostenible, eficiente en recursos y resiliente al cambio climático, lo que obliga a incorporar criterios ambientales y climáticos en su diseño.
ODS 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles. El crecimiento portuario impacta: • Ordenamiento territorial. • Movilidad urbana. • Calidad del aire. • Presión sobre servicios públicos.	En este sentido, el desarrollo del puerto en la laguna de Cuyutlán se articulará con planeación metropolitana sostenible en el área de Manzanillo a través de una actualización del Ordenamiento territorial, al generar mejoras de movilidad periurbana que se traducirán en mejores condiciones de la calidad del aire como describen en el Capítulo VI.
ODS 13 Acción por el Clima. Los puertos: • Son nodos de emisiones de GEI. • Requieren dragados y obras que alteran dinámicas costeras. • Deben adaptarse al aumento del nivel del mar.	En el Capítulo VI se describe que la Promovente promoverá entre sus usuarios integrar un programa de electrificación con eficiencia energética y la adaptación de la infraestructura cuyas obras de dragado y operación no alteren la dinámica lagunar, que además prevengan el escenario del aumento del nivel medio del mar a través de infraestructura resiliente, reducción de emisiones y planeación basada en riesgos climáticos.
ODS 14 Reducir la contaminación marina. Prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades terrestres, incluidos los desechos marinos y la contaminación por nutrientes.	En los Capítulos II y VI se describe que en la etapa de construcción se implementaran acciones para prevenir la contaminación marina a través del manejo de letrinas portátiles por empresas certificadas, y durante la operación, en el Capítulo VI se describe que se contará con la operación de una PATR para el tratamiento de agua de la parte administrativas cuyas aguas serán utilizadas para riego de zonas verdes contando con el cumplimiento de las normas ambientales correspondientes.
Meta 14.2 Gestionar y proteger los ecosistemas marinos y costeros. Gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos significativos, incluso fortaleciendo su resiliencia, y adoptar medidas para su restauración.	Como se describe en el Capítulo VI, a través del Programa de vigilancia ambiental del Proyecto y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se promoverá proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos significativos, incluso fortaleciendo su resiliencia y la adopción de medidas para su restauración,

CONSULTA PÚBLICA

ODS	Vinculación
	protección de manglares y arrecifes, lagunas costeras desde un enfoque de manejo ecosistémico y de restauración ecológica activa.
Meta 14.3 Reducir la acidificación de los océanos. Minimizar y abordar los efectos de la acidificación de los océanos, incluso mediante una mayor cooperación científica a todos los niveles.	Como se describe en el Capítulo VI, a través del Programa de vigilancia ambiental del Proyecto y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se promoverá proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos significativos, incluso fortaleciendo su resiliencia abordando los efectos de la acidificación de los océanos, incluso mediante una mayor cooperación científica a todos los niveles.
Meta 14.5 Conservar áreas marinas y costeras. Conservar al menos el 10% de las zonas costeras y marinas, de conformidad con el derecho nacional e internacional y basándose en la mejor información científica disponible.	Como se describe en el Capítulo VI, a través del Programa de vigilancia ambiental del Proyecto y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se promoverá proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos significativos, incluso fortaleciendo su resiliencia abordando la conservación de al menos el 10% de las zonas costeras y marinas, de conformidad con el derecho nacional e internacional y basándose en la mejor información científica disponible para mantener y mejorar las Áreas Naturales Protegidas marinas, Sitios Ramsar y reservas de la biosfera mediante la promoción del ordenamiento ecológico marino.
Meta 14.b Apoyar a pescadores artesanales. Proporcionar acceso a los pescadores artesanales a los recursos marinos y los mercados.	Como se describe en el Capítulo VI, a través del Programa de vigilancia ambiental del Proyecto y de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario se promoverá proporcionar acceso a los pescadores artesanales a los recursos marinos y los mercados mediante cursos, talleres y distintas capacitaciones que mejoren sus prácticas productivas en la zona.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.2.8 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)[18]

La CMNUCC es el tratado internacional que establece el marco de cooperación global para enfrentar el cambio climático. Su objetivo principal es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero para evitar interferencias peligrosas en el sistema climático y permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente. La Convención tiene por objeto lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. No regula obras específicas como puertos, pero sí establece

[18] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1992) rectificado por México el 11 de marzo de 1993 y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de mayo del 1993.

obligaciones marco (mitigación, adaptación, evaluación ambiental, cooperación) que se traducen directamente en criterios aplicables a proyectos costeros como:

La relación se puede entender a través de los artículos más directamente vinculables y su relación específica con el Proyecto:

Tabla III 23. Vinculación del proyecto con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Artículo	Vinculación
Artículo 2 Objetivo de la Convención. Estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero para evitar interferencias peligrosas en el clima.	Como se describe en el proceso de construcción, Capítulo II, se vigilará que se cumplan con procedimientos y normas para evitar aumentar significativamente emisiones por maquinaria, equipo y dragado y durante la operación impulsar la integración de criterios de descarbonización portuaria que fundamenta la necesidad de evaluar huella de carbono del puerto, diseñar infraestructura compatible con transición energética y mecanismos de operación que disminuyan la emisiones de GEI como se describe en el Capítulo VI.
Artículo 3 Principios de precaución y desarrollo sostenible. Se incluyen responsabilidades comunes pero diferenciadas.	Ante los impactos generados en el Vaso II y zona aledaña por el desarrollo del Proyecto, desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, no se pospondrán la investigación y el desarrollo de medidas ambientales por incertidumbre científica para considerar la vulnerabilidad de este sistema costero lo cual implica evaluación preventiva de impactos climáticos erosión, inundación, aumento del nivel del mar y la sustentabilidad ecológica para lograr un desarrollo sostenible que incluya responsabilidades comunes pero diferenciadas entre los distintos actores.
Artículo 4 Compromisos de las Partes **4.1 (b) Mitigación.** Formular y aplicar programas para reducir emisiones. • Control de emisiones: ○ Operación portuaria ○ Transporte marítimo ○ Energía utilizada en instalaciones **4.1 (d) Conservación de sumideros** • Protección de ecosistemas (manglares, humedales, costas) ○ La laguna es un sistema lagunar con manglares ○ Evitar remoción de manglar ○ Restauración ecológica compensatoria **4.1 (e) Adaptación** • Prepararse para impactos del cambio climático	Ante los impactos generados en el Vaso II y zona aledaña por el desarrollo del Proyecto, desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen estrategias y acciones relacionadas con utilizar nuevas tecnologías con energía alternativa, optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que mitiguen los efectos de cambio climático. Como ya se mencionó también se implementarán medidas de protección y restauración de los distintos ecosistemas del SAR que permitan mitigar los efectos del cambio climático ante distintos eventos hidrometeorológicos, en paralelo con el diseño de obras e infraestructura resiliente. Todo esto sin dejar de lado la investigación y el monitoreo en la zona costera y marina para generar la información que permita identificar riesgos y evaluar

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación

• Diseño del puerto considerando:
  ○ Aumento del nivel del mar
  ○ Tormentas y eventos extremos
  ○ Infraestructura costera resiliente (diques, barreras, soluciones basadas en ecosistemas)
4.1 (f) Evaluación de impactos
• Considerar el cambio climático en políticas y proyectos
  ○ Evaluación de impacto ambiental con componente climático
  ○ Análisis de riesgo climático (no solo impacto ambiental tradicional)
4.1 (i) Investigación y monitoreo
• Promover estudios científicos sobre clima
  ○ Estudios en zonas costeras y oceanográficos
  ○ Modelación de corrientes, sedimentación y clima
	los posibles impactos del cambio climático ante la vulnerabilidad de este sistema costero para lograr un desarrollo sostenible.

Artículo 5 Investigación y observación sistemática. Fortalece el conocimiento climático	Ante los impactos generados en el Vaso II y zona aledaña por el desarrollo del Proyecto, desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI se implementará un monitoreo de variables climáticas en la laguna que lleve a la generación de Sistemas de información para toma de decisiones portuarias durante las actividades del puerto.
Artículo 6 Educación, capacitación y participación pública. Acceso a información y participación social	Desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, prevén actividades de educación, sensibilización, capacitación para trabajadores e integrantes de las comunidades locales (pescadores, salineros, ejidos). procurando la información y participación social.
Artículo 12 Comunicación de información. Reporte de medidas climáticas	Mediante el funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se generará información que México debe reportar como parte de la adopción de medidas ante Impactos del proyecto en emisiones y Medidas de mitigación y adaptación implementadas.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.2.9 Acuerdo de París[19]

El Acuerdo de París se adoptó el 12 de diciembre de 2015 durante la COP21 en París, Francia, El 4 de noviembre de 2016 se publica el decreto en el DOF, momento a partir del cual el Acuerdo adquiere plena vigencia jurídica en el orden interno mexicano, marcando un hito histórico contra el cambio climático, tras ser ratificado por un número suficiente de países (55 partes que representan más del 55% de las emisiones globales). El desarrollo del puerto en la laguna de Cuyutlán se vincula con el Acuerdo de París sobre cambio climático principalmente a través de tres dimensiones: política climática internacional, impacto ambiental de infraestructura portuaria y gobernanza ambiental nacional. Por tanto, existe una conexión normativa y política porque México está obligado a evaluar si sus proyectos de infraestructura son compatibles con sus compromisos climáticos.

El Acuerdo de París sobre cambio climático compromete a los países firmantes, incluido México, a:

Tabla III 24. Vinculación del Proyecto con el Acuerdo de París.

Artículo	Vinculación
Artículo 2 Objetivo del Acuerdo. Limitar el aumento de temperatura y alinear flujos financieros hacia desarrollo bajo en carbono.	En los Capítulos II y VI de esta MIA-R, durante la etapa de construcción y operación, se proponen estrategias y acciones relacionadas con utilizar equipos eficientes y nuevas tecnologías con energía alternativa, optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que mitiguen los efectos del incremento de la temperatura debido a disminuir las emisiones de carbono. Así mismo, en las distintas etapas se propiciará que las actividades de emisiones a la atmósfera y en consecuencia, concentraciones de gases de efecto invernadero sean acordes a las distintas normativas y lineamientos nacionales e internacionales para reducir estas emisiones. Además de promover la investigación y el monitoreo en la zona costera y marina con la operación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario parar que posteriormente justificar el proyecto frente a metas climáticas nacionales (NDC).
Artículo 4 Mitigación. Reducción de emisiones de GEI mediante contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC).	En los Capítulos II y VI de esta MIA-R, durante la etapa de construcción y operación, se proponen estrategias y acciones relacionadas con utilizar equipos eficientes y nuevas tecnologías con energía alternativa, optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que reduzcan las emisiones de GEI. Así mismo, en las distintas etapas se propiciará que las actividades de emisiones a la atmósfera y en consecuencia, concentraciones de GEI sean acordes a las distintas normativas y lineamientos nacionales e internacionales para reducir estas emisiones. Además de

[19] Acuerdo de Paris (2015) publicado en el Diario Oficial de la Federación el 04 de noviembre de 2016.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	promover la investigación y el monitoreo en la zona costera y marina con la operación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario parar que posteriormente justificar el proyecto frente a metas climáticas nacionales (NDC).
Artículo 5 Sumideros y ecosistemas como reservorios. Conservación y aumento de sumideros de carbono (manglares, humedales).	Durante la etapa operación, se proponen estrategias y acciones relacionadas con el manglar en específico en los Vasos III y IV y Estero Palo verde, para que se fortalezcan como sumideros de carbono azul debido a los rellenos, dragado y alteración hidrológica realizada por el Proyecto en el Vaso II. De esta manera se aminora y compensa al daño ambiental al promover la investigación y el monitoreo en el sistema lagunar con la operación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario mediante lo que se pretende garantizar el sistema como unidad hidrológica y con ello potenciar sus servicios ambientales como de describe en los Capítulos IV y VI de esta MIA-R.
Artículo 7 Adaptación. Fortalecer la resiliencia frente al cambio climático.	Desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen estrategias y acciones relacionadas con utilizar nuevas tecnologías con energía alternativa, optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que mitiguen los efectos de cambio climático. También se implementarán medidas de protección y restauración de los distintos ecosistemas del SAR que permitan mitigar los efectos del cambio climático ante distintos eventos hidrometeorológicos, así como el diseño de obras e infraestructura resiliente ante el aumento del nivel del mar, eventos extremos y posibles cambios en dinámica costera. Todo esto con investigación y monitoreo en la zona costera y marina para generar información que permita identificar riesgos y evaluar los posibles impactos del cambio climático para lograr un desarrollo sostenible.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
Artículo 8 Pérdidas y daños. Gestión de impactos irreversibles del cambio climático.	Desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen estrategias y acciones relacionadas con utilizar nuevas tecnologías con energía alternativa, optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que mitiguen los efectos de cambio climático. También se implementarán medidas de protección y restauración de los distintos ecosistemas del SAR que permitan mitigar los efectos del cambio climático ante distintos eventos hidrometeorológicos, así como el diseño de obras e infraestructura resiliente ante el aumento del nivel del mar, eventos extremos y posibles cambios en dinámica costera. Todo esto con investigación y monitoreo en la zona costera y marina para evaluar riesgos de inundaciones, erosión costera, afectación a comunidades y ecosistemas mediante el análisis de riesgo ambiental y social.
Artículo 9 Financiamiento climático. Movilización de recursos para mitigación y adaptación.	Desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen estrategias y acciones relacionadas con utilizar nuevas tecnologías con energía alternativa, optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que mitiguen los efectos de cambio climático. También se implementarán medidas de protección y restauración de los distintos ecosistemas del SAR que permitan mitigar los efectos del cambio climático ante distintos eventos hidrometeorológicos, así como el diseño de obras e infraestructura resiliente ante el aumento del nivel del mar, eventos extremos y posibles cambios en dinámica costera. Todo esto con investigación para la posible aplicación financiamiento verde, bonos climáticos y acceso a fondos internacionales si el puerto integra componentes sostenibles.
Artículo 10 Desarrollo y transferencia de tecnología. Promoción de tecnologías limpias.	Desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen optimizar las maniobras del transporte marítimo e implementar equipos de operación portuaria más eficientes que mitiguen los efectos de cambio climático. También se implementarán medidas de protección y restauración de los distintos ecosistemas del SAR que permitan mitigar los efectos del cambio climático ante distintos eventos hidrometeorológicos, así como el diseño de obras e infraestructura resiliente ante el aumento del nivel del mar, eventos extremos y posibles cambios en dinámica costera. Todo esto con investigación para el posible

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	uso de tecnologías portuarias bajas en carbono, sistemas de eficiencia energética y monitoreo ambiental avanzado.
Artículo 11 Creación de capacidades. Fortalecimiento institucional y técnico.	Desde la etapa de construcción hasta la de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen actividades de capacitación en gestión ambiental, cambio climático, operación portuaria sostenible.
Artículo 13 Transparencia. Monitoreo, reporte y verificación (MRV).	Con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen actividades de monitoreo e investigación para generar información sobre emisiones, impactos, medidas de mitigación/adaptación y la generación de información para reportes técnicos.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.2.10 Compromisos climáticos y ambientales derivados de la COP 27

La 27ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), celebrada en Sharm El-Sheikh, Egipto en 2022, es una reunión que no genera un tratado internacional nuevo que deba ser ratificado por México, pero si declaraciones políticas y actualizaciones de compromisos (NDC). Se centró en la implementación de compromisos climáticos, destacando el acuerdo histórico para crear un fondo de pérdidas y daños para países vulnerables.

De manera directa, el Proyecto tendrá inferencia en el Vaso II donde serán afectados recursos naturales. Pero como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar de Cuyutlán como una unidad hidrológica conformada por sus cuatro Vasos, una vez construido y estando en operaciones el Proyecto, se considera que su biodiversidad y relaciones ecológicas permanecerán funcionales, lo cual incluye al Sitio Ramsar que es parte de los Vasos III, IV y estero Palo Verde. Como se indica en el Capítulo VI, a través de la implementación de distintas acciones y estrategias, incluida la construcción y operación de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), se estarán realizando estudios y monitoreos que lleven a la vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración) para evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad de la cuenca alta del SAR, su parte costera y su frente marino considerando ecosistemas actualmente degradados como las dunas costeras, manglar, mezquital tropical, hidrófila, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, con la participación de los distintos actores sociales (ONGs) y productivos (como pescadores, agricultores, salineros, apicultores) a través de acciones de capacitación, educación y sensibilización que lleven a mejorar sus prácticas de producción para lograr un uso sustentable y sostenible del sistema lagunar de Cuyutlán durante la operación del Proyecto, que lleve a garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, incluso con beneficios socioambientales como lograr la futura existencia de actividades ecoturísticas compatibles todo lo

cual coadyuvará en las acciones que lleven a reducir el 35% de GEI para el 2030 y con ello a minimizar la vulnerabilidad global.

III.3.2.11. Convención de Diversidad Biológica (CDB)[20]

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. La CDB se adoptó el 22 de mayo de 1992 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), conocida como la Cumbre de la Tierra de Río en Río de Janeiro, Brasil. Entró en vigor a nivel internacional el 29 de diciembre de 1993.

El CDB es el instrumento internacional para "la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos", que en la actualidad ha sido ratificado por 196 países. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. La conservación de la diversidad biológica es interés común de toda la humanidad. El Convenio sobre la Diversidad Biológica cubre la diversidad biológica a todos los niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos. También cubre la biotecnología, entre otras cosas, a través del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. Cubre todos los posibles dominios que están directa o indirectamente relacionados con la diversidad biológica y su papel en el desarrollo, desde la ciencia, la política y la educación, a la agricultura, los negocios, la cultura y mucho más.

Tabla III 25. Vinculación del Proyecto con la Convención de Diversidad Biológica

Artículo	Vinculación
Artículo 3 Principio de soberanía y responsabilidad. Los Estados tienen derecho a explotar sus recursos, pero deben evitar daños ambientales a otros Estados o áreas fuera de su jurisdicción.	Con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen actividades de monitoreo e investigación que el Proyecto evite impactos acumulativos en ecosistemas marinos adyacentes y controlar dispersión de contaminantes fuera del SAR.
Artículo 6 Medidas generales de conservación. Integrar la biodiversidad en políticas y planes de desarrollo.	Como se describe en este Capítulo, el Proyecto se alinea con ordenamientos ecológicos al incorporar criterios ecológicos y de desarrollo en su ejecución según las unidades ambientales en las cuales tiene influencia directa.
Artículo 7 Identificación y monitoreo. Identificar componentes importantes de biodiversidad.	Como se describe en el Capítulo II, el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II, sin embargo, en el Capítulo IV se hace un censo de la flora y fauna, con especial atención en la NOM-

[20] Convención de Diversidad Biológica (CDB, 1992) rectificado por México el 11 de marzo de 1993 y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 07 de mayo de 1993.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	059 sobre hábitats críticos y para la etapa de operación con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen actividades de monitoreo continuo durante la ejecución del puerto e investigación para garantizar la viabilidad de su biodiversidad y los servicios ambientales del sistema lagunar y el frente costero.
Artículo 8 Conservación in situ: 8 (d) Protección de ecosistemas 8 (f) Restauración de ecosistemas degradados 8 (k) Regulación de actividades que impacten biodiversidad	Como se describe en el Capítulo II, el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II, sin embargo, en el Capítulo IV se hace un censo de la flora y fauna, con especial atención en la NOM-059 sobre hábitats críticos y para la etapa de operación con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, Capítulo VI, se proponen actividades de monitoreo continuo durante la ejecución del puerto e investigación para garantizar la protección de ecosistemas, la restauración de ecosistemas degradados y la regulación de actividades que impacten biodiversidad y funciones ecosistémicas.
Artículo 9 Conservación ex situ. Conservación fuera del hábitat natural.	Como se describe en el Capítulo II, durante la preparación y construcción el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II en la parte aledaña fuera de su espejo de agua por la construcción obras auxiliares, vialidades y área administrativa, sin embargo, en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, se proponen estudios que lleven a la implementación de distintas actividades de vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración) para evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad de la cuenca alta del SAR, su parte costera y su frente marino considerando ecosistemas actualmente degradados como las dunas costeras, manglar, mezquital tropical, hidrófila, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, con la participación de los distintos actores sociales (ONGs) y productivos para garantizar la protección de ecosistemas, la restauración de ecosistemas degradados y la regulación de actividades que impacten biodiversidad y funciones ecosistémicas.
Artículo 10 Uso sostenible de la biodiversidad. Uso de recursos biológicos sin comprometer su permanencia.	Como se describe en el Capítulo II, durante la preparación y construcción el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II y área colindante fuera de su espejo de agua por la construcción obras auxiliares, vialidades y área administrativa, sin embargo, en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	Centro de Investigación Ambiental Portuario, se proponen estudios que lleven a la implementación de distintas actividades de vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración) para evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad de la cuenca alta del SAR, su parte costera y su frente marino considerando ecosistemas actualmente degradados como las dunas costeras, manglar, mezquital tropical, hidrófila, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, con la participación de los distintos actores sociales (ONGs) y productivos para garantizar la protección de ecosistemas, la restauración de ecosistemas degradados y la regulación de actividades que impacten biodiversidad, funciones ecosistémicas para mantener su resiliencia.
Artículo 11 Incentivos. Promover incentivos para conservación.	Como se describe en el Capítulo II, durante la preparación y construcción el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II y área colindante fuera de su espejo de agua por la construcción obras auxiliares, vialidades y área administrativa, sin embargo, en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, se proponen estudios que lleven a la implementación de distintas actividades de vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración) a través de incentivos para realizar acciones e investigaciones que lleven a evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad del SAR.
Artículo 12 Investigación y capacitación. Desarrollo científico y técnico.	Como se describe en el Capítulo II, durante la preparación y construcción el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II y área colindante fuera de su espejo de agua por la construcción obras auxiliares, vialidades y área administrativa, sin embargo, en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, se proponen estudios científicos y técnicos que lleven a la implementación de distintas actividades de vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración) para evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad del SAR.
Artículo 13 Educación y conciencia pública. Sensibilización ambiental.	Como se describe en el Capítulo II, durante la preparación y construcción el proyecto afectará recursos naturales en el Vaso II y área colindante fuera de su espejo de agua por la construcción obras auxiliares, vialidades y área administrativa,

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	sin embargo, en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, donde se realizarán estudios científicos y técnicos que lleven a la implementación de distintas actividades como educación para la sensibilización ambiental para con la participación ciudadana y evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad del SAR.
Artículo 14 Evaluación de impacto: 14.1 (a) Evaluación de impacto ambiental 14.1 (b) Minimización de impactos adversos	Con este documento se sustenta que el Proyecto se someterá al procedimiento de evaluación ante las autoridades ambientales mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R), donde se verifica su pertinencia y se evalúa que mediante las medidas de mitigación/compensación se prevengan y reviertan los impactos adversos a través del monitoreo y el cumplimiento de las observaciones, para mantener y mejorar la su funcionalidad ecológica a través de la implementación de un Programas de vigilancia ambiental y el funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental portuario.
Artículo 15 Acceso a recursos genéticos. Regulación del uso de recursos biológicos.	El Proyecto no implica acceso ni utilización de recursos genéticos; sin embargo, a través de esta Manifestación de Impacto Ambiental, se identifican los recursos biológicos presentes en el área del proyecto. En el Capítulo VI con la implementación del Programa de vigilancia ambiental y la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario, se estableces medidas para evitar su extracción no autorizada y otras acciones que garantizan que cualquier eventual acceso se sujete al consentimiento previo, a términos mutuamente acordados y a la legislación nacional aplicable, asegurando así el respeto al principio de soberanía del Estado sobre dichos recursos.
Artículo 17 Intercambio de información. Facilitar intercambio de información.	Como se describe en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, donde se realizarán estudios científicos y técnicos que generen y faciliten el intercambio de información entre instituciones de educación, investigación, ONG´s, entre otras, al crear una base de datos de acceso público que lleve al intercambio de la información de manera ágil.
Artículo 18 Cooperación científica. Fomentar cooperación de investigación.	Como se describe en el Capítulo VI, se menciona que desde el inicio de las obras y durante la etapa de operación, con la aplicación del Programa de vigilancia ambiental y del funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario, donde se realizarán estudios científicos y técnicos, pero a su vez

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	será una estación permanente que fomente la realización interinstitucional de investigación con otras pares regionales, nacionales e internacionales para facilitar la generación de información ambiental con incidencia socioecosistémica.

III.3.2.12. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)[21]

La Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre entró en vigor internacional desde 1975; siendo México parte desde 1991. Es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos miembros de la Convención. La CITES regula la exportación, reexportación e importación de especies, así como la introducción procedente del mar de especímenes de animales y plantas enlistadas en alguno de sus tres Apéndices.

En el Capítulo IV de este documento, a través de trabajo de censos en campo se identificaros especies de flora y fauna de las cuales a continuación solo se mencionan unos ejemplos representativos.

Tabla III 26. Ejemplo de especies de fauna presente en SAR en algunas de las categorías del CITES

Nombre científico	CITES
Amazona finschi	Apéndice I
Amazona oratrix	Apéndice I
Ara militaris	Apéndice I
Archilochus alexandri	Apéndice II
Stenella longirostris	Apéndice II
Tursiops truncatus	Apéndice II
Chelonia mydas	Apéndice I
Crocodylus acutus	Apéndice II
Ctenosaura pectinata	Apéndice II
Ctenosaura similis	Apéndice II
Heloderma horridum	Apéndice II
Iguana rhinolopha	Apéndice II
Lampropeltis polyzona	Apéndice II
Lepidochelys olivacea	Apéndice I
Loxocemus bicolor	Apéndice II

CONSULTA PÚBLICA

[21] Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES,1975) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de marzo de 1992.

Tabla III 27. Ejemplo de especies de vegetación presentes en SAR en algunas de las categorías del CITES

Nombre Científico	CITES
Acanthocereus tetragonus	Apéndice II
Euphorbia colletioides	Apéndice II
Euphorbia graminea	Apéndice II
Euphorbia thymifolia	Apéndice II
Euphorbia tresmariae	Apéndice II
Opuntia decumbens	Apéndice II
Opuntia excelsa	Apéndice II
Opuntia ficus-indica	Apéndice II
Opuntia karwinskiana	Apéndice II
Opuntia puberula	Apéndice II
Opuntia velutina	Apéndice II
Opuntia wilcoxii	Apéndice II
Pachycereus pecten-aboriginum	Apéndice II
Pilosocereus alensis	Apéndice II
Pilosocereus purpusii	Apéndice II

CONSULTA PÚBLICA

Es preciso mencionar que el proyecto no se relaciona y evitará en todo momento cualquier aprovechamiento, traslado o comercio ilegal de organismos (vivos, muertos, partes o derivados) incluidos en sus Apéndices (I, II y III). Asimismo, en el Capítulo VI y a través del Programa de vigilancia ambiental se mencionan las estrategias y acciones que se desarrollarán para su manejo de manera incidental respecto a la flora y fauna durante la construcción y operación del proyecto a través del Programa de vigilancia ambiental que incluye actividades de rescate y reubicación de flora y fauna, así como de protección y reforestación de manglar.

Se aplicarán medidas de control, prevención y buenas prácticas ambientales como

- Control de emisiones, dispersión de partículas y de ruido
- Manejo y gestión integral de los residuos generados por el Proyecto tanto urbanos, de manejo especial y los peligrosos.
- Instalación adecuada de sanitarios móviles y su mantenimiento periódico a través de empresas certificadas

- Control de acciones de desmonte y despalme (delimitación de áreas y programación de actividades de acuerdo con programa de obra).
- Mantenimiento Preventivo y Correctivo de maquinaria, equipos y vehículos usados en las etapas de implementación del Proyecto.
- Acciones de señalización preventiva de obras.
- Cumplimiento de fechas establecidas para obras y actividades en el Programa de Obra.
- Sensibilización ambiental dirigida al personal de obra y al operativo.

De igual manera, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario durante la operación del puerto se realizarán estudios a través de monitoreos permanentes de los distintos ambientes del SAR para implementar acciones para el seguimiento y aplicación de las medidas de mitigación, compensación que lleven a la restauración y mantenimiento de sus servicios socioecológicos, lo que desde luego incluye acciones de manejo y ambiental y de supervisión ambiental de la obra lo que permite alinear el desarrollo del proyecto con los objetivos de protección establecidos en la CITES.

III.3.2.13. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención RAMSAR)[22]

La Convención RAMSAR es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

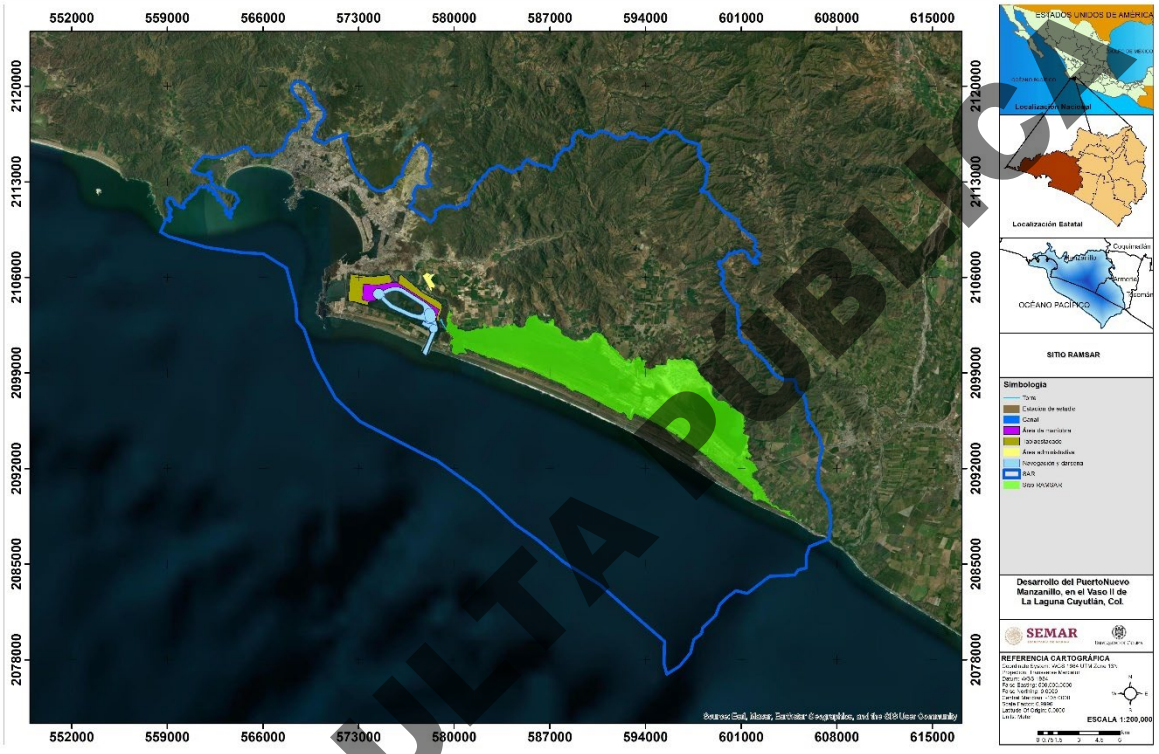
Los humedales son definidos por este Tratado internacional como extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. México, por su parte, determina que estos humedales representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para su conservación y el bienestar de las comunidades humanas, por lo que es necesario la implementación de acciones que aseguren el mantenimiento de sus características ecológicas.

Como resultado del Inventario Nacional de Humedales se determinó que en México existen 6,464 complejos de humedales, que cubren alrededor del cinco por ciento de la superficie del territorio nacional, información fundamental para las políticas públicas vinculadas al manejo sustentable de los distintos sistemas.

[22] Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención RAMSAR, 1971) publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de enero de 1985.

CONSULTA PÚBLICA

Sin embargo, sólo 144 sitios con una superficie de 8,721.911 hectáreas, que han sido asignados como Humedales de Importancia Internacional, figurando en la Lista de Sitios RAMSAR.



Mapa III 6. Cercanía del Proyecto con el sitio RAMSAR

Como se puede observar en el mapa, si bien el proyecto no se ubica dentro del polígono del Sitio RAMSAR “Laguna de Cuyutlán vasos III y IV”, se reconoce que forma parte del mismo sistema lagunar, el cual presenta conectividad hidrológica y ecológica entre sus distintos vasos.

De manera directa, el Proyecto tendrá inferencia en el Vaso II donde serán afectadas 21.87 ha de manglar en las etapas de preparación y construcción. Pero como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar de Cuyutlán como una unidad hidrológica conformada por sus cuatro Vasos y el estero Palo Verde, una vez construido y estando en operaciones el Proyecto, se considera que su biodiversidad y relaciones ecológicas permanecerán funcionales, lo cual incluye al Sitio Ramsar, y como se indica en el Capítulo VI, a través de la implementación de distintas acciones y estrategias, incluida la construcción y operación de un Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), que realizará estudios y monitoreos que lleven a la vigilancia, control e implementación de estrategias (protección, conservación y restauración natural y asistida) para evitar en lo posible alterar o buscar reparar y compensar de manera sostenida la biodiversidad de la cuenca

CONSULTA PÚBLICA

alta del SAR, su parte costera y su frente marino considerando ecosistemas actualmente degradados como manglar, dunas costeras, mezquital tropical, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia, con la participación de los distintos actores sociales (ONGs) y productivos (como pescadores, agricultores, salineros, apicultores) a través de acciones de capacitación, educación y sensibilización que lleven a mejorar sus prácticas de producción para lograr un uso sustentable y sostenible del sistema lagunar de Cuyutlán durante la operación del Proyecto, que lleve a garantizar el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, incluso con beneficios socioambientales.

Se considera la interacción funcional del sistema en su conjunto, con base en los estudios realizados para la caracterización de la unidad hidrológica como se muestra en el Capítulo IV, donde se considera al sistema lagunar y ecosistema de manglar a través de la evaluación, por ejemplo, bajo condiciones de flujo lagunar y aportes de temporada desde su cuenca alta, calidad del agua y dinámica ecológica, a fin de asegurar que no se generarán alteraciones significativas en su estructura y funcionamiento que puedan comprometer las características ecológicas que motivaron su designación.

Asimismo, desde las etapas de preparación del sitio y construcción se contemplan medidas orientadas a la prevención, mitigación y, en su caso, compensación de impactos ambientales, tales como el control de sedimentos, manejo adecuado de residuos, protección del manglar y monitoreo ambiental, con el objetivo de mantener la integridad ecológica del sistema como se retoma en el Capítulo VI.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.2.14. Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales (ESCAZÚ)[23]

El Acuerdo de Escazú es un instrumento vinculante emanado de la Declaración sobre la Aplicación del Principio 10 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible (Río+20) de 2012, que reconoce que el mejor modo de abordar las cuestiones ambientales es con la participación de todas las personas.

Su objetivo es garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible. El Acuerdo se rige bajo los

[23] Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Publica y a la Justicia en Asuntos Ambientales (ESCAZÚ, 2018) publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de abril de 2021.

principios de igualdad y no discriminación, transparencia y rendición de cuentas, no regresión y progresividad, buena fe, preventivo, precautorio, equidad intergeneracional, máxima publicidad, soberanía permanente de los Estados y el principio pro-persona.

Es el primer acuerdo ambiental de la región y el primero en el mundo en contener disposiciones específicas sobre las y los defensores de derechos humanos en asuntos ambientales. Es un tratado internacional del cual México es parte y que impulsa el multilateralismo de la región latinoamericana y caribeña en el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible, el derecho a la salud y a un medio ambiente sano; protege los derechos de todas las personas al acceso a la información, a la participación y a la justicia en temas ambientales, los llamados "derechos de acceso"; establece medidas para facilitar su ejercicio, así como los mecanismos para garantizarlos.

Retoma el contenido del Principio 10 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992 y contribuye a su instrumentación. Asimismo, fortalece en los países miembros la aplicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los principios de la Agenda 21 de las Naciones Unidas, así como los Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales (DESCA).

El Acuerdo también promueve el fortalecimiento de capacidades, la cooperación, la asistencia técnica, la educación y la sensibilización a escala internacional, regional, nacional y local para el ejercicio pleno de los "derechos de acceso" o "derechos de la democracia ambiental". Asimismo, protege y promueve los derechos humanos, a la igualdad y la no discriminación, en especial de las personas y grupos en situación de vulnerabilidad, mejora la rendición de cuentas, la transparencia y la gobernanza ambiental en el quehacer público.

En atención a lo establecido en el Acuerdo de Escazú, se presenta la vinculación del proyecto con los artículos aplicables en materia de acceso a la información ambiental, participación pública y acceso a la justicia en asuntos ambientales.

Tabla III 28. Relación del proyecto con el Acuerdo de Escazú

Artículo	Vinculación
Artículo 4. Establece los principios generales del Acuerdo, incluyendo transparencia, igualdad y no discriminación.	Con la realización de esta MIA-R y el cumplimiento administrativo para su evaluación, el Proyecto se desarrolla bajo criterios de transparencia y cumplimiento de la normatividad ambiental, asegurando que la información generada sea accesible y que el proceso de evaluación se lleve a cabo conforme a los principios de legalidad y equidad.
Artículo 6. Reconoce el derecho de acceso a la información ambiental.	Con información del Proyecto que integra en esta MIA-R, la cual es presentada ante la autoridad competente, quien como parte del proceso pondrá a disposición pública el documento, se garantiza su disponibilidad conforme a los mecanismos establecidos por la legislación aplicable. Asimismo, se establecerá un **Programa de Comunicación de la. Información Ambiental** (con lo sectores económicos afectados) para mostrarles los resultados de todas las medidas de prevención, mitigación, compensación, conservación y restauración que se lleven a cabo por el proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo 7. Establece los mecanismos de participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales.	El Proyecto se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ante la autoridad competente, el cual contempla mecanismos de participación pública, permitiendo la recepción de opiniones y observaciones por parte de la sociedad lo que permitirá la toma de decisiones.
Artículo 8. Garantiza el acceso a la justicia en asuntos ambientales.	El desarrollo del Proyecto se apega a la legislación ambiental vigente, permitiendo que cualquier persona pueda ejercer los medios legales disponibles en caso de inconformidad respecto al mismo.
Artículo 9. Promueve la protección de las personas defensoras de los derechos humanos en asuntos ambientales.	Con el cumplimiento del proceso de evaluación ambiental por parte de la autoridad competente, el Proyecto reconoce la importancia de la participación social y el respeto a los derechos de las personas involucradas en temas ambientales, asegurando el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables en la materia.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.3. Legislación federal aplicable

Derivado de los principios constitucionales previamente señalados, el proyecto se encuentra sujeto al cumplimiento de la legislación federal en materia ambiental, hídrica y marítima, la cual regula las obras y actividades susceptibles de generar impactos sobre los ecosistemas terrestres, lagunares y marino–costeros. En este sentido, la legislación federal establece los mecanismos de prevención, control y mitigación de la contaminación, así como los procedimientos administrativos y autorizaciones necesarias para el desarrollo de infraestructura portuaria y actividades asociadas.

A continuación, se describen los principales ordenamientos legales federales aplicables al proyecto, señalando su vinculación con las actividades previstas durante las etapas de construcción y operación.

III.3.3.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)[24]

Dentro de la presente Ley se contemplan diversos instrumentos de Política Ambiental, entre los que se encuentra la Evaluación en Materia de Impacto Ambiental. Al respecto, el Proyecto se vinculará con las disposiciones relacionadas con la evaluación, así como con otras disposiciones que guardan relación con el mismo.

Tabla III 29. Vinculación con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Artículo	Vinculación con el Proyecto
"**Artículo 28.** La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo, alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría: I.- Obras hidráulicas, **vías generales de comunicación,** oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos; … VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas,"	De conformidad con las fracciones I, VII, IX y X del artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el Proyecto se ubica dentro de los supuestos que requieren autorización previa en materia de impacto ambiental. Lo anterior, en virtud de que contempla el desarrollo de infraestructura asociada a vías generales de comunicación (fracción I), así como la posible afectación derivada de cambios de uso de suelo en áreas con cobertura vegetal (fracción VII), y desarrollo de infraestructura en ecosistemas costeros. Asimismo, resulta aplicable la fracción X, debido a que el Proyecto incluye obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros y zonas federasles, particularmente por las actividades de construcción, dragado y operación portuaria, las cuales pueden incidir en la dinámica ecológica del sistema ambiental regional. En este sentido, el promovente somete el Proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental en su

[24] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 28 de enero de 1988, Última reforma publicada el 11 de abril del 2022.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	modalidad regional ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, mediante la presentación de la presente MIA-R, en la cual se identifican, describen y evalúan los impactos ambientales potenciales, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensaciones correspondientes. Asimismo, el Proyecto se ajusta a lo establecido en dicho artículo al prever la implementación de estrategias ambientales específicos, descritos en el Capítulo VI del presente estudio, con el objetivo de evitar, reducir o compensar los efectos negativos sobre el ambiente y asegurar la conservación de los ecosistemas presentes en el área de influencia.
"**Artículo 30.** Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. …	El Proyecto se ajusta a lo señalado en el artículo en cita, ya que se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, en la que se ha incluido una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo del Proyecto, así como las estrategias ambientales definidas como medidas preventivas, de mitigación, compensación y demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente, a fin de obtener la autorización en materia de impacto ambiental
"**Artículo 121.-** No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población".	Durante el desarrollo del Proyecto no se descargarán aguas residuales. No obstante, es preciso señalar que, en las etapas de preparación de sitio y construcción, se utilizarán sanitarios portátiles para el personal. Este servicio será a cargo de una empresa especializada que será contratada y responsable de su administración, mantenimiento, recolección, así como de la disposición final de las aguas residuales utilizadas para su servicio.
"**Artículo 151.-** La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó".	El Proyecto contempla la implementación de acciones para el manejo integral de los residuos generados durante sus distintas etapas, incluyendo de manera específica los residuos peligrosos, en apego a lo establecido en el artículo 151 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. En este sentido, se establece el Programa de Manejo Integral de Residuos, descrito en el Capítulo VI de la presente MIA-R, el cual contempla la identificación, clasificación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos, conforme a su tipo y características. Particularmente, para el caso de los residuos peligrosos, se prevé la contratación de empresas prestadoras de servicios autorizadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, verificando previamente que cuenten con las

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	autorizaciones vigentes para el manejo, transporte y disposición final de dichos residuos. Asimismo, en congruencia con la descripción del Proyecto contenida en el Capítulo II, se asegura que las actividades generadoras de residuos cuentan con procedimientos específicos de manejo que permiten dar cumplimiento a la normatividad aplicable, garantizando que la responsabilidad del manejo de los residuos peligrosos sea asumida conforme a lo establecido en la legislación vigente.

En cumplimiento a lo señalado en las disposiciones establecidas en esta Ley, el Proyecto mediante la presentación de la MIA-R, en el que se proponen las medidas de prevención, así como de mitigación y compensación para minimizar los impactos ambientales que durante el desarrollo del Proyecto pudieran ocurrir, se somete ante la SEMARNAT, autoridad competente, al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental, con el fin de obtener la autorización correspondiente para su desarrollo y ejecución. A continuación, se describen los principales ordenamientos legales federales aplicables al proyecto, señalando su vinculación con las actividades previstas durante las etapas de construcción y operación.

III.3.3.2. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental[25]

El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de impacto ambiental a nivel federal, motivo por el cual a continuación se vincula con las disposiciones legales del presente Reglamento que se considera guardan relación con el Proyecto.

Tabla III 30. Vinculación con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Artículo	Vinculación con el Proyecto
"**Artículo 5°.** Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental: … A) HIDRÁULICAS	De conformidad con lo establecido en los incisos A), B), O), Q) y R) del artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, el Proyecto se ubica dentro de los

[25]Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 30 de mayo de 2000, Última reforma publicada el 31 de octubre del 2014.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
fracción III: **Proyectos de construcción de muelles, canales**, escolleras, espigones, bordos, **dársenas**, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, con excepción de los bordos de represamiento de agua con fines de abrevadero para el ganado, autoconsumo y riego local que no rebase 100 hectáreas. fracción VI: Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales, fracción VII: Depósito o relleno con materiales para ganar terreno al mar o a otros cuerpos de aguas nacionales; fracción X: Obras de dragado de cuerpos de agua nacionales; fracción XIII: Apertura de zonas de tiro en cuerpos de aguas nacionales para desechar producto de dragado o cualquier otro material, B) VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN: **Construcción de** carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; **puertos, vías férreas**, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones **que afecten** áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, **ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales**, O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS fracción I: **Cambio de uso del suelo para actividades** agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, **de vías generales de comunicación** o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, Q) DESARROLLOS INMOBILIARIOS QUE AFECTEN LOS ECOSISTEMAS COSTEROS: **Construcción y operación de** hoteles, condominios, villas, desarrollos habitacionales y urbanos, restaurantes, instalaciones de comercio y servicios en general, marinas, **muelles**, rompeolas, campos de golf, infraestructura turística o urbana, **vías generales de comunicación**, obras de restitución o recuperación de playas, o arrecifes artificiales, **que afecte ecosistemas costeros**,	supuestos que requieren autorización previa en materia de impacto ambiental. En este sentido, el promovente al someter el Proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental en su modalidad regional ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, mediante la presentación de la presente MIA-R, a fin de obtener la autorización correspondiente para su desarrollo y ejecución, es como vincula con lo dispuesto por el ordenamiento aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
R) OBRAS Y ACTIVIDADES EN HUMEDALES, MANGLARES, LAGUNAS, RÍOS, LAGOS Y ESTEROS CONECTADOS CON EL MAR, ASÍ COMO EN SUS LITORALES O ZONAS FEDERALES fracción I: Cualquier tipo de obra civil,	
"**Artículo 11.-** Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de: I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, Proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, Proyectos que alteren las cuencas hidrológicas; II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento; III. Un conjunto de Proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas. En los demás casos, la manifestación deberá presentarse en la modalidad particular.	El Proyecto se ajusta a lo establecido en la fracción **IV** del artículo 11 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, toda vez que, aun cuando corresponde a una sola obra, su desarrollo implica la interacción con diversos componentes ambientales a escala regional. Lo anterior se debe a que el Proyecto se ubica en un sistema ambiental costero-lagunar, en el cual las actividades previstas como la construcción de infraestructura portuaria, dragado, modificación de zonas marinas y lagunares, así como la operación del puerto pueden generar impactos acumulativos, sinérgicos y residuales sobre los ecosistemas presentes, incluyendo alteraciones en la hidrodinámica, calidad del agua, hábitats y biodiversidad. En este sentido, la evaluación del Proyecto en modalidad regional permite analizar de manera integral la interacción de los impactos en el Sistema Ambiental Regional, así como establecer medidas de prevención, mitigación y compensación acordes con la magnitud y alcance de dichos efectos. Por lo anterior, el Proyecto se somete a evaluación en su modalidad regional ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en cumplimiento de la normatividad aplicable.
"**Artículo 13**.- La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información: I. Datos generales del Proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental; II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo; III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables; IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región; V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;	La presente MIA-R, contiene la información que se lista en las fracciones I a VIII, la cual comprende el análisis técnico, jurídico y ambiental realizado a todos los elementos ambientales e instrumentos legales aplicables, mismos que permitieron determinar los impactos ambientales, significativos y potenciales que generarán sus obras y actividades, además para definir las medidas que evitaran o atenuaran los mismos dentro del marco de evaluación de impacto ambiental. Con lo anterior, se pretende que la autoridad cuente con los elementos suficientes para evaluar el Proyecto y otorgar la autorización en materia de impacto ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional; VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental."	
"**Artículo 44.-** Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar: I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación; II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente".	La presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional (MIA-R) cumple con lo establecido en el artículo 44 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, toda vez que se han considerado de manera integral los posibles efectos del Proyecto sobre los ecosistemas presentes en el área de influencia, evaluando el conjunto de sus componentes bióticos y abióticos. Asimismo, se ha contemplado la utilización de los recursos naturales bajo criterios que permiten mantener la integridad funcional y la capacidad de carga de los ecosistemas, en congruencia con los principios de desarrollo sustentable. De igual manera, se incluye la implementación de medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación ambiental, descritas en el Capítulo VI del presente estudio, con el objetivo de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Adicionalmente, se considerarán aquellas medidas que, en su caso, determine la autoridad ambiental durante el proceso de evaluación. Con lo anterior, se pretende que la autoridad cuente con los elementos suficientes para evaluar el Proyecto y, en su caso, otorgar la autorización en materia de impacto ambiental.
"Artículo 47.- La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate, deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables."	Una vez autorizado en materia de impacto ambiental, el Proyecto se sujetará a lo dispuesto en su resolución, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.3.3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)[26]

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho a toda persona a medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como el establecimiento de diversas bases. A continuación, se vinculan sus disposiciones con aquellas que resulten aplicables al Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 31. Vinculación con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Artículo	Vinculación con el Proyecto
"**Artículo 16.** La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo".	Durante las diferentes etapas del Proyecto se generarán residuos, los cuales serán identificados y clasificados conforme a lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005, que define las características, el procedimiento de identificación y los listados de los residuos peligrosos, en apego a lo dispuesto en el artículo 16 de la legislación aplicable. En congruencia con la descripción de las actividades del Proyecto contenida en el Capítulo II de la presente MIA-R, se prevé la generación de diversos tipos de residuos, incluyendo aquellos con características de peligrosidad, los cuales serán manejados conforme a su clasificación. Para tal efecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual establecerá los procedimientos para la identificación, clasificación, almacenamiento temporal, manejo, transporte y disposición final de los residuos peligrosos, garantizando el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Asimismo, dicho programa contempla mecanismos de control y seguimiento que permiten asegurar que la gestión de los residuos sea consistente con sus características de peligrosidad, evitando riesgos al ambiente y a la salud, en apego a los criterios establecidos en las normas oficiales mexicanas aplicables.

[26] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 08 de octubre de 2003, Última reforma publicada el 18 de enero del 2021.

Artículo	Vinculación con el Proyecto
"Artículo 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: …"	Para el desarrollo del Proyecto se contempla la implementación de acciones para el manejo integral de los residuos, incluyendo a los residuos peligrosos. El alcance de estas medidas ha quedado descrito en el Capítulo VI de la presente MIA-R, en el que también se ha considerado a los residuos de manejo especial y sólidos urbanos a fin de dar cumplimiento a los preceptos legales aplicables.
"**Artículo 40.** Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven. En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de este ordenamiento, en lo que resulten aplicables."	Durante la ejecución del Proyecto se generarán residuos peligrosos, los cuales serán manejados conforme a lo establecido en la presente Ley, su Reglamento, la NOM-052-SEMARNAT-2005 y demás disposiciones aplicables. Para tal efecto, se implementará un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual contemplará, entre otras acciones, la identificación y clasificación de los residuos peligrosos conforme a sus características, su almacenamiento temporal en sitios adecuados y señalizados, el manejo diferenciado, así como su recolección, transporte y disposición final a través de empresas autorizadas. Adicionalmente, se consideran medidas específicas tales como el uso de contenedores adecuados y etiquetados, la implementación de bitácoras de control, la capacitación del personal en el manejo de residuos peligrosos y la prevención de derrames o fugas, con el fin de evitar riesgos al ambiente y a la salud.
"**Artículo 41.** Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley".	En congruencia con las disposiciones de esta ley, el manejo de los residuos peligrosos generados se hará de forma adecuada y segura, durante las diferentes etapas del Proyecto, así mismo se implementarán acciones y medidas ambiental para el adecuado Manejo Integral de Residuos, que forma parte de la presente MIA-R. Cabe señalar que, se contratará una empresa prestadora de servicios de recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos que se encuentre debidamente autorizada por las autoridades competentes. Así, las acciones ambientales que se implemente se llevarán acorde a la normatividad aplicable, dando así cumplimiento a las disposiciones en cita.
"**Artículo 42.** Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador. Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo,	

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo."	
"**Artículo 54**. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo."	En cuanto al Programa de Manejo Integral de Residuos que se desarrollará, se identificarán, clasificarán y evitará la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales con el fin de evitar su contaminación o reacción química que pueda provocar efectos en la salud el ambiente o los recursos naturales. Para ello se dará cabal cumplimiento a lo establecido en la NOM-054-SEMARNAT-1993 Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

III.3.3.4. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)[27]

El presente ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En observancia del presente Reglamento se vincula el Proyecto con las siguientes disposiciones.

Tabla III 32. Vinculación con el Reglamento de la LGPGIR.

Artículo	Vinculación
Artículo 16. Los planes de manejo para residuos se podrán establecer en una o más de las siguientes modalidades: I. Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos, podrán ser: a) Privados, los instrumentados por los particulares que conforme a la Ley se encuentran obligados a la elaboración, formulación e implementación de un plan de manejo de residuos […]. II. Considerando la posibilidad de asociación de los sujetos obligados a su formulación y ejecución, podrán ser: a) Individuales, aquellos en los cuales sólo un sujeto obligado establece en un único plan, el manejo integral que dará a uno, varios o todos los residuos que genere, […].	De conformidad con el artículo 16 de la legislación aplicable, los planes de manejo de residuos constituyen instrumentos específicos que deben ser elaborados por los sujetos obligados, en función del tipo y volumen de residuos generados, particularmente en el caso de residuos peligrosos o de manejo especial, cuando así lo establezca la normatividad correspondiente. En este sentido, y con base en las características del Proyecto descritas en el Capítulo II de la presente MIA-R, se identificará si el promovente se ubica en los supuestos de generación que obliguen a la formulación de un Plan de Manejo conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y

[27] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 30 de noviembre de 2006, Última reforma publicada el 31 de octubre del 2014.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	su Reglamento, particularmente en lo relativo a residuos de manejo especial. Independientemente de lo anterior, como parte de las medidas ambientales del Proyecto, se desarrollará un Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual tendrá un carácter operativo y estará orientado a asegurar la adecuada gestión de los residuos generados durante las distintas etapas del Proyecto, incluyendo su identificación, clasificación, almacenamiento, transporte y disposición final, conforme a la normatividad aplicable, incluida la NOM-052-SEMARNAT-2005.
Artículo 42. Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos son: IV. Pequeño Generador: el establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de entre cuatrocientos kilogramos hasta 10 toneladas de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida.	Las empresas constructoras que lleven a cabo las actividades de preparación del sitio y construcción se registrarán como Pequeños Generadores, toda vez que los residuos generados durante el desarrollo de las diferentes etapas del Proyecto, será en cantidades entre 400 kg y 10 ton.
Artículo 43. Las personas que conforme a la Ley estén obligadas a registrarse ante la Secretaría como generadores de residuos peligrosos se sujetarán al siguiente procedimiento: … En caso de que para el interesado no fuere posible anexar electrónicamente los documentos señalados en la fracción II del presente artículo, podrá enviarla a la dirección electrónica que para tal efecto se habilite o presentará copia de los mismos, en las oficinas de la Secretaría y realizará la incorporación de la información señalada en la fracción I directamente en la Dependencia.	Las empresas constructoras se registrarán ante la Secretaría como pequeños generadores de residuos peligrosos, conforme a la clasificación establecida en este reglamento y bajo el procedimiento establecido. La ASIPONA durante la operación se registrará como Pequeño Generador también, con base en el registro actual que se posee del actual Puerto de Manzanillo. Con lo anterior se da cumplimiento a lo establecido en este precepto.
Artículo 83. El almacenamiento de residuos peligrosos por parte de microgeneradores se realizará de acuerdo con lo siguiente: I. En recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios; II. En lugares que eviten la transferencia de contaminantes al ambiente y garantice la seguridad de las personas de tal manera que se prevengan fugas o derrames que puedan contaminar el suelo, y III. Se sujetará a lo previsto en las normas oficiales mexicanas que establezcan previsiones específicas para la microgeneración de residuos peligrosos.	La empresa constructora cumplirá con el almacenamiento de los residuos peligrosos que se generen en las etapas de preparación y construcción del Proyecto como se indica en el Capítulo II, estos serán separados y dispuestos en contenedores previamente etiquetados de acuerdo con su naturaleza. Con lo anterior se evitarán fugas, derrames que contaminen el suelo, garantizando así la seguridad de las personas, los trabajadores y los recursos naturales presentes en el ecosistema. Durante la etapa de operación en el área administrativa se tendrá su almacén temporal de residuos peligrosos, y también habrá un Programa de Manejo Integral de Residuos.
Artículo 84. Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, deben ser remitidos al almacén donde no podrán permanecer por un periodo mayor a seis meses. No se tiene contemplado el almacenamiento por periodos mayores a 6 meses, sin embargo, en caso de requerirlo, la empresa	Las empresas constructoras cumplirán con el almacenamiento de los residuos peligrosos que se generen en las etapas de preparación y construcción del Proyecto como se indica en el Capítulo II, estos serán separados y dispuestos en contenedores previamente etiquetados de acuerdo con su naturaleza. Con lo

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
constructora o el promovente tramitarán la prórroga a que se refiere el artículo 65 del presente ordenamiento, en tiempo y forma.	anterior se evitarán fugas, derrames que contaminen el suelo, garantizando así la seguridad de las personas, los trabajadores y los recursos naturales presentes en el ecosistema. No se tiene contemplado el almacenamiento por periodos mayores a 6 meses, sin embargo, en caso de requerirlo, la empresa constructora o el promovente tramitarán la prórroga a que se refiere el artículo 65 del presente ordenamiento, en tiempo y forma. Durante la etapa de operación, los residuos peligrosos generados por ASIPONA serán depositados en un almacén temporal de residuos peligrosos, ubicado en el área administrativa.

III.3.3.5. Ley de Aguas Nacionales[28]

Esta ley regula la explotación, uso, aprovechamiento y preservación de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, así como la prevención y control de su contaminación. Dicha legislación establece las bases para la protección de cuerpos de agua superficiales, zonas marinas y sistemas lagunares que formen parte del dominio público de la Nación, así como los mecanismos de control aplicables a descargas y vertimientos.

Entre sus principales mandatos sobresalen:

1. Administración del Agua: La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es la autoridad encargada de administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.

2. Concesiones y Permisos: Para el uso de aguas nacionales, se requiere una concesión o asignación emitida por la CONAGUA. Los permisos pueden ser para uso agrícola, industrial, público urbano, o generación de energía, entre otros.

3. Protección y Conservación: Promueve la protección de las cuencas hidrológicas y establece medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua.

4. Derechos y Obligaciones: Establece los derechos de los usuarios del agua y sus obligaciones en términos de calidad y uso eficiente del recurso.

5. Sanciones y Multas: Determina sanciones administrativas para quienes incumplan con las disposiciones de la Ley, incluyendo la contaminación de cuerpos de agua o la extracción ilegal.

[28] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 01 de diciembre de 1992, Última reforma el 11 de diciembre de 2025.

CONSULTA PÚBLICA

6. Participación Social: Fomenta la participación de la sociedad y los organismos de cuenca en la gestión y conservación del agua.

7. Zonas de Veda y Reservas de Agua: La ley permite declarar zonas de veda o reservas de agua para proteger ecosistemas o asegurar el abastecimiento de agua en el futuro.

En particular, el **Artículo 86 BIS 2** establece disposiciones relativas a la prevención y control de la contaminación de las aguas nacionales, señalando la obligación de evitar la descarga de contaminantes que puedan afectar la calidad del agua y los ecosistemas asociados.

Vinculación

En este contexto, el proyecto se vincula con esta disposición en lo relativo al manejo de aguas residuales, que durante la preparación y construcción del proyecto estarán a cargo de la empresa constructora que como se indica en el Capítulo II, que deberán cumplir con los lineamientos ambientales en el manejo de letrinas portátiles. Durante el proceso de dragado e hincado de tablaestacado, los contratistas cumplirán con las normas ambientales que rigen su operación (Capítulo II). Por su parte, la promovente en esta etapa y durante la operación del proyecto, establecerá distintos estrategias articuladas con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), como se indica en el Capítulo VI para monitorear, estudiar e implementar medidas de prevención, mitigación y compensación para asegurar la calidad del agua, su circulación y con ello la permanencia de la conectividad ecológica y calidad ambiental del SAR para que el proyecto sea sustentable, lo que se enmarca dentro del Programa de vigilancia ambiental que incluye medidas orientadas a prevenir la alteración de la calidad del agua del sistema costero en las zonas marinas adyacentes. Por otra parte, el área administrativa contará con un pozo de extracción y una PTAR que serán operados bajo normas ambientales cuyas aguas serán destinadas a riego de áreas verdes. Además, en este Capítulo se refiere el cumplimiento incluso de tratados internacionales que impliquen vertimiento, disposición de materiales o interacción con cuerpos de agua deberá apegarse a las autorizaciones y lineamientos establecidos por la autoridad competente, garantizando el cumplimiento de los límites máximos permisibles y la protección de los ecosistemas acuáticos. Respecto a los escurrimientos y posibles descargas asociadas a la operación portuaria, las futuras empresas operativas contarán con su programa debidamente autorizado por la autoridad ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.3.6. Ley General de Bienes Nacionales[29]

Esta Ley tiene como objetivo regular la administración, uso, conservación y disposición de los bienes nacionales. Estos bienes incluyen aquellos que pertenecen a la nación, como propiedades federales, recursos naturales y espacios públicos. Se relaciona de manera directa con la construcción de un puerto en la Laguna

[29] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 20 de mayo de 2004, Última reforma el 14 de noviembre de 2025.

de Cuyutlán, porque regula qué bienes son federales, cómo pueden usarse y bajo qué figuras jurídicas se pueden ocupar o concesionar.

Refiere que una laguna, zonas inundables, vasos lagunares y conexiones al mar son Aguas nacionales y Bienes de uso común como también lo son la Zona federal marítimo terrestre (ZOFEMAT) y las Playas y cuerpos lagunares, lo cual implica que no pueden privatizarse directamente, por lo que el proyecto portuario solo puede desarrollarse mediante: Concesiones y/o Asignaciones federales.

El puerto no adquiere la propiedad del espacio lagunar, solo obtiene un derecho de uso condicionado, lo cual implica que **c**ualquier infraestructura (muelles, escolleras, dragados) deben respetar el carácter público del bien y esto puede ser revertido si se incumplen condiciones.

En este sentido aborda sobre concesiones, permisos y autorizaciones que regulan, en este caso, un desarrollo portuario a través del otorgamiento de una concesión sobre un bien un nacional para un uso, aprovechamiento y explotación, para lo cual deberán existir permisos, por ejemplo, para dragado, relleno y construcción de infraestructura.

En su Artículo 7 señala que son bienes de uso común, en su Fracción V señala la zona federal marítimo terrestre.

En su artículo 8 establece que todos los habitantes de la República pueden usar los bienes de uso común, sin más restricciones que las establecidas por las leyes y sus reglamentos administrativos. Para aprovechamientos especiales sobre los bienes de uso común, se requiere concesión, autorización o permiso otorgados con las condiciones y requisitos que establezcan las leyes.

En su Artículo 9 menciona que los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación estarán exclusivamente bajo jurisdicción de los poderes federales, en los términos prescitos por la ley.

Vinculación

Esta ley se vincula con el proyecto dentro del espejo de agua del recinto portuario concesionado por el Gobierno Federal a la ASIPONA Manzanillo. La laguna de Cuyutlán es un bien nacional de uso común, el puerto será un uso concesionado no propiedad, las obras serán bajo intervención regulada sobre dominio público y el proyecto está condicionado jurídica y ambientalmente.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.3.7. Ley de navegación y comercio marítimos[30]

La Ley de Navegación y Comercio Marítimos es una legislación que regula las actividades relacionadas con la navegación, el comercio marítimo, las embarcaciones, la seguridad en el mar, y las operaciones

[30] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 01 de junio de 2006, Última reforma el 14 de noviembre de 2025.

portuarias. Su propósito es establecer un marco jurídico para el desarrollo y control de las actividades marítimas, protegiendo los intereses nacionales, garantizando la seguridad marítima y promoviendo el desarrollo del comercio exterior.

Tabla III 33. Vinculación del proyecto con el marco jurídico con la Ley de navegación y comercio marítimo

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Define conceptos clave como: • Dragado: actividad esencial para puertos • Protección marítima y portuaria • Contaminación marina	No regula directamente la construcción, sino que establece el marco conceptual, técnico y operativo de todas las actividades que justifican, estructuran y regulan su existencia. Da sustento a la funcionalidad del puerto, las actividades económicas y las obras marítimas (dragado, infraestructura). Para esto en el Capítulo II se definen desde el proceso constructivo, las características para que el puerto sea confiable y seguro para la navegación. Brinda el marco que regula impactos y operación futura relacionados con la contaminación marina, la protección marítima y portuaria, lo que queda sujeto a regulación federal en operación, lo cual en el Capítulo VI de esta MIA-R es descrito.
Artículo 7. La Autoridad Marítima Nacional la ejerce el Ejecutivo Federal a través de la Secretaría, para el ejercicio de la soberanía, protección y seguridad marítima y portuaria, así como el mantenimiento del estado de derecho en las zonas marinas mexicanas, costas, puertos, recintos portuarios, terminales, marinas e instalaciones portuarias nacionales, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias.	Establece la rectoría del Estado sobre el espacio marítimo y las actividades portuarias. El puerto de Cuyutlán se ubica en zona federal marítima y lagunar, involucra navegación y tráfico marítimo, por lo tanto, su construcción no puede realizarse sin la intervención de la Federación. Implica que cualquier infraestructura portuaria debe garantizar rutas seguras de navegación al contar con: Señalización marítima, Canales adecuados y Control de tráfico. Esto impacta directamente el diseño del puerto en cuanto a dragados, profundidades y geometría del canal de acceso. Implica que la autoridad marítima puede inspeccionar obras, verificar cumplimiento técnico y regular operaciones futuras, es decir, no solo aplica en operación, sino desde la fase de planeación y construcción. Para esto en el Capítulo II se definen desde el proceso constructivo, las características para que el puerto sea confiable y seguro para la navegación. Incluye la prevención de la contaminación, pues menciona que el puerto debe controlar descargas, manejar residuos de embarcaciones y evitar afectaciones al sistema lagunar, como se menciona a través del Programa de vigilancia ambiental y las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que se describen en el Capítulo VI. También se relaciona con normas a través de la OMI o MARPOL descritas en este Capítulo.
Artículo 8. Dispone, en términos generales, que: • La autoridad marítima (principalmente la Secretaría de Marina) ejerce sus atribuciones directamente o a	Establece el mecanismo institucional mediante el cual la autoridad marítima ejerce sus funciones de control, inspección y coordinación, por lo que la construcción del puerto en la Laguna

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
través de unidades administrativas (capitanías de puerto) • Puede coordinarse con otras dependencias • Ejecuta funciones de control, vigilancia e inspección en materia marítima En esencia, define el mecanismo institucional mediante el cual se aplica la ley.	de Cuyutlán debe sujetarse a la supervisión directa de dichas autoridades, así como a la coordinación interinstitucional necesaria para garantizar el cumplimiento normativo y la viabilidad operativa del proyecto. Para esto en el Capítulo II se definen desde el proceso constructivo, las características para que el puerto sea confiable y seguro para la navegación. Se vincula con la construcción del puerto ya que puede intervenir como autoridad marítima en campo en labores de supervisión técnica en sitio, control de obras en zona acuática y validación de condiciones de navegación. También porque puede ejercer coordinación interinstitucional ya que la construcción del puerto involucra múltiples dependencias, como autoridades ambientales a través de actividades de inspección y vigilancia para verificar cumplimiento normativo y emitir medidas correctivas, lo cual es abordado en el Capítulo VI de esta MIA-R donde se mencionan distintas estrategias para el cumplimiento de normativas ambientales.
Artículo 38. Establece en términos generales, que la autoridad marítima regula las zonas de navegación y maniobras. Puede establecer restricciones, señalización y control del tráfico marítimo y garantiza condiciones de seguridad en áreas donde operan embarcaciones o se realizan obras, es decir, regula cómo se ordena y protege la navegación en espacios marítimos intervenidos.	Delimita zonas de obra y navegación durante la construcción de un puerto como áreas de dragado, zonas de construcción de muelles y canales, así como de tránsito de embarcaciones de obra. Establece que estas zonas deben ser delimitadas oficialmente, contar con restricciones a la navegación, estar bajo control de la autoridad marítima por lo que exige instalación de boyas, balizas y señales marítimas, avisos a los navegantes e identificación de obstáculos o zonas peligrosas. Permite a la autoridad Control de embarcaciones de apoyo, restricción a pesca o navegación local en áreas de obra y la coordinación con capitanía de puerto. Una vez construido, vigila que el puerto mantenga canales de navegación seguros, zonas de maniobra definidas y control permanente del tráfico marítimo, lo que será vigilado por la Promovente a través de Autoridad portuaria.
Artículo 42. Establece la posibilidad y, en su caso, obligatoriedad del uso de servicios especializados como el pilotaje para la realización de maniobras en zonas de navegación compleja, por lo que la construcción y operación que un puerto debe considerar infraestructura y condiciones que permitan dichas maniobras asistidas, garantizando seguridad operativa y reduciendo riesgos ambientales asociados a la navegación.	Aunque en su esencia es una norma operativa, evita impactos por maniobras inadecuadas cuyos efectos ambientales son claros pues disminuye probabilidad de contaminación accidental, reduce daños distintos hábitats ya que, en el sistema de la Laguna de Cuyutlán, esto es crítico por los ecosistemas lagunares y manglares existentes y la dinámica sedimentaria dependiente de alteraciones de su hidrodinámica. En el Capítulo VI de esta MIA-R en el Programa de vigilancia ambiental se describen acciones y procedimientos para la prevención de contaminación y alteraciones hidrodinámicas para evitar afectaciones al sistema lagunar, a lo que se le dará seguimiento a través de las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que se describen en el

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	Capítulo VI. También se relaciona con normas como MARPOL y de la OMI descritas en este Capítulo.

La Ley de Navegación y Comercio Marítimos se vinculan de manera integral al establecer, de forma escalonada, el marco conceptual, la competencia estatal, los mecanismos de aplicación, la organización del espacio marítimo y la ejecución segura de las maniobras, constituyendo un sistema normativo que regula de manera completa las actividades marítimas y portuarias, como las asociadas al desarrollo del puerto en la Laguna de Cuyutlán.

III.3.3.8 Ley de Puertos[31]

Esta Ley establece el marco jurídico para la planeación, construcción, uso, aprovechamiento, administración y operación de los puertos y terminales portuarias en territorio nacional, así como para la regulación de los servicios portuarios y las actividades que en ellos se desarrollan. Esta legislación define las bases bajo las cuales se autoriza el desarrollo y ampliación de infraestructura portuaria, garantizando que dichas actividades se realicen en apego a las disposiciones legales aplicables, incluyendo aquellas de carácter ambiental.

Para este proyecto portuario, resulta aplicable en lo relativo a la autorización, construcción y operación de nuevas áreas, instalaciones y servicios asociados al puerto, así como en la coordinación con las autoridades competentes para asegurar el cumplimiento de las disposiciones ambientales, de seguridad y de protección al medio marino.

Tabla III 34. Vinculación del Proyecto con la Ley de Puertos

Artículo	Vinculación
Artículo 3. Todo lo relacionado con la administración, operación y servicios portuarios, así como con las demás actividades conexas a estos, estará sujeto a la competencia de los poderes federales. Corresponderá a los tribunales federales conocer de las controversias que se susciten con motivo de la aplicación de esta ley y de la administración y operación portuaria, sin perjuicio de que, en los términos de las disposiciones legales aplicables, las partes se sometan al procedimiento arbitral.	Las obras y actividades propuestas se ajustan con lo establecido en el Artículo en cita, por ello, en cuanto hace a la materia de evaluación de impacto ambiental, el Proyecto se sujeta a la evaluación y autorización de la SEMARNAT en apego a lo señalado en la LGEEPA y su reglamento en materia de evaluación en impacto ambiental.
Artículo 7. La Secretaría de Bienestar y la Secretaría, a propuesta de esta última, delimitarán y determinarán, mediante acuerdo conjunto, aquellos bienes del dominio público de la federación que constituirán los recintos portuarios de los puertos, terminales y	La construcción del puerto en la Laguna de Cuyutlán es directa en términos de planeación, autorización y desarrollo del sistema portuario nacional, ya que este artículo regula quién puede promover, construir y operar puertos y bajo

[31] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 19 de julio de 1993, Última reforma el 07 de diciembre de 2020.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
marinas. Dicho acuerdo deberá publicarse en el Diario Oficial de la Federación, dentro de los treinta días siguientes a la propuesta de la Secretaría debidamente requisitada en los términos del reglamento aplicable.	qué esquema institucional. Para tal efecto la Promovente realizará las gestiones pertinentes parar esta autorización.
Artículo 9. Los puertos y terminales se clasifican: I. Por su navegación en: a) De altura, cuando atiendan embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales e internacionales, y b) De cabotaje, cuando sólo atiendan embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales. II. Por sus instalaciones y servicios, enunciativamente, en: a) Comerciales, cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de mercancías o de pasajeros en tráfico marítimo; b) Industriales, cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de bienes relacionados con industrias establecidas en la zona del puerto o terminal; c) Pesqueros, cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de embarcaciones y productos específicos de la captura y del proceso de la industria pesquera, y d) Turísticos, cuando se dediquen, preponderantemente, a la actividad de cruceros turísticos y marinas.	Las obras y actividades del Proyecto encuadran en las categorías de altura, comercial y pública de al cuerdo al Programa Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP), de acuerdo con lo establecido en este precepto legal.
Artículo 10. Las terminales, marinas e instalaciones portuarias se clasifican por su uso en: I. Públicas, cuando se trate de terminales de contenedores y carga general o exista obligación de ponerlas a disposición de cualquier solicitante, y II. Particulares, cuando el titular las destine para sus propios fines, y a los de terceros mediante contrato, siempre y cuando los servicios y la carga de que se trate sean de naturaleza similar a los autorizados originalmente para la terminal.	
Artículo 14. En los puertos, terminales y marinas, tendrán carácter de bienes de dominio público de la Federación: I. Los terrenos y aguas que formen parte de los recintos portuarios, y II. Las obras e instalaciones adquiridas o construidas por el gobierno federal cuando se encuentren dentro de los recintos portuarios.	En apego a lo señalado en este artículo, el Proyecto tiene el carácter de bien de dominio público, toda vez que forma parte de la ASIPONA de Manzanillo.
Artículo 20. Para la explotación, uso y aprovechamiento de bienes del dominio público en los puertos, terminales y marinas, así como para la construcción de obras en los mismos y para la prestación de servicios portuarios, sólo se requerirá de concesión, permiso o autorización que otorgue la Secretaría conforme a lo siguiente: I. Concesiones para la administración portuaria integral; II. Fuera de las áreas concesionadas a una administración portuaria integral;	En observancia a lo establecido en el Artículo en cita, ya se cuenta con el título de concesión, en el ámbito de su competencia, le corresponderá otorgar otras concesiones, permisos y autorizaciones a los futuros operadores portuarios.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
a) Concesiones sobre bienes de dominio público que, además, incluirán la construcción, operación y explotación de terminales, marinas e instalaciones portuarias, y b) Permisos para prestar servicios portuarios. III. Autorizaciones para obras marítimas o dragado. Para construir y usar embarcaderos, atracaderos, botaderos y demás similares en las vías generales de comunicación por agua, fuera de puertos, terminales y marinas, se requerirá de permiso de la Secretaría, sin perjuicio de que los interesados obtengan, en su caso, la concesión de la zona federal marítimo terrestre que otorgue la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	
Artículo 30. La Secretaría podrá autorizar la cesión total de las obligaciones y derechos derivados de las concesiones, siempre que la concesión hubiere estado vigente por un lapso no menor de cinco años; que el cedente haya cumplido con todas sus obligaciones; y que el cesionario reúna los mismos requisitos que se tuvieron en cuenta para el otorgamiento de la concesión respectiva. Las cesiones parciales de derechos derivados de las concesiones para la administración portuaria integral se podrán realizar en cualquier tiempo, en los términos establecidos en esta ley y en el título de concesión respectivo.	El artículo establece cómo se pueden ceder totalmente una concesión y que se permiten cesiones parciales (por ejemplo, de ciertos derechos o áreas) en cualquier momento, conforme al título de concesión. Regula la transferencia del control jurídico del proyecto portuario. Se vincula con el proyecto portuario pues su desarrollo es de largo plazo y puede implicar cambios de inversionistas, reestructuración financiera y entrada de nuevos operadores; entonces permite que el proyecto no se detenga si cambia el titular de la concesión y se mantenga la validez jurídica de la obra en curso. Indica que puede desarrollarse por fases a través de terminales especializadas, infraestructura logística y áreas operativas diferenciadas al incorporar distintos operadores por tipo de terminal, transferir derechos sobre áreas específicas y ajustar el modelo de negocio sin perder la concesión global. Para esto el concesionario debe mantener capacidades técnicas, cumplir obligaciones ambientales (MIA, condicionantes) y respetar el título de concesión, lo que es clave porque es un proyecto de alta inversión y puede requerir asociaciones o cambios de control. Una vez que el puerto esté operando podrán darse concesiones de terminales, cambios de operadores y reestructuración de concesiones garantizando continuidad operativa y cumplimiento regulatorio.
Artículo 41. Establece que el administrador portuario debe sujetarse al Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) que es parte integrante del título de concesión y que debe contener la planeación integral del puerto (zonificación, usos, etapas, infraestructura, etc.), es decir, regula la planificación obligatoria y vinculante del desarrollo portuario.	Este artículo dicta la condición jurídica para construir el puerto, no pudiéndose ejecutar fuera del PMDP donde debe estar previsto, justificado y delimitado dentro de ese programa, es decir, la construcción del puerto está jurídicamente subordinada al PMDP. El PMDP es eje del diseño del proyecto, define la zonificación portuaria (terminales, canales, áreas logísticas, conservación), el uso de suelo y agua así como la

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	configuración física del puerto, es decir, la ubicación de canales, dársenas y terminales derivan directamente del PMDP, no es un diseño libre del promovente. El PMDP establece fases de desarrollo de forma gradual y programada lo que permite evaluar impactos progresivos y ajustar crecimiento. Además, sirve de base para la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y a través, por ejemplo, de la MIA-R donde entre otras cosas permite evaluar impactos acumulativos y compatibilidad ecológica a través de la planeación.

La Ley de Puertos se relacionan con la construcción y operación del puerto del Proyecto al establecer, de manera complementaria, el marco conceptual, la competencia del Estado, el régimen de concesión, la delimitación del recinto portuario, la regulación de su administración, la prestación de servicios y la posibilidad de modificar la titularidad de derechos, conformando un sistema jurídico integral que regula su planeación, ejecución y funcionamiento sin dejar de lado la compatibilidad ecológica.

III.3.3.9 Reglamento para el uso y aprovechamiento del mar territorial, vías navegables, playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar[32]

Este Reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, al cumplimiento de las Leyes General de Bienes Nacionales, de Navegación y Comercio Marítimos y de Vías Generales de Comunicación en lo que se refiere al uso, aprovechamiento, control, administración, inspección y vigilancia de las playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas y de los bienes que formen parte de los recintos portuarios que estén destinados para instalaciones y obras marítimo portuarias.

Tabla III 35. Vinculación del Proyecto con el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar

Artículo	Vinculación
Artículo 5. Las playas, la zona federal marítimo terrestre y los terrenos ganados al mar, o a cualquier otro depósito que se forme con aguas marítimas, son bienes de dominio público de la Federación, inalienables e imprescriptibles y mientras no varíe su situación jurídica, no están sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional.	En virtud de las características del Proyecto se ajusta a lo establecido en este ordenamiento legal, tanto en las acciones en este sistema lagunar marino, como aquellas que interfieren en la Zona Federal Marítimo Terrestre. Asimismo, con la finalidad de dar cumplimiento a lo que el marco legal establece para el desarrollo del Proyecto, previo a

[32] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 21 de agosto de 1991.

CONSULTA PÚBLICA

Corresponde a la Secretaría poseer, administrar, controlar y vigilar los bienes a que se refiere este artículo, con excepción de aquellos que se localicen dentro del Recinto Portuario, o se utilicen como astilleros, varaderos, diques para talleres de reparación naval, muelles, y demás instalaciones a que se refiere la Ley de Navegación y Comercio Marítimos; en estos casos la competencia corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.	someterlo a la evaluación en materia de impacto ambiental, se realizará la solicitud de la sesión de derechos para el uso y aprovechamiento de la ZOFEMAT ante ASIPONA.

III.3.3.10. Ley de vertimientos en las zonas marinas mexicanas[33]

La Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas tiene por objeto regular el depósito deliberado de materiales y sustancias en zonas marinas bajo jurisdicción nacional, con el propósito de prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino. Esta legislación establece las condiciones bajo las cuales podrán autorizarse actividades de vertimiento, así como los criterios técnicos y ambientales que deben observarse para evitar afectaciones a los ecosistemas marinos y costeros.

En el contexto del proyecto, esta ley resulta aplicable en aquellas actividades que puedan implicar la disposición de materiales producto de dragado o cualquier otra acción que involucre el depósito de materiales en zonas marinas.

Tabla III 36. Vinculación del Proyecto con la Ley de vertimientos en las zonas marinas mexicanas

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Para efectos de la ley, según sus Fracciones se entiende por: II. Dragado. Retiro, movimiento o excavación de suelos cubiertos o saturados de agua, incluyendo la acción de ahondar y limpiar para mantener o incrementar las profundidades de puertos, vías navegables o terrenos saturados por aguas, eliminar los suelos de mala calidad en zonas donde se proyecta la instalación de estructuras. VI. Secretaría. Secretaría de Marina (SEMAR). X. Zona de tiro. Área determinada geográficamente por la Secretaría para realizar el vertimiento.	Durante la etapa de construcción, como se expone en el Capítulo II de esta MIA-R, en el Vaso II, durante el dragado de canales parte del material (arenas) será utilizado y el relleno de plataformas, el excedente será dispuesto en un sitio de tiro que estará ubicado en mar abierto, para lo cual el contratista de la obra tendrá que cumplir con las normativas ambientales para este procedimiento. También se indica en este Capítulo y en el Capítulo VI, que la Promovente, para realizar este procedimiento generó estrategias que se encargarán de vigilar y monitorear las actividades para que esto se haga según las normas ambientales vigentes que incluyen la inocuidad de vertimientos. Incluso en la etapa de operación, estará en operación el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), el cual a través del Programa de vigilancia ambiental dará seguimiento para la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas del material a disponer, garantizando que no represente un riesgo para la calidad del agua, los sedimentos o la biota marina.

[33] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 17 de enero de 2014, Última reforma el 14 de noviembre de 2025.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
Artículo 3. Es vertimiento en las zonas marinas mexicanas, cualquiera de los supuestos siguientes según sus Fracciones VI La colocación de materiales u objetos de cualquier naturaleza, con el objeto de crear arrecifes artificiales, muelles, espigones, escolleras, o cualquier otra estructura, y. El proyecto se apega a la definición de vertimientos establecido en el presente artículo 3 de la Ley de Vertimientos.	Se contará con un sitio de vertimiento que cumplirá con lo señalado por la normativa una vez se tenga la autorización de esta MIA-R; apegándose a los términos y condicionantes ambientales que se establecen ya que el Proyecto se apega a la definición de vertimientos establecido en el presente artículo.
Artículo 3 bis. Las disposiciones de la presente Ley no se aplican a la evacuación o el almacenamiento de desechos u otras materias que resulten directamente de la exploración, explotación y consiguiente tratamiento mar adentro de los recursos minerales del lecho o subsuelo marino, o que estén relacionadas con dichas actividades. Excepto las materias o desechos que por sus dimensiones y características representen un impacto ambiental adverso al medio ambiente marino, en cuyo caso, en aplicación del principio precautorio en materia ambiental, la autoridad competente antes de autorizar la evacuación o el almacenamiento en zonas marinas mexicanas deberá contar con la opinión favorable de la Secretaría, de conformidad con lo previsto en las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan.	Como se mencionó, se cuenta con el permiso vigente de dos zonas de tiro de sedimentos (Oficio DIGESETEC Núm. 273/DP.-105/2026) y un tercero que está en trámite para efectos de realizar los vertimientos requeridos por el proyecto ante la Secretaría de Marina; apegándose a los términos y condicionantes ambientales que se establecen. Cabe mencionar que como se describe en el Capítulo II, el contratista deberá acatar las disposiciones ambientales para realizar esta actividad, y como se semana en este Capítulo y en el Capítulo VI, la Promovente para realizar este procedimiento generó estrategias que se encargarán de vigilar y monitorear las actividades para que esto se haga según las normas ambientales vigentes que incluyen la inocuidad de vertimientos. Incluso en la etapa de operación, estará en operación el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), el cual a través del Programa de vigilancia ambiental dará seguimiento para la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas del material a disponer, garantizando que no represente un riesgo para la calidad del agua, los sedimentos o la biota marina.
Artículo 5. La Secretaría es la autoridad en materia de vertimientos y tendrá las siguientes facultades: I. Otorgar y cancelar permisos de vertimientos y vigilar su cumplimiento; asimismo suspender cualquier vertimiento deliberado de desechos u otras materias que contravenga las disposiciones de la Ley; II. Realizar visitas de inspección y vigilancia; IV. Determinar las responsabilidades e imponer las sanciones establecidas en la presente Ley; V. Fijar las medidas preventivas para evitar el vertimiento de desechos u otras materias que ocasionen daños o alteraciones al ambiente costero o marino; XI. Interpretar y aplicar las disposiciones del Protocolo 1996 relativo al Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias, 1972, adoptado en la ciudad de Londres;	Se contará con un sitio de vertimiento que cumplirá con lo señalado por la normativa una vez se tenga la autorización de esta MIA-R; apegándose a los términos y condicionantes ambientales que se establecen ya que el Proyecto se apega a la definición de vertimientos establecido en el presente artículo. También como ya se expuso, la Promovente vigilará que el contratista durante las obras de dragado y relleno, como se describe en el Capítulo II, deberá acatar las disposiciones ambientales para realizar esta actividad, y como se semana en este Capítulo y en el Capítulo VI, la Promovente para realizar este procedimiento generó estrategias que se encargarán de vigilar y monitorear las actividades para que esto se haga según las normas ambientales nacionales y convenios internacionales vigentes, que incluyen la inocuidad de vertimientos. Incluso se describe que, en la etapa de operación, estará en operación el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), el cual a través del Programa de vigilancia ambiental dará seguimiento

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	para la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas del material a disponer, garantizando que no represente un riesgo para la calidad del agua, los sedimentos o la biota marina. Y de no cumplir con esto se acatarán las sanciones establecidas en la presente Ley.

Esta legislación se orienta a asegurar que las actividades de dragado y disposición de materiales se realicen bajo criterios técnicos y ambientales que minimicen los impactos sobre el medio marino, en congruencia con las disposiciones nacionales e internacionales en materia de protección del océano y prevención de la contaminación marina.

III.3.3.11. Ley General de Vida Silvestre (Articulo 60 TER)[34]

La **Ley General de Vida Silvestre** establece las disposiciones para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en territorio nacional, así como las medidas necesarias para su protección y restauración. Esta ley es aplicable a ecosistemas costeros, lagunares y marinos que albergan especies de flora y fauna silvestres, particularmente aquellas sujetas a protección especial.

El **Artículo 60 TER** establece disposiciones específicas para la protección de ecosistemas costeros, incluyendo manglares, humedales y otros ambientes asociados, señalando la prohibición de realizar obras o actividades que puedan afectar su integridad, salvo que se cuente con las autorizaciones correspondientes y se garantice su preservación conforme a la normativa ambiental vigente.

En el contexto del proyecto, esta disposición resulta relevante debido a la ubicación de las obras dentro del sistema lagunar de Cuyutlán y su interacción con ecosistemas costeros y marino–costeros. En este sentido, el proyecto se vincula con esta ley al incorporar medidas orientadas a prevenir afectaciones directas e indirectas a la vegetación costera, hábitats acuáticos y especies asociadas, así como al someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental federal, mediante el cual se analizan los posibles efectos sobre la biodiversidad y se establecen medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación.

Asimismo, cualquier intervención en áreas con presencia de vegetación costera o hábitats sensibles deberá realizarse conforme a las disposiciones aplicables y, en su caso, a las autorizaciones emitidas por la autoridad competente, garantizando la protección de los ecosistemas y especies de interés.

CONSULTA PÚBLICA

[34] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 03 de julio de 2000, Última reforma publicada el 19 de enero del 2018.

Tabla III 37. Vinculación con la Ley General de Vida Silvestre

Artículo	Vinculación con el Proyecto
Artículo 4. Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación. Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables. Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia..."	El Proyecto no contempla el desarrollo de actividades de aprovechamiento de vida silvestre, sin embargo como parte de las medidas de mitigación y compensación por los impactos del Proyecto en el Vaso II, se llevará a cabo un Programa de vigilancia ambiental con estrategias de reforestación, restauración y mantenimiento de flora y fauna en los vasos I, II, III, Estero Palo Verde la cuenca alta lagunar y el frente marino, considerando el mantenimiento, creación y conectividad de la biodiversidad mediante corredores biológicos que hagan conexiones y mantengan los flujos de materia, energía y genético en el SAR, y con ello asegurar a esta comunidad vegetal y los diversos elementos bióticos y abióticos asociados. Este programa contempla estrategias de rescate y reubicación de flora silvestre, de restauración forestal, de suelos y cuerpos hídricos con la finalidad de no incrementarlos y tratar de revertir afectaciones sobre las diferentes especies presentes en el SAR. Contará con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), a través del Programa de vigilancia ambiental dará seguimiento para la evaluación y el seguimiento de cualquier impacto que implique destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación, lo que también incluye el seguimiento y cumplimientos de acuerdo y tratados internacionales.
Artículo 19. Las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, deban intervenir en las actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, observarán las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, y adoptarán las medidas que sean necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat. [...]"	Por el involucramiento de la SEMAR en el Proyecto, se buscará que coadyuve en la instauración de actividades que eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos del proyecto sobre la vida silvestre y su hábitat. En este sentido la Secretaría podrá participar en la ejecución y verificación de las medidas de mitigación, compensación y restauración propuestas en esta MIA-R que se presentan a evaluación en conjunto con el Programa de vigilancia ambiental que contempla estrategias de rescate y reubicación de flora silvestre, de restauración forestal, de suelos y cuerpos hídricos, que podrán ejecutarse una vez autorizado el Proyecto.
Artículo 30. El aprovechamiento de la fauna silvestre se llevará a cabo de manera que se eviten o disminuyan los daños a la fauna silvestre mencionados en el artículo anterior. Queda estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de esta Ley y las normas que de ella deriven.	El Proyecto no contempla el desarrollo de actividades de aprovechamiento de fauna silvestre, sin embargo como parte de las medidas de mitigación y compensación por los impactos del Proyecto en el Vaso II, se llevará a cabo un Programa de vigilancia ambiental con estrategias de reforestación, restauración y mantenimiento de la fauna en los vasos I, II, III, Estero Palo Verde la cuenca alta lagunar y el frente marino, considerando el mantenimiento, creación y conectividad de la biodiversidad mediante corredores biológicos que hagan conexiones y mantengan los flujos de materia, energía y genético en el SAR, y con ello asegurar a esta comunidad vegetal y los diversos

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	elementos bióticos y abióticos asociados. Este programa contempla estrategias de rescate y reubicación de fauna silvestre, de restauración forestal, de suelos y cuerpos hídricos con la finalidad de no incrementarlos y tratar de revertir afectaciones sobre las diferentes especies de fauna presentes en el SAR. Contará con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), a través del Programa de vigilancia ambiental dará seguimiento para la evaluación y el seguimiento de cualquier impacto que implique destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación, en los términos de esta Ley y las normas que de ella deriven.
Artículo 60 TER.- Queda prohibida la remoción, relleno, trasplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos. Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.	En virtud de que la disposición del artículo 60 TER de la LGVS establece la prohibición de la remoción, relleno, transplante, poda o cualquier obra o actividad que **afecte** los siguientes elementos: - Integralidad del flujo hidrológico del manglar - Integralidad del ecosistema y su zona de influencia - La productividad natural - La capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos - Las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje - Las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales - O que provoque cambios en las características y servicios ecológicos Y que se **exceptuará de la prohibición** a las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar, se establece que el proyecto cumple con todos los elementos para ser técnica y jurídicamente viable ante esta disposición, a la luz de los siguientes argumentos: 1. La **integralidad del flujo hidrológico del manglar** se reconoce como la capacidad de mantener una libre circulación del agua dulce (ríos y acuíferos) y salada (mareas), que es necesaria para la salud del ecosistema. Lo anterior permite mantener la **productividad natural**, que es la tasa a la que los ecosistemas generan biomasa por unidad de área y tiempo, mediante la fotosíntesis, y por lo tanto, seguir manteniendo servicios ecosistémicos básicos tales como las **zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje**. En el proyecto que nos ocupa, el mismo se desarrollará dentro de un Sistema Lagunar costero conocido ubicado en los municipios de Manzanillo y Armería en el estado de Colima, conformado por 4 vasos Lagunares en el que conviven tanto actividades productivas como ecosistemas importantes como los manglares. El Vaso I centra su actividad en la captación de agua para la Central

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	Termoeléctrica de Manzanillo, actividades turísticas, acuícolas y pesqueras, mantiene una conexión con el mar a través del Canal de Ventanas al oeste del Sistema Lagunar; el Vaso II tiene una vocación de desarrollo portuario, en el que se realizan algunas actividades pesqueras de cooperativas de Manzanillo, y desde hace 15 años, se iniciaron las actividades de la Terminal de Gas Natual Licuado Manzanillo (TGNLM), a cargo de la empresa privada KMS; mientras que, tanto el Vaso III y IV de la Laguna, son considerados sitios Ramsar desde 2011, y son los que presentan mejor estado de conservación, a pesar de la influencia de actividades agrícolas en sus alrededores, sustentan las actividades de extracción de sal y desarrollo apícola en el estado, y están próximos a incluirse en la declaración de un Área Natural Protegida (ANP) de competencia federal. Bajo este contexto, este importante ecosistema tuvo un impacto positivo significativo entre 2007 y 2010, durante el desarrollo de la TGNLM, debido a la ampliación del Canal de Tepalcates, de una sección de 40 m de ancho y 4 m de profundidad, a una de 450 m de ancho y 15 m de profundidad, por lo que las condiciones hidrodinámicas de la Laguna en aquel momento, se modificaron grandemente, provocando una recuperación positiva de los ecosistemas en los Vasos II, III y IV; en donde no se debe perder de cuenta que, el Vaso II, a pesar de que hubo recuperación de manglar en su superficie, siempre tuvo la proyección de utilización para el desarrollo de infraestructura portuaria. Por lo tanto, el proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo, que surge de la imperiosa necesidad de disminuir la presión existente en el actual Puerto de Manzanillo, así como de consolidar a este puerto mexicano como líder en el movimiento de contenedores no solo a nivel nacional, sino internacional, y que ha llevado a cabo los estudios necesarios de flora, fauna, hidrología e hidráulica, así como la modelación hidrodinámica, tanto del frente marino como de los 4 vasos de la Laguna de Cuyutlán, mismos que se explican y desarrollan a detalle, dentro del capítulo IV de esta MIA-R y en sus anexos, y que con base en esa información ha procedido a realizar el diseño técnico de las obras que se realizarán en el Vaso II de la Laguna, ha demostrado que dicho proyecto no afectará estos tres elementos señalados en este párrafo, ya que, a pesar de que el proyecto necesita la intervención en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales de 21.87 ha de manglar en el Vaso II, ni esta acción, ni la instalación de la infraestructura proyectada afectarán a la integralidad del flujo hidrológico del manglar en las zonas que permanecerán sin alteración por el proyecto, permitiendo la libre circulación del agua dulce aportada

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	por los escurrimientos de la cuenca del arroyo el Zacate y los acuíferos existentes, y la de las mareas que ingresan al Vaso II por el Canal de Tepalcates, utilizando para ello el diseño de drenes de interconexión en las áreas destinadas para la instalación de las plataformas en las que se construirán las Terminales proyectadas en las Etapas 1 y 2 del proyecto (TEC's 1, 2, 3 y 4; y TUM 1), con dimensiones de 20 m de ancho y 2 m de altura, separados a cada 220 m. Con lo anterior, se asegura que el desarrollo portuario y los ecosistemas y servicios ecosistémicos que presta la Laguna, tanto en lo particular en el Vaso II, como en su conjunto con los Vasos I, III, IV y frente marino, pueden convivir y coexistir, sin que esto implique una afectación negativa significativa a todos y cada uno de los elementos de los ecosistemas presentes, ni a las actividades que se requieren para la construcción y operación de un puerto de las características del proyecto. 2. Ahora bien, respecto al mantenimiento de la **integralidad del ecosistema y su zona de influencia** que corresponde a la capacidad de un sistema ecológico para mantener su estructura, composición, biodiversidad y funciones naturales a lo largo del tiempo, manteniendo su estado original o natural; y que indica que el ecosistema es autosuficiente, con un alta capacidad de autorreparación y adaptabilidad a los cambios ambientales de su entorno, y que por lo tanto, al contar con estas características supondrá que **no habrá cambios en las características o servicios ecológicos** que presta dicho ecosistema, se destaca que el proyecto ha hecho todo lo necesario para asegurar que el ecosistema de manglar, presente no sólo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, sino en todos y cada uno de los cuatro vasos que la conforman, mantenga su integralidad, demostrándose en primera instancia con **el cambio en el diseño propuesto para la infraestructura portuaria**, seguido de la decisión de **construir y operar**, como elemento fundamental del Puerto, un **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)**, primero en su tipo en los puertos de México, cuyo objetivo primordial es **garantizar** la **protección, conservación** y **restauración**, no sólo del ecosistema del manglar, sino también de los demás ecosistemas presentes en el área de influencia y SAR que se establece para el proyecto, desde las partes altas de la cuenca, hasta la zona marina. Lo anterior se puede identificar en las características de este centro de investigación descritas en el Capítulo II de esta MIA-R, en donde se describen entre sus funciones primordiales las de asegurar "**que durante el desarrollo del Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), se proteja, conserve y restaure todos los ecosistemas**

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	presentes en el área de influencia y SAR del proyecto, integrando investigación científica, monitoreo ambiental, operación de campo, conservación ecológica y vinculación social", así como de la supervisión ambiental constante que existirá durante todas y cada una de las etapas de desarrollo del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento) para llevar a cabo el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) del proyecto, en atención a todas y cada una de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el capítulo VI de esta MIA-R. Asimismo, vale la pena remarcar que, con lo descrito en este párrafo sobre el objetivo primordial del CIAP, también se cumple el supuesto de **excepción de la prohibición** establecido en el segundo párrafo del artículo 60 TER, ya que como parte fundamental del proyecto, se **garantizará** las acciones de protección, restauración, investigación y conservación de las áreas de manglar, y demás ecosistemas presentes en el área de influencia y SAR de este proyecto. 3. Por último, en lo que concierne a las **interacciones entre el manglar, los ríos, las dunas, la zona marítima adyacente y los corales**, los resultados de los estudios realizados y descritos a detalle en el Capítulo IV de esta MIA-R, tales como los de flora, fauna (incluido quelonios y mamíferos marinos), hidrología e hidráulica, y modelación hidrodinámica de los 4 vasos de la Laguna y el frente marino, demuestran que dichas interacciones se mantendrán a pesar del desarrollo de la infraestructura portuaria, y por medio del CIAP se garantizará que las mismas se monitoreen de manera constante durante toda la vida útil del proyecto, al aplicarse de manera oportuna y sin dilación, las medidas propuestas de prevención, mitigación y compensación de impactos descritas en el capítulo VI de esta MIA-R. Como conclusión, se reconoce que si bien es cierto que el proyecto afectará el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, también es cierto que con los resultados de los estudios realizados sobre los diferentes componentes ambientales del sistema lagunar, así como la construcción y operación del CIAP, y la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), se mantendrán las condiciones de estructura y funcionamiento de todo el sistema Lagunar, en los términos del primer párrafo del artículo 60 TER, tal y como se argumentó en los tres numerales previos de esta vinculación, y que de igual manera, el proyecto incluye, por medio del citado CIAP, las obras y actividades que se ajustan a los supuestos de excepción del último párrafo, como se describió en el numeral 2. Por lo tanto, es por estas razones que el proyecto se vislumbra como jurídica y ambientalmente viable para su desarrollo

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación con el Proyecto
	bajo los términos del Artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre.
Artículo 106. Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona que cause daños a la vida silvestre o su hábitat, en contravención de lo establecido en la presente Ley o en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, estará obligada a repararlos en los términos del Código Civil para el Distrito Federal en materia del Fuero Común y para toda la República en materia del Fuero Federal, así como en lo particularmente previsto por la presente Ley y el reglamento. Los propietarios y legítimos poseedores de los predios, así como los terceros que realicen el aprovechamiento, serán responsables solidarios de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat.	El Proyecto afectará recursos naturales al desarrollarse en el Vaso II lo que puede contravenir a lo establecido en la presente Ley o en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Sin embargo, al realizar este aprovechamiento, será responsable solidario de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat ya que: Durante la operación del Proyecto se ejecutará el Programa de vigilancia ambiental con estrategias de reforestación, restauración y mantenimiento de flora y fauna en los vasos I, II, III, Estero Palo Verde la cuenca alta lagunar y el frente marino, considerando el mantenimiento, creación y conectividad de la biodiversidad mediante corredores biológicos que hagan conexiones y mantengan los flujos hidrológico, de materia, energía y genético en el SAR, y con ello asegurar a esta comunidad del manglar y los diversos elementos bióticos y abióticos asociados para mantener capacidad de carga natural del sistema, las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien sus interacciones con la zona marítima adyacente. Como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica, a pesar de las alteraciones en el Vaso II su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), que durante la operación del proyecto dará seguimiento a la implementación del Programa de vigilancia ambiental que dará seguimiento para la evaluación y el seguimiento de cualquier impacto que implique alteración, daño o perturbación sistemas de importancia ecológica en los Vasos III, IV y estero Palo Verde como lo son el Sitio RAMSAR y las Áreas Naturales, incluido el frente marino. Este programa contempla estrategias de rescate y reubicación de flora silvestre, de restauración forestal, de suelos y cuerpos hídricos con la finalidad de mantener los servicios ambientales del sistema lagunar y de revertir afectaciones de distintos sectores productivos a través de estrategias de sensibilización, educación, capacitación técnica y ambiental con la propia participación social.

CONSULTA PÚBLICA

En resumen, en virtud de que el desarrollo del proyecto consiste en el desarrollo de infraestructura portuaria dentro del humedal costero (Vaso II de la Laguna de Cuyutlán), que contempla entre otras, actividades de relleno para la conformación de las plataformas. Considerando, como se expone en el Capítulo IV, que la ejecución de dichas actividades no afectarán la integralidad del flujo hidrológico del manglar, ni del ecosistema,

su área de influencia o su productividad natural; de igual forma se prevé que no se afectarán las interacciones entre el manglar, los ríos, las dunas, así como la zona marítima adyacente al área de desarrollo del proyecto; ni cambios en las características y servicios ecológicos que brinda el ecosistema en que se encuentra inmersa el área de desarrollo del proyecto y su área de influencia, se puede decir que las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; se podrán ver afectadas en una pequeña porción y/o superficie dentro del área de desarrollo del proyecto; o bien por las actividades e infraestructuras a desarrollar, sobre todo en sus etapas de preparación del sitio, construcción y futura operación.

Como se explica en el Capítulo IV, al considerar al sistema lagunar como unidad hidrológica, a pesar de las alteraciones en el Vaso II su biodiversidad permanecerá funcional y será recuperado a través de distintas medidas descritas en el Capítulo, estudiadas monitoreadas y desarrolladas a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), que durante la operación del proyecto dará seguimiento a la implementación del Programa de vigilancia ambiental que dará seguimiento para la evaluación y el seguimiento de cualquier impacto que implique alteración, daño o perturbación sistemas de importancia ecológica en los Vasos III, IV y estero Palo Verde como lo son el Sitio RAMSAR y las Áreas Naturales, incluido el frente marino. Este programa contempla estrategias de rescate y reubicación de flora silvestre, de restauración forestal, de suelos y cuerpos hídricos con la finalidad de mantener los servicios ambientales del sistema lagunar y de revertir afectaciones de distintos sectores productivos a través de estrategias de sensibilización, educación, capacitación técnica y ambiental con la propia participación social.

Asimimo, como parte de las medidas de mitigación y compensación por los impactos del Proyecto en el vaso II, se llevará a cabo un Programa de vigilancia ambiental con estrategias de reforestación, restauración y mantenimiento de flora y fauna en los vasos I, II, III, Estero Palo Verde la cuenca alta lagunar y el frente marino, considerando el mantenimiento, creación y conectividad de la biodiversidad mediante corredores biológicos que hagan conexiones y mantengan los flujos hidrológico, de materia, energía y genético en el SAR, y con ello asegurar a esta comunidad del manglar y los diversos elementos bióticos y abióticos asociados para mantener capacidad de carga natural del sistema, las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien sus interacciones con la zona marítima adyacente.

En este sentido al no producirse cambios que generen afectaciones previstas en el presente numeral, las actividades que implica el desarrollo del proyecto permiten su desarrollo.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.3.12. Ley General de Cambio Climático[35]

La Ley General de Cambio Climático establece las bases para la formulación y conducción de la política nacional en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, promoviendo el desarrollo bajo en emisiones

[35] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 06 de junio de 2012, Última reforma el 01 de abril de 2024.

de gases y compuestos de efecto invernadero y fortaleciendo la resiliencia de los sistemas naturales y productivos.

Tabla III 38. Vinculación con la Ley General de Cambio Climático

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Esta Ley tiene por objeto: I. Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; II. Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;	El Proyecto afectará recursos naturales al desarrollarse en el Vaso II Sin embargo, al realizar este aprovechamiento, será responsable solidario de los efectos negativos que éste pudiera tener para la conservación de la vida silvestre y su hábitat al promover el derecho a un medio ambiente sano al apegarse a la aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, según normativas nacionales e internacionales como se establece en este capítulo. Para tal fin durante la fase constructiva, se prevé la implementación de acciones como el mantenimiento preventivo de maquinaria, control de emisiones por combustión y reducción de tiempos de operación innecesarios, con el propósito de minimizar la generación de gases de efecto invernadero. Durante la etapa operativa, se promoverá la modernización y optimización de infraestructura portuaria puede contribuir a una mayor eficiencia logística, reduciendo tiempos de espera y maniobras, lo que indirectamente favorece la disminución relativa de emisiones asociadas al transporte marítimo y terrestre. Así mismo, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), durante la operación del proyecto se podrán realizar estudios de la importancia de incorporar criterios de adaptación frente a posibles variaciones en condiciones climáticas y oceanográficas, tales como cambios en el nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, en congruencia con los principios establecidos en la política nacional de cambio climático, así como actividades de concientización y educación ambiental en esta temática.
Artículo 26. En la formulación de la política nacional de cambio climático se observarán los principios de: I. Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y los elementos naturales que los integran; II. Corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad en general, en la realización de acciones para la mitigación y adaptación a los efectos adversos del cambio climático; III. Precaución, cuando haya amenaza de daño grave o irreversible, la falta de total certidumbre científica no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático;	Las obras y actividades del Proyecto se ajustarán a la política nacional y estatal en materia de cambio climático, a las normas oficiales mexicanas e instrumentos jurídicos en materia de emisiones a la atmósfera que resulten aplicables. Para tal fin durante la fase constructiva, como se indica en el Capítulo VI se prevé la implementación de acciones como el mantenimiento preventivo de maquinaria, control de emisiones por combustión y reducción de tiempos de operación innecesarios, con el propósito de minimizar la generación de gases de efecto invernadero. Durante la etapa operativa, la modernización y optimización de infraestructura portuaria puede contribuir a una mayor eficiencia logística, reduciendo tiempos de espera y maniobras, lo que indirectamente favorece

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
IV. Prevención, considerando que ésta es el medio más eficaz para evitar los daños al medio ambiente y preservar el equilibrio ecológico ante los efectos del cambio climático; V. Adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono; VI. Integralidad y transversalidad, adoptando un enfoque de coordinación y cooperación entre órdenes de gobierno, así como con los sectores sociales y privados para asegurar la instrumentación de la política nacional de cambio climático; VII. Participación ciudadana, en la formulación, ejecución, monitoreo y evaluación de la Estrategia Nacional, planes y programas de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático; VIII. Responsabilidad ambiental, quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al medio ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar, mitigar, reparar, restaurar y, en última instancia, a la compensación de los daños que cause; IX. El uso de instrumentos económicos en la mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático incentiva la protección, preservación y restauración del ambiente; el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, además de generar beneficios económicos a quienes los implementan; X. Transparencia, acceso a la información y a la justicia, considerando que los distintos órdenes de gobierno deben facilitar y fomentar la concientización de la población, poniendo a su disposición la información relativa al cambio climático y proporcionando acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos pertinentes atendiendo a las disposiciones jurídicas aplicables; XI. Conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, dando prioridad a los humedales, manglares, arrecifes, dunas, zonas y lagunas costeras, que brindan servicios ambientales, fundamental para reducir la vulnerabilidad; XII. Compromiso con la economía y el desarrollo económico nacional, para lograr la sustentabilidad sin vulnerar su competitividad frente a los mercados internacionales, y XIII. Progresividad, las metas para el cumplimiento de esta Ley deberán presentar una progresión y gradualidad a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias. Al adoptar medidas para hacer frente al cambio climático, se deberán respetar irrestrictamente los derechos humanos, el	la disminución relativa de emisiones asociadas al transporte marítimo y terrestre. Así mismo, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), durante la operación del proyecto se podrán realizar estudios de la importancia de incorporar criterios de adaptación frente a posibles variaciones en condiciones climáticas y oceanográficas, tales como cambios en el nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, así como actividades de concientización y educación ambiental con lo que abordan los principios de esta fracción.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
derecho a la salud, los derechos de los pueblos indígenas, las comunidades locales, los migrantes, los niños, las personas con discapacidad y las personas en situaciones de vulnerabilidad y el derecho al desarrollo, así como la igualdad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional.	
Artículo 37. Para los efectos de esta Ley serán reconocidos los programas y demás instrumentos de mitigación que se han desarrollado a partir del Protocolo de Kioto y cualquier otro que se encuentre debidamente certificado por alguna organización con reconocimiento internacional. Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley establecerán los requisitos que deberán cumplirse para el reconocimiento y registro de los programas e instrumentos referidos en el presente artículo.	Como se indica en el proceso constructivo, Capitulo II, en este Capítulo y en el Capítulo VI, el proyecto adoptará las mejores prácticas y técnicas reconocidas bajo los compromisos internacionales en el empleo de tecnologías más eficientes, a efecto de ajustarse a los programas e instrumentos de mitigación que en materia climática se encuentren certificados para dar cumplimento a este Artículo.
Artículo 90. Las disposiciones reglamentarias de la presente Ley establecerán los procedimientos y reglas para llevar a cabo el monitoreo, reporte y verificación y, en su caso, la certificación de las reducciones de emisiones obtenidas en proyectos inscritos en el Registro, a través de organismos acreditados de acuerdo a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y autorizados por la Secretaría o por los organismos internacionales de los que los Estados Unidos Mexicanos sean parte.	En cumplimiento al Artículo en cita, como se indica en el proceso constructivo, Capitulo II, en este Capítulo y en el Capítulo VI, el proyecto adoptará las mejores prácticas y técnicas reconocidas bajo los compromisos internacionales en el empleo de tecnologías más eficientes, a efecto de ajustarse a los programas e instrumentos de mitigación que en materia climática se encuentren certificados, asimismo, se expone que se llevará acabo el monitoreo, reporte y verificación de las emisiones generadas de conformidad con lo establecido en dicho reglamento.

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, el proyecto se desarrolla en apego a los principios de mitigación y adaptación establecidos en la Ley General de Cambio Climático, integrando criterios de sustentabilidad ambiental dentro de su planeación, construcción y operación.

III.3.3.13. Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40[36]

Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40, representa una ruta a seguir que enmarca las prioridades nacionales e hitos a 10, 20 y 40 años a futuro, para enfrentar los efectos del cambio climático que guíe las acciones de los gobiernos, federal, estatal y municipal, y de toda la sociedad mexicana, para potenciar su ejecución y así cumplir nuestras metas de desarrollo y climáticas y para transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.

[36] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 03 de junio de 2013, Última reforma el 30 de septiembre de 2024.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático de conformidad a lo dispuesto por el artículo 64 de la Ley General de Cambio Climático, establece objetivos de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático para todo el territorio nacional, los órdenes de gobierno y la población, asimismo, es la guía para orientar otros instrumentos de política climática de corto plazo, como el Programa Especial de Cambio Climático, y de orden subnacional, como los Programas Estatales de Cambio Climático a través de objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el Cambio Climático en México, mediante una estructura que se organiza en tres grandes componentes interdependientes:

a) Mitigación. Busca reducir emisiones de gases de efecto invernadero mediante:

- Transición energética
- Eficiencia energética
- Ciudades sustentables
- Manejo de residuos
- Sector agropecuario y forestal

b) Adaptación. Enfocada en disminuir vulnerabilidad y aumentar resiliencia de:

- Población (especialmente grupos vulnerables)
- Infraestructura estratégica
- Ecosistemas y servicios ambientales

c) Política climática transversal. Integra elementos habilitadores:

- Gobernanza y coordinación institucional
- Financiamiento climático
- Investigación y tecnología
- Cultura climática
- Sistemas de medición, reporte y verificación (MRV)

Establece metas a corto (10 años), mediano (20 años) y largo plazo (40 años) para reducir emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la adaptación al cambio climático, a través de seis pilares transversales que sostienen toda la estrategia:

1. Coordinación institucional y transversalidad
2. Instrumentos económicos y financieros
3. Investigación, innovación y desarrollo tecnológico
4. Cultura climática

CONSULTA PÚBLICA

5. Sistemas de monitoreo y evaluación
6. Cooperación internacional

Lo anterior es organizado a través de dos ejes estratégicos que son el de Adaptación y el de Mitigación. En el primero se distingue estrategias de Resiliencia social, Infraestructura y sistemas productivos y Conservación de ecosistemas. En el segundo se distinguen las estrategias de Transición energética, Eficiencia energética, Ciudades sustentables, Sector agropecuario/forestal, Reducción de contaminantes climáticos de vida corta.

Vinculación

El Proyecto es compatible con la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40 en la medida en que incorpora criterios de adaptación, mitigación y gobernanza climática; lo que dependerá de la implementación efectiva de medidas de protección ecosistémica a través de cómo se indica en el Capítulo II, durante la construcción acciones como el mantenimiento preventivo de maquinaria, control de emisiones por combustión y reducción de tiempos de operación innecesarios, con el propósito de minimizar la generación de gases de efecto invernadero. Durante la etapa operativa, como se menciona en el Capítulo VI, la modernización y optimización de infraestructura portuaria puede contribuir a una mayor eficiencia logística, reduciendo tiempos de espera y maniobras, lo que indirectamente favorece la disminución relativa de emisiones asociadas al transporte marítimo y terrestre. Asimismo, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), durante la operación del proyecto se podrán realizar estudios de la importancia de incorporar criterios de adaptación frente a posibles variaciones en condiciones climáticas y oceanográficas, tales como cambios en el nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, así como actividades de concientización y educación ambiental para asegurar que las actividades productivas que se realizan en la actualidad sean más sustentables y coadyuven a la resiliencia de los distintos componentes del SAR.

III.3.3.14. Reglamento de la LGCC en Materia del Registro Nacional de Emisiones

El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y tiene por objeto reglamentar la Ley en lo que se refiere al Registro Nacional de Emisiones.

Tabla III 39. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones.

Artículo	Vinculación
Artículo 2. Para los efectos del presente Reglamento, se considerarán las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley, así como las siguientes: … VI. Establecimiento Sujeto a Reporte: El conjunto de Fuentes Fijas y Móviles con las cuales se desarrolla una actividad productiva, comercial o de servicios, cuya operación genere Emisiones Directas	Como se describe en el Capítulo II, las principales emisiones a la atmósfera que generará el Proyecto serán por el uso de equipos y maquinaria empleados en las etapas de preparación de sitio y construcción. Para mitigar esto se describe que se tendrá especial cuidado en que dichas emisiones no sobrepasen los niveles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas que resulten aplicables, de

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
o Indirectas de Gases o Compuestos de Efecto Invernadero. Las expresiones "fuentes que deberán reportar" y "fuentes sujetas a reporte" a que se refieren los artículos 87 y 88 de la Ley, se entenderán como Establecimientos Sujetos a Reporte;	acuerdo con lo establecido en el artículo 6 del instrumento en cita, "el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus Emisiones Directas o Indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas Emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente". En este sentido es necesario precisar que el Proyecto no rebasará el umbral establecido en dicho artículo pues únicamente se generarán emisiones en su etapa constructiva. Por tanto, queda exento de las obligaciones señaladas en el Reglamento para los Establecimientos Sujetos a Reporte. Así mismo en la etapa de operación, la modernización y optimización de infraestructura portuaria puede contribuir a una mayor eficiencia logística, reduciendo tiempos de espera y maniobras, lo que indirectamente favorece la disminución relativa de emisiones asociadas al transporte marítimo y terrestre. Así mismo, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), durante la operación del proyecto se podrán realizar estudios de la importancia de incorporar criterios de adaptación frente a posibles variaciones en condiciones climáticas y oceanográficas, tales como cambios en el nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, así como actividades de concientización y educación ambiental a través de estrategias de sensibilización, educación, capacitación técnica y ambiental con la participación social de actores productivos locales para que coadyuven a lograr la sustentabilidad del sistema lagunar.
Artículo 4. Las actividades que se considerarán como Establecimientos Sujetos a Reporte agrupadas dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior, son las siguientes: VI. Sector Comercio y Servicios: a. Subsector construcción: … a.5. Construcción de vías de comunicación; … Las actividades agrupadas a los sectores transporte, agropecuario, residuos y de comercio y servicios a que se refieren las fracciones II, IV, V y VI del presente artículo, calcularán y reportarán sus Emisiones considerando todas las instalaciones, sucursales, locales, lugares donde se almacenen mercancías y en general cualquier local, instalación o sitio que utilicen para el desempeño de sus actividades. Las actividades previstas en las fracciones I y III del presente artículo calcularán y reportarán sus Emisiones Directas o Indirectas por instalación. La Secretaría, mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación podrá definir aspectos técnicos que permitan identificar a detalle las actividades específicas que, conforme al presente artículo, se consideran como Establecimientos Sujetos a Reporte, aun cuando, conforme a otras disposiciones jurídicas, no estén obligadas a proporcionar información sobre sus Emisiones o descargas a través de la Cédula de Operación Anual ante la Secretaría, pero que en su realización emitan, de manera directa o indirecta, Gases o Compuestos de Efecto Invernadero.	
Artículo 6. Para los efectos del artículo 87, segundo párrafo, fracción II de la Ley, el umbral a partir del cual los Establecimientos Sujetos a Reporte, identificados conforme a los artículos 3 y 4 del presente Reglamento, deben presentar la información de sus Emisiones Directas o Indirectas, será el que resulte de la suma anual de dichas Emisiones, siempre que tal resultado sea igual o superior a 25,000 Toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente. La suma anual a la que se refiere el párrafo anterior resultará del cálculo de las Emisiones de cada una de las Fuentes Fijas y Móviles identificadas en dichos Establecimientos Sujetos a Reporte. El umbral establecido en el presente artículo aplicará para aquellos establecimientos regulados por otros órdenes de gobierno que	

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
conforme a lo previsto en los artículos 3 y 4 del presente Reglamento se identifican como Sujetos a Reporte.	

III.3.3.15. Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera[37]

De acuerdo con este reglamento de la LGEEPA se consideran vinculantes con las actividades del proyecto, los siguientes artículos:

Tabla III 40. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

Artículo	Vinculación
Artículo 13 donde se establece que para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: I.- La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país; y II.- Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.	Como se describe en el Capítulo II, en el uso de equipos y maquinaria empleados en las etapas de preparación del sitio y construcción, se tendrá especial cuidado en que dichas emisiones no sobrepasen los niveles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para que se asegure que la calidad del aire debe ser satisfactoria. Durante la etapa de operación y mantenimiento se vigilará que las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales, fijas o móviles, no sobrepasen los niveles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para que la calidad del aire sea satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico como se estable en el plan de Vigilancia ambiental para el caso de la participación de distintos contratistas.
Artículo 28.- Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Economía y de Energía, tomando en cuenta los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.	Como se describe en el Capítulo II, en el uso de equipos y maquinaria empleados en las etapas de preparación del sitio y construcción se tendrá especial cuidado en que dichas emisiones no sobrepasen los niveles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para que se asegure que la calidad del aire debe ser satisfactoria. Durante la etapa de operación y mantenimiento se vigilará que las emisiones de contaminantes a la atmósfera, tampoco sobrepasen los niveles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para que se asegure que la calidad del aire sea satisfactoria, para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico como se estable en el plan de Vigilancia ambiental para el caso de la participación de distintos contratistas.
Artículo 36.- La Secretaría podrá promover ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la suspensión	Es necesario señalar que, en la ejecución de las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto, se contempla la

[37] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 25 de noviembre de 1988, Última reforma el 31 de octubre de 2014.

CONSULTA PÚBLICA

o, en su caso, la cancelación del permiso para circular por las vías generales de comunicación, de aquellos vehículos de transporte público federal terrestre que, de manera reincidente, violen las disposiciones del Reglamento y las normas técnicas ecológicas, independientemente de que se apliquen las sanciones que procedan.	utilización de unidades de transporte, maquinaria e incluso embarcaciones, como quedó debidamente precisado en el Capítulo II, y a través del Programa de vigilancia ambiental referido en el Capítulo VI, se vigilará que no se sobrepasen los niveles establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para que se asegure que la calidad del aire debe ser satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico por parte de la participación de distintos contratistas.

III.3.3.16. Reglamento de La Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente en Materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales[38]

Este reglamento de manera particular indica en su artículo 5 lo siguiente:

Artículo 5. La Procuraduría promoverá acciones de concertación y vinculación con asociaciones y cámaras industriales, comerciales y de servicios y las confederaciones de éstas, organizaciones de productores, organizaciones representativas de una zona o región e instituciones de investigación científica y tecnológica, con el objeto de promover procesos de Autorregulación y la realización de Auditorías Ambientales entre sus miembros, a fin de prevenir la contaminación y proteger el ambiente, así como, para llevar a cabo actividades de formación, entrenamiento y actualización en la materia.

Vinculación

Se trabajará de manera coordinada con proveedores, trabajadores, operarios y el resto participantes en el proceso constructivo para que se tengan los permisos correspondientes con el fin de regular las acciones para la realización de las obras lo que coadyuve a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente pues de manera regular son auditados los procesos constructivos por la PROFEPA y otras instituciones. Durante la etapa operativa, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), se podrán realizar estudios de la importancia de incorporar criterios de adaptación frente a posibles variaciones en condiciones climáticas y oceanográficas, tales como cambios en el nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, así como actividades de formación, educación ambiental, entrenamiento y actualización en la materia.

III.3.3.17. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental[39]

Esta Ley regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales

[38] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 29 de abril de 2010, Última reforma el 31 de octubre de 2014.

[39] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 07 de junio de 2013, Última reforma el 14 de noviembre de 2025.

CONSULTA PÚBLICA

previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental.

Los preceptos de este ordenamiento son reglamentarios del artículo 4o. Constitucional, de orden público e interés social y tienen por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental.

Asimismo, reconoce que el daño ocasionado al ambiente es independiente del daño patrimonial sufrido por los propietarios de los elementos y recursos naturales. Reconoce que el desarrollo nacional sustentable debe considerar los valores económicos, sociales y ambientales.

El Artículo 2, refiere a una serie de conceptos y/o denominaciones para los efectos de esta Ley, así como otras previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, las Leyes ambientales y los tratados internacionales de los que México sea Parte, destacando y que se entiende para efectos de este proyecto como:

VIII. Estado base: Condición en la que se habrían hallado los hábitats, los ecosistemas, los elementos y recursos naturales, las relaciones de interacción y los servicios ambientales, en el momento previo inmediato al daño y de no haber sido éste producido.

En este sentido en el Capítulo IV se describe que al considerar los distintos vasos lagunares, un sistema hidrológico en escenarios con y sin proyecto, se sustenta con estudios hidrogeológicos, hidrodinámicos, de calidad del agua y sedimentos, así como de estudios de flora y fauna, que por la afectación en su Vaso II, los servicios ambientales no sufrirán grandes cambios y podrán mantener su conectividad ecológica y su resiliencia. Y para mitigar y compensar las alteraciones en el Vaso II, en el Capítulo VI se menciona que durante la etapa de operación del proyecto estará en funcionamiento el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), que dará seguimiento a la implementación del Programa de vigilancia ambiental para la evaluación y el seguimiento de cualquier impacto que implique alteración, daño o perturbación sistemas de importancia ecológica en los Vasos III, IV y estero Palo Verde como lo son el Sitio RAMSAR y las Áreas Naturales, incluido el frente marino. Este programa contempla estrategias de rescate y reubicación de flora silvestre, de restauración forestal, de suelos y cuerpos hídricos con la finalidad de mantener los servicios ambientales del sistema lagunar y de revertir afectaciones de distintos sectores productivos a través de estrategias de sensibilización, educación, capacitación técnica y ambiental con la propia participación social.

IX. Fondo de Responsabilidad Ambiental, que se considera el término adecuado para denominar el Fondo Ambiental previsto en el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Subcuenca Laguna de Cuyutlán que en las consideraciones generales del articulo 5 referente a las políticas ambientales, lineamientos, usos de suelo, criterios ecológicos, indicadores, y la estrategia de gestión, contenidos en el presente programa y sobre las cuales habrán de basarse las dependencias y entidades de la administración pública federal, estatal

CONSULTA PÚBLICA

y municipal, considera e identifica la presencia de una tendencia en el espacio que contiene a la Laguna de Cuyutlán, derivada de los procesos de desarrollo presentes en la Central Termoeléctrica de Manzanillo, Gas Z, la explotación salinera, el crecimiento urbano de Manzanillo y la construcción de nuevas instalaciones e infraestructura, proyectadas a corto, mediano y largo plazo, como son los siguientes proyectos estratégicos: la regasificadora**,** la nueva línea del ferrocarril**,** la construcción de un gasoducto y la creación del puerto en el vaso II de la laguna, obligan a establecer planteamientos de manejo ambiental que mitiguen los efectos de esta presión bajo los horizontes temporales de la iniciativa de desarrollo, mediante un ordenamiento especial para el área de estudio.

En este modelo de ordenamiento se exploran oportunidades para financiar las acciones de conservación y protección de la región. Lo anterior, permite la generación de información ambiental base para la zona, el seguimiento de indicadores ambientales y el financiamiento de programas de conservación y protección regionales. Adicionalmente, es posible establecer un mercado verde (pago por servicios ambientales) de la zona por los cambios favorables en el sistema lagunar.

De tal forma que se contempla una política de restauración, considerando que sus acciones, dirigidas a la recuperación de tierras no productivas o al mejoramiento de ecosistemas, protección o conservación como se ha mencionado está descrito en el Capítulo VI de esta MIA-R. Lo que contempla los costos ambientales del proyecto que permitirán el pago de externalidades de los impactos ambientales que pudiera causar sobre el sistema lagunar, así como la restauración de los ecosistemas de la Subcuenca.

Así pues, se establecen las pautas para que, en términos de responsabilidad ambiental, a través de un pago ambiental que será el instrumento y vehículo, para soportar y respaldar las estrategia y acciones de compensación y mitigación por efecto de las obras y actividades manifestadas en el proyecto. Asimismo, al identificar y evaluar todos los posibles impactos ambientales que serán generados por el Proyecto dentro del capítulo V de esta MIA y al obtener la autorización correspondiente en materia de impacto ambiental, **se estará evitando realizar algún daño ambiental a los ecosistemas**, toda vez que se cumplirá lo dispuesto en el artículo 6º de la LFRP que establece:

"*No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:*

I. Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,

II. No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes Ambientales o las normas oficiales mexicanas.

CONSULTA PÚBLICA

La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad."

III.3.3.18. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable[40]

En virtud de que el proyecto requiere de la autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales, definido de acuerdo con la nueva Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, en su Fracción VI, Artículo 7 como "la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a actividades no forestales"; en la siguiente tabla se presenta la vinculación del proyecto con el ordenamiento jurídico en cita.

Tabla III 41. Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Artículo	Vinculación
Artículo 68. Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones: I. Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción…"	
Artículo 93. La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. (…) La Secretaría podrá emitir criterios y lineamientos en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, en el ámbito de sus atribuciones y de conformidad con lo establecido en esta Ley y su Reglamento. Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada,	Para la ejecución del proyecto, la Promovente presentará el Estudio Técnico Justificativo a fin de solicitar la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción que son requeridas para el desarrollo del Proyecto lo cual abarca una superficie total de 55.66 ha, de las cuales 21.87 ha son de manglar, 8.98 ha de selva baja caducifolia (vegetación primaria) y 24.81 ha de selva baja caducifolia (vegetación secundaria).

[40] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 05 de junio de 2018, Última reforma el 01 de abril de 2024.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.	

III.3.3.19. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable[41]

Este reglamento deriva de la Ley General de Desarrollo Forestal y debido a que el proyecto requiere cambio de uso de suelo forestal como ya se ha mencionado, y en su momento se realizará con la autoridad correspondiente para ello, razón por lo cual es vinculante el presente Reglamento.

Tabla III 42. Vinculación con el Reglamento de la LGDFS.

Artículo	Vinculación
Artículo 139. Para solicitar la autorización de Cambio de uso del suelo en Terrenos forestales, el interesado presentará la solicitud mediante el formato que para tal efecto expida la Secretaría, el cual deberá contener, por lo menos, lo siguiente: I. Nombre o denominación o razón social, así como domicilio, número telefónico y correo electrónico del solicitante; II. Lugar y fecha; III. Datos de ubicación del predio o Conjunto de predios, y IV. Superficie forestal solicitada para el Cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar identificada conforme a la Clasificación del Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. A la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, se deberá anexar lo siguiente: (…)	Como ha quedado de manifiesto, en su momento y antes del inicio de cualquier obra, se realizará la gestión con la autoridad competente encargada de la evaluación del Estudio Técnico Justificativo, por lo que el cambio de uso de suelo en materia forestal quedará cubierto con la tramitología correspondiente.

CONSULTA PÚBLICA

[41] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 09 de diciembre de 2020.

III.3.3.20. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos[42]

La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos, es un ordenamiento de interés público que tiene por objeto la investigación, protección, conservación y recuperación del patrimonio cultural de la Nación, de conformidad con lo establecido en sus artículos 1 y 2. En este sentido, establece que corresponde a la Federación regular las acciones que puedan afectar bienes arqueológicos, históricos o artísticos, así como emitir las autorizaciones correspondientes para su intervención.

Tabla III 43. Vinculación del proyecto con la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos

Artículo	Vinculación
Artículo 28. Son monumentos arqueológicos los bienes muebles e inmuebles, producto de culturas anteriores al establecimiento de la hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con esas culturas.	Durante la etapa de preparación y construcción del proyecto se realizarán acciones que posiblemente lleven al hallazgo de monumentos o zonas Arqueológicas, en este caso como se dispone, las obras se suspenderán y se dará aviso al INAH para que realice la supervisión, a efecto de que se determinen las medidas procedentes para su protección. En el Capítulo VI se expone una estrategia de medidas preventivas orientadas a la identificación oportuna de posibles hallazgos y al cumplimiento de las disposiciones establecidas por la autoridad competente.
Artículo 29. Los monumentos arqueológicos muebles no podrán ser transportados, exhibidos o reproducidos sin permiso del Instituto competente. El que encuentre bienes arqueológicos deberá dar aviso a la autoridad civil más cercana. La autoridad correspondiente expedirá la constancia oficial del aviso, o entrega en su caso, y deberá informar al Instituto Nacional de Antropología e Historia, dentro de las 24 horas siguientes, para que éste determine lo que corresponda.	
Artículo 30. Toda clase de trabajos materiales para descubrir o explorar monumentos arqueológicos, únicamente serán realizados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia o por instituciones científicas o de reconocida solvencia moral, previa autorización.	

CONSULTA PÚBLICA

[42] Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 06 de mayo de 1972, Última reforma el 14 de noviembre de 2025.

III. 3.4. Leyes y Reglamentos Estatales y Municipales

III. 3.4.1 Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima[43]

La presente Ley es de orden público e interés social, sus disposiciones son de observancia obligatoria, aplican en el ámbito de competencia del Estado y tiene por objeto la preservación y restauración del equilibrio ecológico, la protección al ambiente, así como propiciar el desarrollo sustentable. En la siguiente tabla, se vincula las disposiciones de este instrumento que son aplicables al Proyecto.

Tabla III 44. Vinculación con la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima.

Artículo	Vinculación
Artículo 45.- Para efecto del artículo anterior, las personas físicas o morales interesadas en la realización de las obras o actividades siguientes, requerirán previamente de la Secretaría autorización de impacto ambiental y, en su caso, de riesgo: (…) III. Obras o actividades dentro de áreas urbanas en los siguientes casos: a) Las que colinden con áreas de valor ambiental, áreas naturales protegidas, barrancas, humedales, bahías, lagunas, ríos, arroyos y otros cuerpos de agua, ya sean costeros o interiores, que estén asignados al Estado o sean de su jurisdicción; (…)	Toda vez que las obras de ampliación del Puerto de la Laguna de Cuyutlán se desarrollaran dentro de la ASIPONA de Manzanillo, por ser instalaciones de jurisdicción federal, su evaluación y autorización en materia de impacto ambiental corresponde a la SEMARNAT por ser la autoridad competente. Con lo anterior, no se contraviene lo establecido en el artículo en cita.
Artículo 141.- Los propietarios o poseedores de fuentes móviles que circulen en el territorio del Estado, están obligados a cumplir con los límites de emisiones contaminantes fijados por la normatividad aplicable. Para ello, deberán someter sus unidades a verificación de emisiones contaminantes, ante los centros de verificación autorizados por la Secretaría, dentro del período que les corresponda en los términos del programa de verificación que al efecto se expida. El propietario o poseedor del automotor terrestre o acuático deberá cubrir al centro de verificación respectivo la tarifa autorizada, en los términos del programa de verificación. Los propietarios o poseedores que se presenten a verificar sus automotores fuera de los plazos señalados en el programa correspondiente serán sancionados en los términos de este ordenamiento. Queda prohibida la circulación de automotores terrestres o acuáticos que no cuenten con la aprobación de la verificación correspondiente	Durante la etapa constructiva, en el Capítulo II de esta MIA-R se prevé se utilizarán parque vehicular y maquinaria que se sujetará al mantenimiento preventivo entre los que se encuentra el programa de verificación vehicular y en su caso, correctivo, para evitar rebasar las limites permisibles de emisiones a la atmósfera de acuerdo con las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones que resulten aplicables. Además, durante la fase operativa la Promovente impulsara la implementación de acciones como el mantenimiento preventivo de maquinaria, control de emisiones por combustión y reducción de tiempos de operación innecesarios, con el propósito de minimizar la generación de gases de efecto invernadero. Durante la etapa operativa, se promoverá la modernización y optimización de infraestructura portuaria puede contribuir a una mayor eficiencia logística, reduciendo tiempos de espera y maniobras, lo que indirectamente favorece la disminución relativa de emisiones asociadas al transporte marítimo y terrestre. Así mismo, a través de la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), durante la operación del proyecto se podrán realizar estudios de la importancia de incorporar criterios de

[43] Publicado en el Periódico Oficial "El Estado de Colima": 15 de junio de 2002, Última reforma el 16 de septiembre de 2023.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	adaptación frente a posibles variaciones en condiciones climáticas y oceanográficas, tales como cambios en el nivel del mar o eventos meteorológicos extremos, en congruencia con los principios establecidos en la política nacional de cambio climático, así como actividades de concientización y educación ambiental en esta temática. Lo anterior, en cumplimiento a lo establecido en este artículo.
Artículo 150.- quienes pretendan descargar aguas residuales a cuerpos receptores de competencia del estado o de los municipios, requerirán contar con permiso de descarga expedido por la autoridad ambiental competente. Igualmente, requerirán permiso cuando pretendan infiltrar las aguas residuales en terrenos que sean de jurisdicción estatal o municipal.	Las descargas residuales que se estiman generarse durante la etapa de preparación de sitio y construcción del Proyecto, como se indica en el Capítulo II, serán las provenientes de letrinas móviles instalados para uso del personal. El mantenimiento y la disposición final de las aguas residuales será a cargo de la empresa contratada para la prestación de este servicio, el cual deberá contar con los permisos necesarios que otorguen las autoridades que resulten competentes. Además, como se describe en el Capítulo VI se prevé que las aguas residuales generadas, provenientes de sanitarios, sean recolectadas y manejadas de manera eficiente en una planta de tratamiento que cumpla con lo estipulado por las normas ambientales y sus aguas reutilizadas para el riego de áreas verdes.
Artículo 200.- Todas las personas físicas o morales, públicas o privadas, están obligadas a participar en la prevención y solución de los problemas originados por los desastres ambientales.	El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para dar solución a los problemas mediante distintas medidas de prevención, mitigación y ccompensación ambiental. Durante la fase operativa la promovente impulsara que se apliquen las Reglas de operación del puerto en esta materia y como se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R, esto se verá complementado por las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales y su participación, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas coadyuvando al manejo sustentable del SAR.

CONSULTA PÚBLICA

III. 3.4.2 Reglamento de Ecología para el Municipio de Manzanillo[44]

Este documento establece las normas locales para la preservación, restauración del equilibrio ecológico y protección ambiental en el municipio, sus disposiciones son de orden público e interés social,

Tabla III 45. Vinculación del proyecto con el Reglamento de Ecología para el Municipio de Manzanillo

Artículo	Vinculación
Artículo 59.- Es deber de todos los habitantes del municipio y de las personas que se encuentren de manera transitoria en él, conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.	Para el desarrollo de las obras y actividades del Proyecto se implementará pláticas de buenas prácticas ambientales en las que se considera la protección a la flora y fauna del sitio del Proyecto, a fin de garantizar que no exista un perjuicio, daño o perturbación hacia ellos. El Proyecto al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para dar solución a los problemas mediante distintas medidas de prevención, mitigación y ccompensación ambiental. Durante la fase operativa la promovente impulsara que se apliquen las Reglas de operación del puerto en esta materia y como se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R, esto se verá complementado por las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales y su participación, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas coadyuvando al manejo sustentable del SAR. Con esto, se da cumplimiento a lo establecido en el artículo en cita.
Artículo 63.- El Ayuntamiento cuidara que el aprovechamiento de los recursos naturales que comprenden los ecosistemas acuáticos, se realice de manera que no afecte el equilibrio ecológico del municipio, estableciendo las disposiciones para la protección de las zonas adyacentes a los cauces de las corrientes de agua, promoviendo el tratamiento y reutilización de aguas residuales, así como motivando en la población el sentido de responsabilidad para evitar el desperdicio del vital líquido, así como estableciendo las siguientes disposiciones: I. Queda prohibido propiciar la reducción del área y el volumen de cualquier cuerpo de agua por vertimiento de materiales inertes;	Como se describe en el Capítulo II y IV de esta MIA-R, durante el proceso constructivo, las aguas que se estiman pueden generarse durante el desarrollo del Proyecto, serán las provenientes de las letrinas móviles instalados para el uso de personal, sin embargo, su mantenimiento y la disposición final de dichas descargas será responsabilidad de la empresa contratada para la prestación del servicio, quien deberá contar con los permisos correspondientes para dicha disposición en los sitios que asignen las autoridades competentes. Durante el proceso de operación se contará con una PTAR trabajando bajo los lineamientos de las distintas dispersiones ambientales cuyos desechos serán utilizados para riegos de áreas verdes.

[44] Publicado en el Periódico Oficial El Estado de Colima: 11 de enero de 2003, Última reforma el 29 de abril de 2017.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
II. Queda prohibido en el territorio municipal verter aguas residuales, escombros, residuos y sustancias contaminantes al mar, lagunas, esteros y arroyos por el riesgo y la alteración que se produce. Solo será procedente cuando autoricen las dependencias competentes, con fundamento en los Estudios de Impacto Ambiental que justifiquen y garanticen la mejora del medio ambiente (…);	Por lo que hace a los residuos de la construcción y operación, como se indica en el Capítulo II y VI, se implementarán medidas y acciones ambientales para su adecuado manejo, las cuales observaran lo establecido en las normas oficiales mexicanas, disposiciones reglamentarias y de las leyes en la materia, asimismo se precisa que su disposición final se llevará a cabo en los sitios autorizados por las autoridades competentes. Con lo anterior, se da observancia a lo estipulado en este artículo.
Artículo 78.- Queda prohibido descargar, depositar, o infiltrar contaminantes, en los suelos sin el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas o normas técnicas ambiéntales estatales que se emitan que para el efecto se expidan.	Durante la fase de preparación, construcción y operación del Proyecto, como se indica en el Capítulo II y VI de esta MIA-R, los residuos generados serán sujetos a medidas y acciones ambientales para su adecuado manejo que va desde su clasificación, separación, deposito en contenedores etiquetados por tipo de residuos, su tratamiento, traslado y disposición final, a fin de evitar cualquier tipo de contaminación al suelo, lo anterior, en apego a las normas oficiales mexicanas, leyes y reglamentos que resulten aplicables en la materia, dando así cumplimiento a lo señalado en estos artículos.
Artículo 80.- Toda persona física o moral, pública o privada, que realice actividades por las que genere, almacene, recolecte, aproveche o disponga de residuos sólidos, deberá ajustarse a las disposiciones que fije el presente Reglamento y demás normatividad aplicable	
Artículo 91.- Se prohíbe emitir contaminantes a la atmósfera tales como humos, polvos, gases y olores que rebasen los límites máximos permisibles contenidos en las Normas Oficiales Mexicanas que se expidan y demás disposiciones aplicables.	Durante la fase de preparación, construcción y operación del Proyecto, como se indica en el Capítulo II y VI de esta MIA-R, se observará lo establecido en las normas oficiales mexicanas que para el efecto resulten aplicables, estableciendo las medidas necesarias para evitar rebasar los límites máximos permitidos para las emisiones de ruidos, vibraciones, olores, energía térmica y lumínica que llegue a generarse durante el desarrollo del Proyecto, dando así cumplimiento a lo señalado en este artículo.
Artículo 100.- En la construcción de obras e instalaciones y en la realización de actividades que generen ruido, vibraciones, energía térmica, energía lumínica y olores, deberán establecerse acciones preventivas correctivas, para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes, las cuales serán fijadas por la dependencia ambiental municipal en la autorización de la actividad correspondiente.	

III. 3.4.3 Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima[45]

Esta Ley tiene por objeto regular la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos, así como la prestación del servicio público de limpia. A continuación, se muestra su vinculación con este proyecto.

Tabla III 46. Vinculación con la Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima.

Artículo	Vinculación
Artículo 21.- Toda persona que genere residuos sólidos tiene la propiedad y responsabilidad de su manejo hasta el momento en que son entregados al servicio de recolección, o depositados en	Durante el desarrollo de las etapas de preparación de sitio, construcción y operación, como se establece en los Capítulos II y VI se establecerán por parte de la Promovente y las empresas

[45] Publicado en el Periódico Oficial "El Estado de Colima": 08 de abril de 2006, Última reforma el 14 de septiembre de 2019.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
los contenedores o sitios autorizados para tal efecto por la autoridad competente.	contratistas para este fin, medidas y acciones ambientales para el adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos generados, que van desde su clasificación, separación, depósitos etiquetados por tipo de residuo hasta su traslado y disposición final en los sitios autorizados por la autoridad competente, con lo anterior, se da cumplimiento a lo señalado en este precepto legal.
Artículo 23 Bis. - Estarán obligadas a formular y ejecutar planes de manejo de residuos de manejo especial, las personas físicas o morales, quién realicen las siguientes actividades: I. Genere residuos de manejo especial; II. Acopie o almacene residuos de manejo especial para su comercialización; III. Recolecte y transporte residuos de manejo especial para su comercialización y/o disposición final en los sitios autorizados; IV. Quién reciba o disponga en sus propiedades, residuos de la construcción en un volumen mayor a los 80 metros cúbicos;	En observancia a lo establecido en este precepto legal, durante el desarrollo de las etapas de preparación de sitio, construcción y operación, como se establece en los Capítulos II y VI se establecerán por parte de la Promovente y las empresas contratistas para este fin. De manera particular la constructora a cargo presentará ante la autoridad estatal el Plan de manejo de residuos de manejo especial generados por las obras y actividades del Proyecto, a fin de que se le otorgue el permiso que corresponda.
Artículo 32.- Los residuos de manejo especial estarán sujetos a planes de manejo conforme a las disposiciones que establezca esta Ley, su Reglamento y los ordenamientos jurídicos de carácter local y federal que al efecto se expidan para su manejo, tratamiento y disposición final. Los generadores de residuos de manejo especial deberán instrumentar planes de manejo, mismos que deberán ser autorizados por la Secretaría.	Para las etapas de preparación de sitio y construcción del Proyecto, como se menciona en los Capítulos II y IV, se implementará las medidas y acciones ambientales para un adecuado manejo de los residuos de manejo especial considerados su tratamiento y disposición final. De manera particular la constructora a cargo presentará ante la autoridad estatal el Plan de manejo de residuos de manejo especial generados por las obras y actividades del Proyecto, observando en todo momento lo establecido en las normas oficiales mexicanas, las leyes de orden federal, estatal y municipal que resulten aplicables. Cabe señalar que tales medidas y acciones se sujetaran a la evaluación y aprobación de la SEMARNAT.
Artículo 33.- Todo generador de residuos sólidos debe separarlos en orgánicos e inorgánicos, dentro de sus domicilios, empresas, establecimientos mercantiles, industriales y de servicios, instituciones públicas y privadas, centros educativos y dependencias gubernamentales y similares. Estos residuos sólidos, deben depositarse en contenedores separados para su recolección por el servicio público de limpia, con el fin de facilitar su aprovechamiento, tratamiento y disposición final, o bien, llevar aquellos residuos sólidos	Para las etapas de preparación de sitio y construcción del Proyecto, como se menciona en los Capítulos II y IV, se implementará las medidas y acciones ambientales para un adecuado manejo de los residuos sólidos a través de en contenedores separados para su recolección por el servicio público de limpia, con el fin de facilitar su aprovechamiento, tratamiento y disposición final, o bien, llevar aquellos residuos sólidos valorizables directamente a los establecimientos de reutilización y reciclaje. Las medidas y acciones ambientales que se establecerán para el adecuado manejo hasta su disposición

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
valorizables directamente a los establecimientos de reutilización y reciclaje. El Reglamento definirá la subclasificación que deberá aplicar para la separación obligatoria de residuos sólidos, con base a las disposiciones del presente artículo para cada una de las clasificaciones establecidas, así como para los distintos tipos de generadores.	final estarán a cargo de la empresa contratada para prestar este servicio, quien será responsable de disponerlos en los sitios autorizados por las autoridades competentes.

III. 3.4.4 Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Colima[46]

Esta ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del Estado Colima y sus municipios, así como determinar el ejercicio de las atribuciones que en materia forestal les correspondan.

Tabla III 47. Vinculación del proyecto con la Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Colima

Artículo	Vinculación
Artículo 1. La presente Ley es de orden público e interés social, y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del Estado de Colima y sus Municipios, así como distribuir las competencias que en materia forestal les correspondan.	El puerto implica remoción de vegetación, manglar 21.87 ha, selva baja caducifolia primaria 8.98 ha y selva baja caducifolia secundaria 24.81 ha que hacen un total de 55.66 ha. Como se expone en este documento, antes del inicio de cualquier obra, se realizará la gestión con la autoridad competente encargada de la evaluación del Estudio Técnico Justificativo, por lo que el cambio de uso de suelo en materia forestal quedará cubierto con la tramitología correspondiente. Por otra parte, debido a que al desarrollarse en el Vaso II afectará recursos naturales, los efectos negativos que ocasione serán atendidos mediante implementación de medidas y estrategias ambientales para dar solución a los problemas mediante distintas medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental. Para esto durante la fase operativa la promovente impulsara que se apliquen las Reglas de operación del puerto en esta materia y como se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R, esto será complementado por las actividades del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que estará operando para asegurar la implementación de estrategias de conectividad ecológica en el cuerpo lagunar, lo que también permitirá la reubicación de la fauna silvestre, en específico en el Vaso III y IV y el Estero Palo Verde, en donde se reconoce un Sitio RAMSAR y un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA).

[46] Publicado en el Periódico Oficial "El estado de Colima" el 02 de septiembre de 2006, Última reforma el 07 de julio de 2018.

CONSULTA PÚBLICA

Artículo	Vinculación
	Con esto se busca fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del Estado de Colima y sus Municipios, así como distribuir las competencias que en materia forestal les correspondan para lo cual utilizará el conocimiento tradicional que tienen los habitantes locales y su participación, lo que permitirá adecuar y diversificar sus actividades productivas coadyuvando al manejo sustentable del SAR, es decir, el Proyecto se encuentra planteado de tal forma que, también se acatan en su totalidad los criterios legales y políticas públicas previstas en la legislación local para la protección de los recursos forestales.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.5 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables

Además del marco constitucional, legal e internacional previamente señalado, el proyecto se encuentra sujeto al cumplimiento de diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las cuales constituyen disposiciones técnicas de observancia obligatoria en materia ambiental, sanitaria, laboral y de seguridad. Estas normas establecen especificaciones, límites máximos permisibles, procedimientos y criterios técnicos aplicables a actividades relacionadas con descargas de aguas residuales, protección de ecosistemas costeros, control de emisiones atmosféricas, generación de ruido, manejo de residuos y prevención de contaminación del suelo.

La identificación de las NOM aplicables se realizó considerando las características técnicas del proyecto, su localización en un sistema lagunar y marino–costero, así como las actividades previstas durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación. La aplicación de cada norma dependerá del componente específico del proyecto que active su supuesto regulatorio, debiendo observarse en todo momento las disposiciones técnicas correspondientes.

Para una mejor sistematización, las Normas Oficiales Mexicanas se presentan agrupadas por materia ambiental y sector regulado, señalando su vinculación con las actividades del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

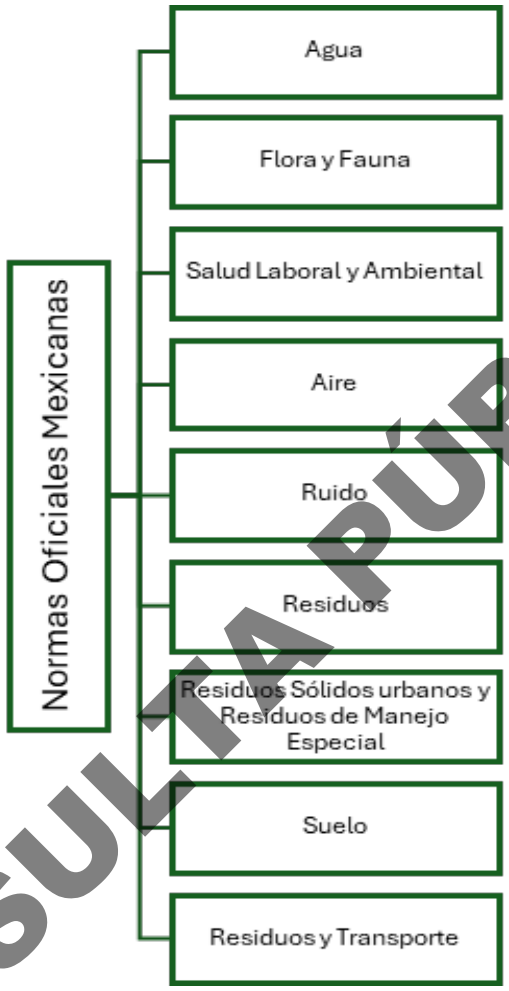


Figura III 2. Clasificación general de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 48. Vinculación del proyecto con Normas Oficiales Mexicanas aplicables.

NOM en materia de agua		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-001-SEMARNAT-2021	Límites máximos permisibles de contaminantes en descargas a cuerpos receptores nacionales	Durante la etapa de preparación de sitio y construcción del Proyecto, se prevé que las aguas residuales generadas, provenientes de sanitarios, sean recolectadas y manejadas por una empresa autorizada y especialista en la materia. En la etapa de operación se prevé que la generación de aguas residuales se realice en una PTAR que cumpla con todos los lineamientos ambientales

		para que sus aguas sean utilizadas en el riego de áreas verdes.
NOM-002-ECOL-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal	Durante la etapa de operación del Proyecto, se prevé que las aguas residuales generadas, provenientes de letrinas móviles, sean recolectadas y manejadas de manera eficiente por una empresa contratista que cumpla con lo estipulado por las normas ambientales. En la etapa de operación se prevé que la generación de aguas residuales se realice en una PTAR que cumpla con todos los lineamientos ambientales para que sus aguas sean utilizadas en el riego de áreas verdes.
NOM-003-SEMARNAT-1997	Límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público	En la etapa de operación se prevé que la generación de aguas residuales se realice en una PTAR que cumpla con todos los lineamientos ambientales para que sus aguas sean utilizadas en el riego de áreas verdes.
NOM en materia de Flora y Fauna		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-022-SEMARNAT-2003	Protección y conservación de manglares y humedales costero	Aplicable por la presencia y posible intervención en vegetación de manglar dentro del área del proyecto, más adelante se detallan distintos aspectos.
NOM-059-SEMARNAT-2010	Especies de flora y fauna silvestre en riesgo	Debido en que en la ejecución del Proyecto se afectan especies de flora y fauna en riesgo como *Rhizophora mangle y Laguncularia racemosa*, clasificadas como Amenazadas (A) y la Iguana verde (*Iguana iguana*), clasificada en la categoría de Protección Especial (Pr) enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se implementarán acciones de rescate y reubicación de flora así como de ahuyentado, rescate y reubicación de fauna silvestre terrestre, marina e intermareal y el Programa de vigilancia ambiental y con la operación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), los cuales contemplan acciones que permitirán evitar o en su caso minimizar los efectos negativos sobre la vida silvestre, para lo cual, también se implementarán estrategias de rescate y reubicación inmediata. Cabe señalar que para atender este punto se consideró la modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, publicado el DOF el 14 de noviembre de 2019.
NOM en materia de Salud Laboral y Ambiental		

CONSULTA PÚBLICA

Norma Oficial Mexicana	Materia regulada	Vinculación con el proyecto
NOM-011-STPS-2001	Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que, por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición	En el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto, en particular las de preparación del sitio y construcción, se verificará el cumplimiento de esta norma, incorporando sus lineamientos como parte del cuidado de la salud laboral de los empleados participantes del proyecto.
NOM-017-STPS-2008	Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo	La empresa contratada por la Promovente para la construcción del proyecto deberá dotar a los trabajadores con los equipos de seguridad requeridos: cascos, chalecos llamativos, lentes, tapones de oídos, arneses y cuerdas de seguridad, salvavidas y otros según sea el caso. La Promovente será la responsable durante la etapa de operación de dotar a sus empleados con los equipos de seguridad que sean pertinentes y de exigir a las empresas navieras, de transporte y servicios lo conducente en la materia.
NOM-025-SSA1-2021. Salud Ambiental	Establece los valores límites permisibles de concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.	La Promovente vigilará que la empresa contratada en la construcción del proyecto cumpla con que la maquinaria y equipos que como resultado de su operación generan partículas, se monitoreen para efectos de cumplir en proteger la salud de los participantes en la construcción del proyecto.
NOM-100-STPS-1994	Seguridad-extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida _Especificaciones	La Promovente vigilará que, en las etapas de construcción y operación del Proyecto, contratistas como constructores, transportistas y servicios cuenten con equipos y medidas de seguridad contra incendios, así como de la calificación del personal para operarlos.
NOM con elaboración conjunta con otras Secretarías		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-025-SSA1-2014. Salud ambiental	Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM 2.5 de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.	La Promovente exigirá que, en las etapas de construcción y operación del Proyecto, contratistas como constructores, transportistas y servicios operen y mantengan equipos y medidas para que operen dentro de los límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM 2.5 de la calidad del aire ambiente.

CONSULTA PÚBLICA

NOM-138-SEMARNAT/SS-2012.	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	La Promovente exigirá que, en las etapas de construcción y operación del Proyecto, contratistas como constructores, transportistas y servicios operen y mantengan equipos y medidas para el uso de hidrocarburos, así como el almacenamiento y manejo de combustibles, tomando en cuenta los criterios técnicos generales de esta normativa, asegurando las mejores prácticas ambientales en la ejecución del proyecto
NOM en materia de Aire (Emisiones Atmosféricas)		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-041-SEMARNAT- 2015	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible	La Promovente exigirá que, en las etapas de construcción y operación del Proyecto, contratistas como constructores, transportistas y servicios utilicen equipos y medidas en maquinaria, equipo y vehículos base gasolina, dentro de óptimas condiciones a fin de cumplir con los límites establecidos en los parámetros de emisión de gases contaminantes.
NOM-044-SEMARNAT-2017	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo proveniente del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizan para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 Kg, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 Kg equipadas con este tipo de motor.	En las etapas de preparación del sitio y construcción habrá tráfico vehicular pesado de autotransportes que acarrearán materiales y equipos, tanto al interior como al exterior de las instalaciones. En la etapa de operación y mantenimiento, también serán movilizados vehículos diésel. Por esto la Promovente exigirá que contratistas como constructores, transportistas y servicios utilicen equipos y medidas en este tipo de vehículos dentro de óptimas condiciones y bajo esquemas de verificación a fin de cumplir con los límites establecidos en los parámetros de emisión de gases contaminantes.
NOM-045- SEMARNAT- 2017	Que establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible, método de prueba y características técnicas del instrumento de medición.	La Promovente exigirá que, en las etapas de construcción y operación del Proyecto, contratistas como constructores, transportistas y servicios utilicen equipos y medidas en vehículos base diésel en condiciones óptimas cumpliendo los límites máximos permisibles establecidos mediante métodos de prueba y características técnicas con instrumentos de medición certificados ante normas correspondientes.
NOM-050-SEMARNAT-2018	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que	La Promovente exigirá que, en las etapas de construcción y operación del Proyecto, contratistas como constructores, transportistas y servicios utilicen equipos y medidas en vehículos

CONSULTA PÚBLICA

	usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.	automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos en condiciones óptimas cumpliendo los límites máximos permisibles establecidos ante normas correspondientes.
NOM en materia de Ruido		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-080-SEMARNAT-1994	Ratificada en 2012. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido, proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, debido al uso de maquinaria, equipo y vehículos que generan emisiones sonoras. En este sentido, dichas fuentes deberán operar en condiciones adecuadas de mantenimiento, a fin de cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad aplicable, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de prevención y mitigación señaladas en el Capítulo VI.
NOM-081-SEMARNAT	Límites máximos permisibles de emisiones de ruido de fuentes fijas	Si bien no se prevé la generación de ruido durante la etapa de operación y mantenimiento del Proyecto, se dará cabal seguimiento al cumplimiento de esta norma en cuanto a los Límites Máximos Permisibles de emisión se refiere
NOM en materia de Residuos		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
Guía de Diseño para la Identificación Gráfica del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos	Identificación Gráfica del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, debido a la generación de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y, en su caso, residuos peligrosos derivados de las actividades constructivas y operativas. En este sentido, dichos residuos serán objeto de separación, almacenamiento temporal, recolección y disposición final a través de esquemas adecuados, en apego a la normatividad aplicable, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de manejo establecidas en el Capítulo VI.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	Durante las diferentes etapas del Proyecto los residuos peligrosos generados de sus actividades serán clasificados conforme a lo establecido en esta norma. Entre los residuos peligrosos identificados se encuentran: trapos con aceites, estopas, sobrantes de pinturas, solventes, filtros

CONSULTA PÚBLICA

		de aceite, etc., los cuales serán manejados conforme a la LGPGIR, su reglamento y el Programa de Manejo Integral de Residuos, que se sujetará a evaluación y aprobación de esta Secretaría, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de manejo establecidas en el Capítulo VI.
NOM-053-SEMARNAT-1993.	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente	Los residuos peligrosos que generará el proyecto provendrán principalmente de las actividades de mantenimiento de los equipos reparación de los equipos que se utilizarán en los diferentes procesos y etapas construcción, no será necesaria la realización de la prueba de extracción para determinar la toxicidad de estos, toda vez que los residuos ya se encuentran debidamente caracterizados. Por tal motivo, los criterios técnicos de la Norma en cuestión únicamente son una referencia para la mejora de las prácticas ambientales del proyecto, cuyo seguimiento se realizará a través del Programa Integral de Manejo de Residuos durante la vida útil del proyecto.
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	En cumplimiento a la norma en cita, se identificarán e impedirá la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales con el fin de evitar su contaminación y reacción química. Esto reducirá el riesgo de generar efectos en la salud, el ambiente o los recursos naturales.
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.	Protección ambiental, salud ambiental, residuos peligrosos biológico-infecciosos, clasificación y especificaciones de manejo.	El proyecto prevé la implementación de un puesto médico por el número de personas a las que se dé servicio a accidentes que no ameriten traslado a un centro médico de mayor especialización, por lo que generará una ínfima cantidad potencial de residuos biológicos infecciosos, en tal sentido, en el Programa Integral de Manejo de Residuos, se establecen las tareas necesarias para dar cumplimiento a las especificaciones de manejo de este tipo de residuos que se generen en el área del proyecto, asegurando las mejores prácticas ambientales del proyecto.
NOM-003-SCT/2008	Establece las características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos.	Las obras y actividades en el proyecto generan residuos diversos, como aceites y otros considerados peligros, esto se contempla sean manejados y dispuestos por empresas acreditadas para tales fines, quienes deben observar el uso del sistema de etiquetado de residuos.

CONSULTA PÚBLICA

NOM-004-SCT/2008	Establece las características y dimensiones de los carteles que deben portar las unidades vehiculares, camiones, unidades de arrastre, autotanques, carrotanques, contenedores, contenedores cisterna, tanques portátiles y recipientes intermedios para granel y demás unidades de autotransporte y ferrocarril, a fin de identificar la clase de riesgo de las substancias, materiales o residuos peligrosos que se transportan.	En el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, se verificará el cumplimiento de esta cartelería preventiva en los vehículos que transportan materiales requeridos o residuos peligrosos resultado del desarrollo del proyecto. Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria para los expedidores, transportistas y destinatarios de las substancias, materiales y residuos peligrosos que transitan por las vías generales de comunicación terrestre, marítima y aérea.
NOM-005-SCT/2000	Establece los datos y especificaciones que debe contener la Información de Emergencia para el Transporte de Substancias, Materiales y Residuos Peligrosos, que indique las acciones a seguir para casos de incidente o accidente (fugas, derrames, explosiones, incendios, exposiciones, etc.), que debe llevar toda unidad de transporte, durante el transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos, en bolsa o carpeta-portafolios en un lugar accesible de la unidad, retirada de la carga	En el desarrollo de las etapas de esta iniciativa de desarrollo, se verificará que los transportes diversos requeridos y necesarios para el proyecto observen y cumplan con los requisitos establecidos en la norma en comento.
NOM en materia de Residuos sólidos urbanos/Residuos de Manejo Espacial		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-161-SEMARNAT-2011	Establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo	Durante las actividades del proyecto se dará cumplimiento a todos los procedimientos operacionales en materia de el manejo de residuos.
NOM-023-SCT4-1995	(proyecto de actualización DOF: 21/04/1997), condiciones para el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos, terminales y unidades mar adentro.	Todas las áreas de contención temporal como parte del Proyecto cumplirán con los criterios descritos en el Título IV de la LGPGIR y deberán apegarse a las formalidades establecidas como elaboración y entrega/ recepción de documentos-transporte, disposición final y registro apropiado como parte de las pautas fijadas para el manejo de residuos peligrosos. Los residuos serán almacenados temporalmente en un almacén o área de resguardo que cumplirá al menos con los siguientes requerimientos: a) Estar separado de las áreas de servicios y de almacenamiento de materiales o productos.

CONSULTA PÚBLICA

		b) Estar ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones. c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como tarimas de contención para la captación de los residuos en estado líquido. d) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados. e) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles. Los residuos peligrosos, una vez captados y envasados, serán remitidos al almacén o área de resguardo y serán desembarcados en tierra. En ningún caso los residuos permanecerán por un periodo mayor a seis meses como lo estipula la LGPGIR.
NOM en materia de suelo		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-021-SEMARNAT-2000.	Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio y construcción, debido a las actividades de remoción, manejo y posible caracterización de suelos derivadas de la ejecución de las obras. En este sentido, en caso de requerirse la evaluación de las características del suelo, se considerarán los criterios y metodologías establecidos en la normatividad aplicable para su muestreo y análisis, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de manejo y prevención señaladas en el Capítulo VI.
NOM-023-SEMARNAT-2001.	Que establece las especificaciones técnicas que deberán contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos.	El proyecto tiene como objetivo la construcción de infraestructura, por lo que se vigilará el cumplimiento de esta Norma Oficial en las actividades del proyecto.
NOM-138-SEMARNAT	Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos	Aplicable en caso de derrames derivados del almacenamiento temporal de combustibles durante construcción
NOM en materia de Residuos y Transporte		
Norma Oficial Mexicana	**Materia regulada**	**Vinculación con el proyecto**
NOM-052-SEMARNAT-2005	Identificación y clasificación de residuos peligrosos	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, debido a la posible generación de residuos

CONSULTA PÚBLICA

		peligrosos derivados del mantenimiento de maquinaria, equipo y actividades constructivas. En este sentido, dichos residuos serán identificados y clasificados conforme a las características establecidas en la normatividad aplicable, y serán manejados mediante su almacenamiento temporal en condiciones adecuadas, así como su entrega a empresas autorizadas para su transporte y disposición final, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de manejo establecidas en el Capítulo VI
NOM-053-SEMARNAT-1993	Procedimiento de prueba de extracción para residuos peligrosos	Referencial en caso de caracterización de residuos generados
NOM-054-SEMARNAT-1993	Incompatibilidad entre residuos peligrosos	Aplicable al almacenamiento temporal de residuos peligrosos
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002	Residuos peligrosos biológico-infecciosos	Aplicable en caso de operación de puesto médico dentro del proyecto
NOM-161-SEMARNAT-2011	Clasificación de residuos de manejo especial	Aplicable a residuos generados durante construcción y operación
NOM-003-SCT/2008	Etiquetado de envases para transporte de materiales peligrosos	Aplicable al transporte de residuos peligrosos generados por el proyecto.
NOM-004-SCT/2008	Señalización de unidades que transportan materiales peligrosos	Aplicable al transporte de materiales y residuos peligrosos.
NOM-005-SCT/2000	Información de emergencia en transporte de materiales peligrosos	Aplicable a transporte terrestre de residuos y materiales peligrosos.
NOM-023-SCT4-1995	Manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos	Aplicable al almacenamiento temporal y manejo de materiales peligrosos dentro del recinto portuario.

CONSULTA PÚBLICA

En virtud de que el proyecto prevé el desarrollo de infraestructura portuaria a ubicarse dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, que con base en el numeral 3.69 de las definiciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003, corresponde en su descripción a una **Unidad Hidrológica**, ya que está constituida por: *el cuerpo lagunar costero y/o estuarino, y la comunidad vegetal asociada a él (manglares, marismas y pantanos), las unidades ambientales terrestres circundantes, la o las bocas que pueden ser permanentes o estacionales, la barrera y playa, los aportes externos (ríos, arroyos permanentes y temporales, aportes del manto freático) y la zona de influencia de la marea, oleaje y corriente litoral*, y que también se encuentra definido como un humedal costero, la presente Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones a cumplir para efectos de hacer viable el aprovechamiento dentro del citado humedal.

Asimismo, la NOM-022 en su numeral introductorio 0.43 establece que: *la suma o acumulación de impactos ambientales producidos en la mayoría de las lagunas costeras y estuarios provocados por los*

desarrollos portuarios y la infraestructura turística, canalizaciones, dragados, rellenos, así como diversas actividades productivas sobre las cuencas hidrológicas (agricultura, ganadería, deforestación, etc.), así como por el vertimiento de aguas residuales urbanas, la disposición de residuos sólidos y algunas formas de energía, han reducido y deteriorado los hábitat productivos, aumentando los depósitos de sedimentos, afectando, la calidad del agua del estuario, alterando los ciclos biogeoquímicos y provocando presión sobre las poblaciones de diversas especies estuarinas en general. Y en virtud de que el desarrollo del proyecto consiste en el desarrollo de infraestructura portuaria dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, que implica la generación de residuos sólidos y líquidos, es por ello que dentro del presente estudio de impacto ambiental se establecen las medidas de prevención, mitigación y/o compensación para todos y cada uno de los impactos ambientales a generarse con el desarrollo del proyecto que nos ocupa, tal y como se describen en los capítulo V y VI de esta MIA-R.

Resultado la generación de dichos impactos, así como la ejecución de las medidas de compensación propuestas, la forma en como el desarrollo del proyecto se vincula con la presente Norma Oficial Mexicana. En razón a lo anterior, es que se procede a realizar a continuación la vinculación con las especificaciones establecidas dentro de dicha NOM.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla III 49. Vinculación con la NOM-022-SEMARNAT-2003.

Especificaciones	Vinculación
4.0. El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental, se deberá garantizar en todos los casos la integralidad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos: • La integridad del flujo hidrológico del humedal costero; • La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental; • Su productividad natural; • La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas; • Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; • La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales; • Cambio de las características ecológicas; • Servicios ecológicos; • Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción	La **comunidad vegetal** se define como: *"Se refiere a un grupo de poblaciones de plantas que habitan en determinada zona y que muestran patrones específicos en su distribución, abundancia y evolución, por ejemplo: bosque de coníferas, bosque mesófilo, selva alta, manglar, etc."* Y la especificación establece que se garantice, en todos los casos, la integralidad del mismo, contemplando una serie de puntos que se vinculan a continuación: En primera instancia, la **integralidad de un ecosistema** (en este caso en específico, el manglar), corresponde a la capacidad de un sistema ecológico para mantener su estructura, composición, biodiversidad y funciones naturales a lo largo del tiempo, manteniendo su estado original o natural; y que indica que el ecosistema es autosuficiente, con alta capacidad de autorreparación y adaptabilidad a los cambios ambientales de su entorno (resiliencia). Respecto a la **integralidad del flujo hidrológico** del manglar, que se reconoce como la capacidad de mantener una libre circulación del agua dulce (ríos y acuíferos) y salada (mareas), necesaria para la salud del ecosistema, y que al mantenerse, permite simultáneamente el desarrollo de su **productividad natural**, que es la tasa a la que los ecosistemas generan biomasa por unidad de área y tiempo, mediante la fotosíntesis, y por lo tanto también permite seguir **manteniendo servicios ecológicos** como la **integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje**; así como la **integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos, la duna, la zona marina adyacente y los corales**, se establece que el proyecto que nos

de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).	ocupa se desarrollará dentro de un Sistema Lagunar costero conocido ubicado en los municipios de Manzanillo y Armería en el estado de Colima, conformado por 4 vasos Lagunares en el que conviven tanto actividades productivas como ecosistemas importantes como los manglares. El Vaso I centra su actividad en la captación de agua para la Central Termoeléctrica de Manzanillo, actividades turísticas, acuícolas y pesqueras, mantiene una conexión con el mar a través del Canal de Ventanas al oeste del Sistema Lagunar; el Vaso II tiene una vocación de desarrollo portuario, en el que se realizan algunas actividades pesqueras de cooperativas de Manzanillo, y desde hace 15 años, se iniciaron las actividades de la Terminal de Gas Natural Licuado Manzanillo (TGNLM), a cargo de la empresa privada KMS; mientras que, tanto el Vaso III y IV de la Laguna, son considerados sitios Ramsar desde 2011, y son los que presentan mejor estado de conservación, a pesar de la influencia de actividades agrícolas en sus alrededores, sustentan las actividades de extracción de sal y desarrollo apícola en el estado, y están próximos a incluirse en la declaración de un Área Natural Protegida (ANP) de competencia federal. Bajo este contexto, este importante ecosistema tuvo un impacto positivo significativo entre 2007 y 2010, durante el desarrollo de la TGNLM, debido a la ampliación del Canal de Tepalcates, de una sección de 40 m de ancho y 4 m de profundidad, a una de 450 m de ancho y 15 m de profundidad, por lo que las condiciones hidrodinámicas de la Laguna en aquel momento, se modificaron grandemente, provocando una recuperación positiva de los ecosistemas en los Vasos II, III y IV; en donde no se debe perder de cuenta que, el Vaso II, a pesar de que hubo recuperación de manglar en su superficie, siempre tuvo la proyección de utilización para el desarrollo de infraestructura portuaria. Por lo tanto, el proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo, que surge de la imperiosa necesidad de disminuir la presión existente en el actual Puerto de Manzanillo, así como de consolidar a este puerto mexicano como líder en el movimiento de contenedores no solo a nivel nacional, sino internacional, y que **ha llevado a cabo los estudios necesarios de flora, fauna, hidrología e hidráulica, así como la modelación hidrodinámica, tanto del frente marino como de los 4 vasos de la Laguna de Cuyutlán, mismos que se explican y desarrollan a detalle, dentro del capítulo IV de esta MIA-R y en sus anexos**, y que **con base en esa información ha procedido a realizar el diseño técnico de las obras que se realizarán en el Vaso II de la Laguna**, ha demostrado que el proyecto no afectará los 5 puntos señalados en esta vinculación, ya que, a pesar de que el proyecto necesita la intervención en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales de 21.87 ha de manglar en el Vaso II, **ni esta acción, ni la instalación de la infraestructura proyectada afectarán a la integralidad del flujo hidrológico del manglar en las zonas que permanecerán sin alteración por el proyecto, permitiendo la libre circulación del agua dulce aportada por los escurrimientos de la cuenca del arroyo el Zacate y los acuíferos existentes, y la de las mareas que ingresan al Vaso II por el Canal de Tepalcates, utilizando para ello el diseño de drenes de interconexión en las áreas destinadas para la instalación de las plataformas en las que se construirán las Terminales proyectadas en las Etapas 1 y 2 del proyecto (TEC's 1, 2, 3 y 4; y TUM 1), con dimensiones de 20 m de ancho y 2 m de altura, separados a cada 220 m**. Con lo anterior, se asegura que el desarrollo portuario y los ecosistemas y servicios ecosistémicos que presta la Laguna, tanto en lo particular en el Vaso II, como en su conjunto con los Vasos I, III, IV y frente marino, pueden convivir

CONSULTA PÚBLICA

	y coexistir, sin que esto implique una afectación negativa significativa a todos y cada uno de los elementos de los ecosistemas presentes, ni a las actividades que se requieren para la construcción y operación de un puerto de las características del proyecto. El proyecto ha hecho todo lo necesario para asegurar que el ecosistema del manglar, presente no sólo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, sino en todos y cada uno de los 4 vasos que la conforman, mantenga su integralidad, demostrándose en primera instancia, con el **cambio en el diseño propuesto para la infraestructura portuaria** (con el objeto de respetar las Islas Cocodrilos I y II al centro del Vaso II), seguido de la decisión de **construir y operar**, como elemento fundamental del puerto, un **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP**), primero en su tipo en los puertos de México, cuyo objetivo primordial es garantizar la protección, conservación y restauración, no sólo del ecosistema del manglar, sino también de los demás ecosistemas presentes en el área de influencia y SAR que se establece para el proyecto, desde las partes altas de la cuenca, hasta la zona marina. Lo anterior se puede identificar en las características de este centro de investigación descritas en el Capítulo II de esta MIA-R, en donde se describen entre sus funciones primordiales las de asegurar "*que durante el desarrollo del Puerto* ***Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)****, se proteja, conserve y restaure todos los ecosistemas presentes en el área de influencia y SAR del proyecto, integrando investigación científica, monitoreo ambiental, operación de campo, conservación ecológica y vinculación social*", así como de la **supervisión ambiental constante** que existirá durante todas y cada una de las etapas de desarrollo del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento) para llevar a cabo el **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)** del proyecto, en atención a todas y cada una de las **medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas en el capítulo VI de esta MIA-R**, con especial énfasis en la reforestación de al menos 21.87 ha de manglar, con las tres especies existentes en el SAR (mangle rojo, mangle blanco y mangle negro). Asimismo, se reconoce que si bien es cierto que el proyecto afectará el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción, también es cierto que con los resultados de los estudios realizados sobre los diferentes componentes ambientales del sistema lagunar, así como la construcción y operación del CIAP, y la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), se asegura la preservación del manglar como una comunidad vegetal que conserva todos sus elementos sin alteraciones significativas, dando cumplimiento a esta especificación y estableciendo al proyecto como jurídica y ambientalmente viable.
4.1 Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.	En el desarrollo del proyecto y con base a los estudios de flora, fauna, hidrología e hidráulica, así como la modelación hidráulica del agua en los 4 vasos de la Laguna con y sin proyecto, tal como se describen en el capítulo IV de esta MIA, se contempla la **construcción de drenes de interconexión** en las áreas destinadas para la instalación de las plataformas en las que se construirán las Terminales proyectadas en las Etapas 1 y 2 del proyecto (TEC's 1, 2, 3 y 4; y TUM 1), **con dimensiones de 20 m de ancho y 2 m de altura, separados a cada 220 m**. Lo anterior con la intención de mantener la circulación entre la zona posterior de la plataforma y el área de agua donde se ubicarán los canales de navegación, para que se promueva la regeneración del humedal costero.

CONSULTA PÚBLICA

	Es por ello que con la construcción de los drenes de interconexión es como se da atención a lo establecido en esta especificación.
4.2 Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.	Respecto a esta especificación, en la zona que quedará ubicada detrás de la plataforma de las Terminales 1 y 2 del proyecto, se considera la construcción y mantenimiento periódico de canales para permitir la circulación de agua al interior de esa zona, con el objeto de ayudar a restaurar y desarrollar el mangle en esa área, y cuya efectividad estará siendo monitoreada periódicamente por medio del **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica** del proyecto. Por lo tanto, el proyecto cumplirá con esta especificación a través de la construcción y mantenimiento periódico de canales en la zona ubicada detrás de las plataformas de las Terminales 1 y 2, y repondrá 21.87 ha de manglar en una proporcion 3:1 del mangle afectado, dándole seguimiento por medio del Programa mencionado.
4.3 Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.	El proyecto Puerto Nuevo Manzanillo requerirá la construcción de los canales de navegación al interior del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, para ello, utilizará el canal de interconexión mar-laguna, denominado Canal Tepalcates para mantener el ingreso de agua salina al sistema lagunar. Asimismo, **mediante los estudios de hidráulica, hidrología y la modelación hidrodinámica, con y sin proyecto**, se evaluó el comportamiento del agua al interior de cada uno de los 4 vasos del sistema Laguna, y se propusieron las medidas necesarias para que el diseño de la infraestructura portuaria, contemplara todos los elementos necesarios con el fin de evitar la fragmentación del ecosistema, la intrusión salina, el asolvamiento y la modificación del balance hidrológico. Es por ello que con los estudios mencionados se cumple con lo establecido en esta especificación respecto a detectar los canales ya existentes que pudieran ser aprovechados.
4.4 El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.	El proyecto contempla el establecimiento de infraestructura marina fija que estará ganando terreno a la unidad hidrológica, y aunque estas obras incumplen con esta especificación; en su diseño y con base en los estudios hidráulico, hidrológico y la modelación hidrodinámica, se contempla la construcción de **drenes de interconexión** en las áreas destinadas para la instalación de las plataformas en las que se construirán las Terminales proyectadas en las Etapas 1 y 2 del proyecto (TEC's 1, 2, 3 y 4; y TUM 1), **con dimensiones de 20 m de ancho y 2 m de altura, separados a cada 220 m**. Lo anterior con la intención de mantener la circulación entre la zona posterior de la plataforma y el área de agua donde se ubicarán los canales de navegación, para que se promueva la regeneración del humedal costero, y coadyuvar al cumplimiento en cierto grado de esta especificación.
4.5 Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.	El proyecto contempla el desarrollo de infraestructura portuaria, en la cual se establece la construcción de plataformas para la futura instalación de Terminales portuarias, mismas que incluirán en su diseño, la construcción de **drenes de interconexión** en las áreas destinadas para la instalación de las plataformas en las que se construirán las Terminales proyectadas en las Etapas 1 y 2 del proyecto (TEC's 1, 2, 3 y 4; y TUM 1), **con dimensiones de 20 m de ancho y 2 m de altura, separados a cada 220 m**. Lo anterior con el objeto de mantener la interconexión entre zonas de agua y evitar el bloqueo del flujo natural del agua hacia la zona norte y oeste del humedal costero, lo que hace que el proyecto cumpla con la especificación aquí mencionada.
4.6 Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento.	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, considerando que las actividades asociadas

CONSULTA PÚBLICA

	pueden generar residuos sólidos, líquidos y material particulado que, de no ser manejados adecuadamente, podrían contribuir a la degradación del humedal costero. Por lo tanto, en primera instancia se señala que, con el objeto de garantizar la protección, conservación y restauración, no sólo del ecosistema del manglar, sino también de los demás ecosistemas presentes en el área de influencia y SAR que se establece para el proyecto, desde las partes altas de la cuenca, hasta la zona marina, se desarrollará el **Centro de Investigación Ambiental Portuaria (CIAP),** como infraestructura fundamental para el proyecto. En este sentido, adicionalmente se implementarán medidas de manejo integral de residuos, por medio de un **Programa de Manejo Integral de Residuos** que incluirá la separación, almacenamiento temporal y disposición final de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos a través de empresas autorizadas, así como el manejo adecuado de residuos líquidos derivados de la operación de maquinaria y equipos, evitando su descarga al medio natural, para lo cual se desarrollará el **Programa de Monitoreo de Calidad de Agua**. Asimismo, se aplicarán medidas para el control de sedimentos durante las actividades de obra, a fin de prevenir procesos de asolvamiento en el sistema lagunar, durante la implementación del **Programa de Seguimiento Ambiental del Dragado y Vertimiento**. De manera complementaria, se contempla la realización de acciones periódicas de limpieza en zonas aledañas al manglar, contribuyendo a la mejora de las condiciones ambientales del sitio. Lo anterior, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de prevención y mitigación establecidas en el Capítulo VI. De manera general, se llevará la aplicación del **Programa de Vigilancia Ambiental** (PVA) para el debido cumplimiento de lo establecido en el párrafo anterior, aunado a la obtención de las autorizaciones y permisos necesarios, como los del registro de un plan de manejo de residuos sólidos de manejo especial y el registro como generador de residuos peligrosos, por parte de las autoridades ambientales competentes. Así pues, con todas las acciones descritas previamente es como el promovente cumplirá lo dispuesto en esta especificación durante el desarrollo del proyecto.
4.7 La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, en lo relativo al abastecimiento y manejo del agua utilizada en las actividades del proyecto. Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, el suministro de agua se realizará a través de fuentes autorizadas externas (p. ej., suministro mediante pipas), por lo que no se contempla la extracción de agua de la cuenca que alimenta al humedal costero en este periodo. Sin embargo, durante la operación del proyecto se tiene contemplado el abastecimiento de agua por medio de un pozo de extracción, dentro de un sistema de abastecimiento que contará con una planta potabilizadora, y de manera complementaria, un sistema de drenaje y alcantarillado que tendrá una PTAR que tratará el agua consumida durante la operación del proyecto, para ser utilizada posteriormente en actividades de riego de áreas verdes, y que así, de manera natural se restituya el agua extraída al sistema lagunar. Adicionalmente, se contará con un **Programa de Monitoreo de Calidad del Agua**, que verifique constantemente los parámetros de volumen, pH, salinidad, oxígeno disuel, temperatura y otros componentes de la calidad de agua tratada en la PTAR y en los espejos de agua de los 4 vasos de la Laguna. Asimismo, no se prevén descargas directas de aguas residuales al sistema lagunar; las aguas residuales generadas serán manejadas

CONSULTA PÚBLICA

	mediante sistemas sanitarios temporales y/o infraestructura de tratamiento durante la preparación del sitio y construcción, y su disposición se realizará a través de prestadores de servicio autorizados, evitando su vertimiento al medio natural. Lo anterior, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de manejo establecidas en el Capítulo VI. Por lo tanto, mediante las medidas previamente descritas, es como se estará dando cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.8 Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, en lo relativo al manejo de aguas residuales y la prevención de la contaminación del sistema lagunar. En este sentido, no se prevén descargas directas de aguas residuales al humedal costero; las aguas residuales generadas durante la preparación del sitio y construcción serán manejadas mediante sistemas sanitarios temporales (letrinas) y se realizará a través de prestadores de servicio autorizados. Durante la operación del poryecto, se contempla la instalación de una PTAR en la zona del área administrativa, cuyas aguas serán destinadas a riego de áreas verdes previo cumplimiento de las normas ambientales. Asimismo, se implementarán medidas para prevenir la contaminación por sustancias como aceites, combustibles, grasas y otros contaminantes derivados de la operación de maquinaria y equipo, mediante su manejo adecuado, almacenamiento controlado y atención oportuna de posibles derrames, todas estas actividades englobadas en un **Programa de Atención a Contingencias Ambientales** en complemento con el **Programa de Manejo Integral de Residuos**. Lo anterior, en congruencia con las actividades descritas en el Capítulo II y las medidas de prevención y mitigación establecidas en el Capítulo VI. Por lo que, el no vertimiento de descargas de aguas residuales al cuerpo lagunar, así como en su caso, el tratamiento que se dé a las aguas residuales generadas con el desarrollo del proyecto y su destino final, es la formas en como el desarrollo del proyecto se vincula y da cumplimiento a la presente especificación.
4.9 El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.	El proyecto no contempla el vertimiento de aguas residuales durante el desarrollo de las obras a la unidad hidrológica, y mucho menos en la zona de manglar, ya que durante la operación la infraestructura del área administrativa será operada por una PTAR cuyas aguas serán destinadas a riego de áreas verdes mediante el cumplimiento de normas ambientales. Sin embargo, se pondrán a disposición de las autoridades competentes los resultados de calidad del agua de la PTAR, para que se verifique el cumplimiento de la normatividad aplicable, sin que esto signifique realizar vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica. Por lo tanto, con la acción aquí descrita es como se da cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.10 La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.	Durante la operación del Proyecto se utilizará un pozo de bombeo de aguas subterránea como se indica en el Capítulo II, que si bien no se encuentra colindante a un área de manglar, de acuerdo con el estudio geohidrológico del Capítulo IV si se encuentra en el mismo acuífero que aporta agua dulce al Vaso II; sin embargo, y con base en el mismo estudio, dicho pozo no compromete el balance hídrico, ni fomentará la penetración de la cuña salina ni afectará a la vegetación del sistema lagunar. La promovente monitoreará de manera permanente la extracción de este pozo para asegurar que no se presente el fenómeno de intrusión descrito en esta especificación, y en caso de advertir el fenómeno, detendrá por completo la extracción de agua del pozo, estableciendo el abastecimiento por medio de pipas, para que no se presente la intrusión de la cuña salina en el

CONSULTA PÚBLICA

	acuífero. Es por ello que con estas acciones se cumplirá lo dispuesto en esta especificación.
4.11 Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.	Las actividades de restauración establecidas en el Capítulo VI buscan la recuperación de la cubierta vegetal de algunas zonas desprovistas de vegetación, para ello, se realizarán las actividades de recolección y producción de especies de mangle en una UMA que estará autorizada para manglar y se establecerá un vivero para la reproducción de especies de vegetación de SBC que se utilizarán en la restauración, para con ello implementar la plantación y dar mantenimiento adecuado para lograr su supervivencia como se describe en el Capítulo VI de esta MIA-R, específicamente en lo concerniente al **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica** y al **Programa de Manejo Integral de Flora**. Lo anterior se apega a lo señalado en esta especificación toda vez que no se introducirán ejemplares o poblaciones perjudiciales para la zona de manglar, sino se trata de especies nativas y propias de la región. Esta actividad contará con los permisos necesarios en materia de Vida Silvestre para la recolección y reproducción del manglar.
4.12 Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.	El estudio de impacto ambiental que se presenta a la autoridad se elaboró en apego a los requerimientos que solicita la SEMARNAT, desarrollando de manera específica, en el Capítulo IV, un apartado con información de un estudio hidrológico que muestra que la interdependiencia en el balance hídrico entre el Vaso II y los Vasos III, IV y Estero Palo verde por los aportes de agua dulce de los acuíferos y escurrimientos, en conjunción con el agua de las mareas, no se verá comprometido por el desarrollo del proyecto, así como tampoco la mezcla de las aguas dulce y salada en el sistema lagunar, determinantes para el humedal costero y las comunidades vegetales. Lo anterior será supervisado y monitoreado por medio de diversos Programas establecidos en las medidas del capítulo VI tales como: **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica**, **Programa de Monitoreo de Calidad del Agua** y el **Programa de Seguimiento Ambiental del Dragado y Vertimiento**. Es por ello, que con las acciones previamente descritas, se cumple con lo establecido en esta especificación de la norma.
4.13 En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.	Se vincula con el proyecto en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, considerando que éste contempla el desarrollo de infraestructura asociada a vías de comunicación, incluyendo tramos carreteros y ferroviarios dentro del sistema lagunar. En este sentido, en los tramos donde sea necesario cruzar zonas de humedal, se prevé el uso de estructuras elevadas mediante pilotes, con el fin de permitir el libre flujo hidráulico y mantener la conectividad ecológica del sistema. Asimismo, el diseño del proyecto considera garantizar el paso de fauna silvestre y evitar la fragmentación del hábitat. Durante el proceso constructivo se aplicarán métodos de construcción controlados, evitando el depósito de materiales en el humedal y la generación de residuos en sitio, en congruencia con lo descrito en el Capítulo II y las medidas de prevención y mitigación establecidas en el Capítulo VI. Así pues, mediante el diseño de las vías de comunicación por medio de pilotes, es que se da cumplimiento a lo determinado en esta especificación.
4.14 La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad	El proyecto contempla infraestructura asociada a vías de comunicación dentro del sistema lagunar, por lo que el diseño incorpora elementos que permiten la continuidad del flujo hidráulico, tales como drenes, alcantarillas y, en su caso, estructuras elevadas, con el fin de mantener la conectividad del ecosistema como se menciona en el Capítulo II. La configuración de la infraestructura considera criterios de protección al manglar mediante la

CONSULTA PÚBLICA

vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.	delimitación de áreas de intervención y la implementación de medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental orientadas a conservar la funcionalidad del humedal, a pesar de que por las características del proyecto, no es posible dejar la franja de protección de 100 m que señala la especificación. Sin embargo, los taludes si serán estabilizados mediante el uso de vegetación nativa, a fin de prevenir procesos erosivos y favorecer la integración con el entorno como se menciona en el Capítulo VI y para garantizar esto se plantea la operación del CIAP. Por lo tanto, con las acciones descritas previamente se da cumplimiento a lo establecido en esta especificación, a excepción de la franja de 100 m de protección, por lo que se estará a lo dispuesto en la especificación 4.43.
4.15 Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.	El proyecto contempla la instalación de infraestructura de servicios asociada, tales como redes de energía eléctrica, agua potable y drenaje, las cuales serán dispuestas preferentemente sobre derechos de vía existentes o dentro de las áreas previamente destinadas a la infraestructura del proyecto. En los casos donde sea necesario el cruce de zonas con presencia de manglar o su área de influencia, se procurará el menor impacto posible mediante la delimitación de las áreas de intervención, la reducción de frentes de obra y la implementación de medidas de control ambiental que permitan mantener la integridad del ecosistema como se menciona en el Capítulo VI y para dar seguimiento a esto se plantea la operación del CIAP. Por lo tanto, con la aplicación del conjunto de medidas aquí descritas es como se da cumplimiento a lo establecido en la especificación.
4.16 Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.	El proyecto contempla el desarrollo de infraestructura portuaria asociada a actividades dentro del Vaso II, en zonas aledañas con la vegetación del humedal costero, por lo que el diseño de sus componentes, consideran criterios de prevención, mitigación y protección a la hidrodinámica, calidad del agua y ecosistema de manglar en el resto de la unidad hidrológica como se expone en los Capítulos IV y VI. En este sentido, se establecerá la delimitación de las áreas de intervención y la implementación de medidas orientadas a conservar la funcionalidad del humedal costero y su zona de influencia, aunque en algunas zonas no se logre alcanzar la distancia mínima de 100 respecto al límite de la vegetación. La disposición de las obras y actividades incorpora criterios de ordenamiento que mantendrán la integridad del sistema, mediante acciones de prevención, mitigación y compensación ambiental que reducirán la presión sobre la vegetación del humedal y sus procesos ecológicos asociados, y se complementarán con las medidas de control ambiental que mantendrán la integridad del ecosistema como se menciona en el Capítulo VI y para dar seguimiento a través de la operación del CIAP. Por lo tanto, con base en todo lo descrito previamente, se indica que no se cumple con los 100 m respecto al límite de la vegetación, por lo que se estará a lo dispuesto en la especificación 4.43.
4.17 La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.	El material requerido para las obras del proyecto será obtenido de bancos de préstamo autorizados por la autoridad competente, ubicados fuera de zonas de manglar y sin influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas asociados. En caso de que los bancos de material no se encuentren definidos al momento, se seleccionarán aquellos que cuenten con las autorizaciones correspondientes, y su ubicación será informada a la autoridad competente de manera previa a su aprovechamiento, garantizando el cumplimiento de la normatividad aplicable. Para lo anterior, de igual formas, previo a la adquisición de los materiales pétreos, se

CONSULTA PÚBLICA

	requerían las acreditaciones documentales respecto de las autorizaciones vigentes para el aprovechamiento de los mismos. No se omite reiterar que para la conformación de las plataformas proyectadas, se utilizara una parte del material de dragado extraído del área de desarrollo del proyecto. Es por ello que con estas acciones se da cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.18 Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.	El proyecto contempla la ejecución de obras que implican la remoción de vegetación en el Vaso II y su área aledaña, por lo que se somete al procedimiento de evaluación de impacto ambiental mediante la presente Manifestación de Impacto Ambiental. Asimismo, se gestionará la autorización correspondiente en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales (CUSTF), acompañada del Estudio Técnico Justificativo, a fin de dar cumplimiento a la normatividad aplicable y contar con las autorizaciones necesarias para la ejecución de las obras y actividades del proyecto. De manera complementaria, se implementarán medidas de compensación ambiental orientadas a la protección, conservación y restauración del manglar, mediante el Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica y el Programa de Manejo Integral de Flora.. Resultando dichas acciones de construcción y/o habilitación de infraestructura con afectación de vegetación de humedal costero, así como la presentación y/o sometimiento al proceso de evaluación del impacto ambiental la manifestación que nos ocupa, y en su momento la presentación y evaluación de la solicitud de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la forma en como el desarrollo del proyecto se vincula y dará cumplimiento a la especificación que nos ocupa.
4.19 Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.	En virtud de que el desarrollo del proyecto contempla actividades de dragado, los sitios de tiro del material producto del citado dragado, se ubican fuera del manglar, específicamente en mar abierto, mismo que tendrán las autorizaciones necesarias por la autoridad competente para su operación. Ahora bien, se destaca que parte del material de dragado será utilizado en la conformación de las plataformas proyectadas en el proyecto, sin que ello representa riesgo de obstrucción a los flujos hidrológicos de escurrimiento y o de mareas. El proyecto contempla la ejecución de obras que implican la remoción de vegetación en el Vaso II y su zona aledaña. Como se explica en el Capítulo IV, al contemplar a la laguna como un sistema hidrológico, esta alteración no afecta el resto de hidrodinámica lagunar ni las interacciones ecológicas hacia los otros vasos y el Estero Palo Verde como se demuestra con estudios técnicos y modelaciones numéricas con y sin proyecto, para lo cual también se realizó un estudio geohidrológico que muestra como los escurrimientos desde la cuenca alta y a través de los vasos no genera cambios en el nivel freático que se traduzcan en la alteración de la infiltración de la cuña salina. Asimismo, el diseño y ejecución de las obras incorporan elementos de control hidráulico, tales como drenes y estructuras que permiten mantener la conectividad del sistema como se muestra en el Capítulo II. También se menciona en el Capítulo VI que con el funcionamiento del CIAP se dará seguimiento ambiental para asegurar que con los resultados de las modelaciones realizadas y otros estudios pertinentes que se realizarán, se eviten las alteraciones en el funcionamiento del humedal costero, y de identificarse alguna alteración se implementarán medidas de prevención y mitigación para este efecto. Por lo tanto, con la aplicación de todas las medidas aquí descritas, es como se da cumplimiento a lo establecido en la especificación que nos ocupa.

CONSULTA PÚBLICA

4.20 Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.	El Proyecto generará residuos sólidos durante sus etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento, como se menciona en el Capítulo II. En este sentido, como se menciona en el Capítulo VI, no se llevará a cabo la disposición de residuos dentro del humedal costero, toda vez que se implementará un **Programa de Manejo Integral de Residuos** que contempla la separación, almacenamiento temporal, recolección, reciclaje, transporte y disposición final a través de empresas autorizadas, evitando su liberación al medio natural y garantizando la protección del ecosistema. Con esta acción se da cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.21 Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras, y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con instalaciones de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.22 No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con instalaciones y/o infraestructura acuícola, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.23 En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.	El proyecto contempla la habilitación de canales de navegación mediante actividades de dragado, así como la remoción de vegetación en áreas aledañas específicas en el Vaso II, por lo que dichas acciones se sujetan al procedimiento de evaluación de impacto ambiental y a la obtención de la autorización en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. En este sentido, las áreas de intervención corresponderán exclusivamente a las que sean autorizadas por la autoridad competente, y como se explica en el Capítulo IV, al contemplar a la laguna como un sistema hidrológico, esta alteración no afecta el resto de hidrodinámica lagunar ni las interacciones ecológicas hacia los otros vasos y el Estero Palo Verde como se demuestra con estudios técnicos y modelaciones numéricas con y sin proyecto, para lo cual también se realizó un estudio geohidrológico que muestra como los escurrimientos desde la cuenca alta y a través de los vasos no genera cambios en el nivel freático que se traduzcan en la alteración de la infiltración de la cuña salina. Asimismo, el diseño y ejecución de las obras incorporan elementos de control hidráulico, tales como drenes y estructuras que permiten mantener la conectividad del sistema como se muestra en el Capítulo II. También se menciona en el Capítulo VI que con el funcionamiento del CIAP se dará seguimiento ambiental para asegurar que con los resultados de las modelaciones realizadas y otros estudios pertinentes que se realizarán, se eviten las alteraciones en el funcionamiento del humedal costero, y de identificarse alguna alteración se implementarán medidas de prevención y mitigación para este efecto. Por lo tanto, es con las acciones que aquí se señalan como el proyecto dará cumplimiento a lo establecido en esta especificación.

CONSULTA PÚBLICA

4.24 Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con instalaciones y/o infraestructura acuícola, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.25 La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con instalaciones y/o infraestructura acuícola, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.26 Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria, sin que se contemple o prevea el desarrollo o habilitación de canales de llamada, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.27 Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con actividades de extracción de minerales, ni de construcción de bordos, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.28 La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas, y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con instalaciones y/o infraestructura turística, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.29 Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.	El Proyecto corresponde a infraestructura portuaria por lo cual, no guarda relación con instalaciones y/o infraestructura turística, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.30 En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos), y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.	Durante la etapa de preparación del sitio, construcción y operación el uso de embarcaciones con motores fuera de borda, para el caso de requerirse como auxiliares, se implementarán medidas de control para la navegación en el área del recinto portuario. En este sentido, se identificarán las áreas con presencia de especies en riesgo y zonas con características de restricción ambiental, a fin de evitar la circulación de embarcaciones en dichos sitios o, en su caso, realizarla a bajas velocidades, minimizando posibles afectaciones a la fauna y al ecosistema. En todo momento, se observarán las disposiciones emitidas para la navegación por parte de la capitanía de puerto, como parte del recinto portuario decretado. Y es con esta medida como se da cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.31 El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.	El proyecto no contempla el desarrollo de actividades de turismo de ningún tipo, por lo cual, no guarda relación con dicho tipo de actividades, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa.
4.32 Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales	El desarrollo del proyecto no se ubica dentro de un centro turísticos, ni contempla y/o prevé la construcción y/o habilitación de caminos de acceso hacia centros turísticos y/o la playa, por ello esta especificación no le resulta aplicable y/o vinculante al proyecto que nos ocupa. En cualquier caso, durante todas las etapas del proyecto se vigilará que no ocurra la fragmentación del humedal costero en el área de influencia del proyecto,

CONSULTA PÚBLICA

costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	en donde el mismo no tiene contemplado la construcción de ningún camino de acceso a la playa. Y con estas acciones el proyecto dará cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.33 La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.	El proyecto contempla la habilitación de canales de navegación mediante actividades de dragado y profundización en el Vaso II, y como se explica en el Capítulo IV, al contemplar a la laguna como un sistema hidrológico, y como resultado de las modelaciones hidrológicas realizadas, esta alteración no afecta el resto de hidrodinámica lagunar ni las interacciones ecológicas hacia los otros vasos y el Estero Palo Verde. Asimismo, el diseño y ejecución de las obras incorporan elementos de control hidráulico, tales como drenes y estructuras que permiten mantener la conectividad del sistema como se muestra en el Capítulo II. Por último, el Proyecto contemplará, dentro de su **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica**, la rehabilitación y mantenimiento de canales naturales existentes cumpliendo los criterios ambientales orientados a mantener la continuidad del ecosistema y evitar su fragmentación y se priorizará el aprovechamiento de zonas previamente modificadas o con condiciones favorables, reduciendo la apertura de nuevos canales en áreas con presencia de manglar, y dando cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.34 Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.	Las actividades del proyecto se desarrollarán considerando medidas orientadas a evitar la compactación del sedimento en áreas de humedal costero. Como se indica en el Capítulo II, se delimitarán las zonas de trabajo, restringiendo el tránsito de maquinaria y personal fuera de las áreas autorizadas; se definirán accesos y rutas específicas para el desplazamiento de equipo; y se minimizará la circulación innecesaria dentro del humedal. Asimismo, se emplearán procedimientos constructivos controlados que reduzcan la presión directa sobre el sustrato, a fin de conservar las condiciones físicas del ecosistema, como el uso de embarcaciones (chalanes), para el desarrollo de actividades dentro del Vaso II, sobre las cuales se transportará maquinara, equipos y materiales a utilizar en el desarrollo de la infraestructura del proyecto. Y es por ello que con la implementación de estas acciones que se da cumplimiento a lo dispuesto en esta especificación.
4.35 Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.	El proyecto contempla obras en el Vaso II y en su periferia, y como se explica en el Capítulo IV, al considerar a la laguna como una unidad hidrológica, esta alteración no afectará el resto de hidrodinámica lagunar ni las interacciones ecológicas hacia los otros vasos y el Estero Palo Verde como se demuestra con estudios técnicos y modelaciones numéricas con y sin proyecto, para lo cual también se realizó un estudio geohidrológico que muestra como los escurrimientos desde la cuenca alta y a través de los vasos no genera cambios en el nivel freático que se traduzcan en la alteración de la infiltración de la cuña salina. Asimismo, el diseño y ejecución de las obras incorporan elementos de control hidráulico, tales como drenes y estructuras que permiten mantener la conectividad del sistema como se muestra en el Capítulo II. También se menciona en el Capítulo II que con el funcionamiento del **CIAP** se dará seguimiento ambiental para asegurar que con los resultados de las modelaciones realizadas y otros estudios pertinentes que se realizarán, se eviten las alteraciones en el funcionamiento del humedal costero, es decir, se incorpora un enfoque integral orientado a la protección, conservación y restauración del ecosistema de manglar parar que mantenga su función de corredor biológico y facilite el libre tránsito de la fauna silvestre, mediante la implementación de medidas ambientales que favorecen la funcionalidad

CONSULTA PÚBLICA

	y el mantenimiento de este sistema costero. Es por ello que con estas acciones la promovente da cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.36 Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.	El proyecto contempla obras en el Vaso II y en su periferia, y como se explica en el Capítulo IV, al considerar a la laguna como una unidad hidrológica, esta alteración no afecta el resto de hidrodinámica lagunar ni las interacciones ecológicas hacia los otros vasos y el Estero Palo Verde como se demuestra con estudios técnicos y modelaciones numéricas con y sin proyecto, para lo cual también se realizó un estudio geohidrológico que muestra como los escurrimientos desde la cuenca alta y a través de los vasos no genera cambios en el nivel freático que se traduzcan en la alteración de la infiltración de la cuña salina. Asimismo, el diseño y ejecución de las obras incorporan elementos de control hidráulico, tales como drenes y estructuras que permiten mantener la conectividad del sistema como se muestra en el Capítulo II. También se menciona en el Capítulo VI que con el funcionamiento del **CIAP** se dará seguimiento ambiental para asegurar que con los resultados de las modelaciones realizadas y otros estudios pertinentes que se realizarán, se eviten las alteraciones en el funcionamiento del humedal costero, es decir, e incorpora un enfoque integral orientado a la protección, conservación y restauración del ecosistema de manglar parar que mantenga su función de corredor biológico y facilite el libre tránsito de la fauna silvestre, mediante la implementación de medidas ambientales que favorecen la funcionalidad y el mantenimiento de este sistema costero. Lo anterior se incluirá de manera detallada en el desarrollo del **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica** del proyecto, para que con lo aquí descrito la promovente dé cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.37 Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.	El proyecto contempla obras en el Vaso II y en su periferia, y como se explica en el Capítulo IV, al contemplar a la laguna como una unidad hidrológica, esta alteración no afecta el resto de hidrodinámica lagunar ni las interacciones ecológicas hacia los otros vasos y el Estero Palo Verde como se demuestra con estudios técnicos y modelaciones numéricas con y sin proyecto, para lo cual también se realizó un estudio geohidrológico que muestra como los escurrimientos desde la cuenca alta y a través de los vasos no genera cambios en el nivel freático que se traduzcan en la alteración de la infiltración de la cuña salina. Asimismo, el diseño y ejecución de las obras incorporan elementos de control hidráulico, tales como drenes y estructuras que permiten mantener la conectividad del sistema como se muestra en el Capítulo II. También se menciona en el Capítulo II que con el funcionamiento del **CIAP** se dará seguimiento ambiental para asegurar que con los resultados de las modelaciones realizadas y otros estudios pertinentes que se realizarán, se eviten las alteraciones en el funcionamiento del humedal costero, favoreciendo y propiciando la regeneración natural de la unidad hidrológica, su flora y fauna mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales, la eliminación de vertimientos de aguas residuales sin tratamiento para proteger la conservación de este sistema costero. De igual forma el diseño de las obras del proyecto, contempla el propiciar condiciones hidrodinámicas que permitan la regeneración natural y de manera asistida de la unidad hidrológica, de las comunidades vegetales y animales, además de que se evita la descargas de aguas residuales al sistema lagunar, sin dejar de contemplar acciones y/o medidas de compensación sobre todo, para restaurar áreas degradadas, siendo con

CONSULTA PÚBLICA

	ello, la forma en como el desarrollo del proyecto se vincula y cumplirá con la presente especificación.
4.38 Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.	En virtud de que se establecen dentro del presente estudio acciones y/o medidas de compensación mediante restauración, tanto en el **Programa de Vigilancia Ambiental**, como en el **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica**, descrito en el Capítulo VI, y que con la construcción y operación del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)**, detallado en el Capítulo II, que conlleva estrategias de protección, reforestación y conservación del manglar que se presenta como parte de esta MIA-R, contiene la información y sustento técnico para la realización de las actividades propuesta para la conservación de dicho ecosistema, a fin de que la autoridad cuente con todos los elementos para su evaluación y aprobación. Con lo anterior, se apega a lo señalado en esta especificación.
4.39 La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.	El **Programa de Vigilancia Ambiental** y el **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica**, descritos en el Capítulo VI y la implementación del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)**, cuya operación conlleva estrategias de protección, reforestación y conservación del manglar que se presenta como parte de esta MIA-R, y se considera que las especies que se proponen establecer en los polígonos de reforestación que se determinen, son *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y *Avicennia germinans* (mangle negro) siendo las especies más representativas del manglar. Con lo anterior es como el proyecto dará cumplimiento a lo señalado en esta especificación.
4.40 Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.	Las especies utilizadas para las actividades de reforestación mencionadas en el Capítulo VI son aquellas representativas del sitio, además, como parte de las actividades del **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica** y el **Programa de Manejo Integral de Flora**, se propone la que no se utilizarán especie exóticas que pudiesen desplazar la comunidad de manglar. Siendo la ejecución de las acciones de restauración mediante reforestación y el uso de las especies referidas, la forma en como el desarrollo del proyecto se vincula con la especificación que nos ocupa.
4.41 La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.	El **Programa de Vigilancia Ambiental** descrito en el Capítulo VI y la implementación del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) que conlleva estrategias de protección, reforestación y conservación del manglar que se presenta como parte de esta MIA-R, en el capítulo VI se especifican acciones de monitoreo y mantenimiento durante el periodo de vida útil del proyecto, considerándose desde el inicio de las actividades de preparación del sitio, construcción y operación/mantenimiento. Por lo que con dichas actividades de restauración y la programación de acciones de monitoreo establecidas dentro de la presente manifestación, es como el desarrollo del proyecto se vincula y dará cumplimiento a la especificación citada.
4.42 Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.	En el Capítulo II se describió el proyecto, y para la realización de los estudios hidráulicos, hidrológicos y de modelación hidrodinámica que se comparten y analizan en el Capítulo IV, se consideró como unidad hidrológica de estudio todo el sistema lagunar en donde se incluyó la interacción entre los distintos vasos y el Estero Palo verde, los flujos de marea, escurrimientos superficiales y la dinámica del humedal costero. Para ello, se integraron estudios técnicos hidrodinámicos e hidrológicos, de sedimentos, de calidad del agua, de flora y fauna, entre otros que permitieron caracterizar la estructura y funcionamiento del ecosistema, los

CONSULTA PÚBLICA

	cuales permitieron comprender la conectividad del sistema y su comportamiento ante las actividades del proyecto. Esta información sustentó la evaluación de los posibles efectos sobre el humedal y la definición de medidas orientadas a su conservación en el Capítulo VI a través del **Programa de Vigilancia Ambiental** y del funcionamiento del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)**, que conllevan estrategias y acciones de protección, reforestación y conservación del sistema costero. Por lo tanto, con lo contemplado en esta MIA-R, es como se da cumplimiento a lo establecido en esta especificación.
4.43 La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.	El proyecto contempla la ejecución de obras en el Vaso II y área aledaña que, por sus características y localización, se relacionan con lo establecido en las especificaciones 4.4, 4.14, y 4.16 respecto con las obras y/o actividades del proyecto y con la ocupación de la unidad hidrológica y la proximidad a la vegetación de manglar. En este sentido, el proyecto se apega a lo dispuesto en la presente especificación, mediante su evaluación a través de esta MIA-R y la gestión de la autorización correspondiente en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. Para lo anterior, en el Capítulo VI se describe que se implementarán medidas de compensación en beneficio del humedal costero, incluyendo la reforestación de manglar (de al menos 65.61 ha) en una proporcion 3:1 respecto a lo que se solicita remover de manglar (21.87 ha), por el cambio de uso de suelo, destacando la ejecución del **Programa de Protección, Conservación y Restauración Ecológica** y el **Programa de Manejo Integral de Flora**, que conllevan estrategias y acciones de restauración de la cobertura vegetal, fortalecimiento de las condiciones ecológicas del sistema, monitoreo de su evolución y seguimiento de la funcionalidad del ecosistema. Estas acciones tienen como finalidad contribuir a la conservación del manglar y mantener los servicios ambientales asociados al humedal. Asimismo, se contará con la autorización en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales previo a los trabajos en esta actividad, y con todo lo señalado previamente, es como se dará cumplimiento a esta especificación.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.6 Vinculación con Decretos y programas de conservación y manejo de las áreas naturales protegidas (ANP) y otras áreas de interés ambiental

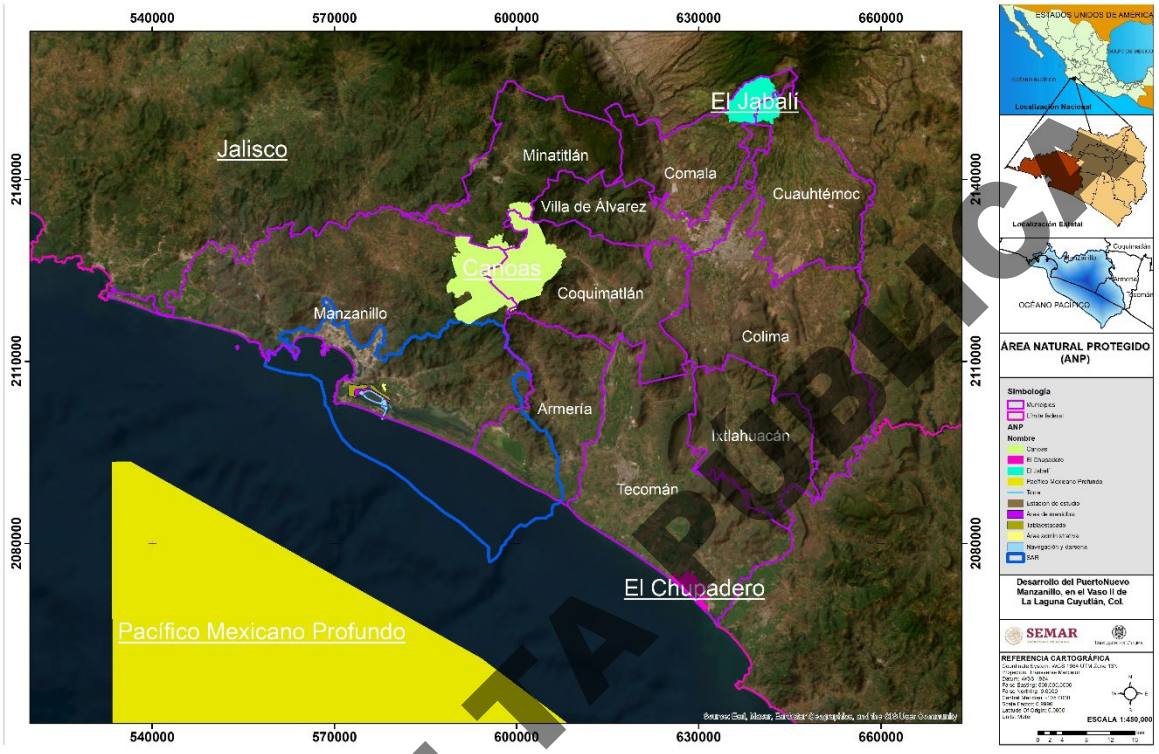
III.3.6.1. Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son zonas del territorio nacional que el gobierno ha delimitado porque sus recursos naturales aún no han sido significativamente alterados por la actividad humana. Su riqueza biológica, cultural o histórica requieren ser preservadas y restauradas, asimismo, legalmente se ha establecido algún régimen de protección.

En relación con el área de estudio, el Área Natural Protegida de carácter federal denominada Canoas se localiza a una distancia aproximada de 17.63 km del sitio del proyecto, mientras que el ANP de carácter estatal denominado Lagunas Costeras y Serranías Aledañas de la Costa Norte de Michoacán se ubica a aproximadamente 66.11 km. Cabe señalar que ambas áreas naturales protegidas se encuentran fuera del Sistema Ambiental Regional (SAR) definido para el proyecto.

Por otra parte, la Reserva de la Biósfera denominada Pacífico Mexicano Profundo no corresponde a un sitio puntual, sino a un polígono marino que se ubica mar adentro, a profundidades mayores a 800 metros y fuera de la plataforma continental. En este contexto, considerando la ubicación costera del proyecto en la zona de la Laguna de Cuyutlán y la estrechez de la plataforma continental frente a Colima, se estima que la distancia horizontal aproximada entre el área del proyecto y el límite más cercano de dicha reserva es del orden de 70 km mar adentro, por lo que igualmente se encuentra fuera del SAR.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa III 7. Cercanía del Proyecto con las ANP´s.

De lo anterior, se concluye que el proyecto no tendrá intervención alguna en ninguna Área Natural Protegida de jurisdicción federal, estatal y/o municipal por lo cual no es vinculante el marco jurídico existente para esta materia, en consecuencia, no existe limitante o restricción alguna para llevar a cabo el Proyecto. Asimimo se indica que hay la intención de decretar una nueva ANP que terminará abarcando casí la mitad del SAR del proyecto, sin embargo, al no tener el decreto oficial de dicha área, ni tampoco existir su Programa de Manejo, no es posible vincularlos con el proyecto. Sin embargo, una vez que esta ANP sea decretada, se revisarán las especificaciones para su manejo, y se realizarán, de ser el caso, los ajustes necesarios a las actividades de restauración, mitigación y/o compensación propuestas que involucren la superficie de esta ANP dentro del SAR de este proyecto.

III.3.6.2. Regiones Prioritarias establecidas por la CONABIO

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) desarrolló el Programa de Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad, el cual contempla distintos ámbitos: terrestre (Regiones Terrestres Prioritarias, RTP), marino (Regiones Marinas Prioritarias, RMP),

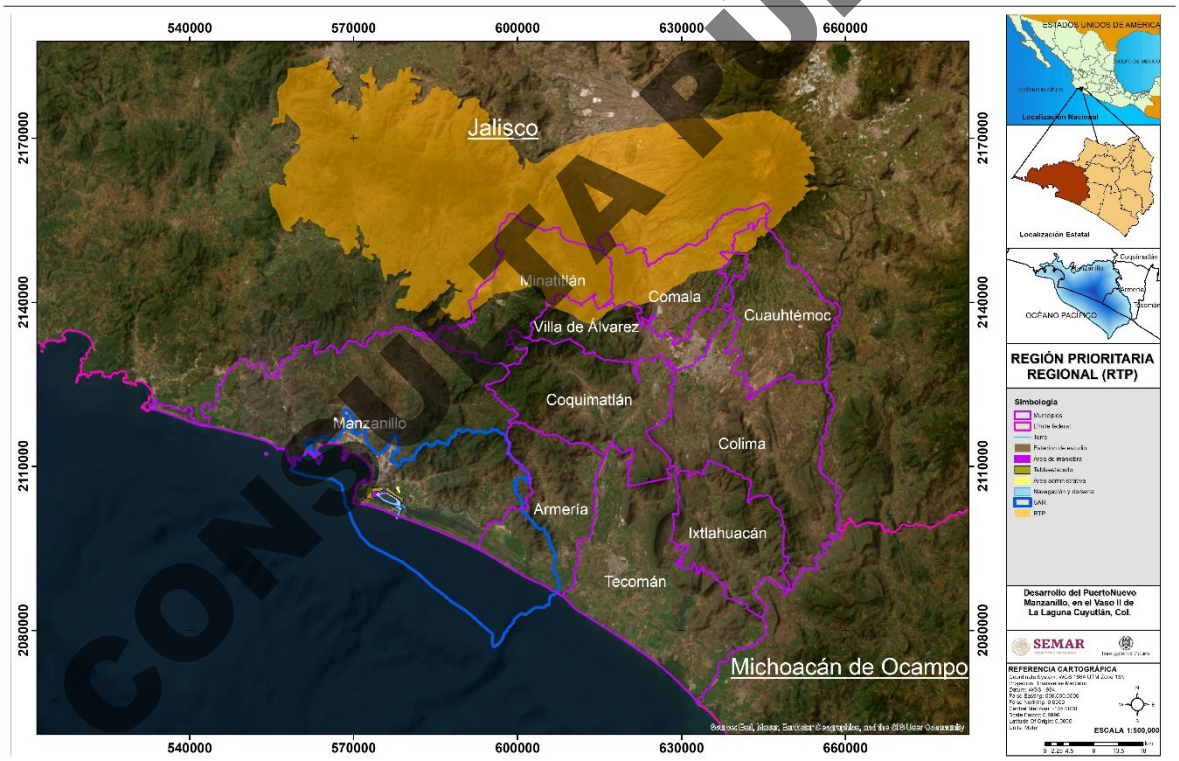
CONSULTA PÚBLICA

acuático epicontinental (Regiones Hidrológicas Prioritarias, RHP) y Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS). Estas regiones fueron definidas con base en criterios como la riqueza de especies, la presencia de endemismos, el grado de integridad ecológica y las oportunidades de conservación, considerando factores ecológicos, sociales y económicos.

Es importante señalar que las regiones prioritarias identificadas por la CONABIO no constituyen instrumentos de planeación territorial ni ordenamientos jurídicos de carácter vinculante; su inclusión responde a su relevancia ambiental y a su utilidad como referencia técnica para la identificación de áreas de alto valor biológico.

En este sentido, dichas regiones se consideran como un insumo para la caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR), permitiendo contextualizar la importancia ecológica del área de estudio.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa III 8. Cercanía del Proyecto con respecto a Región Terrestre Prioritaria (RTP) Manantlán-Volcán de Colima.

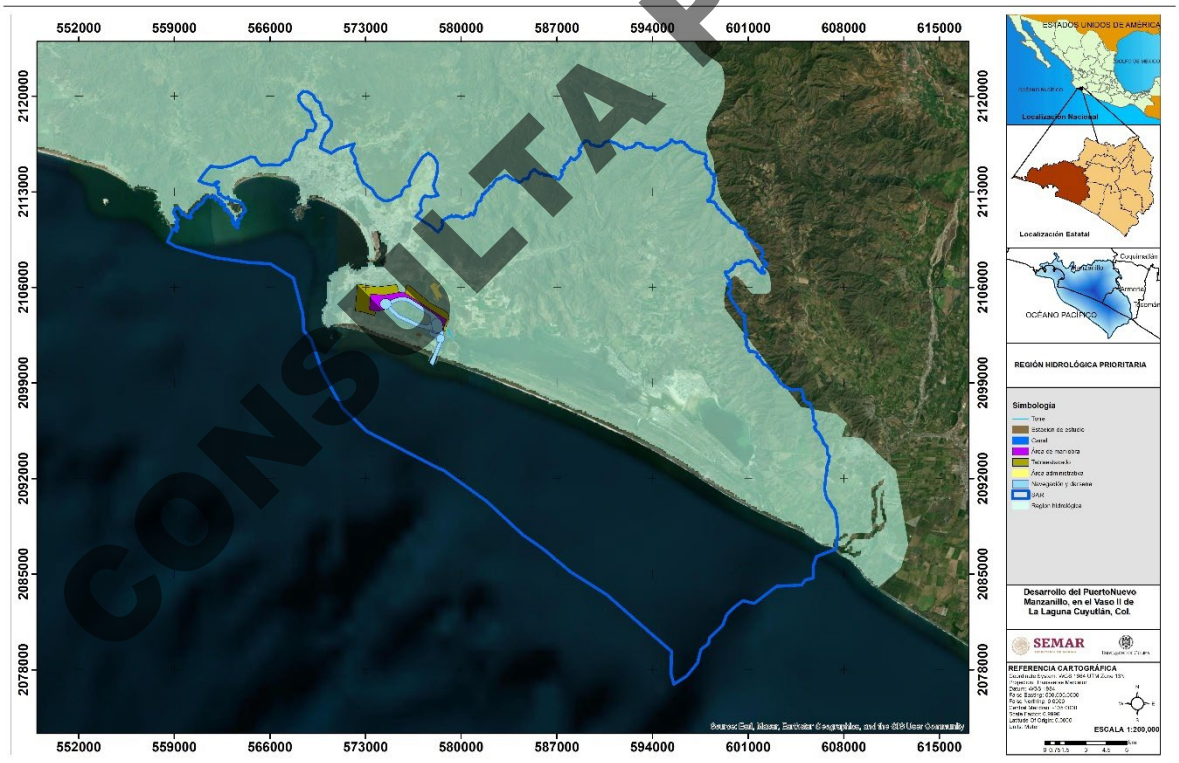
Las Regiones Prioritarias más cercanas se detallan a continuación:

Tabla III 50. RTP más cercana al Proyecto

Área de Interés	Distancia al Proyecto (km)	Orientación
RTP- Manantlán-Volcán de Colima	30.72 km	Norte

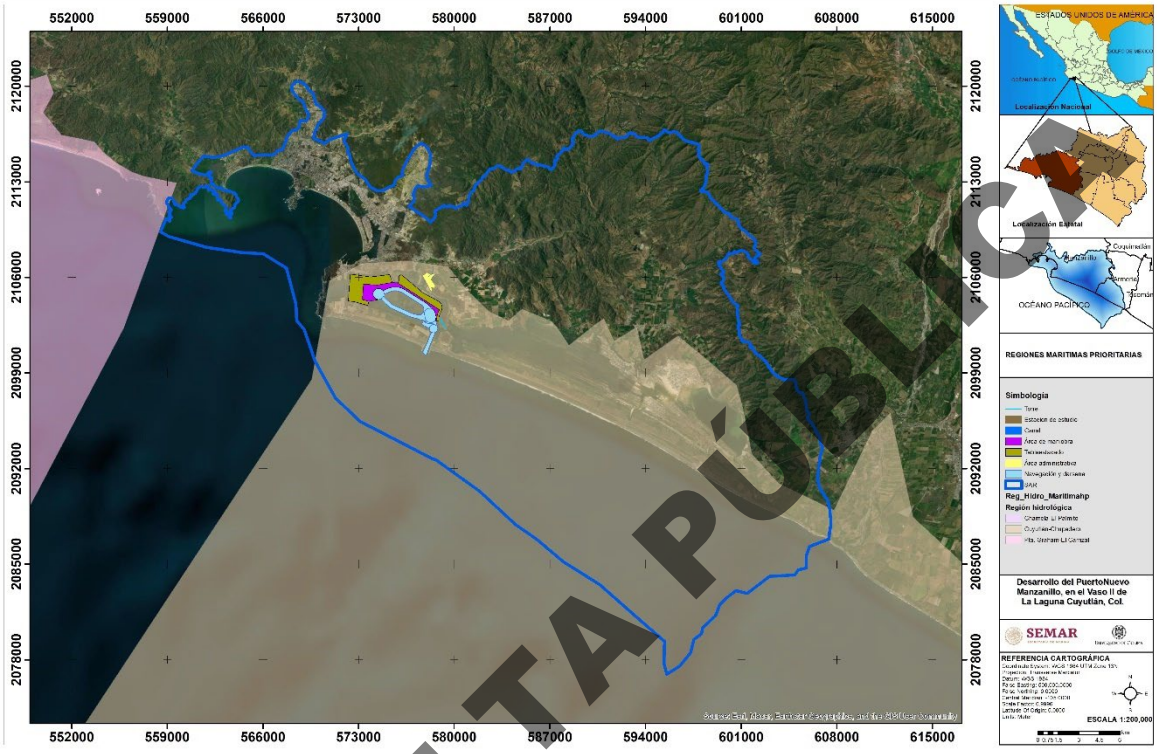
También se identifica la presencia del Sitio Prioritario Marino para la conservación de la biodiversidad No. 40 denominado Laguna Cuyutlán–Río Armería, el cual constituye una unidad de análisis más específica al interior de la regionalización marina prioritaria. Asimismo, el área de estudio se traslapa con el Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) Laguna de Cuyutlán y Estero Palo Verde.

Sin embargo, como se aprecia en los mapas correspondientes, el proyecto se ubica dentro de la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) Ríos Purificación–Armería, así como en la Región Marina Prioritaria (RMP) Cuyutlán–Chupadero.



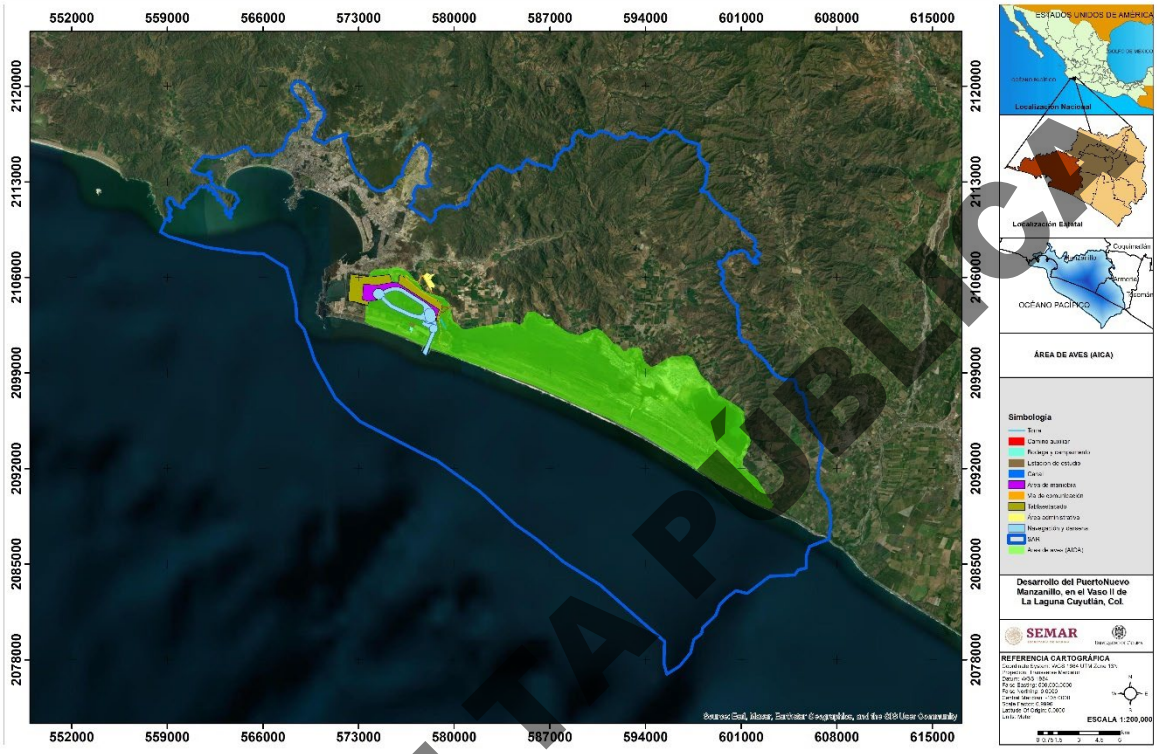
Mapa III 9. Incidencia del Proyecto con respecto a la Región Hidrológica Prioritaria (RHP) Ríos Purificación–Armería.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa III 10. Incidencia del Proyecto con respecto a Región Marina Prioritaria (RMP) Cuyutlán–Chupadero.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa III 11. Incidencia del Proyecto con respecto al Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA Laguna de Cuyutlán y Estero Palo Verde.

A continuación, se describen sus características generales.

Tabla III 51. Descripción de las características de la RHP Ríos Purificación- Armería.

Componentes	Características
Limnología básica	El río Ayuquila-Armería, con una superficie de 9803 km^2, es uno de los 15 ríos más importantes de los 100 existentes en la vertiente del Pacífico y se encuentra entre los 43 ríos más importantes a nivel nacional. Presenta una longitud total desde la cabecera de la cuenca hasta su desembocadura en el mar de 240 km, con un volumen total anual de escurrimiento de 2076 Mm^3. El río Coahuayana presenta una longitud de 203 km y un volumen total anual de 2281 Mm^3
Geología/Edafología	Sierras de Manantlán y Perote, lomeríos, planicies aluviales y pequeñas planicies costeras; rocas ígneas y metamórficas. Suelos poco desarrollados Regosol, Feozem, Litosol y Cambisol. La cuenca Armería-Ayuquila está comprendida entre tres importantes unidades fisiográficas, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Occidental. Dentro de la cuenca se localiza uno de los volcanes más activos del país, el Volcán del Fuego, así como las dos elevaciones más altas de los estados de Jalisco y Colima (el Nevado de Colima con 4260 msnm y el Volcán del Fuego con 3820 msnm). En términos geológicos presenta gran variabilidad de material de origen volcánico, así como de origen sedimentario, en este último destaca el macizo montañoso de Cerro Grande, una zona cárstica, con escurrimiento

CONSULTA PÚBLICA

Componentes	Características
	subterráneo y una gran cantidad de cavernas inexploradas, incluyendo la cueva con el tiro vertical más profundo de Jalisco y en quinto lugar a nivel continental.
Características varias	**Clima**: semiseco muy cálido, cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado subhúmedo, todos con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-28 oC. Precipitación total anual de 700-2000 mm con evaporación del 80-90% de la precipitación total. **Principales poblados**: Manzanillo, Barra de Navidad, Cihuatlán, Bahía de Tenacatita, Tecomán, Comala, El Grullo, Camichín, Tecolotlán, Unión de Tula, Autlán, Venustiano Carranza, Colima. **Actividad económica principal**: turismo, ganadería, zona portuaria industrial, pesca, agricultura y silvicultura **Indicadores de calidad de agua**: ND
Biodiversidad	**Tipos de vegetación:** selva baja caducifolia, matorral xerófito, bosques de pino-encino, de oyamel, de encino, de pino y mesófilo de montaña, selva mediana subcaducifolia y vegetación riparia. Esta región presenta un complejo mosaico de vegetación de gran riqueza florística y diversidad faunística producto de factores topográficos, edáficos y ambientales, entre otras causas, de las dinámicas de los macizos montañosos de la Sierra de Manantlán y del Nevado de Colima. Dentro de las plantas destacan por su frecuencia las especies de *Arbutus xalapensis, Abies religiosa*var. *emarginata, Alnus acuminata, A. jorullensis, Astianthus viminalis, Brosimum alicastrum, Bumelia cartilaginea, Bursera spp, Cedrela odorata, Ceiba pentandra, Clethra mexicana, C. hartwegii, Cochlospermum vitifolium, Cornus disciflora, Crataeva tapia, Cupressus benthamii*var.*lindleyi, Dendropanax arboreus, Enterolobium cyclocarpum, Ficus* spp, *Fraxinus uhdei, Guarea glabra,* jabilla *Hura polyandra, Ilex brandegeana, Inga eriocarpa, Ipomoea bracteata, Jacartia mexicana, Lysioma acapulcensis, L. microphyllum, Magnolia iltisiana, Ostrya virginiana, Pinus durangensis, P. herrerai, P. leiophylla, P. maximinoi, P. michoacana, Populus guzmanantlensis, Pseudosmondingium perniciosum, Quercus candicans, Q. castanea, Q. conspersa, Q. crassipes, Q. elliptica, Q. glaucencens, Q. laurina, Q. magnoliifolia, Q. obtusata, Q. resinosa, Q. uroxis, Salix bonplandiana, S. humboldtiana, Tabebuia palmeri, Ternstroemia dentisepala, T. lineata, Tilia mexicana.* Fauna característica: de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Cinclidotyphis myrae* (zona litoral), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Donax (Chion) punctatostriatus, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa de marea), *P. garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Pseudochama inermi* (zona litoral), *Pterotyphis fayae* (zona litoral), *P. fimbriatus* (playas con oleaje), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de anfibios y reptiles la boa *Boa constrictor,* las víboras de cascabel *Crotalus basiliscus* y *C. lannomi,* la iguana negra *Ctenosaura pectinata*, la iguana verde *Iguana iguana,* el casquito *Kinosternon integrum*, el camaleón *Phrinosoma asio*; de aves el azor *Accipiter gentilis*, *Amaurospiza concolor,* el perico guayabero *Amazona finschi*, el águila real *Aquila chrysaetos*, el búho cornado oscuro *Asio stygius*, el guajolote silvestre *Meleagris gallopavo*, la pachacua prío *Nyctiphrynus mcleodii*, la cojolita *Penelope purpurascens*, el zorzal pinto *Ridgwayia pinnicola*, el búho serrano *Strix occidentalis*, *Thalurania ridgwayi*, *Vireo atricapillus* y *V. nelsoni, V. brevipennis;* entre los mamíferos el armadillo *Dasypus novemcinctus,* el leoncillo *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, la nutria *Lontra longicaudis,* el gato montés *Lynx rufus,* el tejón *Nasua narica*, el venado *Odocoileus virginianus*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor* y la ardilla *Sciurus colliaei.* Endemismo de plantas como el agave *Agave colimana,* el madroño *Arbutus occidentalis,* el llorasangre *Croton wilburi, Hymenocallis azteciana, Podilanthus diazlunanus, Tradescantia orchidophylla,* el maíz perenne conocido localmente como milpilla o chapule *Zea*

CONSULTA PÚBLICA

Componentes	Características
	diploperennis; de peces *Ameca splendens, Ilyodon* spp, *Lile gracilis*, *Poecilia chica, Poeciliopsis baenschi, P. turneri* y *Sicydium multipunctatum;* de aves como *Atlapetes pileatus, A. virenticeps, Atthis heloisa, Campylorhynchus gularis, Catharus occidentalis,* el vencejo *Cypseloides storeri,* la perdiz de los volcanes *Dendrortyx macroura* (endémica del Eje Neovolcánico), *Ergaticus ruber, Euptilotis neoxenus, Icterus graduacauda, Lepidocolaptes leucogaster, Meleanotis caerulescens, Ortalis poliocephala, Piculus auricularis, Pipilo ocai, Piranga erythrocephala, Progne sinaloae,* el zorzal pinto *Ridgwayia pinicola*, *Thalurania ridgwayi*, *Thryothorus felix, Turdus rufopalliatus, Vireo brevipennis, V. hypochryseus*; de mamíferos como la tuza *Cratogeomys gymnurus,* el tlacuachín *Marmosa canescens*, la musaraña *Megasores gigas*, el murciélago narigudo *Musonycteris harrisoni*, la tuza *Pappogeomys gymnurus ruselli*, el zorrillo pigmeo *Spilogale pygmaea*. Especies amenazadas: de plantas como maple *Acer skutchii*, *Astronium graveolens, Guaiacum coultieri, Mammillaria beneckei*, álamo *Populus guzmanantlensis*, *Sideroxylon capiri, S. cartilagineum, Stenocereus queretaroensis,* cucharo *Symplocos sousae*, tilia *Tilia mexicana*, milpilla *Zea diploperennis* y las orquídeas *Brassavola cucullata* y *Epidendrum parkinsonianum* por alteración y contaminación del hábitat; del pez *Ameca splendens*, de reptiles como la boa *Boa constrictor,* la serpiente *Clelia clelia,* la iguana verde *Iguana iguana*; de aves *Asio stygius, Euptilotis neoxenus, Thalurania ridgwayi*, *Vireo atricapillus, V. brevipennis,* de mamíferos el leoncillo *Herpailurus yagouaroundi,* el ocelote *Leopardus pardalis,* el tigrillo *L. wiedii,* la nutria *Lutra longicaudis, Lynx rufus*, el jaguar *Panthera onca* y el puma *Puma concolor*.
Aspectos económicos	Pesca marina de huachinango, tortuga, bagre, camarón, tiburón y pargo; especies de agua dulce como truchas, ranas y los crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae, Macrobrachium acanthochirus, M. americanum, M. occidentale* y *M. tenellum*; turismo; termoeléctrica; agricultura (caña de azúcar, jitomate, cítricos, mango, sandía, melón, sorgo, maíz, frijol, café, coco y plátano); ganadería extensiva de bovinos; aprovechamiento forestal.
Problemática	**- Modificación del entorno:** fuerte desforestación y explotación de acuíferos en la parte media y baja de la cuenca y menor en la parte alta correspondiente a la Reserva de Manantlán; crecimiento demográfico; conflictos por tenencia de la tierra con respecto al uso de suelo urbano, ganadero y agrícola. **- Contaminación:** por sedimentos en suspensión y descargas de drenaje a los cuerpos de agua. **- Uso de recursos: e**species introducidas de tilapia; uso inadecuado de redes de pesca; cacería furtiva y cultivo de estupefacientes; explotación forestal comercial no controlada. La cuenca Ayuquila-Armería abastece de agua a la zona urbana de la ciudad de Colima y Villa de Álvarez.
Conservación	Se debe conservar la cuenca alta por ser zona de recarga de acuíferos (recibe alta precipitación), recuperar zonas erosionadas de las partes media y baja de la cuenca. Es necesario prevenir y combatir los incendios forestales. Se necesita instrumentar una estrategia de desarrollo comunitario que promueva la realización de planes de desarrollo integral en cada comunidad. Elaborar un programa de investigación y desarrollo de la reserva. Faltan inventarios de la biota acuática en Manantlán. Comprende a la Reserva de la Biosfera de Sierra de Manantlán, el Parque Nacional Nevado de Colima, la Reserva Forestal de Quila, la Reserva de Fauna El Jabalí y el Programa de producción de cocodrilos cerca de la desembocadura del río en Boca de Pascuales.

CONSULTA PÚBLICA

Por lo que hace a la AICA Laguna Cuyutlán y Estero Palo Verde se detalla lo siguiente:

Tabla III 52. Atributos generales de la AICA en la que incide el Proyecto

Componentes	Características
Descripción	La laguna de Cuyutlán está constituida por un cuerpo de agua grande, somero, bordeado por algunas zonas de manglar y con un par de islotes con manglar y otros con vegetación halófita. En algunas de sus orillas continentales tiene áreas dedicadas a la explotación de sal y planicies salitrosas. La barra que la separaba del mar solía tener selva baja, pero actualmente está ocupada por terrenos agrícolas. Los terrenos agrícolas son también el paisaje dominante en la zona continental adyacente. En su extremo Este, se conecta con el Estero Palo Verde, también incluido en esta propuesta, un humedal con manglar. Ha habido una serie de modificaciones en la estructura de la laguna, derivadas del control de flujo interno (para proteger a las salinas), la interrupción del flujo de agua dulce, debido a la construcción de presas y la apertura de canales artificiales con el mar
Vegetación	Manglar

A continuación, se describen las características generales de la Región Marina Prioritaria (RMP) Cuyutlán–Chupadero, definida por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con el propósito de contextualizar la relevancia ambiental del área donde se inserta el proyecto.

Tabla III 53. Atributos generales de la RMP en la que incide el Proyecto

Componentes	Características
Geología/Oceanografía	Placa de Norteamérica, fosa de subducción; rocas ígneas y metamórficas; plataforma amplia y estrecha. / predomina la corriente de California. Oleaje medio y alto. Aporte de agua dulce por ríos y lagunas. Ocurren marea roja y "El Niño", así como concentración de nutrientes, transporte de Ekman.
Características varias	**Clima**: cálido subhúmedo y cálido semiárido. Alta evaporación. Temperatura media anual mayor de 26° C. Ocurren tormentas tropicales, huracanes. **Descripción:** estuarios, acantilados, playa, humedales, cultivos de coco, mango y plátano.
Biodiversidad	**Tipos de vegetación:** moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, tulares, manglares, vegetación costera, selva baja caducifolia y subcaducifolia. Endemismo de peces (*Lile gracilis, Cynoscion nannus*). Erizos (*Toxopneustes roseus*) indican la calidad del ambiente.
Aspectos económicos	Pesca media tipo cooperativas y artesanal, con explotación de huachinango, mojarra y lisa. Turismo de alto impacto. Hay actividad industrial y recursos minerales.
Problemática	Modificación del entorno: tala de manglar, relleno de áreas, dragado, obras de ingeniería, construcción en humedales. Desforestación y escurrimiento de agroquímicos. Daño al ambiente por embarcaciones pesqueras y turísticas. - Contaminación: por aguas residuales, fertilizantes. - Uso de recursos: presión sobre langostinos. - Especies introducidas: de tilapia. - Regulación: Obras de infraestructura costera mal diseñadas

CONSULTA PÚBLICA

Componentes	Características
Conservación	Se propone al Potrero Grande (enorme extensión de tulares y ecosistemas no perturbados) y Chupadero (bosque de manglar poco alterado) para áreas protegidas. Laguna de Cuyutlán muy explotada por la industria.

Vinculación

Las regiones prioritarias, incluyendo las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), constituyen un marco de referencia técnico orientado a la investigación, conservación, uso y manejo sustentable de la biodiversidad; sin embargo, no corresponden a instrumentos de regulación ambiental de carácter vinculante que condicionen, por sí mismos, la autorización de proyectos u obras.

No obstante, en atención a la relevancia ecológica del área donde se inserta el Proyecto, se han integrado medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación ambiental, mismas que se describen de manera detallada en el Capítulo VI del presente estudio, asegurando su congruencia y trazabilidad.

Entre dichas medidas se contemplan Programa de vigilancia ambiental con acciones específicas tales como: el rescate y reubicación de flora, acciones de Ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre (terrestre e intermareal), reforestación, así como de vigilancia ambiental. De igual manera, se incluyen medidas para el manejo integral de residuos (urbanos, de manejo especial y peligrosos), el control de emisiones a la atmósfera (incluyendo polvos), y el control de ruido y vibraciones. La implementación del Programa de vigilancia ambiental y sus estrategias se realizarán conforme a lo establecido en el Capítulo VI, y estará sujeta a la evaluación y, en su caso, autorización por parte de la SEMARNAT.

CONSULTA PÚBLICA

III.3.6.3. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad establecidos por la CONABIO

La planeación sistemática surgió como una de las ramas de la biología de la conservación para brindar una guía clara y completa en el proceso de creación de sistemas representativos de áreas para la conservación. El uso de este enfoque en los análisis de vacíos y omisiones de conservación de la biodiversidad terrestre y acuática epicontinental permitió integrar diversos criterios biológicos e incorporar información acerca de las principales amenazas.

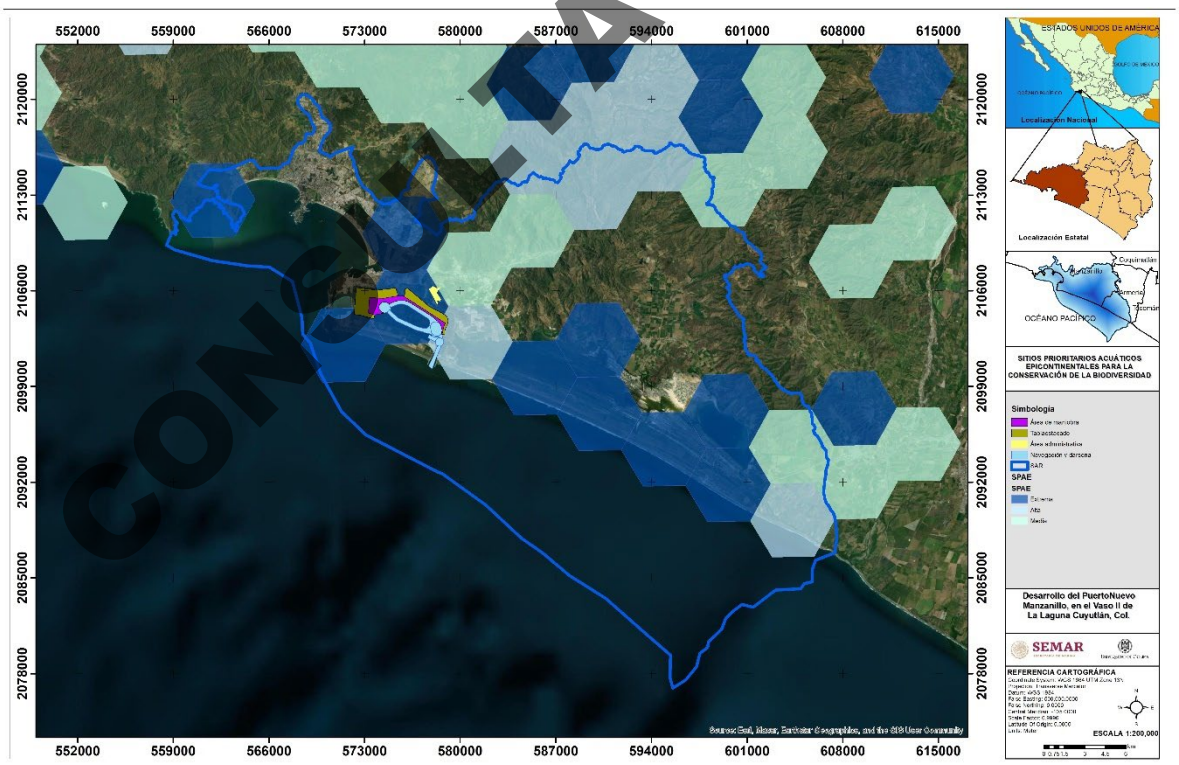
La identificación de los sitios prioritarios acuáticos epicontinentales (SPAE) se hizo en siete grandes regiones hidrográficas para asignar valores a las diferencias ecológicas pronunciadas entre las regiones semiáridas y húmedas de México, así como para poder reconocer las particularidades de los impactos humanos que representan las mayores amenazas a la biodiversidad. El resultado es un conjunto de sitios prioritarios para la conservación acotados a los ambientes acuáticos epicontinentales que abarcan 598 875 km^2 (28.8% de la superficie del país), de los cuales 15.8% están representados en las áreas protegidas y 21.7% son sitios de

extrema prioridad. Por su parte los sitios terrestres prioritarios para la conservación detectados en el análisis de optimización cubren 594 894 km^2 (30.36% de la superficie nacional).

Como se observa en el mapa correspondiente, el Proyecto incide en diversos sitios prioritarios definidos por la CONABIO. En este sentido, dichos sitios son considerados como parte de la caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR), ya que permiten contextualizar la relevancia ecológica del área de estudio, particularmente en relación con los ecosistemas costeros, humedales y zonas de alta productividad biológica asociadas a la Laguna de Cuyutlán y su área de influencia.

No obstante, es importante señalar que estos sitios prioritarios no constituyen instrumentos de regulación ambiental de carácter vinculante, por lo que su presencia no implica restricciones normativas directas para el desarrollo del Proyecto; sin embargo, su inclusión refuerza la necesidad de implementar medidas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación ambiental acordes con la sensibilidad ecológica del área. En el Mapa III 11 se observa que el Proyecto incide en sitios prioritarios acuático epicontinentales para la conservación de la biodiversidad.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa III 12. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad donde recae el Proyecto.

Estos son:

Tabla III 54. Sitios prioritarios en los que incide el Proyecto

Sitio Prioritario/Clave		Prioridad
Epicontinental A. (SPEC)	66939	Extrema
Epicontinental A. (SPEC)	67085	Alta
Marino (SPM)	Laguna Cuyutlán-Río Armería	Importante
Atención Prioritaria (SAP)	68832	Alta
Atención Prioritaria (SAP)	68948	Alta
Restauración (SPR)	62771	Media
Restauración (SPR)	62892	Media
Restauración (SPR)	62957	Media

Derivado de la información presentada en la tabla anterior, se observa que el área del Proyecto incide en diversos sitios prioritarios definidos por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), correspondientes a distintas categorías, incluyendo sitios acuáticos epicontinentales, marinos, de atención prioritaria y de restauración, con niveles de prioridad que van de media a extrema.

Esta condición refleja la relevancia ecológica del área de estudio dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), particularmente por su asociación con ecosistemas costeros, lagunares y zonas de transición tierra-mar, caracterizados por su alta productividad biológica y por la presencia de hábitats de importancia para diversas especies.

No obstante, es importante precisar que dichos sitios prioritarios no constituyen instrumentos de regulación ambiental de carácter vinculante, por lo que su presencia no implica restricciones normativas directas para el desarrollo del Proyecto. Sin embargo, su identificación dentro del SAR sustenta la necesidad de implementar medidas específicas de prevención, mitigación y, en su caso, compensación ambiental, las cuales se detallan en el Capítulo VI del presente estudio.

Vinculación

Derivado de la coincidencia espacial del Proyecto con diversos sitios prioritarios definidos por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), se reconoce que éstos constituyen referentes técnicos para la identificación de áreas con relevancia para la conservación de la biodiversidad; sin embargo, no corresponden a instrumentos de regulación ambiental de carácter vinculante que condicionen el desarrollo de obras o actividades.

CONSULTA PÚBLICA

En este sentido, la ejecución del Proyecto no se encuentra restringida por la presencia de dichos sitios prioritarios. No obstante, en atención a la sensibilidad ambiental del área previamente caracterizada, el diseño y desarrollo del Proyecto incorpora medidas específicas orientadas a la prevención, mitigación y, en su caso, compensación de impactos ambientales.

Dichas medidas se integran en estrategias ambientales que guardan congruencia con las características del Sistema Ambiental Regional y se describen en el Capítulo VI de la presente MIA-R, asegurando su implementación durante las distintas etapas del Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO IV

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

ÍNDICE GENERAL

IV.1 Preámbulo 1

IV.2 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR) 1

IV.2.1 Delimitación de la Región de Estudio 1
IV.2.2 Criterios de Delimitación del Sistema Ambiental Regional 4
IV.2.3 Límites definitivos del Sistema Ambiental Regional 15
IV.2.4 Delimitación del área de influencia. 16

IV.3 Caracterización y análisis del SAR 21

IV.3.1 Clima 21
IV.3.2 Fenómenos meteorológicos 31
IV.3.2.1 Huracanes 31
IV.3.2.2 Tsunamis 41
IV.3.3 Fisiografía 41
IV.3.4 Geología 43
IV.3.5 Edafología 44
IV.3.6 Hidrología Superficial: Región, Cuenca, Subcuenca, Acuíferos y Microcuencas 45
IV.3.6.1 Regiones Hidrológicas 45
IV.3.6.2 Cuenca Hidrológica 46
IV.3.6.3 Subcuenca Hidrológica 46
IV.3.6.4 Acuíferos 47
IV.3.6.5 Microcuencas y Red de Drenaje Local 49
IV.3.7 Hidrogeología 53
IV.3.7.1 Usos del agua subterránea 53
IV.3.7.1.1 Acuífero Venustiano Carranza 53
IV.3.7.1.2 Acuífero El Colomo 54
IV.3.7.2 Análisis hidrogeoquímico de información disponible 56
IV.3.7.3 Niveles estáticos 70
IV.3.7.3.1 Niveles históricos 70
IV.3.7.3.2 Niveles estáticos actuales. Campaña de campo 83
IV.3.7.4 Aporte del acuífero a la Laguna Cuyutlán 86
IV.3.7.5 Resultados del modelo hidrogeológico El Colomo 93
IV.3.7.6 Resultados del modelo hidrogeológico del acuífero Valle de Venustiano Carranza 95
IV.3.7.7 Modelo conceptual hidrogeológico de la Laguna de Cuyutlán 96
IV.3.7.7.1 Zonas de Recarga 96
IV.3.7.7.2 Sistema de Acuíferos Regionales 97
IV.3.7.7.3 Dinámica hidrogeoquímica del sistema 97

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8 Descripción y características del medio físico 98
IV.3.8.1 Batimetría 98
IV.3.8.1.1 Vaso I 98
IV.3.8.1.2 Vaso II 99
IV.3.8.1.3 Vaso III 100
IV.3.8.1.4 Vaso IV 101
IV.3.8.2 Frente Costero 103
IV.3.8.3 Temperatura 104
IV.3.8.4 Salinidad 107
IV.3.8.5 Mareas 113
IV.3.8.6 Oleaje 117
IV.3.8.7 Corrientes 124
IV.3.8.8 Patrones de circulación 127
IV.3.8.8.1 Circulación durante el ingreso de agua de mar 127
IV.3.8.8.1.1 Comportamiento del flujo 128
IV.3.8.8.1.2 Patrones de Velocidad Norte – Sur (V) 133
IV.3.8.8.1.3 Patrones de Velocidad Este – Oeste (U) 135
IV.3.8.8.1.4 Gastos 138
IV.3.8.8.2 Circulación durante la salida de agua de mar (baja mar) 140
IV.3.8.8.2.1 Comportamiento del flujo 140
IV.3.8.8.2.2 Velocidad norte – sur (V) 143
IV.3.8.8.2.3 Velocidad este – oeste (U) 145
IV.3.8.8.2.4 Gastos 147
IV.3.8.8.3 Simulaciones para temporada de lluvias 150
IV.3.8.8.3.1 Comportamiento del flujo 155
IV.3.8.8.3.2 Velocidad norte sur (V) 160
IV.3.8.8.3.3 Velocidad U (este - oeste) 162
IV.3.8.8.3.4 Gasto 164
IV.3.8.9 Tiempos de residencia 166
IV.3.8.9.1 Época de estiaje 166
IV.3.8.9.1.1 Condiciones sin Proyecto 166
IV.3.8.9.1.2 Con Proyecto Fase 1 169
IV.3.8.9.1.3 Con Proyecto Fase 2 171
IV.3.8.9.2 Época de lluvias 173
IV.3.8.9.2.1 Condiciones sin proyecto 174
IV.3.8.9.2.2 Proyecto Fase 1 176
IV.3.8.9.2.3 Proyecto Fase 2 178
IV.3.8.10 Comparación entre escenarios 182
IV.3.8.10.1 Cambio Climático 182
IV.3.8.10.2 Incremento del nivel de mar 187
IV.3.8.10.2.1 Variación del Nivel 188
IV.3.8.10.3 Marea de Tormenta y Huracanes 215
IV.3.8.10.3.1 Variación del nivel 217
IV.3.8.10.3.2 Velocidad V 222
IV.3.8.10.3.3 Velocidad U 225

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.10.3.4 Gasto 227
IV.3.8.10.3.5 Huracán Kena 232
IV.3.8.10.3.6 .Velocidad V. Huracán Kena 234
IV.3.8.10.3.7 Velocidad U. Huracán Kena 236
IV.3.8.10.3.8 Gastos. Huracán Kena 239
IV.3.8.11 Transporte de sedimentos y erosión 241
IV.3.8.11.1 Concentración de sedimentos en suspensión (SSC) 243
IV.3.8.11.2 Acumulación de sedimentos 247
IV.3.8.11.3 Erosión 249
IV.3.8.12 Patrones de circulación del frente Costero 256
IV.3.8.13 Transporte de sedimentos del frente Costero 270
IV.3.8.14 Dispersión de la pluma de sedimentos 273
IV.3.8.15 Análisis de Transporte de contaminantes por Corrientes en el Vaso II 281
IV.3.8.16 Simulación de tsunami 284
IV.3.8.17 Simulación de Huracán 289
IV.3.9 Calidad del agua 293
IV.3.9.1 Variabilidad espaciotemporal de parámetros fisicoquímicos entre meses en los distintos años comparados en las distintas estaciones del sistema lagunar 323
IV.3.9.2 Variabilidad temporal de los parámetros fisicoquímicos entre los distintos años comparados en las distintas estaciones del sistema lagunar 333
IV.3.9.3 Distribución espaciotemporal de parámetros fisicoquímicos del frente costero marino para los muestreos actuales 340
IV.3.9.4 Perfiles de lances de CTD en estaciones del frente costero marino para los muestreos actuales 371
IV.3.10 Calidad de los sedimentos 384
IV.3.10.1 Composición química de muestras superficiales 384
IV.3.10.2 Resultados de análisis CRETIB de muestras superficiales 391
IV.3.10.3 Análisis de granulometría de muestras superficiales 410
IV.3.10.4 Sondeos núcleos: caracterización granulométrica y CRETIB 413
IV.3.10.5 Interpretación de resultados 413
IV.3.11 Regionalización para la protección y conservación 414
IV.3.12 Vegetación 427
IV.3.12.1 Vegetación y uso de suelo Actual en el SAR de acuerdo con la Serie VII INEGI 428
IV.3.12.2 Estado de Conservación de la Vegetación en el SAR 431
IV.3.12.3 Vegetación y uso de suelo actual en el SAR (elaboración propia) 434
IV.3.12.4 Descripción de los tipos de vegetación en el Sistema Ambiental Regional 437
IV.3.12.4.1 Selva Baja Caducifolia (SBC) 437
IV.3.12.4.2 Selva mediana subcaducifolia (SMS) 446
IV.3.12.4.3 Manglar (M) 452
IV.3.12.4.4 Bosque de encino (BQ) 460
IV.3.12.4.5 Vegetación Halófila Hidrófila 465
IV.3.12.4.6 Vegetación de dunas costeras (VU) 467
IV.3.12.5 Resumen de la riqueza de especies del SAR 470
IV.3.12.6 Listado de flora del SAR (muestreo) 470

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.7 Flora potencial en el SAR 476
IV.3.12.8 Especies en alguna categoría de Riesgo SAR 492
IV.3.12.9 Grados de conservación y fuentes de deterioro de la vegetación del SAR. 493
IV.3.12.10 Descripción de la Vegetación en el área del Proyecto 501
IV.3.12.10.1 Caracterización de la vegetación 501
IV.3.12.10.2 Muestreo de campo 504
IV.3.12.10.3 Forma y tamaño de los sitios 506
IV.3.12.10.4 Toma de datos 507
IV.3.12.10.5 Riqueza, Abundancia y Biodiversidad de la Vegetación del área del proyecto 508
IV.3.12.10.5.1 Selva Baja Caducifolia 508
IV.3.12.10.5.2 Vegetación de Manglar 516
IV.3.12.10.6 Análisis de la Diversidad de la vegetación 521
IV.3.12.10.7 Índice de biodiversidad en la SBC del área del proyecto 523
IV.3.12.10.8 Índice de biodiversidad en Manglar en el área del proyecto 527
IV.3.12.10.9 Resumen del índice de biodiversidad 528
IV.3.12.10.10 Índice de Valor de Importancia de las especies del área del proyecto (IVI) 528
IV.3.12.10.11 Índice de Valor de importancia en la SBC del área del proyecto 529
IV.3.12.10.12 Índice de Valor de importancia en Manglar 536
IV.3.12.10.13 Listado de la flora en el área del proyecto 538
IV.3.12.10.14 Especies en alguna categoría de Riesgo 540
IV.3.12.10.15 Análisis de integridad funcional del ecosistema de manglar 541
IV.3.13 Fauna 553
IV.3.13.1 Listado potencial de especies en las tres zonas evaluadas 553
IV.3.13.2 Listado potencial de especies de vertebrados en el SAR y su estado de conservación 557
IV.3.13.3 Gremios alimenticios 567
IV.3.13.4 Especies migratorias 568
IV.3.13.5 Importancia de las especies 575
IV.3.13.6 Distribución geográfica de las especies: amplitud del rango 576
IV.3.13.7 Especies indicadores de salud o perturbación en el ecosistema 577
IV.3.13.8 Resultados del muestreo de campo (enero – marzo 2026) 582
IV.3.13.8.1 Gremios alimenticios 588
IV.3.13.8.2 Especies de Importancia 588
IV.3.13.8.3 Amplitud del rango de distribución 590
IV.3.13.8.4 Especies y tipo de ambiente frecuentado 590
IV.3.13.8.5 Riqueza, composición, abundancia, diversidad y composición de la fauna por zona (SAR, Influencia y Proyecto) 591
IV.3.13.8.6 Comparaciones entre los sitios de muestreo por zona 598
IV.3.13.8.7 Modelos de ocupación y detectabilidad 602
IV.3.13.8.8 Efecto de la zona en la ocupación de especies 605
IV.3.13.9 Tendencias temporales de la diversidad a partir de datos de campo actuales y previos 611
IV.3.13.10 Censado de cocodrilos 615
IV.3.13.10.1 Tendencia poblacional de la población de cocodrilos basados en monitoreos en los Vasos II y III de la Laguna de Cuyutlán. 617
IV.3.14 Plancton 622
IV.3.14.1 Fitoplancton 622

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.1.1 Composición taxonómica de diatomeas 624
IV.3.14.1.2 Composición taxonómica de dinoflagelados 625
IV.3.14.1.3 Composición taxonómica de Cianobacterias y Nanoflagelados 626
IV.3.14.1.4 Composición taxonómica de Otros 627
IV.3.14.1.5 Índice de diversidad 628
IV.3.14.1.6 Seguimiento histórico del fitoplancton en Bahías 632
IV.3.14.2 Zooplancton 633
IV.3.14.2.1 Biomasa 633
IV.3.14.2.2 Caracterización de la comunidad del zooplancton 635
IV.3.14.2.3 Variación de los grupos dominantes del zooplancton 639
IV.3.14.2.4 Ictioplancton 645
IV.3.15 Bentos 648
IV.3.15.1 Reportes técnicos y monitoreos 656
IV.3.15.2 Identificación y composición taxonómica de la comunidad bentónica de SAR del presente proyecto. 660
IV.3.15.3 Distribución espacial de las especies. 664
IV.3.15.4 Abundancia relativa. 665
IV.3.15.5 Índices ecológicos 669
IV.3.15.6 Análisis regional de indicadores ecológicos por unidades ambientales 672
IV.3.15.7 Índices biótico marino ambiental – Multivariado (AMBI-M) 675
IV.3.15.7.1 Comportamiento general del sistema 675
IV.3.15.7.2 . Estaciones con mejor calidad ecológica 675
IV.3.15.7.3 Estaciones con calidad ecológica aceptable 675
IV.3.15.7.4 Estaciones con condiciones moderadas 675
IV.3.15.7.5 Comparación temporal entre muestreos 676
IV.3.15.7.6 Diagnóstico basado en M-AMBI 676
IV.3.15.8 Evaluación poblacional *de Plicopurpura pansa*, clasificada como Protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010 677
IV.3.15.9 Resumen 681
IV.3.16 Peces 684
IV.3.16.1 Pesquería. - Lisa 698
IV.3.16.2 Pesquería. - Escama Estuarina 700
IV.3.16.2.1 Malacapa Diapterus brevirostris) 700
IV.3.16.2.2 Jurel (Caranx caninus) 703
IV.3.16.2.3 Sábalo (Chanos chanos) 706
IV.3.16.2.4 Mojarra rayada (Gerres cinereus) 709
IV.3.16.2.5 Constantino (Centropomus robalito) 712
IV.3.16.3 Pesquería. - Tilapia 715
IV.3.16.3.1 Tilapia (Oreochromis Spp.) 715
IV.3.16.4 Pesquería. - Jaiba 718
IV.3.16.4.1 Jaiba azul (Callinectes arcuatus) 718
IV.3.16.5 Información publicada 721
IV.3.17 Mamíferos y quelonios 724
IV.3.17.1 Generalidades 724
IV.3.17.2 Objetivo general 730

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.3 Objetivos particulares 730
IV.3.17.4 Metodología 730
IV.3.17.4.1 Área de estudio 730
IV.3.17.4.2 Trabajo de campo 731
IV.3.17.4.3 Trabajo de gabinete 735
IV.3.17.5 Resultados 739
IV.3.17.5.1 Esfuerzo de navegación 739
IV.3.17.6 Atributos ecológicos de mamíferos marinos 740
IV.3.17.6.1 Riqueza y distribución 740
IV.3.17.6.2 Estructura de grupos 749
IV.3.17.6.3 Actividades de comportamiento 755
IV.3.17.6.3.1 Actividad acústica de ballenas y delfines 761
IV.3.17.7 Parámetros individuales (permanencia y retorno) de ballenas y delfines por foto-identificación 770
IV.3.17.8 Atributos ecológicos de quelonios marinos 783
IV.3.17.8.1 Riqueza de especies de quelonios marinos en la zona marina 783
IV.3.17.8.2 Distribución de quelonios marinos por sexo y eventos de cópulas en la zona marina 786
IV.3.17.8.3 Anidaciones de las especies de quelonios marinos en playas de la región 791
IV.3.17.8.3.1 Anidaciones en playas de Manzanillo 791
IV.3.17.8.3.2 Anidaciones en playa de Cuyutlán 793
IV.3.17.9 Registro de embarcaciones 796
IV.3.17.9.1 Ruido de embarcaciones 802
IV.3.17.10 Interacciones entre el ruido de embarcaciones y la actividad acústica de mamíferos marinos 812
IV.3.17.11 Afectaciones y mortalidad de mamíferos y quelonios por la interacción con embarcaciones 831
IV.3.17.11.1 Ballenas y delfines con afectaciones por embarcaciones 831
IV.3.17.11.2 . Mortalidad de mamíferos y quelonios 837
IV.3.17.11.2.1 Mortalidad de quelonios en playa de Cuyutlán 842
IV.3.18 Medio socioeconómico 847
IV.3.18.1 Descripción del medio socioeconómico del Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) . 847
IV.3.18.1.1 Introducción 847
IV.3.18.1.2 Municipio de Manzanillo, Estado de Colima 848
IV.3.18.1.2.1 Población y estructura demográfica. 848
IV.3.18.1.2.2 Vivienda y acceso a tecnologías 849
IV.3.18.1.2.3 Caracterización económica de Manzanillo 849
IV.3.18.1.2.4 Empleo y salarios 850
IV.3.18.1.2.5 Escolaridad y formación de capital humano 852
IV.3.18.1.2.6 Salud y atención médica 853
IV.3.18.1.2.7 Pobreza y desigualdad. 853
IV.3.18.1.2.8 Seguridad pública. 856
IV.3.18.1.2.9 Entorno de seguridad y uso cotidiano del espacio 857
IV.3.18.1.2.10 Población indígena en Manzanillo: perfil socioeconómico y posibles afectaciones diferenciadas 858
IV.3.18.1.2.11 Puerto de Manzanillo y dinámica portuaria 859
IV.3.18.1.3 Municipio de Armería, Estado de Colima 861
IV.3.18.1.3.1 Población y estructura demográfica 861
IV.3.18.1.3.2 Viviendas y acceso a tecnología 862
IV.3.18.1.3.3 Caracterización económica del Municipio de Armería 863

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.3.4 Empleo y salarios 864
IV.3.18.1.3.5 Escolaridad y formación de capital humano 864
IV.3.18.1.3.6 Salud y atención médica 864
IV.3.18.1.3.7 Entorno de seguridad pública y movilidad cotidiana 865
IV.3.18.1.3.8 Salud, condiciones de bienestar y capacidad de adaptación 865
IV.3.18.1.3.9 Pobreza y desigualdad 866
IV.3.18.1.3.10 Población indígena en Armería: perfil socioeconómico y posibles afectaciones diferenciadas 866
IV.3.18.1.4 Vaso II de la Laguna de Cuyutlán 868
IV.3.18.1.4.1 Infraestructura estratégica en el Vaso II: regasificadora y termoeléctrica 868
IV.3.18.1.4.2 Vestigios arqueológicos y sensibilidad patrimonial del núcleo 869
IV.3.18.1.4.3 Actores sociales vinculados al Vaso II y al seguimiento socioeconómico 870
IV.3.18.1.4.4 Actores sociales y su interacción en el sistema lagunar de Cuyutlán 872
IV.3.18.1.4.5 Pescadores y permisionarios 872
IV.3.18.1.4.6 Salineros 874
IV.3.18.1.4.7 Incidencia de la apicultura en el sistema lagunar de Cuyutlán 875
IV.3.18.1.4.8 Dinámicas sociales, bienestar cotidiano y continuidad de actividades 877
IV.3.18.1.4.9 Desplazamiento de actividades tradicionales y presión sobre la continuidad territorial 879
IV.3.18.1.4.10 Conflictos sociales por acceso, recursos y toma de decisiones 879
IV.3.18.1.4.11 Nodos o sitios territoriales con mayor sensibilidad socioeconómica en el Vaso II 880
IV.3.18.1.4.12 Afectación diferenciada por actividad económica en el SAR 882
IV.3.18.1.4.13 Salud pública y bienestar cotidiano en el SAR 885
IV.3.18.2 El Paisaje del SAR desde el contexto socioeconómico 887
IV.3.18.2.1 Paisaje lagunar como dimensión socioeconómica del SAR 888
IV.3.18.2.2 Ámbitos funcionales de lectura paisajística 889
IV.3.18.2.3 Mecanismos de afectación socioeconómica derivados del paisaje 892
IV.3.19 Diagnóstico ambiental 893
IV.3.19.1 Calidad del agua 893
IV.3.19.1.1 Frente costero calidad del agua 898
IV.3.19.2 Calidad de los sedimentos 899
IV.3.19.3 Vegetación 900
IV.3.19.4 Fauna 902
IV.3.19.5 Plancton 905
IV.3.19.6 Bentos 908
IV.3.19.7 Peces 910
IV.3.19.7.1 Enfoque pesquero 910
IV.3.19.8 Mamíferos y quelonios 911
IV.3.19.9 Medio socioeconómico 918
IV.3.19.10 Síntesis del Diagnóstico Ambiental 919
IV.3.20 Bibliografía 924

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV. 1 Laguna de Cuyutlán y ubicación del proyecto. 2
Figura IV. 2. Sitio RAMSAR en la Laguna de Cuyutlán....3
Figura IV. 3 Área del proyecto en el sistema de la Laguna de Cuyutlán....4
Figura IV. 4 Cuenca Río Chacala-Purificación....6
Figura IV. 5 Subcuenca Laguna de Cuyutlán....7
Figura IV. 6 Microcuencas de a Subcuenca Laguna de Cuyutlán....7
Figura IV. 7. Redes hidrográficas de los cauces del sistema fluvial en la subcuenca Laguna de Cuyutlán. Clasificación Strahlet. Fuente: SIATL (INEGI). 8
Figura IV. 8. UAB 119. Lomeríos de las Costa de Jalisco y Colima....9
Figura IV. 9 UGAS del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán 10
Figura IV. 10 UGAS del el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima, consideradas para la delimitación del SAR. 11
Figura IV. 11 Isóbatas de 100 y 200 m de profundidad en el frente costero, zonas de fondeadero actuales y posibles futuras y posible sitio de vertimiento futuro. 12
Figura IV. 12 Ubicación de los arrecifes artificiales y Zona de Refugio Pesquero Parcial Permanente....13
Figura IV. 13 Lagunas costeras en el Municipio de Manzanillo 14
Figura IV. 14 Área delimitada como Sistema Ambiental Regional. 15
Figura IV. 15 Área de Influencia con respecto a la superficie del SAR y el área del proyecto. 17
Figura IV. 16 Tipos de Climas dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 22
Figura IV. 17 Proyecciones de la Clasificación climática de Köppen-Geiger para los periodos 2041-2070 (a), 2071-2099 (b) según el escenario SSP2-8.5 del CMIP6 y para el periodo 1902-2011 del INEGI (c). Elaboración propia con datos de Beck *et al*. (2023) y datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011....23
Figura IV. 18 Temperatura media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.24
Figura IV. 19 Temperatura mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 24
Figura IV. 20 Temperatura máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011....25
Figura IV. 21 Precipitación media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.26
Figura IV. 22 Precipitación mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 26
Figura IV. 23 Precipitación máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011....27
Figura IV. 24 Serie de tiempo diaria de la velocidad de viento a 10 m de altura de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de velocidad, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente. 28

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 25 Serie de tiempo diaria de la dirección del viento a 10 m de altura de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de dirección, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente. 28

Figura IV. 26 Rosa de vientos de la Laguna de Cuyutlán con datos promedio mensuales obtenidos de MERRA-2 del periodo 1981-2022. La dirección está expresada en convención meteorológica. 29

Figura IV. 27 Serie de tiempo diaria de la presión atmosférica de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de presión, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente. 31

Figura IV. 28 Serie de tiempo diaria de la humedad relativa a 2 m de altura de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de humedad en %, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente. 31

Figura IV. 29 Fisiografía del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO). 42

Figura IV. 30 Geología del SAR. Fuente INEGI 2026. 43

Figura IV. 31 Litología en la zona del proyecto. Fuente SGM. 44

Figura IV. 32 Permeabilidad del suelo en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI). 45

Figura IV. 33 Subcuenca Laguna de Cuyutlán. 47

Figura IV. 34 Cauces, microcuencas y acuíferos en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO). 49

Figura IV. 35 Microcuencas presentes en el SAR. 50

Figura IV. 36. Volumen de agua por tipo de uso para el acuífero Venustiano Carranza. 53

Figura IV. 37 Porcentajes del uso de agua para el acuífero Venustiano Carranza. 54

Figura IV. 38. Distribución porcentual de los usos de agua para el acuífero El Colomo. 55

Figura IV. 39. Porcentajes del uso de agua en el acuífero El Colomo. 56

Figura IV. 40. Ubicación y usos de la base de datos histórica del INEGI sobre el agua subterránea. 57

Figura IV. 41. Distribución graduada de las concentraciones de Ca^{2+} de la base de datos INEGI. 58

Figura IV. 42. Distribución graduada de las concentraciones de Mg^{2+} de la base de datos INEGI. 59

Figura IV. 43. Distribución graduada de las concentraciones de Na^{+} de la base de datos INEGI. 60

Figura IV. 44. Distribución graduada de las concentraciones de K^{+} de la base de datos INEGI. 61

Figura IV. 45. Distribución graduada de las concentraciones de SO_4^{2-} de la base de datos INEGI. 62

Figura IV. 46. Distribución graduada de las concentraciones de HCO_{3-} de la base de datos INEGI. 64

Figura IV. 47. Distribución graduada de las concentraciones de Cl^{-} de la base de datos INEGI. 65

Figura IV. 48. Distribución graduada de las concentraciones de NO_{3-} de la base de datos INEGI. 66

Figura IV. 49. Distribución graduada de las concentraciones de pH de la base de datos INEGI. 67

Figura IV. 50 Distribución graduada de las concentraciones de CE de la base de datos INEGI. 68

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 51. Distribución graduada de las concentraciones de STD de la base de datos INEGI. 69
Figura IV. 52. Diagrama de Piper de la base de datos INEGI. 70
Figura IV. 53. Configuración de los niveles estáticos para el año 1996. 71
Figura IV. 54. Configuración de los niveles estáticos para el año 1998. 72
Figura IV. 55. Configuración de los niveles estáticos para el año 2000. 73
Figura IV. 56. Configuración de los niveles estáticos para el año 2001. 74
Figura IV. 57. Configuración de los niveles estáticos para el año 2003. 75
Figura IV. 58. Configuración de los niveles estáticos para el año 2004. 76
Figura IV. 59. Configuración de los niveles estáticos para el año 2005. 77
Figura IV. 60. Configuración de los niveles estáticos para el año 2006. 78
Figura IV. 61. Configuración de los niveles estáticos para el año 2007. 79
Figura IV. 62. Configuración de los niveles estáticos para el año 2008. 80
Figura IV. 63. Configuración de los niveles estáticos para el año 2010. 81
Figura IV. 64. Configuración de los niveles estáticos para el año 2018. 82
Figura IV. 65. Configuración de los niveles estáticos para el año 2025. 83
Figura IV. 66. Ubicación de los puntos censados. 84
Figura IV. 67. Configuración del nivel estático alrededor de la laguna Cuyutlán con los puntos obtenidos. 86
Figura IV. 68. Configuración de las celdas de descarga para el cálculo del aporte de los acuíferos a la Laguna Cuyutlán. 87
Figura IV. 69. Aportes del acuífero El Colomo hacia la Laguna Cuyutlán. 92
Figura IV. 70. Aportes del acuífero Venustiano Carranza hacia la Laguna Cuyutlán. 93
Figura IV. 71. Distribución de carga hidráulica Modelo Colomo. 94
Figura IV. 72. Zonas de descarga Modelo El Colomo. 94
Figura IV. 73. Distribución de carga hidráulica Modelo V_Carranza. 95
Figura IV. 74. Zonas de descarga. 96
Figura IV. 75. Batimetría del Vaso I. 99
Figura IV. 76. Batimetría del Vaso II. 100
Figura IV. 77. Batimetría del Vaso III. 101
Figura IV. 78. Batimetría del Vaso IV. 102
Figura IV. 79. Batimetría del frente costero. 103
Figura IV. 80. Temperatura en el Canal Tepalcates (18 m de profundidad) 104
Figura IV. 81. Temperatura en el Canal Ventanas. 105

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 82. Temperatura en el Vaso II 105
Figura IV. 83. Temperatura en el Vaso III. 106
Figura IV. 84. Temperatura en el Estero Palo Verde. 106
Figura IV. 85. Configuración de la salinidad durante febrero de 2026. 108
Figura IV. 86. Salinidad en el Vaso III. Octubre 2026. 109
Figura IV. 87. Salinidad en el Vaso III durante noviembre de 2025. 110
Figura IV. 88. Variación de la salinidad en el Canal Tepalcates (18 m de profundidad) 111
Figura IV. 89. Variación de la salinidad en el Canal ventanas. 111
Figura IV. 90. Variación de la salinidad en el Vaso II. 112
Figura IV. 91. Variación de la salinidad en el Vaso III. 112
Figura IV. 92. Variación de la marea frente a las costas de Manzanillo (Información del Servicio Mareográfico Nacional. https://www.mareografico.unam.mx/estaciones/?estacion=31) 113
Figura IV. 93. Ciclos de marea frente a las costas de Manzanillo (Información del Servicio Mareográfico Nacional. https://www.mareografico.unam.mx/estaciones/?estacion=31) 114
Figura IV. 94. Variación de marea en el Canal Tepalcates. 115
Figura IV. 95. Variación de marea en el Vaso I. 115
Figura IV. 96. Variación de marea en el Vaso II. 116
Figura IV. 97. Variación de marea en el Vaso III. 116
Figura IV. 98.. Área de caracterización del oleaje. 117
Figura IV. 99. Series temporales (1975–2026) de la altura significante de ola (Hs) y el periodo medio (Tm) 118
Figura IV. 100. Histogramas de frecuencias de la altura significante de ola (Hs). 119
Figura IV. 101. Histogramas de frecuencias del periodo medio (Tm). 120
Figura IV. 102. Rosas de oleaje de la altura significante de ola (Hs) y el periodo medio (Tm). 121
Figura IV. 103. Series de tiempo de oleaje. 123
Figura IV. 104. Rosa de oleaje. 124
Figura IV. 105. Portal del GLORYS12V1. 124
Figura IV. 106. Series de tiempo de la velocidad y dirección de corrientes. 125
Figura IV. 107. Rosa de corrientes. 126
Figura IV. 108. Superficie de elevación durante el ingreso de agua de mar SP (Sin Proyecto). 129
Figura IV. 109. Patrones de circulación dentro de la laguna sin proyecto. 129
Figura IV. 110. Superficie de elevación durante el ingreso de agua correspondiente a la Fase 1 del proyecto. 130

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 111. Patrones de circulación dentro de la laguna. Escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto. 130
Figura IV. 112. Escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto. 131
Figura IV. 113. Patrones de circulación dentro de la laguna. Escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto. 131
Figura IV. 114. Comparación de las variaciones de nivel en la zona de intercambio del Vaso II al Vaso III. 132
Figura IV. 115. Comparación de las variaciones de nivel en la zona de intercambio del Vaso II al Vaso I. 133
Figura IV. 116. Variación de la velocidad (V) en condiciones sin proyecto. 133
Figura IV. 117. Fase 1 del proyecto del campo de velocidades Norte - Sur. 134
Figura IV. 118. Fase 2 del proyecto del campo de velocidades Norte - Sur. 135
Figura IV. 119. Componente longitudinal de la velocidad (U) en el escenario sin proyecto. 135
Figura IV. 120. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 1 del proyecto. 136
Figura IV. 121. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 2 del proyecto. 136
Figura IV. 122. Comparación de la magnitud de la velocidad en el punto de interconexión entre el Vaso II y III. 137
Figura IV. 123. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 2 del proyecto. 137
Figura IV. 124. Distribución del gasto o caudal en condiciones actuales 138
Figura IV. 125. Distribución del gasto o caudal para la Fase 1 139
Figura IV. 126. Distribución del gasto o caudal para la Fase 2 139
Figura IV. 127. Condición de flujo de salida para el escenario sin proyecto. 140
Figura IV. 128. Patrones de flujo de salida para el escenario sin proyecto. 141
Figura IV. 129. Condición de salida para la Fase 1. 141
Figura IV. 130. Patrones de flujo de salida para el escenario Fase 1. 142
Figura IV. 131. Condición de salida para la Fase 2. 142
Figura IV. 132. Patrones de flujo de salida para el escenario Fase 1. 143
Figura IV. 133. Condición de salida de marea para el escenario sin proyecto. 144
Figura IV. 134. Condición de salida para la Fase 1 del proyecto. 144
Figura IV. 135. Condición de salida para la Fase 2 del proyecto. 145
Figura IV. 136. Condición de salida de marea para el escenario sin proyecto. 146
Figura IV. 137. Condición de salida de marea para la Fase 1 del proyecto. 146
Figura IV. 138. Condición de salida de marea para la Fase 2 del proyecto. 147
Figura IV. 139. Gasto en la condición base durante la salida de marea. 148
Figura IV. 140. Gasto en la Fase 1 del proyecto durante la salida de marea. 148
Figura IV. 141. Gasto en la Fase 2 del proyecto durante la salida de marea. 149

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 142. Distribución de la salinidad en el Vaso III en temporada de lluvias. 151
Figura IV. 143. Condiciones de marea en temporada de lluvias (octubre -diciembre 2025)....151
Figura IV. 144. Relación entre la salinidad y precipitación diaria acumulada....152
Figura IV. 145. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia 152
Figura IV. 146. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia con proyecto Fase 1. 153
Figura IV. 147. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia con proyecto Fase 2. 154
Figura IV. 148. Principales zonas de aporte de agua dulce que se utilizaron para la simulación de escurrimientos. 155
Figura IV. 149. Variación de la concentración con diversos escenarios de escurrimiento por el arroyo Zacate. 156
Figura IV. 150. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua dulce por el arroyo Zacate y la zona salinera. 157
Figura IV. 151. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua dulce por el arroyo Zacate y la zona salinera con gastos mayores. 157
Figura IV. 152. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 1 del proyecto. 158
Figura IV. 153. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 2 del proyecto. 159
Figura IV. 154. Variaciones de nivel al final de episodios de ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 2 del proyecto. 159
Figura IV. 155. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la fase sin proyecto. 160
Figura IV. 156. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la Fase 1. 161
Figura IV. 157. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la Fase 2. 161
Figura IV. 158. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la fase sin proyecto. 162
Figura IV. 159. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la Fase 1. 163
Figura IV. 160. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la Fase 2. 163
Figura IV. 161. Gasto en la fase sin proyecto en condiciones de escurrimiento. 164
Figura IV. 162. Gasto en la Fase 1 del proyecto en condiciones de escurrimiento....165
Figura IV. 163. Gasto en la Fase 2 del proyecto en condiciones de escurrimiento....165
Figura IV. 164. Tiempo del primer arribo de agua de mar a cada uno de los 4 vasos sin proyecto. 167
Figura IV. 165. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso sin proyecto. 168
Figura IV. 166. Tiempo para la renovación completa de agua sin proyecto....169
Figura IV. 167. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 1 del proyecto. 170
Figura IV. 168. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 1. 171
Figura IV. 169. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 2 del proyecto. 172
Figura IV. 170. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 2. 173

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 171. Tiempo del primer arribo por incremento de marea en temporada de lluvia. 175
Figura IV. 172. Tiempo del inicio de mezcla por incremento de marea en temporada de lluvia. 176
Figura IV. 173. Tiempo para el primer arribo. Fase 1....177
Figura IV. 174. Tiempo del inicio de mezcla Fase 1....178
Figura IV. 175. Tiempo para el primer arribo con escurrimientos para la Fase 2....179
Figura IV. 176. Tiempo para el inicio de mezcla con escurrimientos para la Fase 2. 180
Figura IV. 177. Cambios en los TR con Fase 1 del proyecto. 181
Figura IV. 178. Cambios en los TR con Fase 2 del proyecto. 181
Figura IV. 179. Aumento de la temperatura global durante el último siglo (IPCC, 2023)....182
Figura IV. 180. Variación de la temperatura máxima en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán. 184
Figura IV. 181. Precipitación mensual acumulada en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán. 185
Figura IV. 182. Comparación del nivel del mar con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1. 190
Figura IV. 183. Comparación del nivel del mar con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2. 192
Figura IV. 184. Variación temporal del nivel entre el Vaso II-III, Fase 2....193
Figura IV. 185. Variación temporal del nivel entre el Vaso I-II, Fase 2. 193
Figura IV. 186. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.25 m. 194
Figura IV. 187. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.50 m. 195
Figura IV. 188. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.0 m. 196
Figura IV. 189. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.5 m. 197
Figura IV. 190. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1. 200
Figura IV. 191. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2. 202
Figura IV. 192. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1. 204
Figura IV. 193. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2. 206
Figura IV. 194. Variación temporal de la velocidad entre el Vaso II-III, Fase 2....207
Figura IV. 195. Variación temporal de la velocidad entre el Vaso I-II, Fase 2....208
Figura IV. 196. Comparación de los gastos con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1. 211
Figura IV. 197. Comparación de los gastos con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2. 213
Figura IV. 198. Variación temporal de los gastos entre el Vaso II-III, Fase 2....213
Figura IV. 199. Comparación de los gastos entre del el Vaso I-II, Fase 2. 214
Figura IV. 200. Serie de tiempo del nivel del mar durante el huracán Jova utilizado para la simulación 216
Figura IV. 201. Rosa de viento del Huracán Jova. 216

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 202. Información de viento del Huracán Jova.....217
Figura IV. 203. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.....220
Figura IV. 204. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.....222
Figura IV. 205. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.....224
Figura IV. 206 Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.....227
Figura IV. 207. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.....229
Figura IV. 208. Serie de tiempo de marea durante el huracán Kenna 230
Figura IV. 209. Rosa de viento del huracán Kenna.....231
Figura IV. 210. Información de viento del Huracán Kenna.....231
Figura IV. 211. Información de viento del Huracán Kenna.....234
Figura IV. 212. Información de viento del Huracán Kenna.....236
Figura IV. 213. Información de viento del Huracán Kenna.....238
Figura IV. 214. Información de viento del Huracán Kenna.....240
Figura IV. 215. Condiciones iniciales para la concentración de sedimentos en suspensión.....244
Figura IV. 216. Valores de SSC para la etapa sin proyecto.....245
Figura IV. 217. Valores de SSC para la etapa con proyecto Fase 1.....246
Figura IV. 218. Información de viento del Huracán Kenna.....246
Figura IV. 219. Acumulación de los sedimentos 247
Figura IV. 220. Información de viento del Huracán Kenna.....248
Figura IV. 221. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.....249
Figura IV. 222. Velocidades máximas en condiciones base. 251
Figura IV. 223. Velocidades máximas en condición de la fase 1 252
Figura IV. 224. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 1 del proyecto.....253
Figura IV. 225. Velocidades máximas en condición de la fase 2. 254
Figura IV. 226. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 2 del proyecto.....255
Figura IV. 227. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.....256
Figura IV. 228. Campo de altura de ola significante en condiciones actuales, se muestra en el panel superior el dominio de cómputo, y en el panel inferior un acercamiento al vaso II.....257
Figura IV. 229. Series de tiempo de oleaje en 3 puntos de interés.....258
Figura IV. 230. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa 1, se muestra el dominio de cómputo. 259

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 231. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa 1, se muestra el dominio de cómputo. 259
Figura IV. 232. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa II, en el panel superior se muestra el dominio de cómputo, y en el panel inferior un acercamiento al vaso II. 260
Figura IV. 233. Series de tiempo de oleaje en 4 puntos de interés, etapa II. 260
Figura IV. 234.. Nivel de superficie libre en condición actual. 262
Figura IV. 235. Condición hidrodinámica para la condición actual, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante. 263
Figura IV. 236. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición actual. 264
Figura IV. 237. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición actual. 264
Figura IV. 238. Nivel de superficie libre en condición de proyecto Etapa 1. 265
Figura IV. 239. Condición hidrodinámica para la condición de proyecto Etapa I, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante. 266
Figura IV. 240. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I. 267
Figura IV. 241. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I, ordenados del 1 al 8. 267
Figura IV. 242. Nivel de superficie libre en condición de proyecto Etapa II. 268
Figura IV. 243. Condición hidrodinámica para la condición de proyecto Etapa II, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante. 269
Figura IV. 244. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I. 270
Figura IV. 245. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I, ordenados del 1 al 8. 270
Figura IV. 246. Tasas de transporte de sedimento en condiciones actuales. 271
Figura IV. 247. Tasas de transporte de sedimento para las condiciones de proyecto Etapa 1. 272
Figura IV. 248. Tasas de transporte de sedimento para las condiciones de proyecto Etapa 2. 273
Figura IV. 249. Sitio de tiro, coordenadas -104.266667 O, 18.943056 N. 274
Figura IV. 250. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas vivas, 1-2. 276
Figura IV. 251. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas vivas, 3-4. 277
Figura IV. 252. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas muertas, 1-2. 279
Figura IV. 253. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas muertas, 3-4. 280
Figura IV. 254. Desplazamiento de la pluma para el caso del panel #2 (Figura 178) en mareas muertas. 281

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 255. Dispersión de partículas en el vaso II, dársena: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante. 283
Figura IV. 256. Dispersión de partículas en el vaso II, canales norte y sur: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante. 284
Figura IV. 257. Dispersión de partículas en el vaso II, centro y occidente: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante. 284
Figura IV. 258. Área de ruptura de los terremotos de 1932 y 1995 y brechas sísmicas existentes en la región, Trejo et al, 2015. 285
Figura IV. 259. Perfil de un tsunami al impactar la costa, UNESCO, Levin y Nosov, 2009. 286
Figura IV. 260. Dominio de cómputo del sistema acoplado Laguna de Cuyutlán – frente costero para la simulación del tsunami. 287
Figura IV. 261. Propagación de la onda de tsunami sobre el dominio 288
Figura IV. 262. Alcance máximo de la onda de tsunami al interior del vaso II. 288
Figura IV. 263. Serie de tiempo de sobreelevación del nivel del mar generada por el tsunami. 289
Figura IV. 264.Campo de viento de huracán. 290
Figura IV. 265. Oleaje de huracán en el área de estudio. 290
Figura IV. 266. Ubicación de puntos de extracción del oleaje en el vaso II y frente costero. 291
Figura IV. 267. Oleaje máximo alcanzado en el frente costero y vaso II. 291
Figura IV. 268. Ubicación de las estaciones de monitoreo en el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026. 292
Figura IV. 269.-Registro de la Temperatura en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 293
Figura IV. 270. Registro de la Salinidad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 294
Figura IV. 271. Registro del Oxígeno Disuelto en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 294
Figura IV. 272. Registro del pH en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 295
Figura IV. 273. Registro de conductividad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 296
Figura IV. 274. Registro de NO_3 + NO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 296
Figura IV. 275 Registro de NH_4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 297
Figura IV. 276. Registro de PO_4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 298
Figura IV. 277. -Registro de SiO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 299
Figura IV. 278. Registro de Cl-a en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 300
Figura IV. 279. Registro de SDT en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 301
Figura IV. 280. Registro de SST en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 302
Figura IV. 281. Registro de alcalinidad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 303

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 282. Registro de fósforo total (P Tot) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.304
Figura IV. 283 Registro de nitrógeno orgánico total (N Org Tot) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....305
Figura IV. 284. Registro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 306
Figura IV. 285 Registro del Carbono Orgánico Total (COT) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....307
Figura IV. 286. Registro de la turbidez en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....308
Figura IV. 287. Registro de G y A en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 309
Figura IV. 288. Registro de cloro en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 310
Figura IV. 289. Registro de sulfuros en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....311
Figura IV. 290. Registro de toxicidad aguda en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 312
Figura IV. 291. Registro de *E. Coli* en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....313
Figura IV. 292. Registro de E. Fecales en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 314
Figura IV. 293. Registro de As en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 315
Figura IV. 294. Registro de cadmio en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....316
Figura IV. 295. Registro de cianuro en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 317
Figura IV. 296. Registro de cobre en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 318
Figura IV. 297. Registro de cobre en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 319
Figura IV. 298. Registro de mercurio en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 320
Figura IV. 299. Registro de níquel en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 321
Figura IV. 300. Registro de plomo en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026. 322
Figura IV. 301. Registro de zinc en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.....323
Figura IV. 302. Registro de temperatura en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....324
Figura IV. 303. Registro de salinidad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....324
Figura IV. 304. Registro de oxígeno disuelto en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....325
Figura IV. 305. Registro de pH en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026. 326
Figura IV. 306. Registro de clorofila-a en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026. 326
Figura IV. 307. Registro de SST en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....327
Figura IV. 308. Registro de NO_3 + NO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....328
Figura IV. 309. Registro de NH_4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026. 328
Figura IV. 310. Registro de PO4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....329

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 311. Registro de SiO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.....330
Figura IV. 312. Registro de conductividad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026. 330
Figura IV. 313. Registro de P. Total en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.....331
Figura IV. 314. Registro de N. Total en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026. 332
Figura IV. 315. Registro de DBO_5 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.....332
Figura IV. 316. Registro de GyA en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.....333
Figura IV. 317. Variación de la temperatura entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar. 334
Figura IV. 318. Variación de la salinidad entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar. 334
Figura IV. 319. Variación del oxígeno disuelto entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar. 335
Figura IV. 320. Variación del pH entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.....336
Figura IV. 321. Variación de la clorofila-a entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.....336
Figura IV. 322. Variación de los sólidos suspendidos totales entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.....337
Figura IV. 323. Variación de nitratos y nitritos entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar. 338
Figura IV. 324. Variación del amonio entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.....339
Figura IV. 325. Variación de los fosfatos entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar. 339
Figura IV. 326. Variación de los silicatos entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar. 340
Figura IV. 327. Variación de la temperatura superficial en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 342
Figura IV. 328. Variación de la salinidad en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 343
Figura IV. 329. Variación del oxígeno disuelto en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....344
Figura IV. 330. Variación del pH en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. .344
Figura IV. 331. Variación de la conductividad eléctrica (mS/cm) en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 345
Figura IV. 332. Variación de los nitratos y nitritos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....346
Figura IV. 333. Variación del amonio en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 346
Figura IV. 334. Variación de los fosfatos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 347
Figura IV. 335. Variación de los silicatos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....348

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 336. Variación de la clorofila-a en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....348

Figura IV. 337. Variación de los sólidos solubles disueltos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....349

Figura IV. 338. Variación de los sólidos solubles totales en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....350

Figura IV. 339 Variación de la alcalinidad en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....350

Figura IV. 340. Variación del fósforo total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....351

Figura IV. 341. Variación del nitrógeno total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....352

Figura IV. 342. Variación de la demanda biológica de oxígeno a los 5 días en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....353

Figura IV. 343. Variación del carbono total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....354

Figura IV. 344. Variación de la turbidez en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....355

Figura IV. 345. Variación de las grasas y aceites en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....356

Figura IV. 346. Variación del cloro libre (mg/L) en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....357

Figura IV. 347. Variación de los sulfuros en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....358

Figura IV. 348. Variación de la toxicidad aguda en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....359

Figura IV. 349. Variación de *Eschericia coli* en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....360

Figura IV. 350. Variación de enterococos fecales en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....361

Figura IV. 351. Variación de arsénico en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....362

Figura IV. 352 Variación de cadmio en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....363

Figura IV. 353 Variación de cianuro en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.....364

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 354. Variación de cobre en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 365
Figura IV. 355. Variación de cromo total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 366
Figura IV. 356. Variación de mercurio en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 367
Figura IV. 357. Variación de níquel en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 368
Figura IV. 358. Variación de plomo en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 369
Figura IV. 359. Variación de zinc en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán. 370
Figura IV. 360 Lances de CTD estaciones 22, 23 y 24 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025. 372
Figura IV. 361. Lances de CTD estaciones 25, 26 y 27 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025. 373
Figura IV. 362. Lances de CTD estaciones 28, 29 y 30 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025. 374
Figura IV. 363. Lances de CTD estaciones 31, 32 y 33 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025. 375
Figura IV. 364 Lances de CTD estaciones 22, 23 y 24 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026. 376
Figura IV. 365. Lances de CTD estaciones 25, 26 y 27 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026. 377
Figura IV. 366. Lances de CTD estaciones 28, 29 y 30 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026. 378
Figura IV. 367. Lances de CTD estaciones 31, 32 y 33 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026. 379
Figura IV. 368. Lances de CTD estaciones 22, 23 y 24 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026. 380
Figura IV. 369. Lances de CTD estaciones 25, 26 y 27 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026. 381
Figura IV. 370. Lances de CTD estaciones 28, 29 y 30 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026. 382
Figura IV. 371 Lances de CTD estaciones 31, 32 y 33 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026. 383
Figura IV. 372. Analitos con diferencias significativas entre las zonas de muestreo durante el mes de enero del 2026 (mg/kg): Níquel, Plomo y Manganeso. 389
Figura IV. 373. Analitos con diferencias significativas entre las zonas de muestreo durante el mes de febrero del 2026 (mg/kg): Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Cianuro y Magnesio. 390
Figura IV. 374. Distribución mensual del porcentaje de grava por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero). 411
Figura IV. 375. Distribución mensual del porcentaje de arenas por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero). 411
Figura IV. 376. Distribución mensual del porcentaje de limos por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero). 412
Figura IV. 377. Distribución mensual del porcentaje de arcilla por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero) 412
Figura IV. 378. Sitios RAMSAR en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto; descargado de https://sigagis.conagua.gob.mx/humedales/. 415

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 379. Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto; CONABIO (2009). 416
Figura IV. 380. Sitio Marino Prioritario en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto; CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura. (2007). 417
Figura IV. 381. Regiones Marinas Prioritarias en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: Arriaga et al (1998). 418
Figura IV. 382. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CIPAMEX-CONABIO (2015). 419
Figura IV. 383 Corredores bioclimáticos en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO.CONANP.PNUD. (2019). 420
Figura IV. 384. RHP-25 (Ríos Purificación-Armería) relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: Arriaga Cabrera et al. (1998). 421
Figura IV. 385. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO (2021). 422
Figura IV. 386. Sitios Prioritarios para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO (2017). 423
Figura IV. 387. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO-CONANP (2010). 424
Figura IV. 388. Regiones Terrestres Prioritarias y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: Arriaga et al (2010). 425
Figura IV. 389. Sitios de Atención para la Restauración del Paisaje y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO-IUCN (2012). 425
Figura IV. 390. Áreas Elegibles para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO (2014). 426
Figura IV. 391. Comportamiento térmico observado en la laguna de Cuyutlán: Elaboración propia (ver métodos en Anexo VIII.1). 427
Figura IV. 392 Mapa de uso de suelo y vegetación del SAR de acuerdo serie VII INEGI. 428
Figura IV. 393. Grafica de la distribución del uso del suelo y vegetación del SAR 430
Figura IV. 394 Gráfica de la distribución de la vegetación del SAR 431
Figura IV.395. Mapa del estado de conservación de la vegetación en el SAR. 433
Figura IV.396. Mapa de uso de suelo y vegetación del SAR (elaboración propia) 434
Figura IV.397. Distribución de los usos del SAR (elaboración propia) 436
Figura IV.398.Vista de la ubicación de la Selva baja caducifolia en el SAR 438
Figura IV.399. Riqueza por estrato de la SBC en el SAR 439
Figura IV.400. Ubicación de la selva mediana subcaducifolia del SAR. 446

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV.401. Grafica de la distribución de la riqueza de especies de la SMS en el SAR 448
Figura IV.402. Mapa de ubicación del manglar en el SAR 454
Figura IV.403. Vista de las diferentes áreas de manglar del SAR (elaboración propia) 456
Figura IV.404. Gráfica de la distribución de las especies del estrato arbóreo del manglar 457
Figura IV.405. Mapa de ubicación del bosque de encino en el SAR 461
Figura IV.406. Grafica de la distribución de la riqueza de especies en el bosque de encino del SAR 462
Figura IV.407. Mapa de ubicación de la vegetación Halófila – Hidrófila en el SAR 466
Figura IV.408.. Mapa de ubicación de la vegetación dunas costeras del SAR 468
Figura IV.409. Gráfico de la distribución de familias de flora potencial en el SAR 492
Figura IV.410. Gráfico de USV por formación de cada carta de USV escala 1:250,000 497
Figura IV.411. Gráfico de la tasa de cambio del área de las formaciones de las cartas de USV serie I y VII 499
Figura IV.412. Evolución del manglar en el estado de Colima (Conabio) 500
Figura IV.413. Uso de suelo y vegetación del proyecto (serie VII INEGI) 501
Figura IV.414. Mapa de uso de suelo y vegetación del área del proyecto de acuerdo con INEGI serie VII 502
Figura IV.415. Uso de suelo y vegetación del área del proyecto elaboración propia 503
Figura IV.416. Gráfico de la distribución de la vegetación en el área del proyecto 504
Figura IV.417. Forma y tamaño de los sitios levantados en SBC (izquierda) y Manglar (derecha) 507
Figura IV.418. Vista de la ubicación de la SBC en el área del proyecto 509
Figura IV.419. Distribución de las especies de la SBC en el área del proyecto 510
Figura IV.420. Índice de biodiversidad de Shannon- Wiener de la SBC en el área del proyecto 510
Figura IV.421. Gráfico de la abundancia de las especies arbóreas de la SBC en el área del proyecto 513
Figura IV.422. Gráfico de la distribución de la abundancia de las especies del estrato arbustivo de la SBC 514
Figura IV.423 Gráfico de la distribución de la abundancia de las especies del estrato herbáceo de la SBC 515
Figura IV.424. Mapa de ubicación del manglar en el área del proyecto 517
Figura IV.425. Grafica de la abundancia relativa del manglar en el área del proyecto 518
Figura IV.426. Grafica de los individuos de *Rhizophora mangle* por categoría diamétrica. 519
Figura IV.427. Grafica de la distribución de los individuos de *Laguncularia racemosa* por categoría diamétrica 520
Figura IV.428. Gráfico de la biodiversidad por estrato en el área del proyecto. 528
Figura IV.429. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato arbóreo 531
Figura IV.430. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato arbustivo de la SBC 533
Figura IV.431. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato herbáceo de la SBC 535

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV.432. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato arbóreo del manglar 536
Figura IV.433. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato otras formas de vida del manglar 537
Figura IV.434. Mapa de calor de indicadores por sitio en el Proyecto. 544
Figura IV.435. Distribución espacial por categoría de integridad en el Proyecto. 544
Figura IV.436. Distribución de sitios por categoría de integridad funcional en cada zona. 546
Figura IV.437. Score promedio de integridad por zona. Las 5 zonas superan el umbral de media-alta (11). 547
Figura IV.438. Perfil de integridad por sitio — todos los sitios del Proyecto y del SAR (96 sitios totales). 547
Figura IV.439. Composición específica por zona. 549
Figura IV.440. Comparación con manglares regionales de referencia. 552
Figura IV. 441. Proporción de las especies presentes en el SAR por gremio alimenticio 568
Figura IV. 442. Principales rutas migratorias de las especies de aves en México: tomado de http://birding.about.com/od/birdingbasics/ss/North-America-Migration-Flyways.htm. 573
Figura IV. 443. Densidad de las rutas migratorias de las especies de aves en México: tomado de explorer.audubon.org 574
Figura IV. 444. Densidad trayectorias en la ruta del Pacífico en la región de Cuyutlán: tomado de explorer.audubon.org 574
Figura IV. 445. Ubicación de los sitios para el monitoreo de la fauna dentro del SAR (azul), área de influencia (verde) y proyecto (polígono rojo) 582
Figura IV. 446. Porcentaje de especies registradas en campo por gremio alimenticio 589
Figura IV. 447. Porcentaje de especies registradas en campo consideradas de importancia. 589
Figura IV. 448. Porcentaje de especies registradas en campo por la amplitud de su rango de distribución 590
Figura IV. 449. Porcentaje de especies registradas en campo y reportadas en diferentes ambientes. 591
Figura IV. 450. Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en las tres zonas de interés. 594
Figura IV. 451. Curvas de acumulación de especies para los 9 sitios de muestreo del SAR determinados con EstimateS®.596
Figura IV. 452. Curvas de acumulación de especies para los 13 sitios de muestreo dentro del área de Influencia determinadas con EstimateS®. 597
Figura IV. 453. Curvas de acumulación de especies para los 13 sitios de muestreo dentro del área del proyecto determinadas con EstimateS®. 597
Figura IV. 454.. Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en los sitios del SAR. 599
Figura IV. 455 . Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en los sitios del área de Influencia. 601
Figura IV. 456. Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en los sitios del área del Proyecto. 602

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 457. Patrón general de ocupación y detectabilidad por clase taxonómica utilizando todos los sitios de muestreo en las tres zonas de interés. 603
Figura IV. 458. Relación entre ocupación y detectabilidad por especies (y grupo). 604
Figura IV. 459. Relación entre global y detectabilidad por Clase. 604
Figura IV. 460. Ocupación media predicha por zona 606
Figura IV. 461. Ocupación detectabilidad media predicha por zona para cada grupo taxonómico 606
Figura IV. 462. Mapa de calor que muestra las estimaciones de probabilidad de ocupación por zona y clase taxonómica de acuerdo con el modelo occu(~1 ~Zona). 607
Figura IV. 463. Las 10 especies con mayor detectabilidad por zona 608
Figura IV. 464. Las 10 especies con mayor detectabilidad por grupo taxonómico 609
Figura IV. 465. Las 10 especies con mayor ocupación por zona 610
Figura IV. 466. Las 10 especies con mayor ocupación por grupo taxonómico 610
Figura IV. 467. Ubicación de los 55 sitios de muestreo previos de la fauna y su relación con el proyecto (rojo), área de influencia (línea verde) y SAR (línea azul). 611
Figura IV. 468 Fluctuación mensual de la diversidad de especies (Menhinick) de vertebrados dentro del SAR elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026 612
Figura IV. 469. Fluctuación mensual de la diversidad de especies (Margalef) de vertebrados dentro del SAR elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026. 613
Figura IV. 470.Fluctuación mensual de la diversidad de especies (Margalef) de vertebrados dentro del SAR con datos de varios programas de muestreo de fauna elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026: anfibios (A), reptiles (B), aves (C) y mamíferos (D) 614
Figura IV. 471. Ubicación de los 39 transectos nocturnos para el censado de cocodrilos en relación con el área del proyecto, Vaso I, II y Vaso III. 615
Figura IV. 472. Porcentaje de individuos por clase de tamaño en registrados en cada vaso en la Laguna de Cuyutlán entre enero y marzo 2026. 617
Figura IV. 473. Ubicación de los recorridos nocturnos en el Vaso II entre marzo y agosto del 2022 al 2024. 618
Figura IV. 474. Ubicación de los recorridos nocturnos en el Vaso III entre marzo y agosto del 2022 al 2024. 619
Figura IV. 475. Tendencia anual del porcentaje de individuos registrados por clase de tamaño en el Vaso II. 621
Figura IV. 476. Tendencia anual del porcentaje de individuos registrados por clase de tamaño en el Vaso III. 622
Figura IV. 477. Número de registros de los principales grupos fitoplanctónicos durante el periodo diciembre 2025 – febrero 2026 en las diferentes zonas de muestreo: Laguna de Cuyutlán (vasos I–IV), frente marino y bahías de Santiago y Manzanillo. 623
Figura IV. 478. Mínimos, máximos y promedios de abundancia fitoplanctónica de diciembre 2025 – febrero 2026 de la Laguna de Cuyutlán, frente marino, Bahías de Manzanillo, Colima. 624

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 479. Composición taxonómica relativa (%) de las principales diatomeas registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.....625

Figura IV. 480. Composición taxonómica relativa (%) de los principales dinoflagelados registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.....626

Figura IV. 481. Composición taxonómica relativa (%) de las principales ciano/nano registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.....627

Figura IV. 482. Composición taxonómica relativa (%) de las principales otros/depredadores registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.....628

Figura IV. 483. Variación espacial del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') en las diferentes zonas (vasos lagunares, bahías y frente marino) de la Laguna de Cuyutlán durante diciembre de 2025 a febrero de 2026. 629

Figura IV. 484. Biomasa del zooplancton (ml/100m^3) dentro del SAR en las estaciones distribuidas en los vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán y la zona costera marina durante A) diciembre de 2025, B) enero y C) febrero de 2026. 635

Figura IV. 485. Abundancia total y relativa de los grupos del zooplancton registrados en A) la Laguna de Cuyutlán y B) el frente marino del área de estudio. Las etiquetas en la leyenda de cada gráfico corresponden a los grupos más abundantes. 638

Figura IV. 486. Abundancia (ind/100m^3) de los grupos copepoda (A-C) y Decapoda:Brachyura (D-E) en el SAR durante diciembre de 2025 (A, D), enero (B, E) y febrero de 2026 (C, F). 640

Figura IV. 487. Abundancia (ind/100m^3) de los grupos Cladocera: Penilia sp. (A-C) y Cladocera: Evadne sp. (D-E) en el SAR durante diciembre de 2025 (A, D), enero (B, E) y febrero de 2026 (C, F). 641

Figura IV. 488. Abundancia (ind/100m^3) de los grupos Ostracoda (A-C) y Siphonophora (D-E) en el SAR durante diciembre de 2025 (A, D), enero (B, E) y febrero de 2026 (C, F).....642

Figura IV. 489. Abundancia (ind/100m^3) de las larvas de peces en el SAR durante diciembre de 2025 (A), enero (B) y febrero de 2026 (C).....643

Figura IV. 490. Comparativa de los datos de biomasa del zooplancton (ml/100m3) de la base de datos disponible del 2018 y los monitoreos realizados en 2024, 2025 y 2026. 644

Figura IV. 491. Comparativa de los datos de abundancia de organismos del grupo Copepoda (ml/100m3) de la base de datos disponible del 2018 y los monitoreos realizados en 2024, 2025 y 2026.....645

Figura IV. 492 Graficas de abundancia absoluta correspondiente en temporada de secas (a) y lluvia (b) del 2018 en la Laguna de Cuyutlán.....659

Figura IV. 493 Variación de la abundancia bentónica en el vaso II por temporada y año (2018 y 2025).....660

Figura IV. 494.- Composición de organismos bentónicos capturados en las estaciones de muestreos ubicados dentro del Sistema Regional Ambiental (SAR). 661

Figura IV. 495.- Abundancia absoluta de las especies colectadas en el área de estudio. 666

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 496 Porcentaje relativo de especie por estación de muestreo. 667

Figura IV. 497 Distribución espacial de la abundancia de comunidades bentónicas en el sistema lagunar de Cuyutlán en el periodo de dic-25 a feb-26. 668

Figura IV. 498 Distribución temporal de la abundancia de organismos bentónicos en la Laguna de Cuyutlán durante el periodo de estudio. 669

Figura IV. 499 Variación espacial y temporal de riqueza especifica por estación (dic-25 a feb-26)....670

Figura IV. 500 Análisis de componentes principales (PCA) de los indicadores ecológicos (riqueza específica – S, diversidad de Shannon – H' y equidad de Pielou – J') en los vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán 674

Figura IV. 501 Representación de la variabilidad del índice multivariado M-AMBI en las diferentes estaciones durante el periodo Diciembre 2025 a Febrero 2026 676

Figura IV. 502 Esquema interpretativo del índice multivariado M-AMBI en las diferentes estaciones durante el periodo Diciembre 2025 a Febrero 2026. 677

Figura IV. 503 Frecuencia de tallas de *Plicopurpura pansa* en sitio de muestreo....680

Figura IV. 504 Grupos taxonómicos y abundancia relativa de peces identificados de la laguna de Cuyutlán del 2008 al 2026 689

Figura IV. 505 Proporción de especies de fauna acuática capturadas en los muestreos dirigidos distribuidos en las diferentes estaciones de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 693

Figura IV. 506. Proporción de especies de fauna acuática capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 694

Figura IV. 507. Proporción de especies de escama capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 695

Figura IV. 508. Proporción de sietes especies de escama principales capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 696

Figura IV. 509. Proporción de siete especies de escama principales capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 697

Figura IV. 510. Estructura de longitud total de lisa (*Mugil setosus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 698

Figura IV. 511. Estructura de longitud total de lisa (*Mugil setosus*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 699

Figura IV. 512. Estructura de longitud total de lisa (*Mugil setosus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla mínima legal de la lisa (<20.0 cm Lt). 700

Figura IV. 513. Estructura de longitud total de malacapa capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026....701

Figura IV. 514. Estructura de longitud total de malacapa (*Diapterus brevirostris*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 702

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 515. Estructura de longitud total de malacapa (*Diapterus brevirostris*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez de la malacapa (<14.0 cm Lt).....703

Figura IV. 516. Estructura de longitud total de jurel (*Caranx caninus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....704

Figura IV. 517. Estructura de longitud total del jurel (*Caranx caninus*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....705

Figura IV. 518. Estructura de longitud total de jurel (*Caranx caninus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez del jurel (<15.0 cm Lt).....706

Figura IV. 519. Estructura de longitud total de sábalo (*Chanos chanos*) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....707

Figura IV. 520 Estructura de longitud total del sábalo (*Chanos chanos*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....708

Figura IV. 521. Estructura de longitud total de sábalo (*Chanos chanos*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez del jurel (<60.0 cm Lt).....709

Figura IV. 522. Estructura de longitud total de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....710

Figura IV. 523. Estructura de longitud total de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....711

Figura IV. 524. Estructura de longitud total de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez de la mojarra rayada (<13.6 cm Lt).....712

Figura IV. 525. Estructura de longitud total de constantino (*Centropomus robalito*) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....713

Figura IV. 526. Estructura de longitud total de constantino (*Centropomus robalito*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. 714

Figura IV. 527. Estructura de longitud total del constantino (*Centropomus robalito*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez del constantino (<22.2 cm Lt).....715

Figura IV. 528. Estructura de longitud total de tilapia (*Oreochromis* Spp.) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....716

Figura IV. 529. Estructura de longitud total de tilapia (*Oreochromis* Spp.) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.....717

Figura IV. 530. Estructura de longitud total de la tilapia (*Oreochromis* Spp.) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2025. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez de la tilapia (<25.0 cm Lt).....718

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 531. Estructura de ancho de caparazón de jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante febrero de 2026.....719

Figura IV. 532. Estructura de ancho de caparazón de jaiba azul (Callinectes arcuatus) entre secciones del vaso 1 al vaso 3, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante febrero de 2026. 720

Figura IV. 533. Estructura de ancho de caparazón de jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante febrero de 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla legal de jaiba azul (<9.5 cm Ac). 721

Figura IV. 534. Proporción de 10 especies de escama principales capturadas en los registros capturas oficiales de la pesquería de escama estuarina la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2025.....722

Figura IV. 535. Tendencia de las capturas oficiales de las 10 principales especies de escama estuarina en la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante el 2005 al 2022. (Imagen tomada de la ficha de CNP; escama estuarina de Laguna de Cuyutlán). 723

Figura IV. 536. Tendencias del precio venta y valor económico de las principales especies de escama estuarina en la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante el 2005 al 2022. (Imagen tomada de la ficha de Carta Nacional Pesquera; escama estuarina de Laguna de Cuyutlán).....724

Figura IV. 537. Trayecto de las principales rutas de los buques comerciales de gran calado a nivel mundial. Tomado de Minton et al. (2021).....726

Figura IV. 538. Esquema sobre los impactos del ruido marino sobre los cetáceos. Tomado de Minton et al. (2021). 729

Figura IV. 539. Ejemplo de toma de fotografías a cetáceos en la costa de Colima durante los periodos de monitoreo.....732

Figura IV. 540. Sitios de colocación de los sistemas de acústica pasiva, “Estación bahías de Manzanillo” y “Estación Tepalcates”, y su rango de registro acústico (diámetro ~3 mn) durante el segundo semestre del 2024. 733

Figura IV. 541. Esquema del despliegue de los hidrófonos, mostrando a) la boya en la superficie del mar, b) el recipiente hermético con sensor acústico, grabadora digital y paquete de baterías, c) el peso muerto, d) el grampín colocado al fondo marino y e) el cabo que les une.....734

Figura IV. 542. Ubicación de la playa de bahía de Manzanillo (izquierda) y playa de Cuyutlán (derecha) donde se realizaron patrullajes nocturnos por dos campamentos tortugueros para el registro y colecta de nidos.....735

Figura IV. 543. Ejemplo de niveles de heridas/cicatrices en zonas corporales de las ballenas como consecuencia de interacción ante una actividad humana. Se marca con flechas rojas las heridas, desde superficiales (I) hasta profundas (IV)...738

Figura IV. 544. Esfuerzo de navegación empleado en la costa de Colima para el registro de mamíferos y quelonios marinos, así como embarcaciones.....740

Figura IV. 545. Especies avistadas en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. A) ballena jorobada, B) delfín moteado y C) delfín de dientes rugosos. 741

Figura IV. 546. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.....742

Figura IV. 547. Avistamientos de mamíferos marinos por especie en los cuadrantes de la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado. 742

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 548. Avistamiento mensual de las distintas especies mamíferos marinos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado. 743

Figura IV. 549. Especies avistadas en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. A) ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), B) delfín moteado (*Stenella attenuata*), C) delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), D) orca (*Orcinus orca*), E) delfín de Risso (*Grampus griseus*), F) cachalote enano (*Kogia sima*), y G) lobo marino de California (*Zalophus californianus)*. 744

Figura IV. 550. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 745

Figura IV. 551. Avistamientos de mamíferos marinos por especie en los cuadrantes de la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. ONI= Odontoceto no identificado, Kb= *Kogia breviceps* (cachalote pigmeo), Ks= *Kogia sima* (Cachalote enano), Gg= *Grampus griseus* (delfín de Risso), Oo= *Orcinus orca* (orca), Zc= *Zalophus californianus* (lobo marino de California), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado) y Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada).....745

Figura IV. 552. Avistamiento mensual de las distintas especies mamíferos marinos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. ONI= Odontoceto no identificado, Kb= *Kogia breviceps* (cachalote pigmeo), Ks= *Kogia sima* (Cachalote enano), Gg= *Grampus griseus* (delfín de Risso), Oo= *Orcinus orca* (orca), Zc= *Zalophus californianus* (lobo marino de California), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado) y Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada).....746

Figura IV. 553. Especies avistadas en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. A) delfín moteado *(Stenella attenuata*), B) delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) y C) ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). 747

Figura IV. 554. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 748

Figura IV. 555. Avistamientos de mamíferos marinos por especie en los cuadrantes de la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado.. 748

Figura IV. 556. Avistamiento mensual de las distintas especies mamíferos marinos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado. 749

Figura IV. 557. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.....750

Figura IV. 558. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.....751

Figura IV. 559. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.....752

Figura IV. 560. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.....753

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 561. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 754

Figura IV. 562. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 755

Figura IV. 563. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. 756

Figura IV. 564. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. 757

Figura IV. 565. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 758

Figura IV. 566. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 759

Figura IV. 567. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 760

Figura IV. 568. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 761

Figura IV. 569. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 762

Figura IV. 570 Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 764

Figura IV. 571 . Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 765

Figura IV. 572 Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 767

Figura IV. 573. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 768

Figura IV. 574. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 769

Figura IV. 575 Número de individuos de ballena jorobada foto-identificados en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1 (agosto 2022–julio 2023), 2 (noviembre 2023–diciembre 2024) y 3 (diciembre 2025-febrero 2026). 770

Figura IV. 576. Ubicación geográfica de las ballenas jorobadas foto-recapturadas en la costa de Colima durante el primer periodo (agosto 2022–julio 2023). 772

Figura IV. 577. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el segundo periodo (noviembre 2023–diciembre 2024). 773

Figura IV. 578. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el tercer periodo (diciembre 2025–febrero 2026). 774

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 579. Fotografías de los costados y aleta caudal del individuo #74 de ballena jorobada que retornó a la costa de Colima del periodo 1 (13 marzo 2023) al periodo 2 (11 febrero 2024). 775

Figura IV. 580. Ubicación geográfica del avistamiento en el periodo 1 (13 marzo 2023) y el re-avistamiento en el periodo 2 (11 febrero 2024) del individuo #74 de ballena jorobada que retornó a la costa de Colima. 775

Figura IV. 581. Número total de individuos de delfines foto-identificados por mes durante los 3 periodos de monitoreo.....776

Figura IV. 582 Localización geográfica de los delfines foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo. 777

Figura IV. 583. Individuos de delfín moteado (Sa, *Stenella attenuata*) foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Colima, con su respectiva fecha de primer avistamiento y su recaptura. 779

Figura IV. 584. Individuos de delfín de dientes rugosos (Sb, *Steno bredanensis*) foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Colima, con su respectiva fecha de primer avistamiento y su recaptura. 780

Figura IV. 585. Ubicación de los delfines moteados foto-recapturados durante el primer periodo de monitoreo (agosto 2022–julio 2023). Dentro de cada mapa se indica la fecha de cada avistamiento por color para cada individuo. 781

Figura IV. 586. Ubicación de los delfines moteados y de dientes rugosos foto-recapturados durante el periodo 2 (noviembre 2023-diciembre 2024). Dentro de cada mapa se indica la fecha de cada avistamiento por color para cada individuo. 782

Figura IV. 587. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023. 783

Figura IV. 588. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 784

Figura IV. 589. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026 785

Figura IV. 590. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023....786

Figura IV. 591. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023. 787

Figura IV. 592. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 788

Figura IV. 593. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024....789

Figura IV. 594. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026. 790

Figura IV. 595. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, diciembre 2025-febrero 2026. 791

Figura IV. 596. Nidos protegidos por mes en la bahía de Manzanillo durante la temporada 2022, 2023, 2024 y 2025. 792

Figura IV. 597. Tipo de embarcaciones registradas durante el periodo 1, agosto 2022–julio 2023. 797

Figura IV. 598. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 1, agosto 2022–julio 2023. 798

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 599. Tipo de embarcaciones registradas durante el periodo 2, noviembre 2023 -diciembre 2024.....799
Figura IV. 600. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 800
Figura IV. 601. Tipo de embarcaciones registradas durante el periodo 3 (diciembre 2025 – febrero 2026).....801
Figura IV. 602. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 3, diciembre 2025–febrero 2026. 801
Figura IV. 603. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.....802
Figura IV. 604. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.....803
Figura IV. 605. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.....805
Figura IV. 606. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.....806
Figura IV. 607 Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.....808
Figura IV. 608. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2 que comprende los meses de noviembre 2023 a diciembre 2024.....809
Figura IV. 609. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026. 810
Figura IV. 610. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026. 811
Figura IV. 611. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026. 812
Figura IV. 612. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 816
Figura IV. 613. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 817
Figura IV. 614. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 818
Figura IV. 615. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 825
Figura IV. 616. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registradas en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 826
Figura IV. 617. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 827

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 618. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 829

Figura IV. 619. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 830

Figura IV. 620. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.....831

Figura IV. 621. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso y costados de su cuerpo, vista el 14 de enero del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima. 832

Figura IV. 622. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso, vista el 21 de enero del 2024 frente a la playa El Edén, costa de Manzanillo, Colima. 832

Figura IV. 623. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso y costados de su cuerpo, 10 de febrero del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima. 833

Figura IV. 624. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso, 24 de febrero del 2024, frente a la bahía de Carrizales, costa de Manzanillo, Colima.....833

Figura IV. 625. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en la base de la aleta dorsal, 23 de marzo del 2024 frente al faro de Campos, costa de Colima.....834

Figura IV. 626. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso y costados de su cuerpo debido a la colisión con una embarcación en el pasado, avistada el 20 de noviembre del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima. 835

Figura IV. 627. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en la aleta dorsal debido a la colisión con una embarcación en el pasado, avistada el 20 de noviembre del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima. 836

Figura IV. 628 Individuos de delfín moteado (*Stenella atenuata*) con marcas en la aleta dorsal debido a interacciones con embarcaciones, avistados durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Manzanillo, Colima. 837

Figura IV. 629. Localización geográfica de los eventos de mortalidad de los mamíferos marinos durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Jalisco y Colima.....838

Figura IV. 630. Residuos de sangre emergiendo del costado derecho del cachalote muerto en aguas oceánicas frente a Barra de Navidad, Jal. 840

Figura IV. 631. Cachalote hembra varado en playa de Cuyutlán el 27 de enero del 2025, debido a una colisión por embarcación. 841

Figura IV. 632. Registro de quelonios marinos muertos en los 3 periodos de monitoreo en los cuadrantes costeros de Jalisco y Colima.....842

Figura IV. 633. Tortuga prieta (*Chelonia mydas*) macho encontrado muerto en enero de 2023 en la zona 8 de la playa de Cuyutlán, Colima. 843

Figura IV. 634. Ubicación de los Municipios de Manzanillo y Armería en el SAR. Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Marco Geoestadístico 2024, capa de áreas geoestadísticas municipales del Estado de Colima. 847

Figura IV. 635. Evolución del salario promedio formal e informal en Colima, con referencia analítica para Manzanillo. Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía y series laborales estatales de referencia. 851

CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 636. Distribución de personas según condición de pobreza en Manzanillo (%). Fuente: elaboración propia con datos de (CONEVAL, 2020). 854

Figura IV. 637. Mapa de pobreza del Estado de Colima. *Fuente: tomado de (CONEVAL, 2020).* 855

Figura IV. 638. Percepción de seguridad por estrato socioeconómico, Colima, 2024. Fuente: elaboración propia con datos de ENVIPE (2024). 856

Figura IV. 639. Denuncias por bien afectado en Manzanillo, 2015-2023. *Fuente: elaboración propia con datos del SESNSP (2023).* 857

Figura IV. 640 Población de Armería, 2010 y 2020 (miles de habitantes). *Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2020). Cálculos propios.* 861

Figura IV. 641 Denuncias totales en Armería por tipo. *Fuente: elaboración propia con datos de ENVIPE (2025).* 865

Figura IV. 642 Niveles de pobreza en Armería. *Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL, 2020.* 866

Figura IV. 643. Cooperativas aledañas al Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Fuente: ASIPONA (2026). 873

Figura IV. 644. Comunidades adyacentes al Vaso II. 880

Figura IV. 645. Marco socioeconómico del paisaje lagunar Fuente: elaboración propia con base en Consejo de Europa (2000), Vanclay (2003), UNESCO (2011), IFC (2012), CONANP (2011). 888

Figura IV. 646. Entorno lagunar y ámbitos funcionales asociados al Vaso II. Fuente: imagen cartográfica incorporada al expediente técnico; elaboración y tratamiento gráfico propio. 889

Figura IV. 647. Ámbitos funcionales del paisaje socioeconómico dentro del SAR. Fuente: elaboración propia con base en documentación del expediente, INPLAN (2020) y caracterización municipal del SAR. 890

Figura IV. 648. Ruta causal para evaluar paisaje como impacto socioeconómico. Fuente: elaboración propia con base en Vanclay (2003), Vanclay et al. (2015) y SEMARNAT (2022). 892

Figura IV. 649. Tasa de avistamiento de mamíferos marinos por cuadrante de la costa de Colima y Jalisco, durante los 3 periodos. 912

Figura IV. 650. Tipo de embarcaciones registradas durante los periodos 1 (agosto 2022 – julio 2023), 2 (noviembre 2023 – diciembre 2024) y 3 (diciembre 2025 – febrero 2026). 915

Figura IV. 651. Tortuga golfina saliendo a desovar en la zona 7 de la playa Cuyutlán, Armería, Colima. 917

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV. 1. Porcentajes y Coberturas del Área de Influencia y del Área del Proyecto con respecto a la superficie del SAR ... 16
Tabla IV. 2. Coordenadas de la delimitación del Área de Influencia (UTM 13N, ITRF2008 época 2010). ... 17
Tabla IV. 3 Tipos de climas y sus características dentro del SAR. ... 21
Tabla IV. 4. Frecuencias cruzadas de velocidad (m/s) y dirección (grados) de vientos en la Laguna de Cuyutlán con datos promedio mensuales obtenidos de MERRA-2 del periodo 1981-2022. La dirección está expresada en convención meteorológica, con 0º al norte y 90º al este. ... 30
Tabla IV. 5. Registro de depresiones tropicales con afectación directa o indirecta en la Laguna de Cuyutlán. ... 32
Tabla IV. 6. Registro de tormentas tropicales con afectación directa o indirecta en la Laguna de Cuyutlán. ... 32
Tabla IV. 7. Registro de huracanes con afectación directa o indirecta en la Laguna de Cuyutlán. ... 35
Tabla IV. 8 Cobertura de las microcuencas en el área del SAR. ... 50
Tabla IV. 9. Datos obtenidos de los 18 pozos censados durante la campaña de campo. ... 84
Tabla IV. 10. Celdas de cálculo para el acuífero El Colomo. ... 88
Tabla IV. 11. Celdas de cálculo para el acuífero Venustiano Carranza. ... 88
Tabla IV. 12. Cálculo de gastos del acuífero El Colomo para el Vaso II. ... 89
Tabla IV. 13. Cálculo de gastos del acuífero El Colomo para el Vaso III. ... 90
Tabla IV. 14. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III. ... 90
Tabla IV. 15. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III. ... 90
Tabla IV. 16. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III. ... 91
Tabla IV. 17. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso IV. ... 91
Tabla IV. 18. Rangos de marea. ... 113
Tabla IV. 19. Armónicos de marea. ... 114
Tabla IV. 20. Parámetros utilizados para la caracterización del oleaje. ... 117
Tabla IV. 21. Parámetros estadísticos de periodo medio (Tm). ... 119
Tabla IV. 22 . Desarrollo del volumen perdido por cuenca hacia la Laguna de Cuyutlán en escenarios de cambio climático. Disminución del volumen por menos días con precipitación (10%). ... 186
Tabla IV. 23. Desarrollo del volumen perdido por cuenca hacia la Laguna de Cuyutlán en escenarios de cambio climático. Disminución del volumen por menos días con precipitación (20%) ... 187
Tabla IV. 24.Configuración del modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos. ... 273
Tabla IV. 25 Rangos de parámetros fisicoquímicos en zona costera del estado de Colima (2005-2024). ... 341
Tabla IV. 26. Rangos de parámetros fisicoquímicos en el Pacífico central mexicano (1997-2024). ... 341

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 27. Concentración de analitos (mg/kg) en la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2025. 384

Tabla IV. 28. Concentración de analitos (mg/kg) en la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026.....385

Tabla IV. 29. Concentración de analitos (mg/kg) en la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. 387

Tabla IV. 30. Concentraciones de referencia totales (CRT) señaladas en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para uso agrícola, residencial, comercial y los valores guía de calidad de sedimentos de la NOAA (SQuiRTs). 388

Tabla IV. 31 Resultados del análisis de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B) para el mes de diciembre de 2025. 391

Tabla IV. 32 Resultados del análisis de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B) para el mes de enero de 2026. 392

Tabla IV. 33 Resultados del análisis de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B) para el mes de febrero de 2026. 393

Tabla IV. 34 Concentración de metales (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.....395

Tabla IV. 35 Concentración de metales (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.....396

Tabla IV. 36 Concentración de metales (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.....397

Tabla IV. 37 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación. 399

Tabla IV. 38 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación. 401

Tabla IV. 39 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación. 403

Tabla IV. 40 Concentración de constituyentes orgánicos volátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación. 406

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 41 Concentración de constituyentes orgánicos volátiles (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación. 407

Tabla IV. 42 Concentración de constituyentes inorgánicos (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación. 409

Tabla IV. 43 Tipo de ecosistema del SAR....428

Tabla IV. 44 Tipos de uso de uso de suelo y vegetación del Sistema Ambiental Regional. 429

Tabla IV. 45. Uso de suelo y vegetación concentrado Serie VII INEGI....430

Tabla IV.46. Concentrado por tipo de vegetación en el SAR 431

Tabla IV.47. Grado de perturbación de la vegetación natural en la SAR. 432

Tabla IV.48. Nivel de perturbación de la vegetación secundaria. 433

Tabla IV.49. Uso de suelo y vegetación del SAR (elaboración propia)....435

Tabla IV.50. Concentrado de usos del suelo del SAR (elaboración propia)....435

Tabla IV.51. Tipos de vegetación presentes en el SAR....436

Tabla IV. 52. Riqueza y biodiversidad de la SBC en el SAR....439

Tabla IV. 53. Abundancia relativa de las especies del estrato arbóreo de la SBC en el SAR 440

Tabla IV. 54.Abundancia relativa del estrato arbustivo de la SBC del SAR....442

Tabla IV.55. Abundancia relativa del estrato herbáceo de la SBC del SAR....444

Tabla IV. 56. Abundancia relativa del estrato otras formas de vida de la SBC del SAR....445

Tabla IV.57. Riqueza y biodiversidad de la SMS en el SAR 447

Tabla IV.58. Abundancia de las especies del estrato arbóreo de la SMS en el SAR....448

Tabla IV.59. Abundancia de las especies del estrato arbustivo de la SMS en el SAR 450

Tabla IV.60. Abundancia de las especies del estrato herbáceo de la SMS en el SAR....451

Tabla IV. 61. Abundancia de las especies del estrato otras formas de vida de la SMS en el SAR....452

Tabla IV.62. Superficie del manglar del SAR por sitio....454

Tabla IV. 63. Riqueza y biodiversidad del manglar en el SAR....455

Tabla IV.64. Abundancia de las especies del estrato arbóreo del manglar en el SAR 457

Tabla IV.65. Distribución por categoría diamétrica de los árboles de manglar 458

Tabla IV.66. Riqueza y biodiversidad del bosque de encino en el SAR....460

Tabla IV.67. Abundancia de especies del estrato arbóreo del bosque de encino del SAR....462

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.68. Abundancia de especies del estrato arbustivo del bosque de encino del SAR 463
Tabla IV.69. Abundancia de las especies herbáceas del bosque de encino del SAR 464
Tabla IV.70. Abundancia de las especies de otras formas de vida del bosque de encino del SAR....465
Tabla IV.71. Riqueza y biodiversidad de la vegetación Halófila - Hidrófila....466
Tabla IV.72. Abundancia de las especies de vegetación halófila – hidrófila en el SAR....467
Tabla IV.73. Riqueza y biodiversidad de las dunas costeras en el SAR....468
Tabla IV.74. Abundancia de las especies del estrato herbáceo de las dunas costeras del SAR....469
Tabla IV.75. Abundancia de las especies del estrato otras formas de vida de las dunas costeras del SAR 469
Tabla IV.76. Riqueza de especies de flora en la vegetación del SAR 470
Tabla IV.77. Listado de flora del muestreo en el SAR....470
Tabla IV.78. Listado de flora potencial en el SAR (Conabio + muestreo) 476
Tabla IV.79. Listado de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010....492
Tabla IV.80. Información de las cartas de USV escala 1:250,000 493
Tabla IV.81. Área de USV de las cartas escala 1:250,000 en el SAR 494
Tabla IV.82. Formaciones de acuerdo con las cartas de USV escala 1:250,000 en el SAR. 496
Tabla IV.83. Tasa de deforestación del área forestal de las cartas de USV serie I y VII. 499
Tabla IV.84. Tipos de uso de suelo y vegetación en el área del proyecto de acuerdo con la serie VII de INEGI 501
Tabla IV.85. Tipo de vegetación en el área del proyecto (elaboración propia). 503
Tabla IV.86. Número y dimensiones de los sitios de muestreo en el área de influencia del proyecto. 505
Tabla IV.87. Centroide de los sitios de muestreo. 505
Tabla IV.88. Riqueza de especies de flora en el área del proyecto 508
Tabla IV.89. Riqueza y biodiversidad de la SBC en el área del proyecto 509
Tabla IV.90. Número de individuos y abundancia relativa del estrato arbóreo en el área de SBC del AP....511
Tabla IV.91. Número de individuos y abundancia relativa del estrato arbustivo en SBC. 513
Tabla IV.92. Número de individuos y abundancia relativa del estrato herbáceo en la SBC....515
Tabla IV.93. Número de individuos y abundancia relativa del estrato de las otras formas de vida en SBC. 516
Tabla IV.94. Número de individuos y abundancia relativa del estrato arbóreo en manglar. 517
Tabla IV.95. Número de individuos y abundancia relativa del estrato otras formas de vida en manglar. 521
Tabla IV.96. Índice de Shannon-Wiener del estrato arbóreo en SBC. 524
Tabla IV.97. Índice de Shannon-Wiener del estrato arbustivo de SBC. 525
Tabla IV. 98. Índice de Shannon-Wiener del estrato herbáceo en SBC. 526

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.99. Índice de Shannon-Wiener del estrato de otras formas de vida en SBC. 526
Tabla IV.100. Índice de Shannon-Wiener del estrato arbóreo en el área de manglar....527
Tabla IV.101. índice de biodiversidad del estrato otras formas de vida en manglar. 527
Tabla IV.102. Resumen del Índice de Biodiversidad de ambos tipos de vegetación. 528
Tabla IV.103. Índice de valor de importancia de las especies del estrato arbóreo de la SBC 529
Tabla IV.104. Índice de valor de importancia de las especies del estrato arbustivo de la SBC del área del proyecto....532
Tabla IV. 105. Índice de valor de importancia de las especies del estrato herbáceo de la SBC....534
Tabla IV.106. Índice de valor de importancia de las especies del estrato otras formas de vida de la SBC del área del proyecto 535
Tabla IV.107. Índice de valor de importancia de las especies del estrato arbóreo del manglar....536
Tabla IV.108. Índice de valor de importancia de las especies del estrato otras formas de vida del manglar....537
Tabla IV.109. Listado de flora presente en el área del proyecto 538
Tabla IV.110. Listado de especies dentro del área del proyecto en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 540
Tabla IV.111. Datos integrados en el análisis del manglar 542
Tabla IV.112. Umbrales para la clasificación de integridad por indicador. 543
Tabla IV.113. Categorías de calidad y funcionalidad según score agregado....543
Tabla IV.114. Distribución por categoría de integridad en el Proyecto. 543
Tabla IV.115. Estructura del SAR por vaso....545
Tabla IV.116. Distribución por categoría de integridad en el SAR total....545
Tabla IV.117. Integridad funcional por área-vaso....545
Tabla IV.118. Contraste completo entre Proyecto y SAR por zonas....548
Tabla IV.119. Cuantificación directa del impacto por afectación de 21.87 ha. 550
Tabla IV.120. Proporción de afectación y evaluación del impacto por escala....550
Tabla IV.121. Balance de integridad funcional pre/post-proyecto por escala....551
Tabla IV.122. Comparación regional con referencias del Pacífico mexicano....551
Tabla IV. 123. Listado potencial de especies en el estado de Colima según los datos del SNIB. 553
Tabla IV. 124. Registros de especies y subespecies encontrados en el SNIB con ocurrencia en el SAR incluyendo su estado de conservación....554
Tabla IV. 125. Registros de especies encontrados en el SNIB con ocurrencia en el Área de Influencia incluyendo su estado de conservación....554
Tabla IV. 126. Registros y especies y subespecies encontrados en el SNIB con ocurrencia en el Área de Proyecto incluyendo su estado de conservación 555

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 127. Especies de invertebrados endémicas y/o consideradas dentro de alguna categoría de riesgo y protección reportadas en el SNIB ubicadas dentro del SAR y Área de Influencia incluyendo su estado de conservación.....555

Tabla IV. 128. Especies de potencial ocurrencia y/o confirmadas dentro del SAR incluyendo su estado de conservación. ...557

Tabla IV. 129. Especies de vertebrados presentes en SAR y que aparecen en alguna categoría de riesgo (NOM059-SEMARNAT-2010); (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR. 558

Tabla IV. 130. Especies de vertebrados presentes en SAR y que aparecen en algunas de las categorías de riesgo del IUCN o CITES); (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR. 561

Tabla IV. 131. Especies de vertebrados endémicos presentes en SAR; (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR. .564

Tabla IV. 132. Número de especies y porcentaje por categoría migratoria de las especies de aves migratorias dentro del SAR. 569

Tabla IV. 133. Especies de aves migratorias registradas en el SAR y que habitan en ambientes acuáticos; (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR.....569

Tabla IV. 134 Importancia de las especies de vertebrados presentes en el SAR. 575

Tabla IV. 135. Categoría del rango de distribución geográfica de las de las especies de vertebrados presentes en el SAR..576

Tabla IV. 136. Especies de vertebrados indicadoras de salud o perturbación presentes en el SAR. 577

Tabla IV. 137 Especies registradas en campo dentro del área de estudio y su estado de conservación 583

Tabla IV. 138. Especies registradas en campo dentro del área de estudio, endémicas y o dentro de alguna categoría de riesgo; en Endémicas (End), NOM059 (Amenazadas = A, En Peligro = P, Protección Especial = Pr), Apéndices en el CITES (Apéndice I = I, Apéndice II = II, Apéndice III = III) y IUCN (Preocupación menor = LC, Casi Amenazada = NT, Vulnerable (VU). 583

Tabla IV. 139. Especies de aves migratorias registradas durante los muestreos y el ambiente que ocupan. 586

Tabla IV. 140. Especies de aves acuáticas que anidan en la Laguna de Cuyutlán. 587

Tabla IV. 141 Indicadores ecológicos del total de especies registradas durante los muestreos agrupando el conjunto de datos obtenidos en todos los 35 sitios de muestreo. 592

Tabla IV. 142. Indicadores ecológicos estimados a partir de los datos obtenidos en los sitios de muestreo en cada zona de interés, SAR, Influencia y Proyecto. 592

Tabla IV. 143 Indicadores ecológicos del total de especies registradas en todos los sitios de muestreo dentro del SAR. 598

Tabla IV. 144. Indicadores ecológicos del total de especies registradas en todos los sitios de muestreo dentro del área de Influencia. 600

Tabla IV. 145. Indicadores ecológicos del total de especies registradas en todos los sitios de muestreo dentro del área del Proyecto.....601

Tabla IV. 146. Fluctuación mensual de los indicadores ecológicos determinados para las especies de vertebrados dentro del SAR elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026 613

Tabla IV. 147. Número de individuos registrados (cocodrilos) en cada vaso y la tasa de encuentro (TE) registrada.....616

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 148. Numero mensual acumulado de individuos registrados por mes y año en el Vaso II y Vaso III en Laguna de Cuyutlán entre marzo y agosto del 2022 al 2024. 619

Tabla IV. 149. Tasa de encuentro (individuos/km recorrido) de individuos registrados por año y transecto recorrido en el Vaso II y Vaso III en Laguna de Cuyutlán del 2022 al 2024; T = igual a transecto. 620

Tabla IV. 150. Estimación del tamaño poblacional de cocodrilos por año, vaso y en conjunto utilizando todos los datos de cada año (marzo-agosto) y la ecuación de Messel. 621

Tabla IV. 151. Morfotipos fitoplanctónicos reportados de la Laguna de Cuyutlán. 629

Tabla IV. 152 Taxa fitoplanctónicos registrados históricamente en Frente Marino y su presencia en distintos periodos de estudio 631

Tabla IV. 153. Taxa fitoplanctónicos registrados históricamente en Bahías (Manzanillo y Santiago) y su presencia en distintos periodos de estudio 632

Tabla IV. 154. Registro histórico de florecimientos algales nocivos (FAN) en las bahías de Manzanillo y Santiago, Colima, y su ocurrencia en distintos periodos de estudio. 633

Tabla IV. 155. Valores promedio, mínimo y máximo de la biomasa del zooplancton (ml/100 m^3) registrada en la Laguna de Cuyutlán (LC) y el frente marino (FM) del área de estudio durante diciembre 2025, enero y febrero de 2026. 633

Tabla IV. 156. Abundancia promedio y riqueza de los grupos del zooplancton (ind/100m^3) registrados durante los monitores mensuales realizado entre diciembre de 2025 y febrero de 2026 en la Laguna de Cuyutlán (LC) y Frente marino (FM). 636

Tabla IV. 157. Listado taxonómico de los morfotipos presentes en la Laguna de Cuyutlán durante 2018. Se marcan en negrita los morfotipos más dominantes con porcentajes de abundancia ≥ 75%. El asterisco indica la presencia del morfotipo. 646

Tabla IV. 158. Síntesis de estudios previos y antecedentes bibliográficos del Sistema Ambiental Regional (SAR). 649

Tabla IV. 159 Presencia temporal de especies colectadas en la Laguna de Cuyutlán. P= presente. 657

Tabla IV. 160 Listado taxonómicos de organismos bentónicos registrados durante el muestreo. 661

Tabla IV. 161 Especie en protegida bajo la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. 663

Tabla IV. 162 Distribución espacial de las especies de la comunidad bentónica registradas en las estaciones de muestreo. 664

Tabla IV. 163 Índices ecológicos (riqueza específica, diversidad y equitatividad) de la comunidad bentónica en 31 estaciones de muestreo del sistema lagunar de Cuyutlán y zona marina adyacente, durante diciembre-2025, enero y febrero-2026. 671

Tabla IV. 164. Síntesis regional de indicadores ecológicos de la comunidad bentónica por unidad ambientales del Sistema Lagunar de Cuyutlán. 673

Tabla IV. 165 Datos biométricos de *Pliopurpura pansa* colectados en la escollera con orientación noroeste del Canal de Tepalcates 679

Tabla IV. 166. Diversos indicador biométricos, morfológicos y poblacionales de *Pliopurpura pansa* colectados en la escollera con orientación noroeste del Canal de Tepalcates. 681

Tabla IV. 167 Propuesta de indicadores para el programa de monitoreo bentónico y su proyección espacio-temporal. 683

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 168. Especies identificados en la laguna de Cuyutlán de 2008 a 2026. 685
Tabla IV. 169. Grupo taxonómico de peces identificados en la laguna de Cuyutlán del 2008 al 2025 688
Tabla IV. 170. Índices de composición por vaso de la laguna de Cuyutlán de 2024 a 2026 689
Tabla IV. 171. índices de composición íctica de la laguna de Cuyutlán de 2008 a 2026 690
Tabla IV. 172. índice de composición global de la laguna de Cuyutlán 690
Tabla IV. 173. Puntajes de IVB por especie íctica por año de captura en la laguna de Cuyutlán, orden de importancia en base al IVB (IMP/IVB), orden de importancia en base a la abundancia (IMP/ABT) y la abundancia total de la especie. 691
Tabla IV. 174. Captura de *Callinectes arcuatus* en la laguna de Cuyutlán en febrero de 2026 692
Tabla IV. 175. Organismos ícticos capturados en frente marino de la zona costera de Manzanillo y Cuyutlán, Colima en febrero de 2026. 692
Tabla IV. 176. Clasificación de los recursos capturados en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026, conforme a su pesquería formal correspondiente. 696
Tabla IV. 177. Clasificación de las embarcaciones avistadas en las bahías de Manzanillo de acuerdo con sus rangos de frecuencia. 737
Tabla IV. 178 Características de la grabación con cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 761
Tabla IV. 179. Características de las grabaciones con sonidos de delfín a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 763
Tabla IV. 180. Características de la grabación con cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 764
Tabla IV. 181. Características de las grabaciones con sonidos de delfín a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 766
Tabla IV. 182. Características de la grabación con cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 767
Tabla IV. 183 Características de las grabaciones con sonidos de delfín a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 769
Tabla IV. 184. Información sobre la permanencia de los individuos de ballena jorobada avistados durante los tres periodos de monitoreo en los cuadrantes de la costa de Colima.. 771
Tabla IV. 185. Número de delfines foto-identificados por especie en cada uno de los periodos de estudio. 776
Tabla IV. 186. Información sobre la permanencia de los individuos de delfines moteados foto-identificados (Sa) durante los tres periodos de monitoreo en los cuadrantes de la costa de Colima. 777
Tabla IV. 187. Información sobre la permanencia de los individuos de delfines de dientes rugosos foto-identificados (Sb) durante los tres periodos de monitoreo en los cuadrantes de la costa de Colima. 779
Tabla IV. 188. Registros de tortugas marinas por especie en la zona marina de la costa de Colima durante los 3 periodos de monitoreo. 783

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 189. Tasa de avistamiento de tortugas marinas en los cuadrantes de la zona marina de la costa de Colima durante los 3 periodos de monitoreo. 785

Tabla IV. 190. Cantidad de nidos protegidos por especie durante 2022-2025 en la bahía de Manzanillo....791

Tabla IV. 191. Cantidad de nidos protegidos por especie durante 2023-2025 en la playa de Cuyutlán....793

Tabla IV. 192. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en las zonas de la playa de Cuyutlán durante el año 2023....793

Tabla IV. 193. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en los meses del 2023 en las diversas zonas de la playa de Cuyutlán. 794

Tabla IV. 194. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en las zonas de la playa de Cuyutlán durante el año 2024....794

Tabla IV. 195. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en los meses del 2024 en las diversas zonas de la playa de Cuyutlán. 795

Tabla IV. 196. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en las zonas de la playa de Cuyutlán durante el año 2025....795

Tabla IV. 197. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en los meses del 2025 en las diversas zonas de la playa de Cuyutlán. 796

Tabla IV. 198. Características de las grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones). 803

Tabla IV. 199 Características de las grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. (# de grab. = número de grabación, # emb. = Número de embarcaciones y NPS = Nivel de Presión Sonora). 807

Tabla IV. 200. Características de las grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026. (# de grab. = número de grabación, # emb. = Número de embarcaciones y NPS = Nivel de Presión Sonora). 810

Tabla IV. 201. Características del ruido de embarcaciones detectado en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023 (NPS = Nivel de Presión Sonora. 813

Tabla IV. 202. Información de embarcaciones y sus rangos de frecuencia acústica registrados en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 814

Tabla IV. 203. Características de las grabaciones con cantos de ballenas obtenidas con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 817

Tabla IV. 204. Características del ruido de embarcaciones detectado en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024 (NPS = Nivel de Presión Sonora). 819

Tabla IV. 205. Información de embarcaciones y sus rangos de frecuencia acústica registrados en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. 821

Tabla IV. 206 Características de las grabaciones con cantos de ballenas obtenidas con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. 826

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 207. Características del ruido de embarcaciones detectado en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026 (NPS = Nivel de Presión Sonora). 828

Tabla IV. 208. Información de embarcaciones y sus rangos de frecuencia acústica registrados en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026. 829

Tabla IV. 209. Características de las grabaciones con sonidos de ballena a través del muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026. 830

Tabla IV. 210 Eventos de mortalidad de mamíferos marinos durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Jalisco y Colima. 839

Tabla IV. 211. Registros del número de tortugas muertas por especie para cada mes del año 2023, en la playa de Cuyutlán, Armería. 843

Tabla IV. 212 Registros del número de tortugas muertas por especie para las zonas de la playa de Cuyutlán, Armería, durante el año 2023. 844

Tabla IV. 213. Registros del número de tortugas muertas por especie para cada mes del año 2024, en la playa de Cuyutlán, Armería. 844

Tabla IV. 214. Registros del número de tortugas muertas por especie para las zonas de la playa de Cuyutlán, Armería, durante el año 2024. 845

Tabla IV. 215 Registros del número de tortugas muertas por especie para cada mes del año 2025, en la playa de Cuyutlán, Armería. 845

Tabla IV. 216. Registros del número de tortugas muertas por especie para las zonas de la playa de Cuyutlán, Armería, durante el año 2025. 846

Tabla IV. 217. Información demográfica general de Manzanillo (2020) 848

Tabla IV. 218. Viviendas y acceso a tecnologías. 849

Tabla IV. 219 Grado de escolaridad en Municipio de Manzanillo, 2024. 853

Tabla IV. 220 Indicadores operativos seleccionados del Puerto de Manzanillo 860

Tabla IV. 221 Composición del flujo de carga del Puerto de Manzanillo. 860

Tabla IV. 222 Principales indicadores demográficos 862

Tabla IV. 223. Viviendas y acceso a tecnologías en Armería 862

Tabla IV. 224 Grado de escolaridad en Municipio de Manzanillo, 2024. 864

Tabla IV. 225 Actores sociales e interesados en el seguimiento socioeconómico del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán 870

Tabla IV. 226 Problemáticas socioeconómicas y sociales a considerar en el SAR 878

Tabla IV. 227 Nodos o sitios del Vaso II y mecanismos concretos de afectación socioeconómica 882

Tabla IV. 228 Grupos expuestos, vías de exposición y posibles efectos socioeconómicos en el SAR 886

Tabla IV. 229. Funciones socioeconómicas del paisaje 890

Tabla IV. 230. Indicadores de seguimiento socioeconómico asociados al paisaje 892

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 231. Estatus que guardan las pesquerías en la Laguna de Cuyutlán y Frente Marino de Manzanillo.....910
Tabla IV. 232. Síntesis operativa 919
Tabla IV. 233. Impacto en los principales sectores sociales/productivos y su vínculo con el SAR. 922

CONSULTA PÚBLICA

IV.1 Preámbulo

En la elaboración y diseño de todo proyecto de desarrollo costero en México, se debe observar como eje rector y referencia lo que dicta el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), dentro del cual en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), establece en su artículo 13, fracción IV, que la manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional deberá contener en su capítulo 4 la "descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región".

Por ende, el objetivo de este capítulo es, con base en una serie de criterios técnicos, normativos y de planeación; delimitar, describir y analizar en forma integral el Sistema Ambiental Regional (SAR) que constituye el entorno del proyecto en manifiesto, así como identificar los principales procesos ambientales que mantienen la estructura y función de los componentes ecológicos presentes.

Así, el SAR se define en la Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional (Guia_MIA-Regional-enero-2022 PDF (www.gob.mx)), como *Espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socioeconómico de la región donde se pretende establecer un proyecto, generalmente formado por un conjunto de ecosistemas y dentro del cual se aplicará un análisis de los problemas, restricciones y potencialidades ambientales y de aprovechamiento*.

En este sentido, el calificativo regional se manifiesta como parte de la región ecológica, concepto que se encuentra definido en el Artículo 3, fracción XXXI de la LGEEPA como: la *unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.* Constituye la extensión geográfica donde los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que, en conjunto, pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas, tal y como se establece en el inciso IV del artículo 11 del REIA.

Por lo tanto, a través de la descripción del SAR es posible analizar las características y condiciones de los componentes y factores ambientales, y sus interacciones con las obras, actividades y elementos que interactuarán con el proyecto en un contexto ecosistémico y de redes complejas; tal como se establece en el artículo 30 de la LGEEPA y su reglamento en materia de impacto ambiental. Lo anterior, fundamenta el proceso de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto **Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)**, y que se plasma en el Capítulo V de este Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad regional (MIA-R).

IV.2 Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional (SAR)

IV.2.1 Delimitación de la Región de Estudio

El proyecto, ubicado en el Vaso II de la laguna de Cuyutlán dentro del espejo de agua, considera el uso y ocupación de un área de aproximadamente 1,004.45 ha, para la realización de obras de infraestructura y equipamiento en dos etapas (ver Capítulo II para descripción de obras). El Vaso II forma parte de los cuatro vasos de la laguna de Cuyutlán, la cual se localiza en el litoral del océano Pacífico, en los 104°11'0'' Oeste y 18°60'0'' Norte, colinda al noroeste con la Bahía de Manzanillo y al sureste con el río Armería. Tiene una

CONSULTA PÚBLICA

superficie de aproximadamente 68 km², derivado de su geomorfología está dividido en IV vasos o cuerpos de agua lagunares (Figura IV. 1).



Figura IV. 1 Laguna de Cuyutlán y ubicación del proyecto.

El Vaso I es una sección pequeña en el extremo noroeste de la laguna separado del resto de ella por un terraplén que soporta la vía de ferrocarril al puerto de Manzanillo. Asimismo, en éste se ubica la planta termoeléctrica Manuel Álvarez Moreno de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la cual cuenta con una conexión al mar mediante un canal denominado Ventanas. El Vaso II se halla conectado al Vaso I y está delimitado por una figura topográfica del relieve terrestre positivo (montaña) hacia el sureste y se enlaza con el mar a través del canal de Tepalcates. Cabe destacar que en el extremo sureste de este vaso está ubicada una planta para recepción, almacenamiento y gasificación de Gas Natural Licuado. El Vaso III comprende el área entre la zona montañosa anterior y un área somera al sureste, destacando la presencia de dos islas pequeñas y muchos islotes, así como bajos, que se descubren dependiendo del nivel del agua. El Vaso IV comprende el área entre los bajos anteriores y el final de la laguna, no tiene conexión con el mar, pero se vincula con el Estero Palo Verde al sureste.

Así, la laguna, longitudinalmente mide 30 km en paralelo al litoral, con un ancho que varía entre 0.5 y 3 km. El 61% del cuerpo lagunar se encuentra en el municipio de Manzanillo y el 39% en el municipio de Armería. Se mantiene comunicada con el océano adyacente de manera permanente a través de los dos canales artificiales, Ventanas y Tepalcates; y uno adicional conocido como el Túnel, recibiendo, además, escurrimientos superficiales durante la temporada de tormentas (verano) de las zonas Valle del Colomo, Venustiano Carranza

CONSULTA PÚBLICA

e infiltraciones y pulsos subterráneos. Sin embargo, a pesar de los aportes de agua dulce, la salinidad registrada es similar a la del agua marina, lo cual indica que estos aportes son menores al intercambio por marea (CONAGUA, 2024).

Cabe destacar que los vasos III y IV de la laguna son un sitio RAMSAR (Figura IV. 2), declarado como humedal de importancia internacional desde 2011 (https://rsis.ramsar.org/es/ris/1985?language=es), identificado por el Número 1985, el cual alberga gran biodiversidad de flora, fauna y la afluencia de aves migratorias (CONACyT-CONAGUA, 2012).



Figura IV. 2. Sitio RAMSAR en la Laguna de Cuyutlán.

Conforme a la Guía para elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Regional (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf), la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto, "equivale a definir la unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental". En este sentido, se contempla la continuidad de los elementos bióticos y abióticos en los cuales podrían influir las obras y actividades realizadas. En cuanto a los elementos bióticos se consideraron ecosistemas y cobertura vegetal, así como hábitats clave; respecto a la delimitación de criterios físicos se consideró la hidrodinámica del sistema; para la zona continental se consideraron los parteaguas asociados a la topografía y a la red hidrográfica de la región. También se consideraron criterios administrativos, basados en los instrumentos de planeación y política ambiental vinculantes como los programas de ordenamiento ecológico y territorial existentes en la zona; además se

CONSULTA PÚBLICA

consideran impactos socioeconómicos en las comunidades productivas de la región asociadas al espejo de agua y borde lagunar.

Como se detalla previamente en el Capítulo II, el Proyecto cuenta con un área total de 1004.45 ha (Figura IV. 3), la cual se desarrollará en dos etapas. En la Etapa 1 se desarrollará una superficie de 663.13 ha de las cuales 7.68 ha corresponden al Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), 372.35 ha a los canales de navegación y dársenas de ciaboga, 184.57 ha a Terminales Contenedores, 24.71 ha zona de estacionamiento para tráilers, 20.35 ha a vialidades externas a las plataformas, 26.41 ha a zonas administrativas y de servicios, 14.31 ha a líneas ferroviarias, 7.21 ha a almacenes, talleres, campamentos y 5.54 ha a caminos y muelles temporales. En la etapa 2 se desarrollará una superficie de 341.31 ha, distribuidas de la siguiente manera, 160.27 ha a dos terminales especializadas de contenedores y una de usos múltiples, 101.81 a la reubicación de las torres de alta tensión de la CFE, 43.21 ha a la construcción de vialidades y 36.03 a las vías de ferrocarril.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 3 Área del proyecto en el sistema de la Laguna de Cuyutlán.

IV.2.2 Criterios de Delimitación del Sistema Ambiental Regional

En México, las políticas de protección ambiental dieron sus primeros pasos en los años 80's y 90's (Micheli, 2002). De acuerdo con el reglamento de la LEGEPA, se estipuló que todos los proyectos que ocasionen cambios de uso de suelo, alteraciones en cuencas hidrológicas y/o que generen impactos acumulativos,

sinérgicos y residuales, que sean propiciados por el desarrollo de algún proyecto de cualquier índole o sector productivo (por ejemplo, energía eléctrica, transporte, desarrollo turístico, minería, instalaciones de servicios, etc.) deben de ser sometidos a una de evaluación de impacto ambiental, la cual tiene la finalidad de definir acciones para prevenir, aminorar y rehabilitar los daños originados por los proyectos al ambiente, así como regular las actividades del proyecto para reducir sus efectos negativos en el entorno. Es un instrumento técnico-preventivo fundamental que garantiza la sustentabilidad, equilibrando el desarrollo económico con la protección del ambiente y la salud humana.

En el artículo 13, fracción IV, se estipula que la Manifestación de Impacto Ambiental deberá contener la descripción del Sistema Ambiental (SA) o Sistema Ambiental Regional (SAR), que es una región o espacio que contenga ecosistemas, elementos del medio ambiente o tipos de vegetación que sean representativos del sitio o predio en donde se pretende instalar o insertar un proyecto; para posteriormente mediante un análisis hacer una identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto sobre dicha superficie y su ambiente. La nomenclatura/tamaño se encuentra en estrecha relación con el tipo de sector al que pertenece el proyecto a instalar y sobre todo a sus dimensiones (proyecto local o regional) o incluso su ubicación precisa.

La importancia de que los proyectos de desarrollo cuenten con un SA o SAR radica en cumplir lo que la autoridad ambiental mandata, ya que la falta del mismo es considerada una carencia al interior de los estudios de impacto ambiental; pero lo más importante de contar con la definición de dicha región es que permite a quien diseña el estudio de impacto tener un contexto de la zona en donde se instalará un proyecto; y de esta manera se facilita la comprensión del entorno cercano a la ubicación del mismo. Además de ello, mediante el uso de información documental, cartografía, trabajo de campo y diversos análisis se pueden demostrar todas las características físicas, biológicas y socioeconómicas de las inmediaciones del proyecto, lo que ayudará a conocer las posibles afectaciones que este podría presentar y a su vez, definir qué acciones tomar y dónde aplicarlas para que los impactos sean minimizados. (www.inecol.mx)

Para determinar los límites del Sistema Ambiental Regional (SAR) en México, no existe un procedimiento establecido, pero la SEMARNAT y la ASEA exigen metodologías que integren factores físicos, biológicos y normativos (Instituto Nacional de Ecología AC).

Los criterios de la delimitación del SAR deben de estar enfocados al análisis cualitativo y cuantitativo de los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que interactúan en el espacio geográfico del proyecto y donde se manifiestan los impactos ambientales del proyecto, su límite de distribución terminará hasta donde los componentes sean influenciados por su desarrollo (zona de influencia).

La delimitación debe de ser congruente con la magnitud de los impactos ambientales, se debe de tomar en cuenta los principales componentes (bióticos: flora, fauna/abióticos: aire, agua, suelo) y/o instrumentos de planeación existentes (Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET), Plan de Desarrollo Urbano (PDU), cuencas hidrológicas, entre otros).

Para la **delimitación del SAR del presente proyecto** se consideró en primera instancia la unidad hidrológica en donde se ubica el proyecto, esto es la laguna de Cuyutlán. En segunda instancia se consideró el factor hidrológico, dada la influencia que se tiene con el cuerpo lagunar, por lo que se definió la subcuenca de influencia de la laguna; cabe señalar que en esta subcuenca existe un programa de ordenamiento ecológico regional el cual también fue considerado, junto con el programa de ordenamiento territorial y el programa de

CONSULTA PÚBLICA

ordenamiento del municipio de Manzanillo; también se consideró el criterio socioeconómico, en virtud de que el proyecto está íntimamente ligado al funcionamiento y operación del actual puerto de Manzanillo y la zona urbana del mismo núcleo poblacional, dada la influencia de la actividad económica y social que se genera actualmente y se generará con la construcción del Nuevo Puerto de Manzanillo en el Vaso II de la laguna de Cuyutlán; otro de los criterios es el frente marino debido a la conectividad hídrica y ecológica, el tránsito de buques, zonas de depósito del material resultado del dragado y zonas de fondeo.

De acuerdo con lo anterior, se detalla a continuación cada uno de los criterios señalados.

CONSULTA PÚBLICA

1. Criterio hidrográfico

Cuencas, subcuencas y microcuencas

En primer lugar, se ubicó al proyecto dentro de la Cuenca Río Chacala-Purificación (Figura IV. 4), en la subcuenca de la Laguna de Cuyutlán (Figura IV. 5). Se delimitó el parteaguas de las microcuencas que conforman a la subcuenca Laguna de Cuyutlán y que de manera directa o indirecta drenan sus aguas hacia los diferentes vasos de la laguna (Figura IV. 6), las cuales se eligieron como unidades fisiográficas terrestres para establecer los límites SAR.

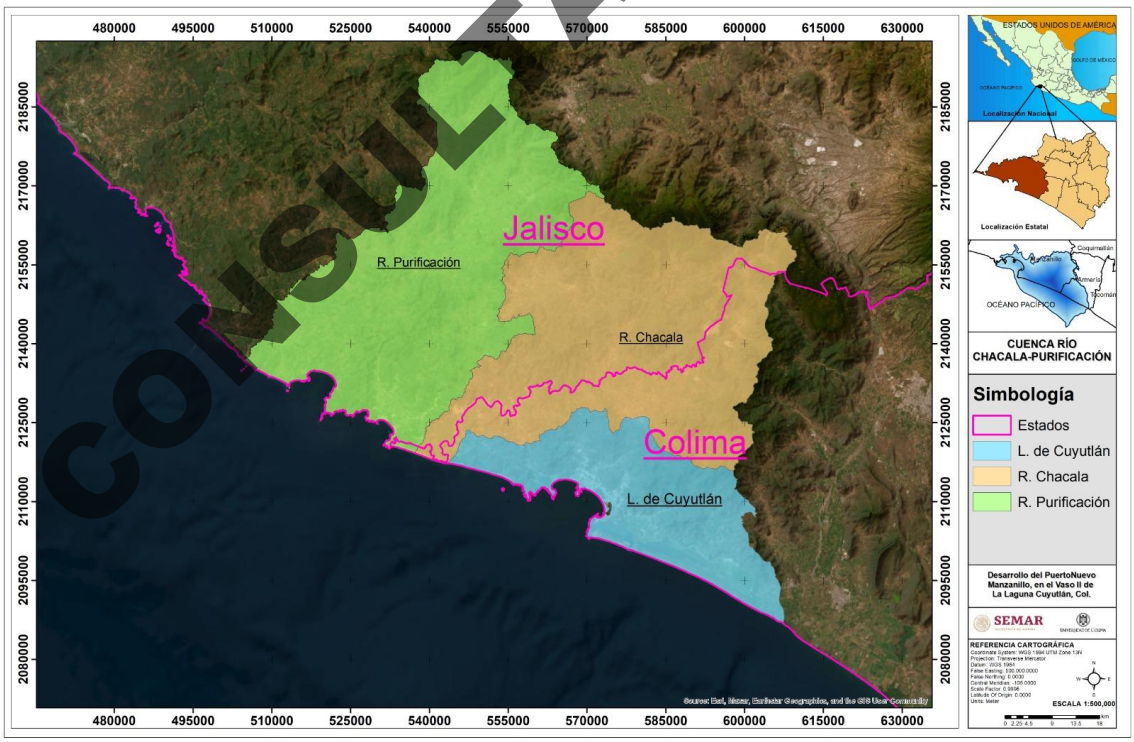


Figura IV. 4 Cuenca Río Chacala-Purificación.



Figura IV. 5 Subcuenca Laguna de Cuyutlán.

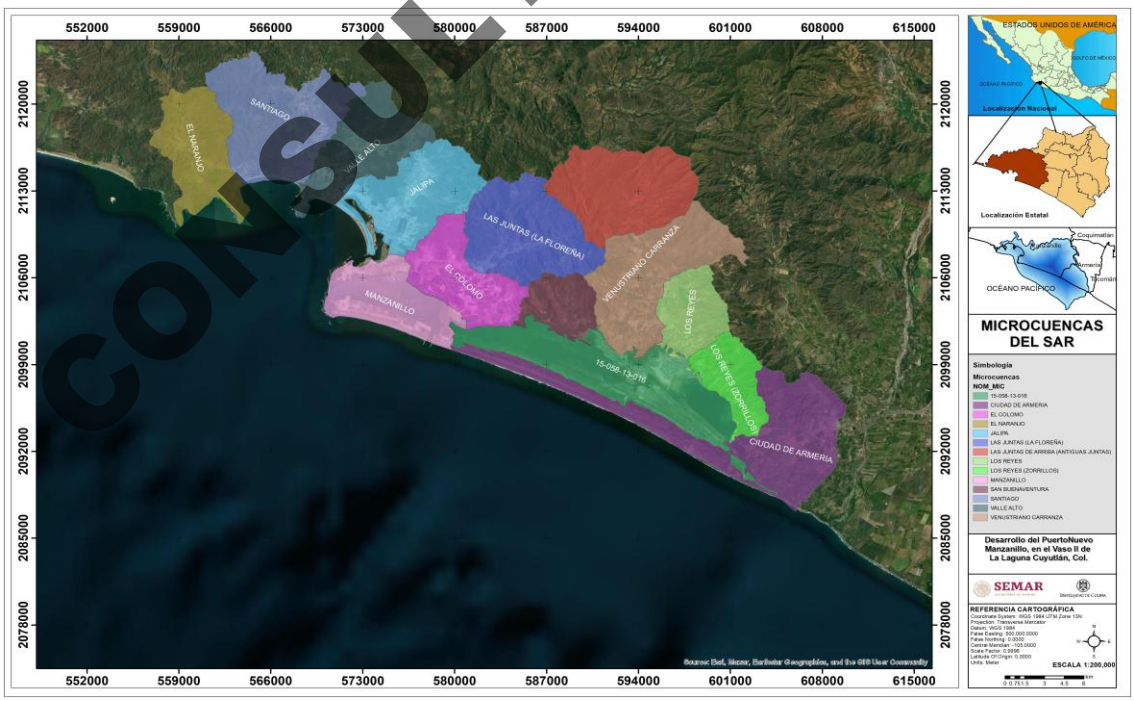


Figura IV. 6 Microcuencas de a Subcuenca Laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 7, se muestran las redes hidrográficas de los cauces del sistema fluvial asociadas a las microcuencas que conforman la subcuenca Laguna de Cuyutlán.

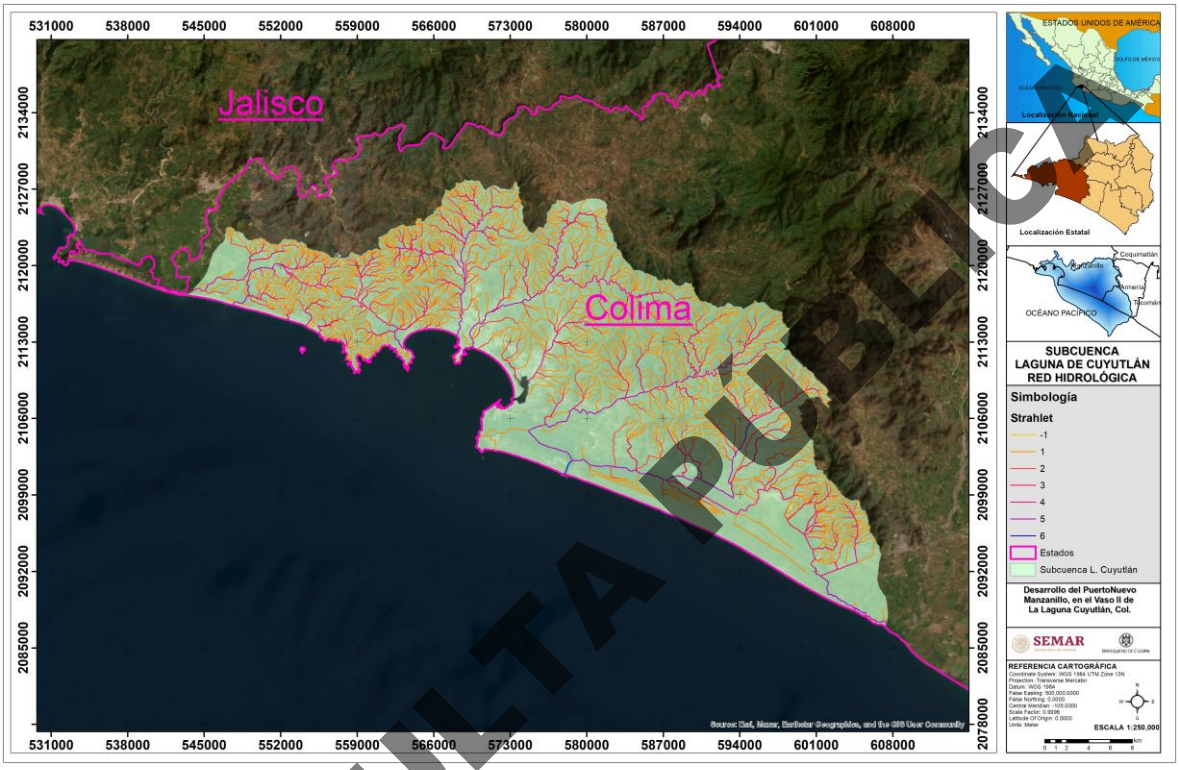


Figura IV. 7. Redes hidrográficas de los cauces del sistema fluvial en la subcuenca Laguna de Cuyutlán. Clasificación Strahlet. Fuente: SIATL (INEGI).

CONSULTA PÚBLICA

2. Criterios Normativos y de Planeación

Se consideraron los programas de ordenamiento locales y regionales, teniendo influencia en la zona el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán y el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima y el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Desarrollo Urbano.

Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

Para la delimitación del SAR se consideró inicialmente el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, en el cual se inserta el área de proyecto, dentro de la Unidad Biofísica Ambiental (UAB) 119 Lomeríos de la Costa de Jalisco y Colima (Figura IV. 8). En esta Unidad Biofísica Ambiental, se tiene una política de Protección, Aprovechamiento Sustentable y Restauración, y como sector de interés a la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

Características Principales de la UAB 119:

- Ubicación: Abarca la franja oeste de Jalisco y áreas del estado de Colima, extendiéndose por la región costera.
- Superficie: Aproximadamente 6,787.58 km².
- Política Ambiental: La zona está sujeta a políticas de Protección, Aprovechamiento Sustentable y Restauración.
- Ecosistemas: Se caracteriza por la presencia de selvas bajas y medianas, las cuales son fundamentales para la biodiversidad local.
- Contexto Geográfico: Forma parte de las regiones que presentan una compleja interacción entre las actividades humanas (agricultura, desarrollo urbano) y ecosistemas naturales, siendo objeto de monitoreo por riesgos de cambios de uso de suelo.

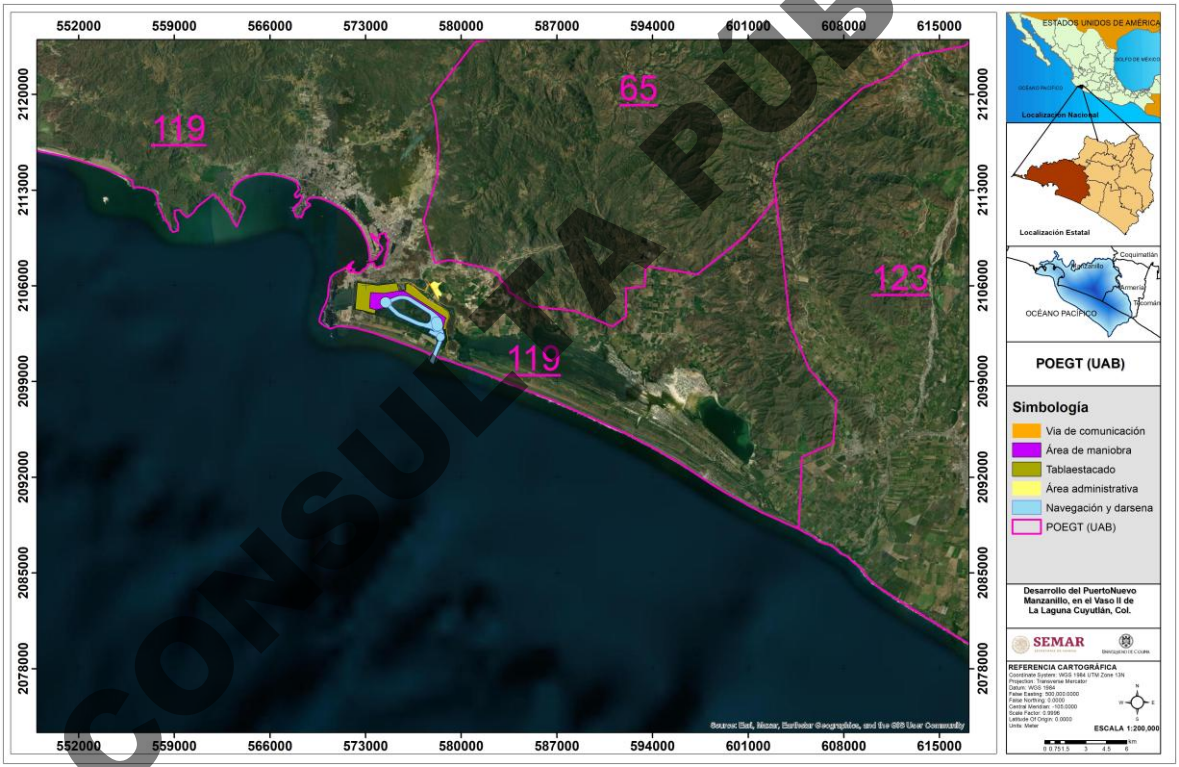


Figura IV. 8. UAB 119. Lomeríos de las Costa de Jalisco y Colima.

Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (PROETSC).

Para la delimitación del SAR se verificó la delimitación del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán, la cual tiene una coincidencia con la delimitación hidrológica utilizada como uno de los principales criterios para la delimitación del SAR (Figura IV. 9).

CONSULTA PÚBLICA

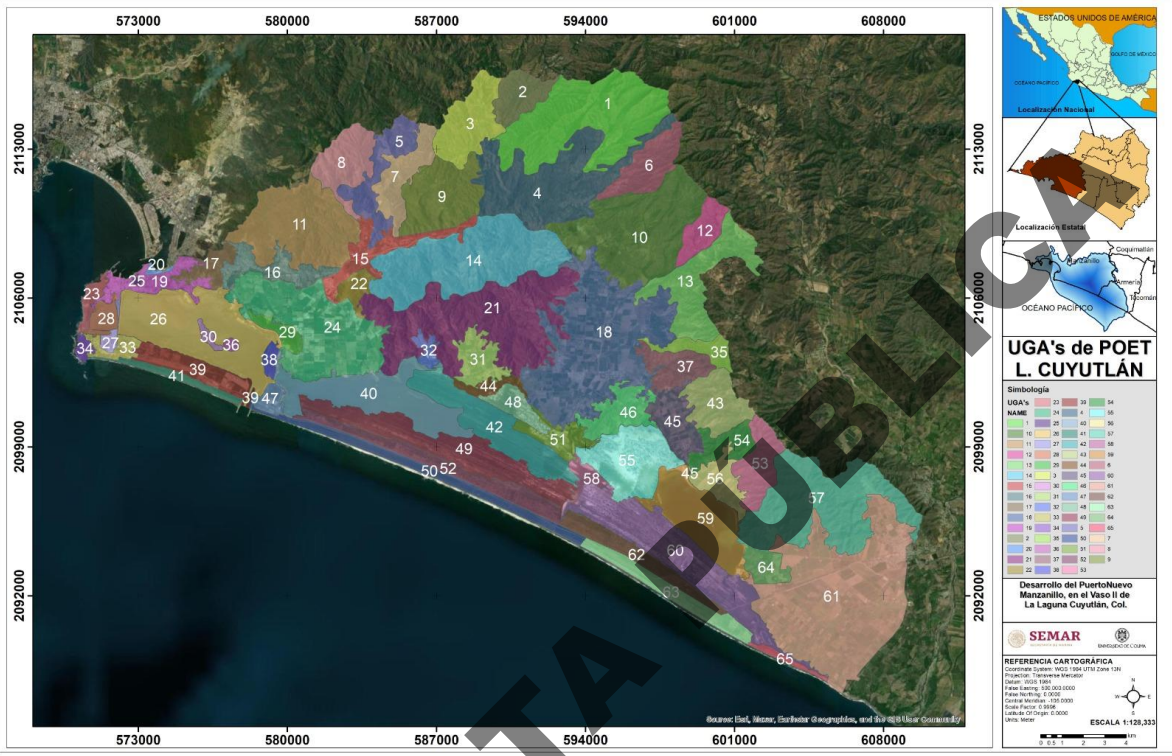


Figura IV. 9 UGAS del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán

Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima.

Se utilizó el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima, para delimitar el área que bordea las Bahías de Manzanillo y la zona urbanizada que tendrá afectación sinérgica por la actividad portuaria actual y por el desarrollo del puerto. Se consideraron las UGAS 2, 3, 4, 5, 6, 11, 59 y 94 (Figura IV. 10).

CONSULTA PÚBLICA

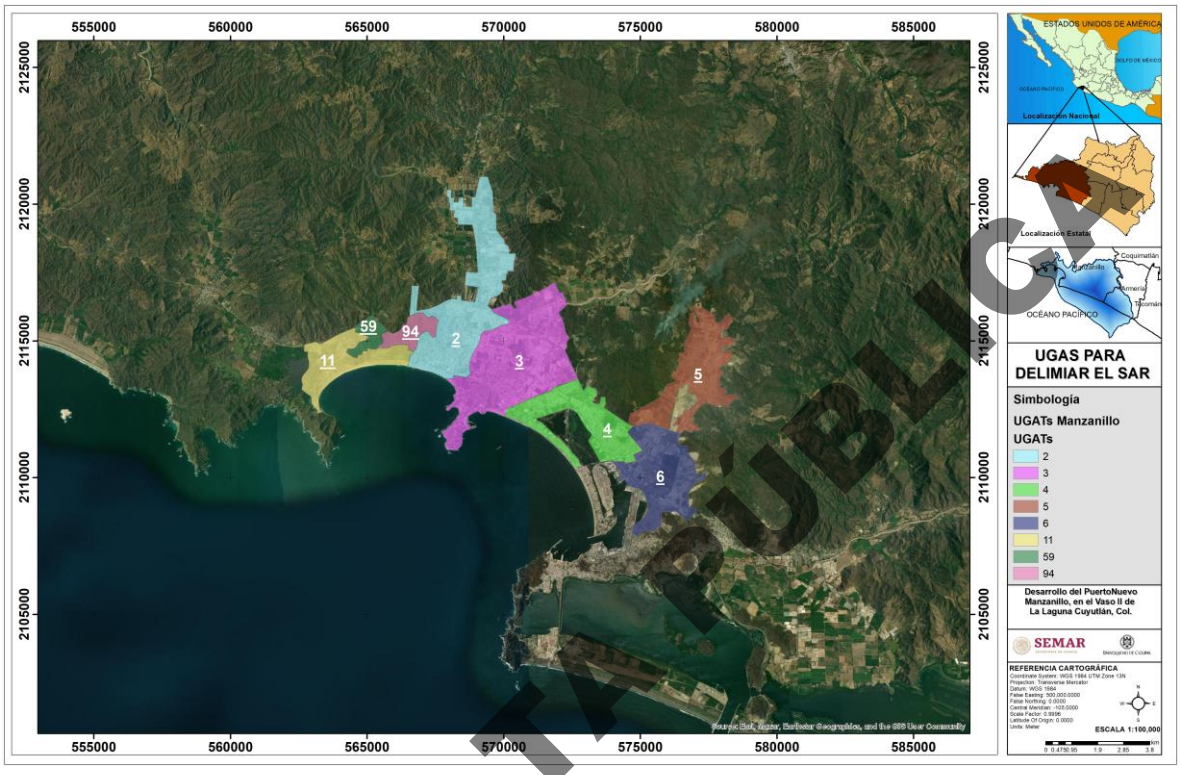


Figura IV. 10 UGAS del el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima, consideradas para la delimitación del SAR.

3. Regiones homogéneas

Batimetría

Para delimitar el frente costero de la Laguna de Cuyutlán, se consideró la isóbata de los 200 m de profundidad, dentro los cuales se encuentran las zonas de fondeadero proyectadas para el nuevo puerto, así como las zonas de vertimiento actuales y posible futura (Figura IV. 11). Frente a las Bahías de Manzanillo, se utilizó como límite la isóbata de 100 m de profundidad, cubrieron las zonas de fondeadero actuales.

CONSULTA PÚBLICA

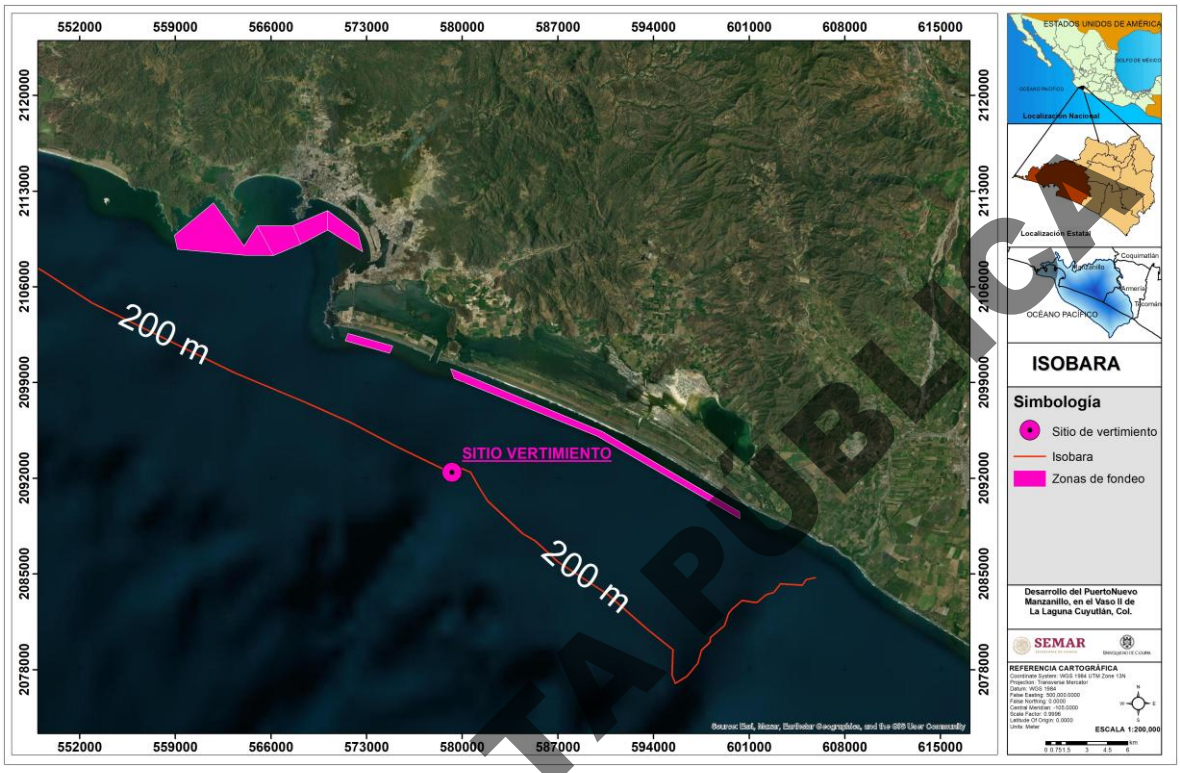


Figura IV. 11 Isóbatas de 100 y 200 m de profundidad en el frente costero, zonas de fondeadero actuales y posibles futuras y posible sitio de vertimiento futuro.

CONSULTA PÚBLICA

4. Criterios Ecológicos.

Ubicación de arrecifes artificiales y Zona de Refugio Pesquero Parcial Permanente por la CONAPESCA

Se consideró la ubicación y profundidad de los arrecifes artificiales presentes en el frente marino y se identificó la Zona de Refugio Pesquero Parcial Permanente que abarca 307 ha y sirve para proteger arrecifes artificiales ahí presentes y mejorar la reproducción de especies comerciales, la cual fue formalizada en el DOF el 29 de septiembre de 2025 (Figura IV. 12).



Figura IV. 12 Ubicación de los arrecifes artificiales y Zona de Refugio Pesquero Parcial Permanente.

Mamíferos y quelonios

Se considera el área costera que forma parte del nicho ecológico de mamíferos y quelonios, así como las playas de las Bahías de Manzanillo y la playa de Cuyutlán, consideradas zonas de importancia para la anidación de tortugas marinas.

Sistemas lagunares costeros de la región

Se consideraron los cuatro vasos de la Laguna, así como el estero Palo Verde en su totalidad, como unidad, dada su interconexión hídrica y ecológica. Además, se consideran los sistemas lagunares costeros cercanos al área del proyecto, tales como la Laguna del Valle de las Garzas, San Pedrito, Tapeixtles, Peñitas y Juluapan, todas en el estado de Colima (Figura IV. 13), ya que en su conjunto han sido consideradas como un corredor biológico, principalmente por la movilidad de fauna como cocodrilos y aves, incluidas algunas especies migratorias, que utilizan los manglares de toda la zona como sitios de descanso, alimentación, crianza y/o reproducción (Chávez y Ortiz-Lira, 1986).

CONSULTA PÚBLICA

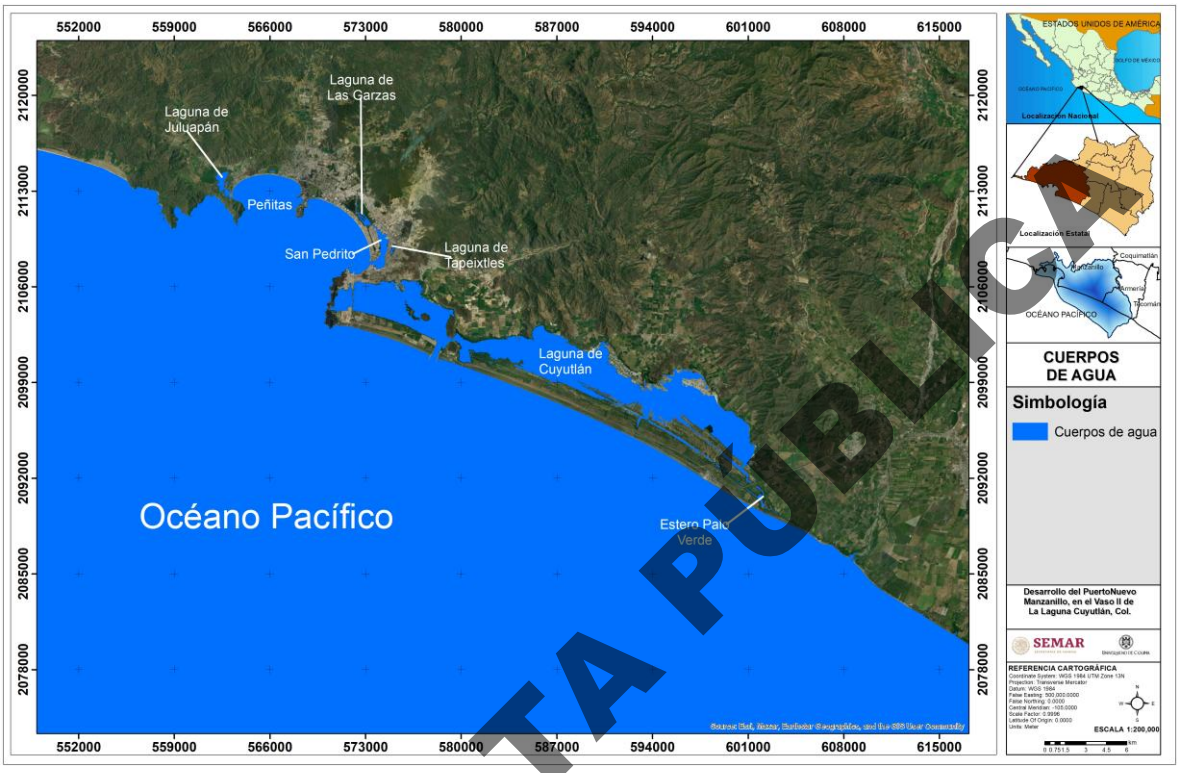


Figura IV. 13 Lagunas costeras en el Municipio de Manzanillo

Además, se considera la importancia de los vasos III, IV y estero Palo Verde, como sitio RAMSAR, el cual se caracteriza por su alta diversidad de flora y fauna, por ser un sitio importante para la recarga de acuíferos, por el desarrollo de actividades productivas y a los servicios ecosistémicos. Así mismo toda la laguna de Cuyutlán es considerada como un sitio de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación y es reconocido por la CONABIO como el sitio PC13.

5. Criterios socioeconómicos

Se consideran los núcleos poblacionales que serán más sensibles al desarrollo del nuevo puerto en los municipios de Manzanillo y Armería del estado de Colima. Algunos de los cuales se verán afectados por su proximidad directa al Vaso II de la laguna, que comprenden desde el Centro Histórico hasta Punta Grande, así como las Torres, el Colomo y con la continuidad funcional hacia el corredor Cuyutlán-Armería. Además de aquellas poblaciones que serán también afectadas por cuestiones como la movilidad, el crecimiento poblacional, la presencia de infraestructura, el comercio local, entre otros, considerando desde Tapeixtles hasta Miramar en el municipio de Manzanillo y el poblado de Cuyutlán en el municipio de Armería. Dentro de esta delimitación también se consideran las regiones geográficas en donde se realizan actividades económicas que podrán ser afectadas de manera directa por el desarrollo portuario como la actividad salinera, pesquera y apícola que se desarrolla dentro de la laguna de Cuyutlán o en sus zonas aledañas.

CONSULTA PÚBLICA

IV.2.3 Límites definitivos del Sistema Ambiental Regional

De acuerdo a los criterios establecidos, en el numeral VI.2.2 Criterios de Delimitación del Sistema Ambiental Regional, en los que se consideró la identificación de hidrográfica, la delimitación de regiones homogéneas, la integración de criterios ecológicos, criterios socioeconómicos y los criterios normativos establecidos en la región como los programas de ordenamiento, como base principal para la determinación de los limites finales, se obtuvo el espacio geográfico delimitado por una parte del parteaguas y la interacción de los ecosistemas y por otra parte el frente marino, donde se identifica la caracterización de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos como herramienta inicial para lograr el diagnóstico ambiental de la porción del territorio con validez para la evaluación del impacto ambiental.

En la Figura IV. 14. se muestra la representación cartográfica de los espacios geográficos antes descritos junto con el área del proyecto.

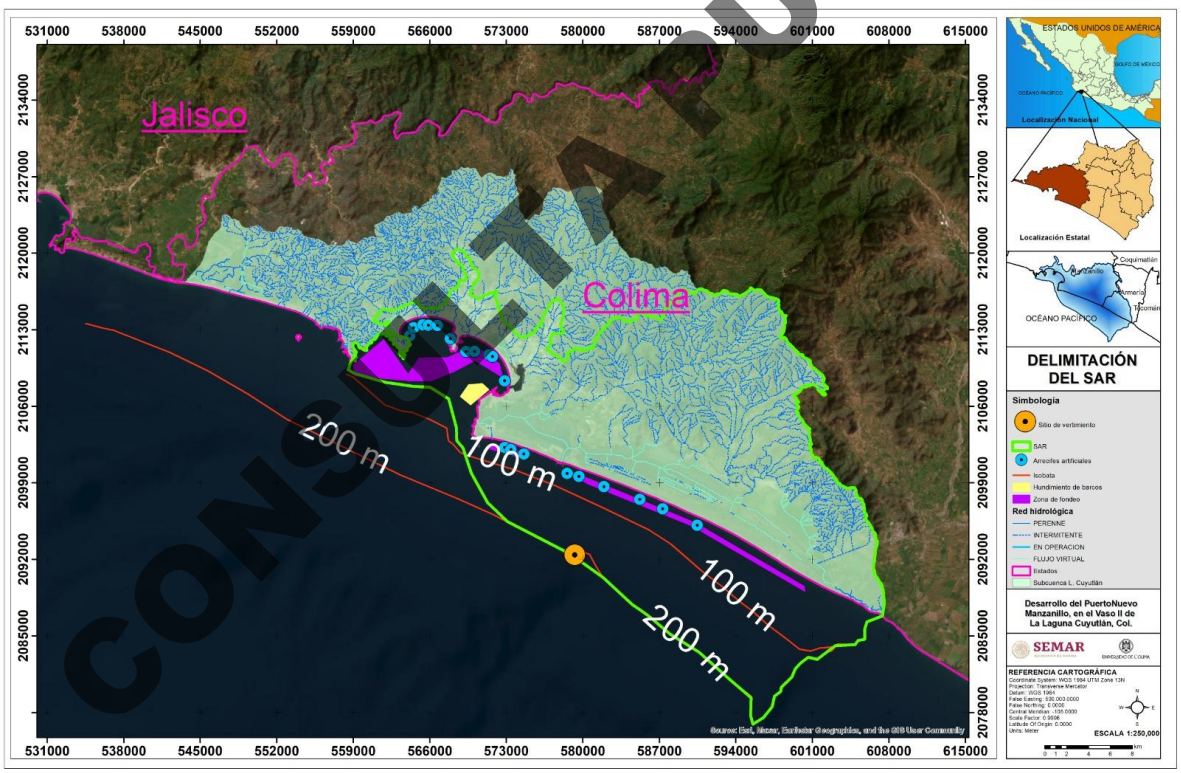


Figura IV. 14 Área delimitada como Sistema Ambiental Regional.

De acuerdo con lo anterior, **el SAR tiene una superficie total de 99,676.2 ha**, con una longitud de este a oeste de 53.436 km aproximadamente y de norte a sur casi 29.714 km, de las 99,676.2 h, el 41.9 % corresponde a zona marina (41,719.60 ha), y el 58.1 % a zona terrestre (57,956.60 ha). En la Tabla IV. 1 del Anexo se muestran las Coordenadas de los límites del SAR. La zona terrestre correspondiente a la cuenca Laguna de Cuyutlán se

CONSULTA PÚBLICA

delimito con el límite de las microcuencas presentes en la Subcuenca Laguna de Cuyutlán y con los límites de la UGAS del POET de la misma subcuenca; así como con la UGAS en donde se considera que se tiene influencia sinérgica en los núcleos poblacionales del municipio de Manzanillo. El frente costero se delimitó con la isóbata de los 200 m.

El área del proyecto representa el 1.01 % del área SAR, aunque es un área pequeña es importante dado a que por su ubicación (en el Vaso II) presenta comunicación directa e indirecta por la hidrodinámica con los demás vasos de la laguna y con el océano adyacente, además de su conexión geohidrológica con la zona terrestre a través de las microcuencas y su estrecha conectividad ecológica y socioeconómica con toda la región marina y terrestre.

IV.2.4 Delimitación del área de influencia.

Dadas las actividades y obras que se realizarán durante el proyecto, se estará afectando principalmente el espejo de agua del Vaso II. Debido conectividad hidrodinámica y ecológica, se consideran los vasos I, III y IV y estero Palo Verde. También se considera el frente marino de Cuyutlán, abarcando las zonas de fondeo consideradas para el Puerto Nuevo Manzanillo y con limite en algunas secciones hasta la posible zona de vertimiento de material de dragado. Así mismo, se consideran la ribera de la laguna debido a la instalación de infraestructura permanente y temporal.

Se consideró la regionalización con base en la normativa administrativa que es un enfoque práctico y reconocido para la estructuración del espacio territorial (sección anterior). Respecto al medio socioeconómico, al ser un proyecto desarrollado en la región cercana a la ciudad y puerto Manzanillo, considera las poblaciones urbanas y rurales adyacentes como zonas de influencia directa e indirecta temporales, que en el apartado del medio socioeconómico de este capítulo se describen bajo una metodología específica según normativas nacionales y recomendaciones de organismos nacionales e internacionales.

Se consideran los poblados aledaños a la laguna, debido al posible flujo de trabajadores en estas zonas, por lo que en el AI se incluye el poblado de Campos, Centro Histórico, Colonia Libertad y Punta Chica en el municipio de Manzanillo y el poblado de Cuyutlán en el municipio de Armería.

El Área de Influencia (AI) se delimitó con base en los sitios que serán afectados directamente por las actividades realizadas durante el proyecto, considerando un área total de 30,446.19 ha., de las cuales 18,354.68 has corresponden a zona terrestre y 12,091.5 has corresponde a zona marina. Con respecto al SAR, el AI representa el 30.55% (Tabla IV. 1).

Tabla IV. 1. Porcentajes y Coberturas del Área de Influencia y del Área del Proyecto con respecto a la superficie del SAR

Área de Estudio	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Área del SAR	99,676.20	100
Área de Influencia	30,446.1	30.55
Área del proyecto	1,004.45	1.01

CONSULTA PÚBLICA

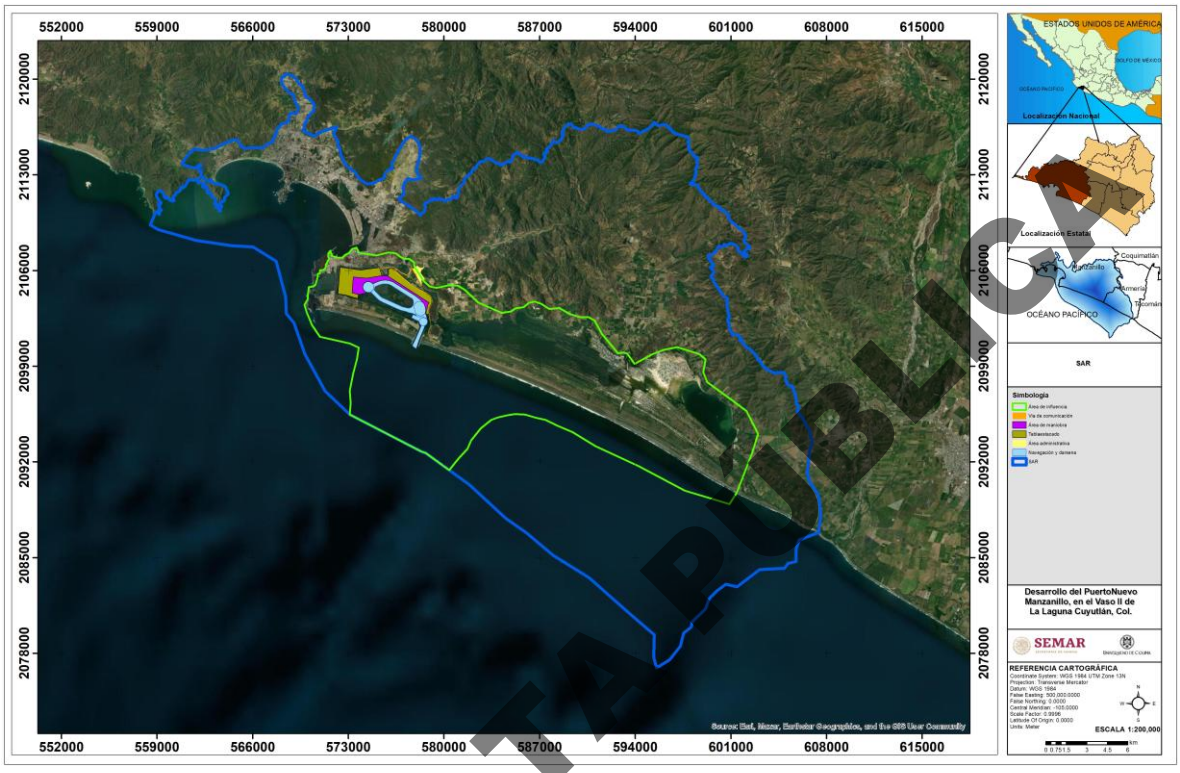


Figura IV. 15 Área de Influencia con respecto a la superficie del SAR y el área del proyecto.

Las coordenadas de los límites del área de influencia se presentan en la Tabla IV. 2.

Tabla IV. 2. Coordenadas de la delimitación del Área de Influencia (UTM 13N, ITRF2008 época 2010).

Vértice	Coordenadas UTM	
	X	Y
1	601429.71	2089744.87
2	602521.12	2092589.15
3	602984.14	2094027.82
4	602140.78	2095714.55
5	601114.15	2096471.33
6	599256.77	2097820.71
7	598971.02	2098550.96
8	599145.64	2099503.46
9	598685.27	2099868.59

CONSULTA PÚBLICA

Vértice	Coordenadas UTM	
	X	Y
10	597081.89	2100376.59
11	596113.51	2100201.97
12	595256.26	2099868.59
13	593938.63	2099170.09
14	593414.76	2099900.34
15	593161.98	2100000.88
16	592717.48	2099937.38
17	591558.60	2101350.26
18	591018.85	2102334.51
19	590574.35	2102588.51
20	590034.60	2102572.64
21	589193.22	2102810.76
22	588447.09	2103239.39
23	587700.97	2103175.89
24	587113.59	2103556.89
25	586621.46	2103715.64
26	586208.71	2103620.39
27	585827.71	2103318.76
28	585240.34	2103223.51
29	584891.09	2102985.39
30	584228.30	2102896.75
31	582497.93	2103658.75
32	581513.67	2104579.51
33	580989.80	2104881.13
34	580320.93	2104902.30
35	579876.43	2104807.05
36	579442.51	2104722.38
37	578955.68	2104828.21
38	578490.01	2105251.55
39	578151.34	2105770.13
40	577855.01	2106214.63
41	577780.92	2106606.22
42	577452.84	2106839.05
43	577040.09	2106849.64
44	576754.34	2107018.97

CONSULTA PÚBLICA

Vértice	Coordenadas UTM	
	X	Y
45	576489.76	2107241.22
46	575928.84	2107304.72
47	575452.59	2107188.30
48	575042.75	2107093.05
49	573860.06	2107275.62
50	573772.74	2107307.37
51	573590.18	2107672.49
52	573264.74	2107569.30
53	573026.62	2107251.80
54	572772.62	2107132.74
55	572566.24	2106942.24
56	572216.99	2106942.24
57	571851.86	2107037.49
58	571788.36	2107077.18
59	571764.55	2107227.99
60	571708.99	2107283.55
61	571693.11	2107450.24
62	571542.30	2107251.80
63	571526.43	2106989.86
64	571605.80	2106854.93
65	571478.80	2106680.30
66	571431.18	2106553.30
67	571327.99	2106410.43
68	571351.80	2106251.68
69	571264.49	2106092.93
70	571058.11	2106021.49
71	570907.30	2106021.49
72	570907.30	2105783.36
73	570756.49	2105743.67
74	570764.42	2105545.24
75	570589.80	2104957.86
76	570415.17	2104822.92
77	570105.61	2104767.36
78	570034.17	2104227.61
79	570015.98	2103874.89

CONSULTA PÚBLICA

Vértice	Coordenadas UTM	
	X	Y
80	570015.98	2103874.89
81	569781.17	2103478.01
82	569939.92	2102922.38
83	570336.79	2101996.34
84	570918.88	2101149.67
85	573088.46	2100646.96
86	573749.92	2100355.92
87	573617.63	2099509.25
88	573353.05	2098477.37
89	573088.46	2097207.37
90	573167.84	2096307.79
91	573095.57	2095448.11
92	578352.04	2092739.43
93	578649.69	2092640.21
94	580377.04	2091393.67
95	581078.90	2092259.65
96	581713.90	2092947.57
97	581978.48	2093582.57
98	582692.86	2094455.70
99	583460.15	2095064.24
100	583962.86	2095249.45
101	584584.63	2095383.95
102	585193.18	2095489.78
103	585907.55	2095463.32
104	586727.76	2095225.20
105	587415.68	2095066.45
106	588288.81	2094643.11
107	589400.06	2094166.86
108	591093.40	2093134.99
109	594241.94	2091679.77
110	597628.62	2089880.60
111	599956.95	2089192.69
112	600883.00	2088901.64
113	601429.71	2089744.87

CONSULTA PÚBLICA

IV.3 Caracterización y análisis del SAR

IV.3.1 Clima

Según el mapa de Climas: 1902-2011 del INEGI 2020, en el SAR del proyecto existen 7 diferentes tipos de climas. En la Tabla IV. 3 se muestran los tipos de climas y sus características, siendo el clima Aw0(w) el que presenta mayor cobertura dentro del SAR con el 28%, le sigue el clima BS1(h') w(w) con el 24.6%. Los parámetros de clima, temperatura y precipitación fueron calculados con datos de 1991 a 2020 de la estación meteorológica de la CONAGUA, número 6018, Manzanillo (OBS). Los parámetros de vientos presión y humedad relativa se obtuvieron de datos de MERRA-2 del periodo 1981-2022, desde el sitio NASA POWER (https://power.larc.nasa.gov/. Consultado el 15 de febrero 2026).

Tabla IV. 3 Tipos de climas y sus características dentro del SAR.

Clima	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Régimen de lluvia	Porcentage de lluvia invernal	Temperatura media anual	Temperatura del mes mas frío	Superficie SAR	
									Km^2	%
Aw1(w)	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Humedad media	Verano	<5	>22°C	>18°C	36.78	3.7
BS1(h')w	Seco	Muy cálido de los secos	N/A	Semiseco	Verano	Entre 5 y 10.2	>22°C	>18°C	3.42	0.3
BS1(h')w(w)	Seco	Muy cálido de los secos	N/A	Semiseco	Verano	<5	>22°C	>18°C	245.39	24.6
A(C)w2(w)	Cálido	Semicálido de los	Subhúmedo	Más húmedo	Verano	<5	Entre 18 y 22°C	>18°C	1.38	0.1
Aw2(w)	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Más húmedo	Verano	<5	>22°C	>18°C	1.99	0.2
Aw0(w)	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Menos húmedo	Verano	<5	>22°C	>18°C	278.66	28.0
Aw0	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Menos húmedo	Verano	Entre 5 y 10.2	>22°C	>18°C	1.68	0.2

La distribución espacial de los tipos de clima dentro del SAR se muestra en la Figura IV. 16.

CONSULTA PÚBLICA

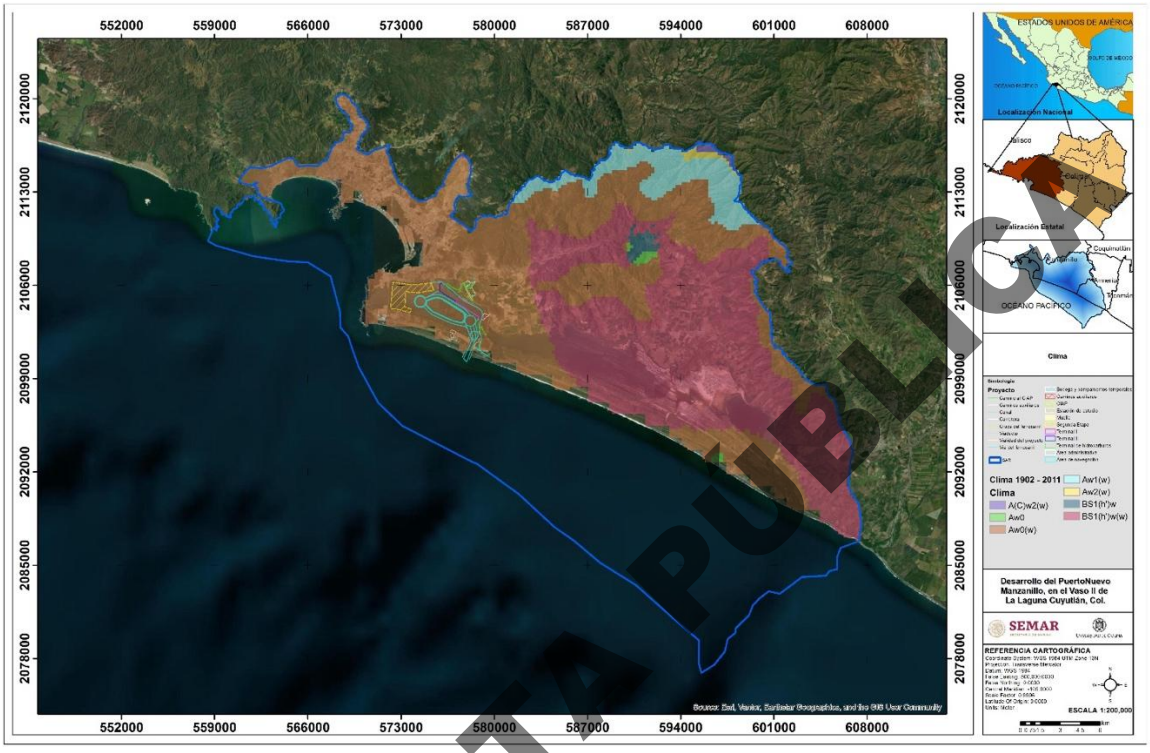


Figura IV. 16 Tipos de Climas dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

En la zona del proyecto el clima es Aw0(w) (Cálido subhúmedo) con lluvias en verano entre los meses de mayo a octubre, y menos del 5% de lluvias en invierno. La temperatura media anual es mayor a 22°C y la temperatura del mes más frío es mayor a 18°C.

De acuerdo con la clasificación de Köppen – Geiger la distribución de climas en el SAR para diferentes periodos es Aw (Cálido/Clima de sabana, con temperatura media mensual del mes más frío mayor a 18°C y lluvias en verano) en color azul y BSh (Seco/Estepario cálido, con temperatura media anual es superior a 18ºC y precipitación total anual es menor que ese umbral, pero superior a la mitad de ese umbral), en color naranja (Figura IV. 17), donde la Figura IV. 17a representa la proyección del periodo 2041-2070 que muestra un gran cambio respecto al periodo (1902-2011, Figura IV. 17c), la Figura IV. 17b representa la proyección 2071-2099 y muestra un cambio mínimo en la distribución de climas respecto al actual (Figura IV. 17c), por lo que el clima en el SAR no tendrá variaciones drásticas a corto y largo plazo.

CONSULTA PÚBLICA

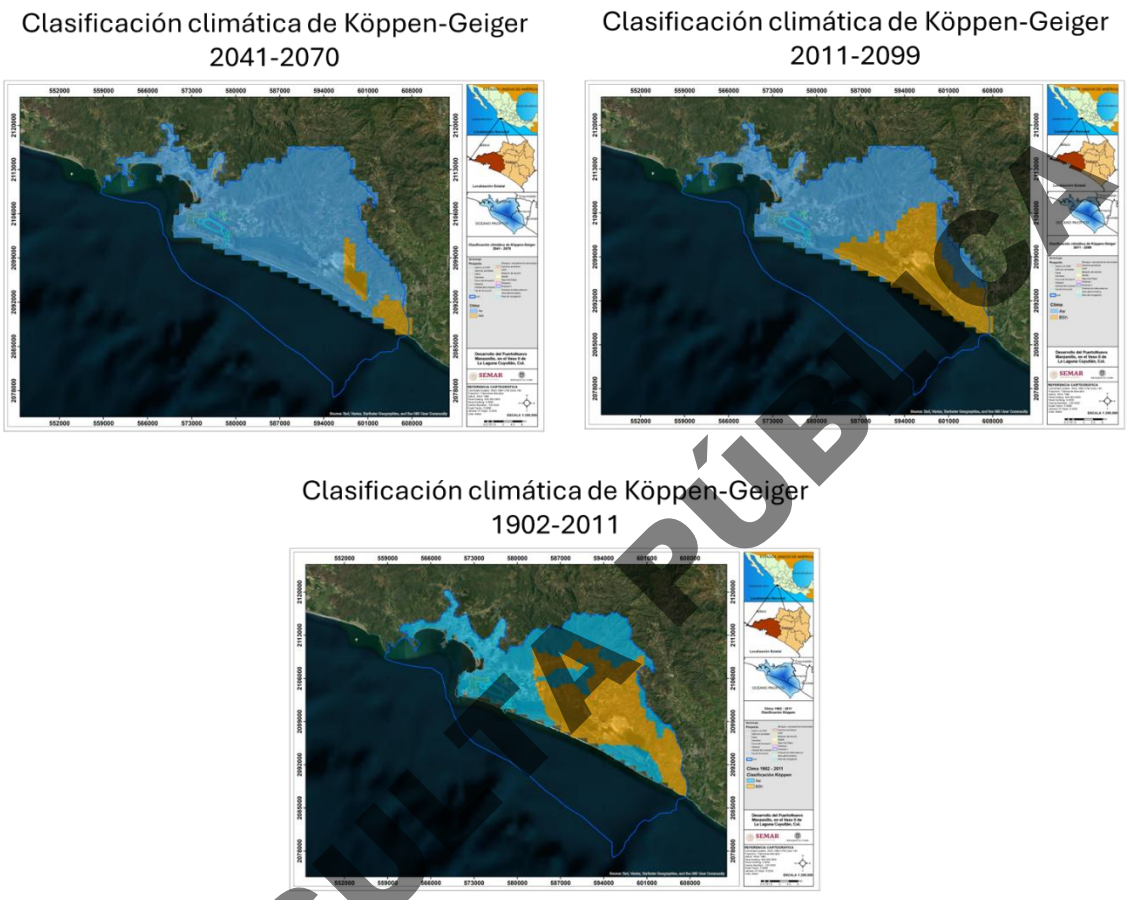


Figura IV. 17 Proyecciones de la Clasificación climática de Köppen-Geiger para los periodos 2041-2070 (a), 2071-2099 (b) según el escenario SSP2-8.5 del CMIP6 y para el periodo 1902-2011 del INEGI (c). Elaboración propia con datos de Beck *et al*. (2023) y datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

En el SAR, la temperatura promedio oscila entre 21.6 y 26.9 °C (Figura IV. 18). Los meses con temperatura mínima son de enero a abril, mientras que la temperatura mínima fluctúa entre 19.6 y 24.83°C (Figura IV. 19) y la temperatura máxima va de 23.1 a 28.8 °C (Figura IV. 20) los meses de máxima temperatura son de junio a septiembre.

En la zona del proyecto la temperatura promedio oscila entre 26.1 y 26.9 °C (Figura IV. 18) mientras que la temperatura mínima fluctúa entre 24.1 y 24.83°C (Figura IV. 19) y la temperatura máxima va de 28.1 a 28.8 °C (Figura IV. 20).

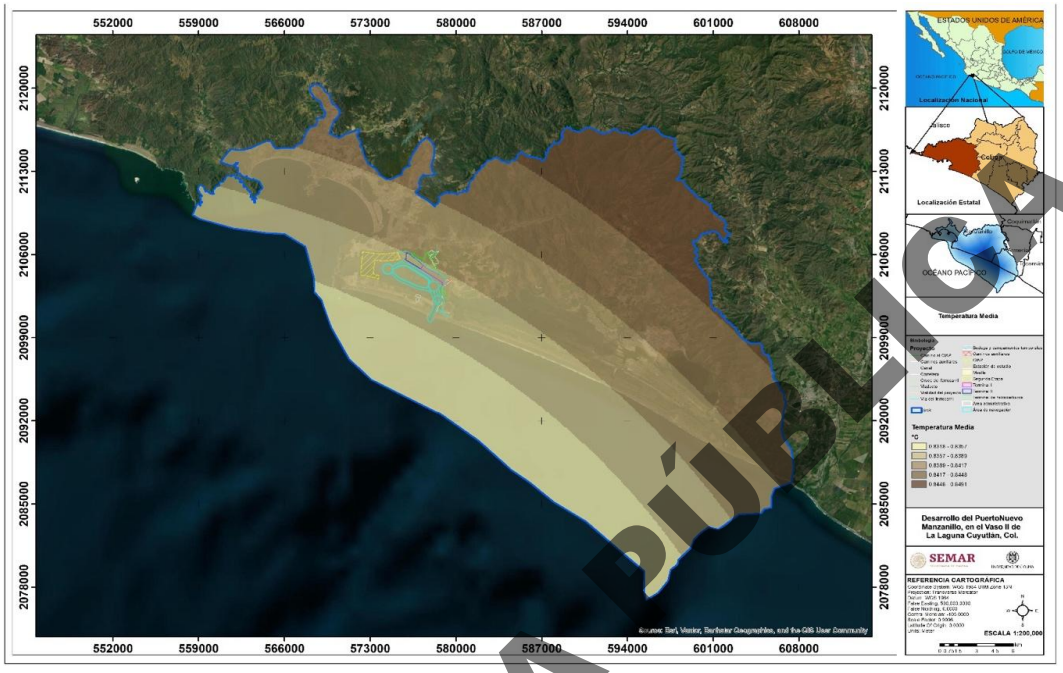


Figura IV. 18 Temperatura media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

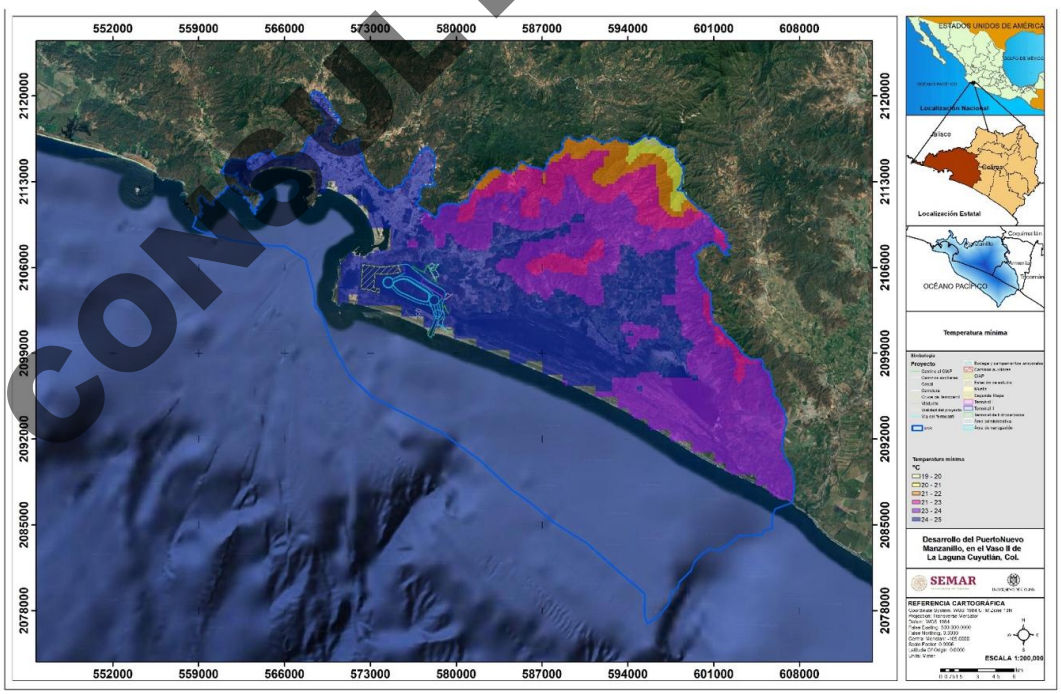


Figura IV. 19 Temperatura mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

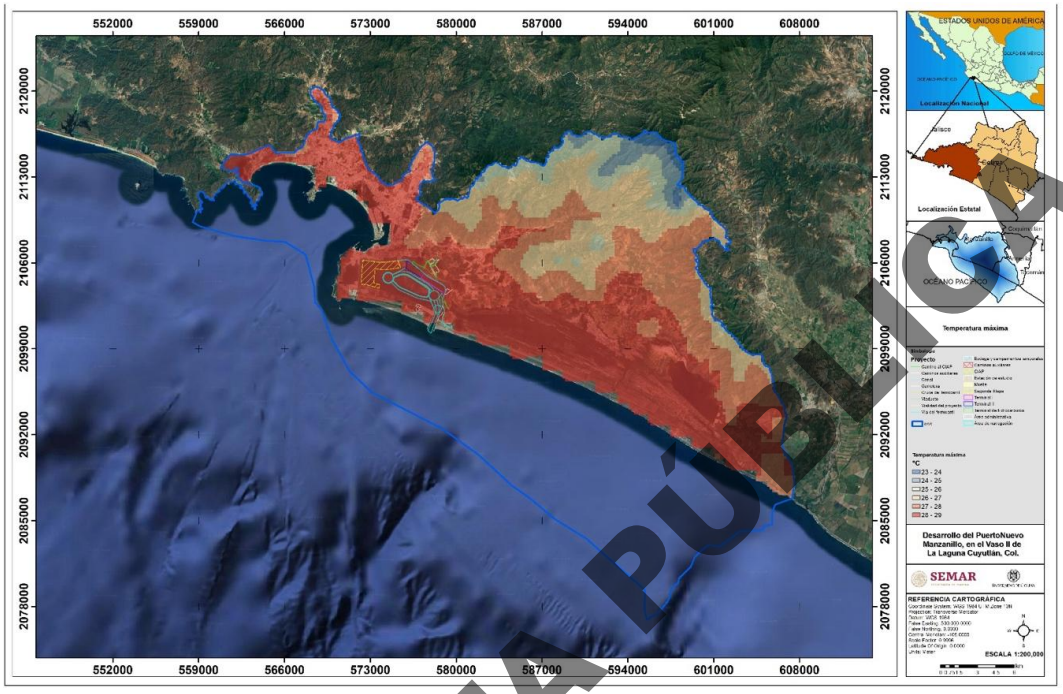


Figura IV. 20 Temperatura máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

En el SAR la época de lluvias es en verano, la precipitación promedio oscila entre 705 y 1276 mm (Figura IV. 21), mientras que la precipitación mínima fluctúa entre 0 y 2 mm (Figura IV. 22). Los meses de menor precipitación son marzo y abril, la precipitación máxima va de 179 a 331 mm (Figura IV. 23), el mes con mayor precipitación es septiembre.

En la zona del proyecto la precipitación promedio oscila entre 801 y 1000 mm (Figura IV. 21), mientras que la precipitación mínima fluctúa entre 0 y 1 mm (Figura IV. 22) y la precipitación máxima va de 245 a 267 mm (Figura IV. 23).

CONSULTA PÚBLICA

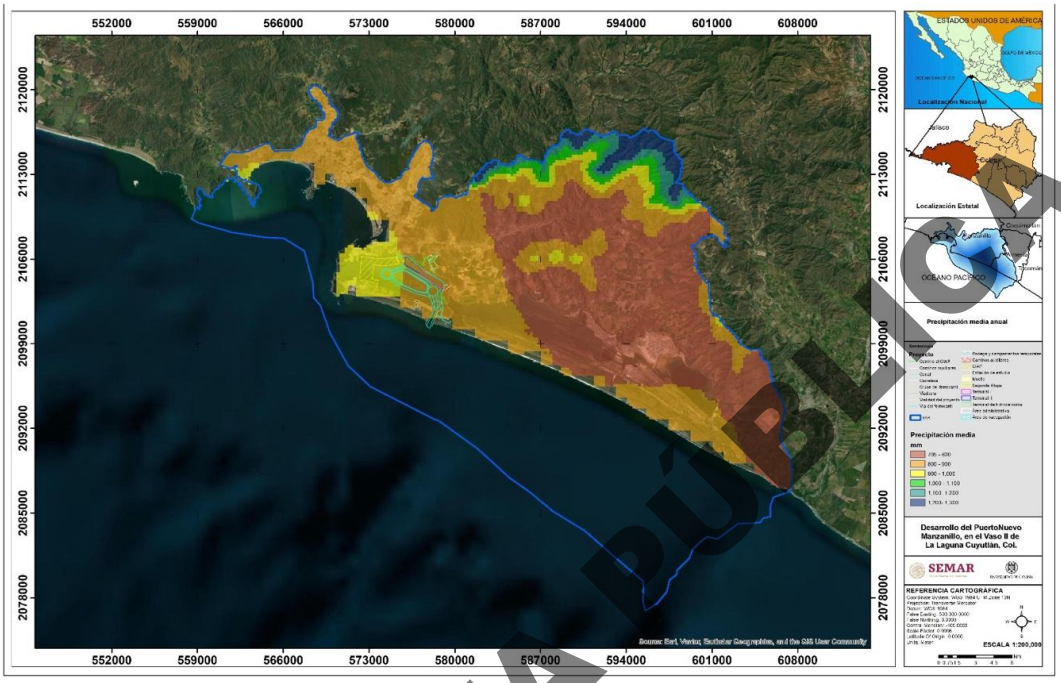


Figura IV. 21 Precipitación media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

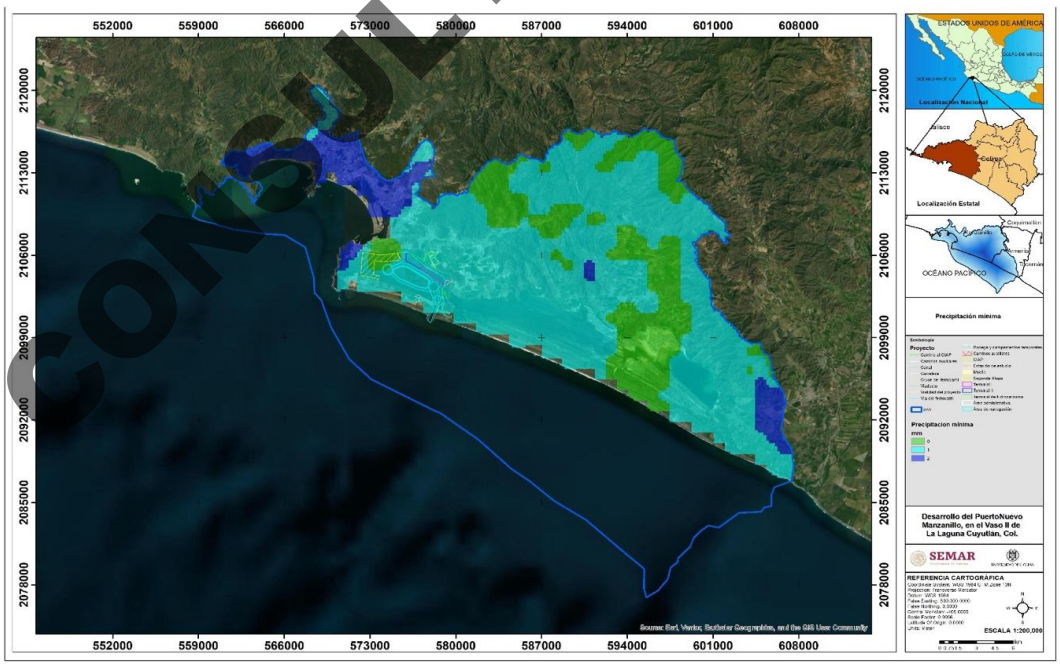


Figura IV. 22 Precipitación mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

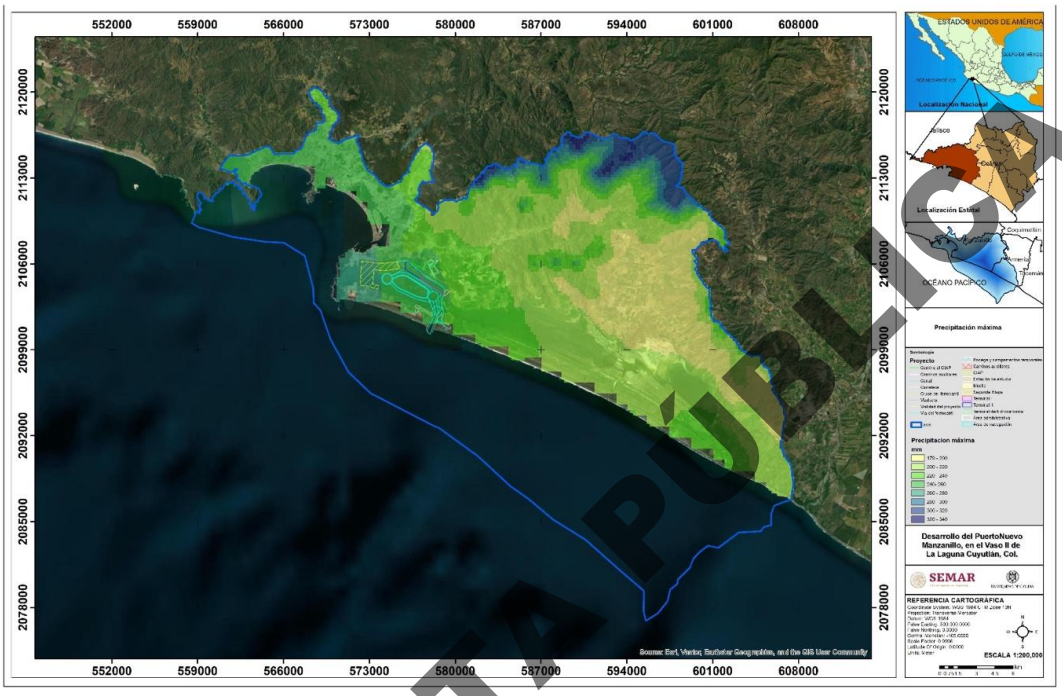


Figura IV. 23 Precipitación máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

La oscilación térmica anual en el SAR y zona del proyecto es Isotermal, lo que representa una variación menor de 5°C, manteniendo temperaturas uniformes durante todo el año.

Los vientos promedio mensuales, a 10 metros de altura, oscilan alrededor de los 3 m/s. El viento dominante proviene del OSO-O seguido del O-ONO. Las frecuencias cruzadas de velocidad y dirección de los rangos de velocidad menores a 2 m/s representan un 0.4% de los datos. Las velocidades entre 2 y 2.5 m/s representan un 27.18% del total de datos, con direcciones del O-ONO (30%) y del ONO-NO (24%). Los vientos entre 2.5 y 3 m/s representan un 51.19% del total de datos, con direcciones del OSO-O (29%) y del O-ONO (21%). Los vientos entre 3 y 3.5 m/s representan un 19.44% del total de datos, con direcciones del OSO-O (28.6%) y del O-ONO (22.4%). Las velocidades mayores representan el 1.79% de los datos.

En la presión diaria en la región, se observa la variabilidad de los valores diarios de presión en kPa, así como su tendencia y su media móvil, donde se aprecian valores que oscilan, en general, entre los 97.5 y 99 kPa.

En la humedad relativa diaria se observa la variabilidad de los valores diarios de humedad en % a 2 m de altura, así como su tendencia y su media móvil, donde se aprecian valores que oscilan, en general, entre 50 y 90%.

Los vientos promedio mensuales, a 10 metros de altura, oscilan alrededor de los 3 m/s, como se puede observar en la Figura IV. 24. Su dirección, mostrada en la Figura IV. 25, indica la procedencia del viento (convención meteorológica), con el norte y este representados por 0° y 90°, respectivamente; y sus valores oscilan alrededor

CONSULTA PÚBLICA

de los 250° (OSO-O). El viento dominante proviene del OSO-O seguido del O-ONO. En la Tabla IV. 4, se presentan las frecuencias cruzadas de velocidad y dirección, donde se puede observar que los registros con rangos de velocidad menores a 2 m/s representan un 0.4% de los datos. Las velocidades entre 2 y 2.5 m/s representan un 27.18% del total de datos, con direcciones del O-ONO (30%) y del ONO-NO (24%). Los vientos entre 2.5 y 3 m/s representan un 51.19% del total de datos, con direcciones del OSO-O (29%) y del O-ONO (21%). Los vientos entre 3 y 3.5 m/s representan un 19.44% del total de datos, con direcciones del OSO-O (28.6%) y del O-ONO (22.4%). Las velocidades mayores representan el 1.79% de los datos.

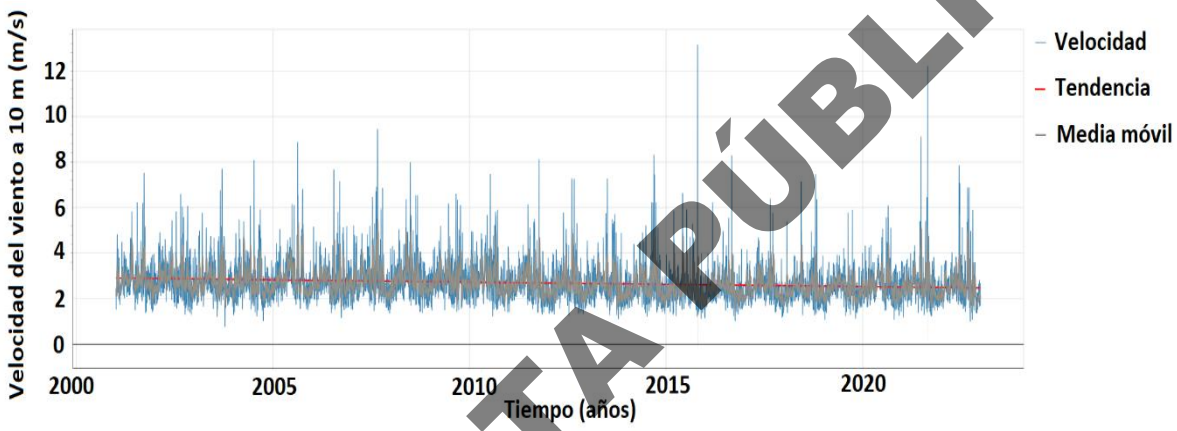


Figura IV. 24 Serie de tiempo diaria de la velocidad de viento a 10 m de altura de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de velocidad, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente.

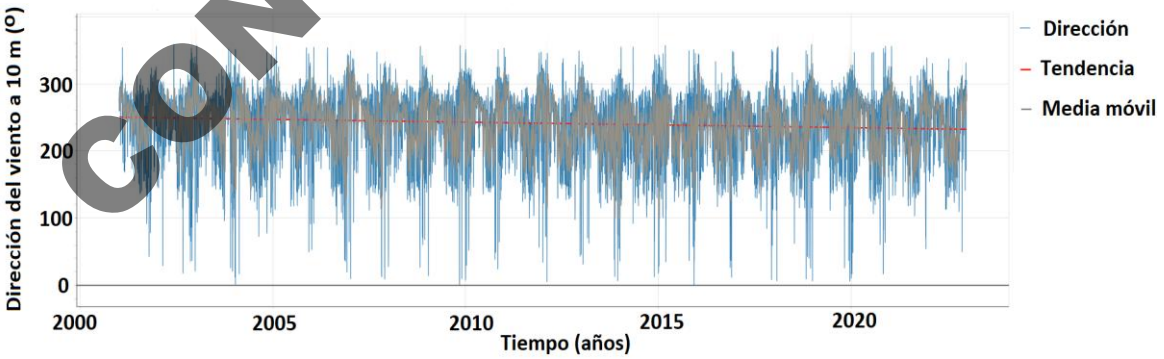


Figura IV. 25 Serie de tiempo diaria de la dirección del viento a 10 m de altura de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de dirección, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente.

CONSULTA PÚBLICA

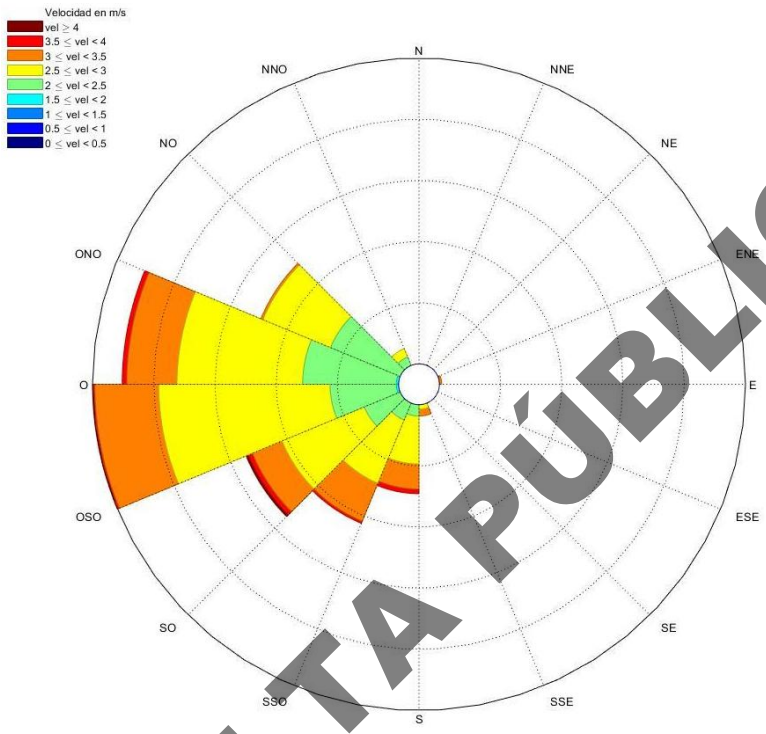


Figura IV. 26 Rosa de vientos de la Laguna de Cuyutlán con datos promedio mensuales obtenidos de MERRA-2 del periodo 1981-2022. La dirección está expresada en convención meteorológica.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 4. Frecuencias cruzadas de velocidad (m/s) y dirección (grados) de vientos en la Laguna de Cuyutlán con datos promedio mensuales obtenidos de MERRA-2 del periodo 1981-2022. La dirección está expresada en convención meteorológica, con 0º al norte y 90º al este.

	VELOCIDAD															
SECTORES	(0,0.5)	[0.5,1)	[1,1.1.5)	[1.5,2)	[2,2.5)	[2.5,3)	[3,3.5)	[3.5,4)	[4,4.5)	TOTAL	%	MAX	MIN	MODA	PROMEDIO	DESV. EST.
N-NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
NNE-NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
NE-ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
ENE-E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.2	3.12	3.12	3.12	3.12	0
E-ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
ESE-SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
SE-SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
SSE-S	0	0	0	0	0	2	3	0	0	5	0.9	3.3	2.8	2.8	3.1	0.2
S-SSO	0	0	0	0	5	21	11	2	0	39	7.7	3.5	2.3	2.6	2.9	0.3
SSO-SO	0	0	0	0	8	30	18	1	0	57	11.3	3.7	2.1	2.4	2.9	0.3
SO-OSO	0	0	0	0	17	39	14	2	1	73	14.5	4.0	2.0	2.3	2.8	0.4
OSO-O	0	0	0	1	29	75	28	1	0	134	26.6	3.6	2.0	2.6	2.7	0.3
O-ONO	0	0	0	1	41	55	22	2	0	121	24.0	3.6	2.0	2.6	2.7	0.4
ONO-NO	0	0	0	0	33	32	1	0	0	66	13.1	3.0	2.0	2.5	2.5	0.2
NO-NNO	0	0	0	0	4	4	0	0	0	8	1.6	2.7	2.3	2.3	2.5	0.1
NNO-N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
TOTAL DE OBSERVACIONES	0	0	0	2	197	258	98	8	1	504	100					
%	0	0	0	0.4	27.18	51.19	19.44	1.59	0.2	100						

CONSULTA PÚBLICA

La gráfica de la presión diaria en la región, con datos de MERRA-2 (The Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2) del periodo 2001 al 2022, se muestra en la Figura IV. 27, donde se observa la variabilidad de los valores diarios de presión en kPa, así como su tendencia y su media móvil, donde se aprecian valores que oscilan, en general, entre los 97.5 y 99 kPa.

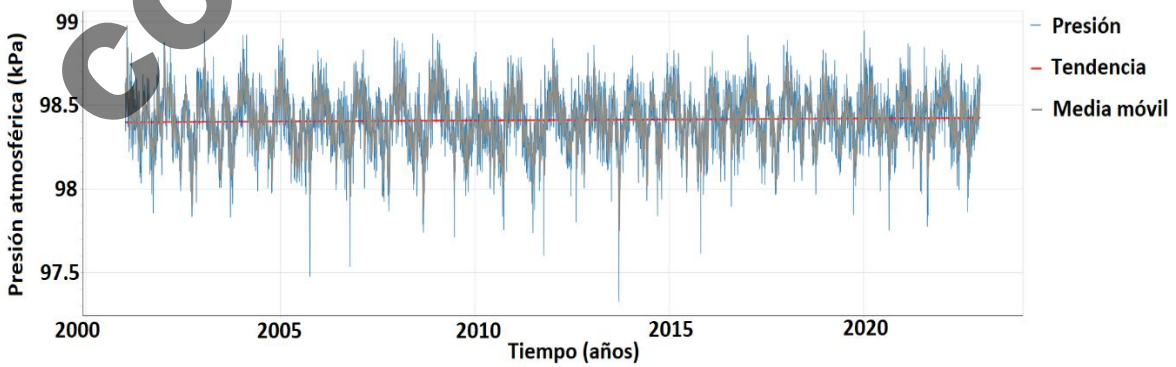


Figura IV. 27 Serie de tiempo diaria de la presión atmosférica de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de presión, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente.

La gráfica de la humedad relativa diaria en la región, con datos de MERRA-2 (The Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2) del periodo 2001 al 2022, se muestra en la Figura IV. 28, donde se observa la variabilidad de los valores diarios de humedad en % a 2m de altura, así como su tendencia y su media móvil, donde se aprecian valores que oscilan, en general, entre 50 y 90%.

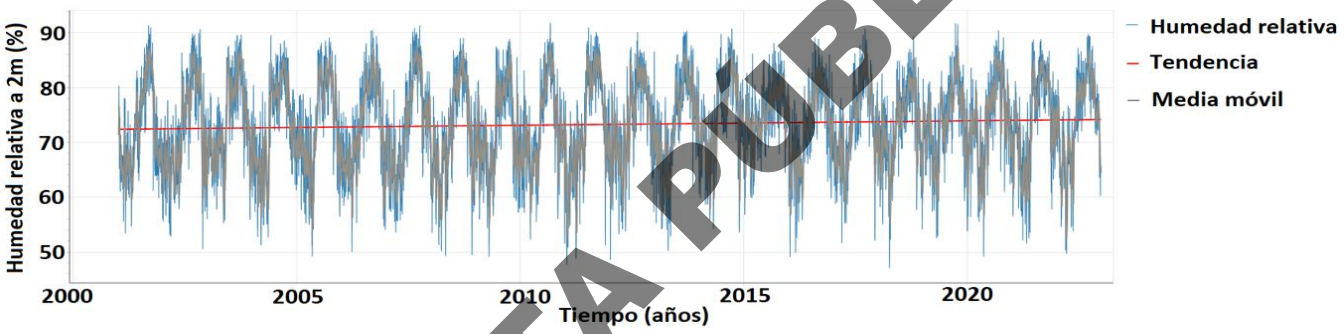


Figura IV. 28 Serie de tiempo diaria de la humedad relativa a 2 m de altura de 2001 a 2022 (datos obtenidos de MERRA-2 desde el sitio NASA POWER, el 19 de febrero de 2025). Se muestran los valores diarios de humedad en %, la tendencia y la media móvil en colores azul, rojo y gris, respectivamente.

IV.3.2 Fenómenos meteorológicos

IV.3.2.1 Huracanes

Los eventos meteorológicos extremos se caracterizan por ser fenómenos naturales que se originan en zonas marinas con aguas cálidas, asociados a fuertes vientos y lluvias abundantes. Se pueden clasificar dependiendo a la velocidad que alcanzan sus vientos: depresión tropical, cuando sus vientos máximos constantes alcanzan 62 Km/h; tormenta tropical, cuando sus vientos máximos constantes se encuentran entre 63 y 118 Km/h; y huracán, cuando sus vientos máximos constantes exceden de 119 Km/h (Metapolis, 2012). Debido a su ubicación geográfica, la Laguna de Cuyutlán se encuentra sobre una de las zonas de mayor frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos, en los últimos 20 años Manzanillo ha sido afectado por 26 eventos, de los cuales destacan 1 depresión tropical (Tabla IV. 5), 5 tormentas tropicales (Tabla IV. 6) y 20 huracanes (Tabla IV. 7).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 5. Registro de depresiones tropicales con afectación directa o indirecta en la Laguna de Cuyutlán.

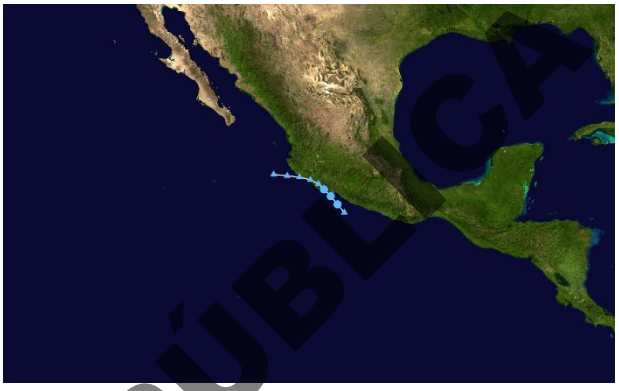
DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Eight-E (31 de agosto de 2011) La baja presión se transformó en depresión tropical, pero no se previó una mayor intensificación.	

Tabla IV. 6. Registro de tormentas tropicales con afectación directa o indirecta en la Laguna de Cuyutlán.

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Manuel (septiembre, de 2013) Tormenta tropical con lluvias intensas y vientos fuertes, pero sin afectar directamente la región de Cuyutlán.	

CONSULTA PÚBLICA

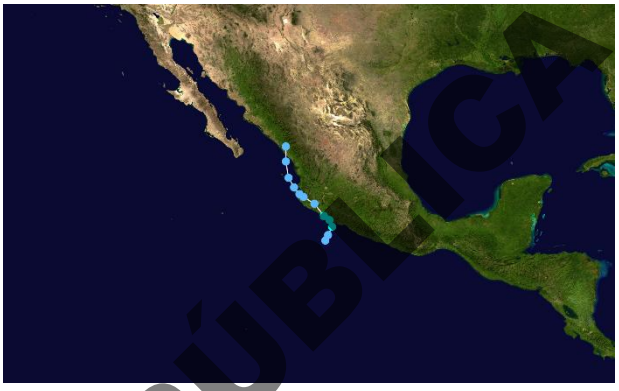
DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Javier (7 de agosto de 2016) Intensificación de depresión hasta convertirse en tormenta tropical. Las franjas exteriores de la tormenta trajeron inundaciones a Colima.	
Daniel (24-26 de junio de 2018) Vientos máximos de 75 km/h y presión mínima de 1003 mbar.	
Xavier (2-5 de noviembre de 2018) Vientos máximos de 100 km/h y presión mínima de 995 mbar. A las 21:00 UTC del 2 de noviembre, el sistema se organizó en una depresión tropical a unos cientos de millas al suroeste de Manzanillo, México. Que posteriormente se fortaleció en tormenta tropical Xavier a las 03:00 UTC del 3 de noviembre. Esto convirtió a Xavier en la primera tormenta en alcanzar el nombre de "X" en la lista de nombres del Pacífico Oriental desde 1992.	

CONSULTA PÚBLICA

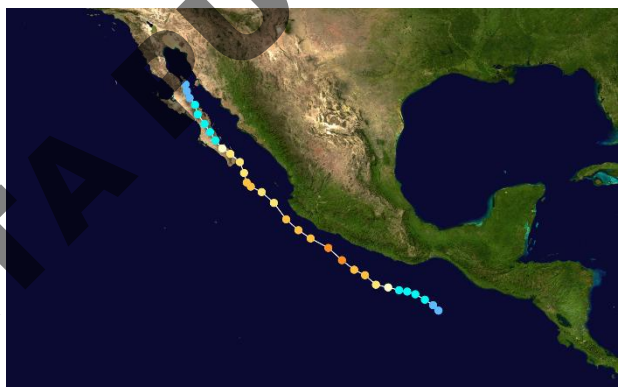
DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Narda (del 29 se septiembre al 1 de octubre de 2019) Vientos máximo de 85 km/h y presión mínima de 998 mbar.	

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 7. Registro de huracanes con afectación directa o indirecta en la Laguna de Cuyutlán.

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Norman (20 de septiembre 2000). La perturbación se organizó en una depresión tropical en la madrugada del 20 de septiembre, y más tarde ese día la tormenta alcanzó su intensidad máxima de 50 mph (80 km/h), y posteriormente tocó tierra al oeste de Lázaro Cárdenas, Michoacán.	
Huracán Julio (2002). La precipitación más alta reportada fue de 409 mm (16.10 pulgadas) en Zihuatanejo y La Unión, Guerrero. Tras convertirse Julio en ciclón tropical, se emitió una advertencia de tormenta tropical desde Zihuatanejo hasta Punta San Telma, mientras que una vigilancia de tormenta tropical estaba vigente desde Punta San Telma hasta Manzanillo.	
Huracán Olaf (2003). Alcanzó su cota máxima como huracán con vientos de 120 km/h el 5 de octubre. La tormenta se desorganizó enseguida, manteniéndose sólo unas horas como huracán, antes de aproximarse a la costa mexicana. Tocó tierra cerca de Manzanillo el 7 de octubre disipándose poco después.	

CONSULTA PÚBLICA

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Dora (2005). En la tarde del 4 de julio, la depresión fortaleció en una tormenta tropical cuando se encontraba a unas 45 millas (75 km) al oeste-suroeste de Acapulco. Se quedó a millas de la costa, en movimiento un tanto paralela a ella el 4 de julio, dejando caer fuertes lluvias en la región.	
Huracán John (2006). En el año del 2006, John se presentó en agosto, categorizado como huracán de categoría 4, provocando lluvias intensas, vientos fuertes e inundaciones cercanas en la región.	
Huracán Odile (2008). Originado el mes de octubre del año 2008 a 85 km al sur de Manzanillo, provocó lluvias intensas y vientos fuertes.	

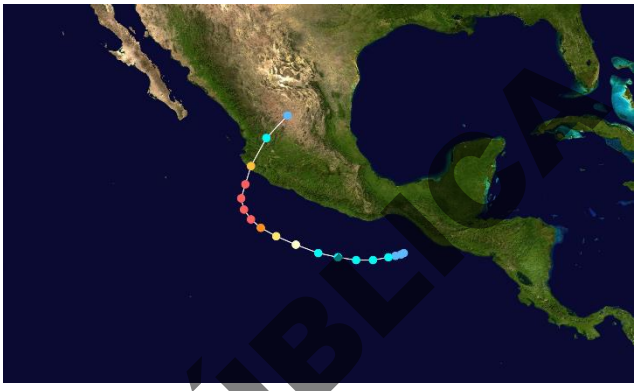
CONSULTA PÚBLICA

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Andrés (2009). Originado en junio del año 2009 a 90 km al suroeste de Manzanillo, dejó intensas precipitaciones.	
Huracán Beatriz (2011). En 2011, el huracán Beatriz afectó la costa oeste de México. Se originó como una zona de mal tiempo el 19 de junio y se intensificó hasta alcanzar la categoría de huracán el 20 de junio. El huracán causó lluvias intensas, inundaciones y dejó cuatro personas muertas en Acapulco. Aunque provocó daños, también ayudó a mitigar una sequía severa en la región.	
Huracán Jova (4-6 de cotubre2011). 4-6 de octubre de 2011: avanzó lentamente hacia el oeste, la zona de mal tiempo se organizó rápidamente, con vientos máximos 205 km/h (125 mph) durante 1 minuto, presión mínima de 955 mbar. El 10 de octubre, se elevó a huracán de categoría 3 en la escala de huracanes de Saffir-Simpson.	

CONSULTA PÚBLICA

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Bud (2012). Huracán de categoría 3, se mantuvo durante el mes de mayo del año 2012, causó vientos y lluvias fuertes, un oleaje elevado, generando la suspensión de actividades del puerto de Manzanillo durante unos días.	
Huracán Erick (2013). El 1 de julio, un área de baja presión se había formado sobre el Golfo de Tehuantepec, cuyas bandas nubosas se extendían al sur del golfo. El 6 de julio, las imágenes de satélite indicaron que Erick se había convertido en un huracán de categoría uno; debido a que un ojo rasgado se estaba formando. Se encontraba ubicado a 145 kilómetros al sur de la ciudad de Manzanillo.	
Huracán Carlos (2015). A finales del 2 de junio, la NHC indicaba una potencial ciclogénesis para un área de perturbación al sur de El Salvador y Guatemala sobre los siguientes días. El 16 de junio, el sistema se reintensificado a huracán, presentando vientos de 150 km/h, a pesar de que la presión mínima permanecía sobre la medida en su primer pico de intensidad.	

CONSULTA PÚBLICA

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Patricia (2015). Huracán de categoría 5, ocurrió en octubre del año 2015, el cual ocasionó vientos fuertes y lluvias intensas.	
Huracán Pilar (2017). Del 23 al 25 de septiembre se presentaron vientos máximos de 85 km/h y una presión mínima de 1000 mbar.	
Huracán Lorena (2019). Surgió en el mes de septiembre del año 2019, se desplazó paralelamente a las costas del Pacífico mexicano, dejando en la región de Cuyutlán y sus alrededores lluvias torrenciales e inundaciones.	

CONSULTA PÚBLICA

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Priscila (2019). Aproximadamente a las 19:30 UTC, Priscilla tocó tierra al este de Manzanillo, México, y se debilitó a una depresión tropical poco después.	
Huracán Dolores (2021). El 19 de junio a las 15:00 UTC tocó tierra sobre la frontera Michoacán-Colima según imágenes satelitales. Produjo una amplia extensión de 5 pulgadas (130 mm) o más de lluvia en el suroeste de México, incluida una acumulación máxima de 17,31 pulgadas (440 mm) en Callejones, Colima.	
Huracán Nora (2021). Del 25 al 30 de agosto con vientos máximos de 140 km/h y una presión mínima de 976 mbar.	

CONSULTA PÚBLICA

DESCRIPCIÓN	TRAYECTORIA
Huracán Beatriz (2023). Beatriz, huracán de categoría 1, ocurrió en los meses de junio y julio del año 2023, y ocasionó vientos fuertes y oleaje elevado.	
Huracán John (2024). John, huracán de categoría 2, ocurrió en septiembre del año 2024, ocasionando lluvias, oleaje elevado e intensas inundaciones, a pesar de que no tocó directamente tierra en Manzanillo.	

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.2.2 Tsunamis

La región de la Laguna de Cuyutlán ha sido impactada por eventos de tsunamis. El más significativo y con el que se cuenta con información fue el registrado en el año 1932. Este tsunami fue originado por una serie de tres sismos con magnitudes de 8.2, 7.8 y 6.9 en la costa del Pacífico, los cuales provocaron un derrumbe submarino, generando ondas de tsunami de hasta 10 metros, las cuales avanzaron aproximadamente un kilómetro tierra adentro, lo que provocó la muerte de 75 personas y dejó más de 100 heridos. En Manzanillo, el tsunami afectó una franja de 25 kilómetros, desde Ventanas hasta Salinas de Guasango, Tecomán (Salazar-Cárdenas, 1989; Sánchez y Farreras, 1993).

IV.3.3 Fisiografía

El SAR se encuentra dentro de la Provincia Sierra Madre del Sur, dentro de las subprovincias de las Sierras de la costa de Jalisco y Colima. El 88% del SAR forma parte de la subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco y Michoacán, y el 12% ubicado al noreste, forma parte de Cordillera Costera del Sur (Figura IV. 29). La

fisiografía del SAR está formada por sierra alta compleja, playa o barra inundable y salina, y en su mayor parte es llanura costera con lagunas costeras. La zona del proyecto se encuentra en la llanura costera dentro de la Laguna de Cuyutlán, en el Vaso II, conformado con dos islas al centro.

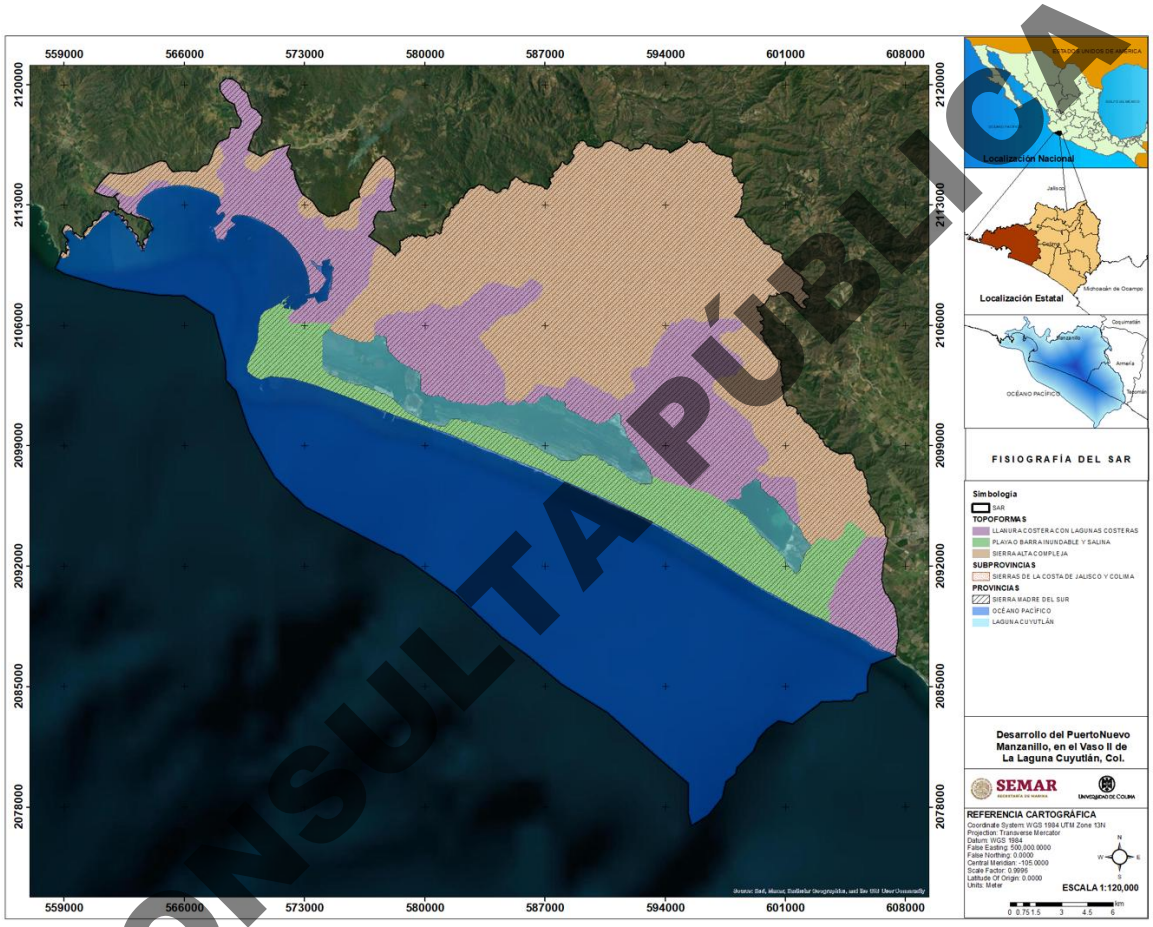


Figura IV. 29 Fisiografía del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.4 Geología

La geología de la región es compleja debido a la interacción de diferentes procesos tectónicos y volcánicos a lo largo de su historia, dominada por la presencia de rocas ígneas, tanto intrusivas como extrusivas y sedimentos marinos, situada en una zona tectónicamente activa debido a la interacción entre la placa de Cocos y la Placa Norteamericana. La Geología del SAR es mostrada en la Figura IV. 30 (Mapa elaborado con datos de INEGI 2026). En la geología del SAR los tipos predominantes están constituidos por un 16% de roca ígnea intrusiva tipo granito, 10% roca ígnea extrusiva tipo volcanoclástico, 2% son tipo rocas volcanosedimientarias, 17% son rocas aluviales, 7% es lacustre, y el resto corresponde a otras unidades no listadas. La Laguna de Cuyutlán se encuentra en la porción suroccidental del estado de colima, depósitos volcanosedimentarios y rocas sedimentarias calcáreas como caliza y dolomías, que tiene dimensiones masivas, rocas ígneas intrusivas destacando el cuerpo intrusivo denominado batolito de manzanillo el cual presenta granodioritas y granito aflorando en superficie, tobas andesíticas a intermedias, brecha volcánica acida y derrames andesíticos.

CONSULTA PÚBLICA

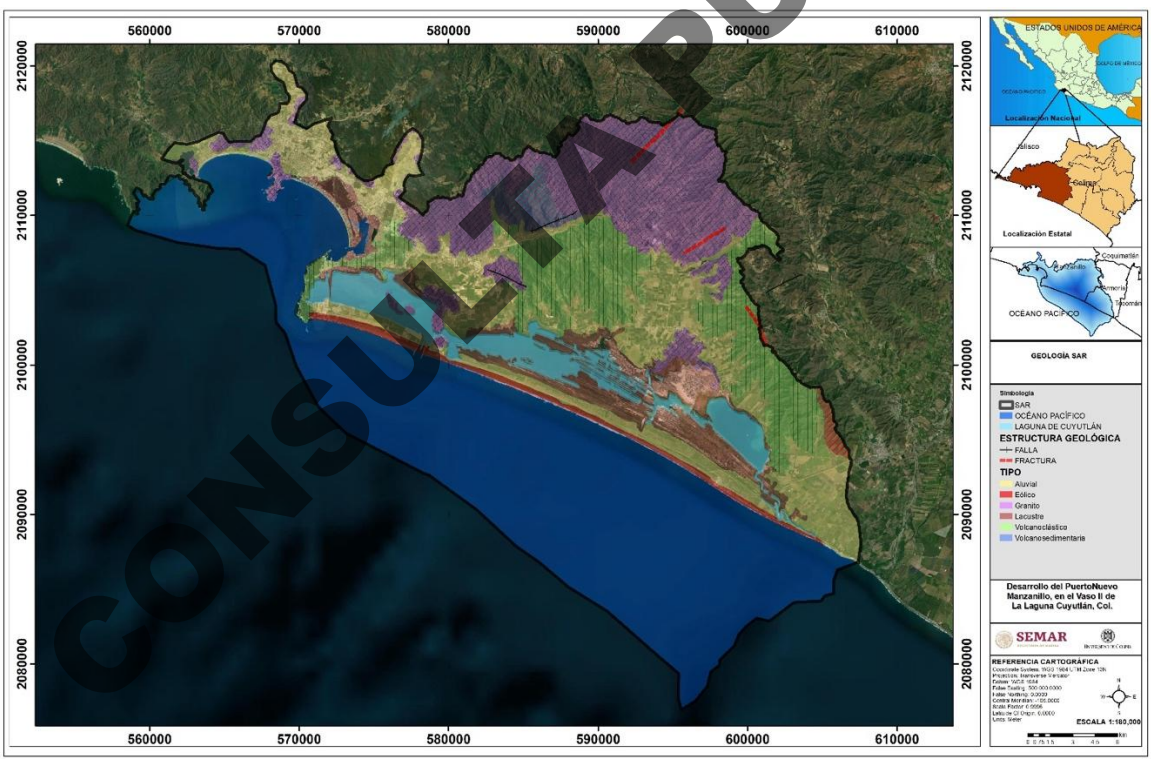


Figura IV. 30 Geología del SAR. Fuente INEGI 2026.

En el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, donde se desarrollará el proyecto, la litología existente en la zona noreste del proyecto se localiza un depósito de Granito-Granodiorita (KsTpaGr-Gd), que también se extiende a

la isla Grande (Cocodrilo I) la Isla Cocodrilo II, y a la margen derecha del canal de Tepalcates; también se encuentran depósitos litorales (Qho(li)) en la zona norte y sur, y Aluvial (Qho(al)) en la zona noroeste.

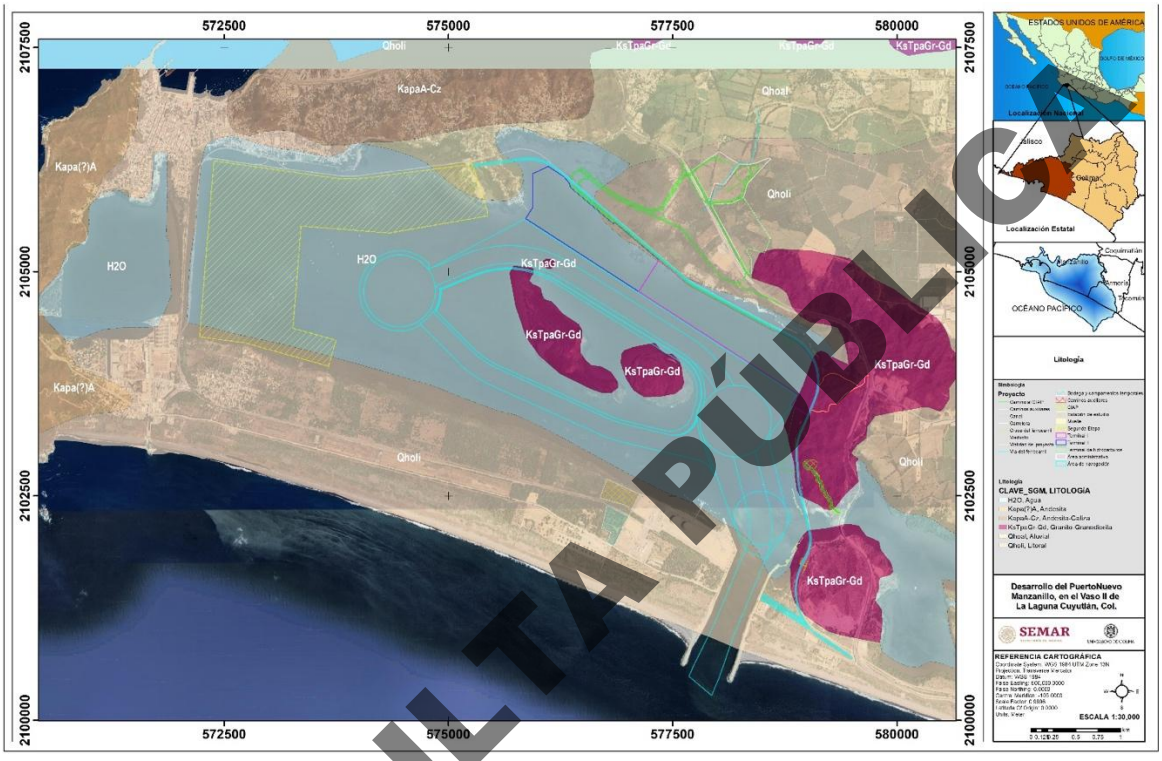


Figura IV. 31 Litología en la zona del proyecto. Fuente SGM.

IV.3.5 Edafología

La permeabilidad del suelo varía de baja a media alta, en donde hay suelo con material no consolidado con permeabilidad alta (a), material consolidado con permeabilidad baja (b), material consolidado con permeabilidad baja (B), material no consolidado con permeabilidad baja media (bm), material no consolidado permeabilidad media (m), material consolidado con permeabilidad media (M), material no consolidado con permeabilidad media alta (ma), material consolidado con permeabilidad media alta (MA). La distribución de la permeabilidad del suelo es mostrada en Figura IV. 32.

CONSULTA PÚBLICA

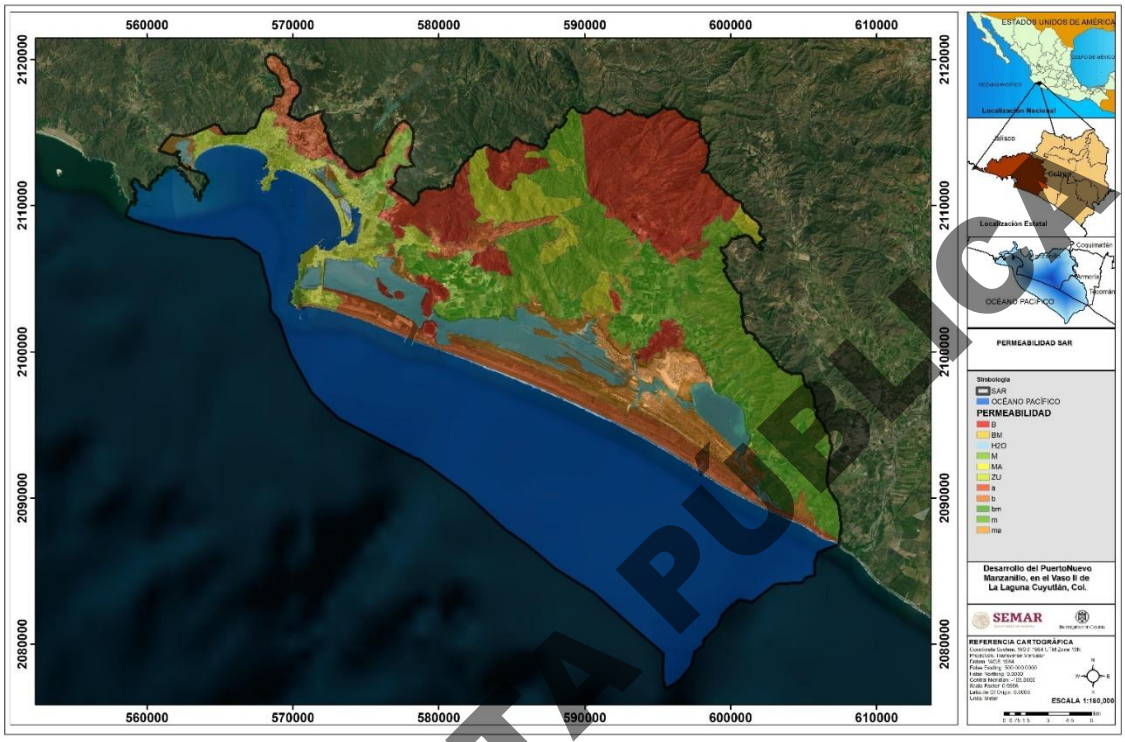


Figura IV. 32 Permeabilidad del suelo en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.6 Hidrología Superficial: Región, Cuenca, Subcuenca, Acuíferos y Microcuencas

El Sistema Ambiental Regional (SAR) delimitado para el presente estudio se encuentra inmerso en una dinámica hidrológica compleja, caracterizada por escurrimientos de corto recorrido que descienden de los lomeríos costeros hacia una gran zona de captación y almacenamiento natural. De acuerdo con el sistema de sectorización hidrológica de la CONAGUA y el INEGI, la red hidrográfica del área de estudio se clasifica de la siguiente manera:

IV.3.6.1 Regiones Hidrológicas

El área del SAR se ubica predominantemente dentro de la Región Hidrológica 15 (RH-15), denominada "Costa de Jalisco". Esta región se caracteriza por administrar los escurrimientos de la vertiente del Pacífico central que drenan directamente hacia el océano. Es importante señalar que, hacia su extremo oriente y sureste (en las proximidades del municipio de Armería y el Estero Palo Verde), el sistema lagunar guarda una estrecha relación hidrológica y de transición con la Región Hidrológica 16 (RH-16) "Armería-Coahuayana", la cual aporta flujos subálveos fundamentales para la dinámica hídrica de la porción sur del SAR.

IV.3.6.2 Cuenca Hidrológica

Dentro de la RH-15, el polígono del proyecto incide directamente en la Cuenca Chacala - Purificación. Esta cuenca costera se define por captar los escurrimientos pluviales de las estribaciones de la Sierra Madre del Sur en esta latitud, operando como un sistema de drenaje exorreico intermitente cuya descarga final se da en el Océano Pacífico, utilizando a los humedales costeros como vasos reguladores previos a la desembocadura.

IV.3.6.3 Subcuenca Hidrológica

A nivel de subcuenca, la totalidad del cuerpo de agua y sus márgenes de escurrimiento conforman la Subcuenca Laguna de Cuyutlán. Este es el nivel de gestión hidrológica más representativo para el SAR. La subcuenca opera como un gran sumidero topográfico con una superficie de captación propia. Se caracteriza por un relieve de llanura salina y un cuerpo léntico (lagunar) dividido en cuatro vasos (I, II, III y IV). La dinámica de esta subcuenca es particular, ya que los aportes de agua dulce provienen principalmente de las precipitaciones estacionales y del flujo subterráneo, mientras que el intercambio de agua marina ocurre de forma controlada y natural a través del Canal de Ventanas y el Canal de Tepalcates.

La subcuenca en donde se encuentra la Laguna de Cuyutlán es aquella que lleva su nombre (), con una superficie aproximada de 973 a 1200 km^2 (varía de acuerdo con los criterios de delimitación), con una altitud que oscila entre 1,227 al noreste de la cuenca y 0 m.s.n.m. en la costa del Océano Pacífico, abarca parcialmente los municipios de Manzanillo y Armería. Se extiende entre los paralelos 19° 14' 38.40" y 18° 52' 05.29" de latitud norte y 103° 58' 39.51" y 104° 29' 51.95 latitud oeste (INEGI, 2019). Cabe mencionar que INEGI tiene catalogada a esta subcuenca como cuenca R. Marabasco B, y CONAGUA la reasigna como una subcuenca con el nombre de Laguna de Cuyutlán.

La subcuenca presenta una forma alargada en dirección a la laguna de Cuyutlán, es clasificada como de tipo exorreica, ya que desemboca sus aguas hacia el océano Pacífico. Las principales corrientes perennes son El Zacate y el río Chandiablo o Santiago, presentan un flujo que va de permanente a intermitente la mayor parte del año y, en temporada de lluvias, suele llevar un caudal continuo hasta el mar (INEGI,2019).

Los cauces denominados Las Compuertas, Galindo, El Centinela, Punta de Agua, Rancho Viejo, Milpillas, Agua Blanca, El Salto, Paseo del Muerto y San José, presentan un régimen intermitente (CONAGUA, 2015; INEGI, 2019).

De acuerdo con los reportes existentes, los aportes actuales a la laguna de agua dulce son pocos comparados con los ingresos de agua salada durante todo el año. Los aportes de agua dulce suceden principalmente durante la época de lluvias. Un ejemplo son los aportes del río Armería, cuando hay avenidas, sus aguas inundan un área al noroeste de su boca y entran a la Laguna Cuyutlán a través del Estero Palo Verde (Saunders y Saunders 1981, Contreras 1985 en Mellink, E., & Riojas-López, M., 2007). Se ha argumentado que antiguamente el Río Armería entraba al lado Este de la laguna, pero que la acumulación de sedimentos ha re -orientado la salida directamente hacía el mar (Ignacio y Bautista-Matute 1861, Saunders y Saunders 1981), aunque los mapas disponibles no apoyan esta aseveración. Se ha sugerido también que el filtrado de agua del Río Armería puede alimentar el vaso IV (Saunders and Saunders 1981).

CONSULTA PÚBLICA

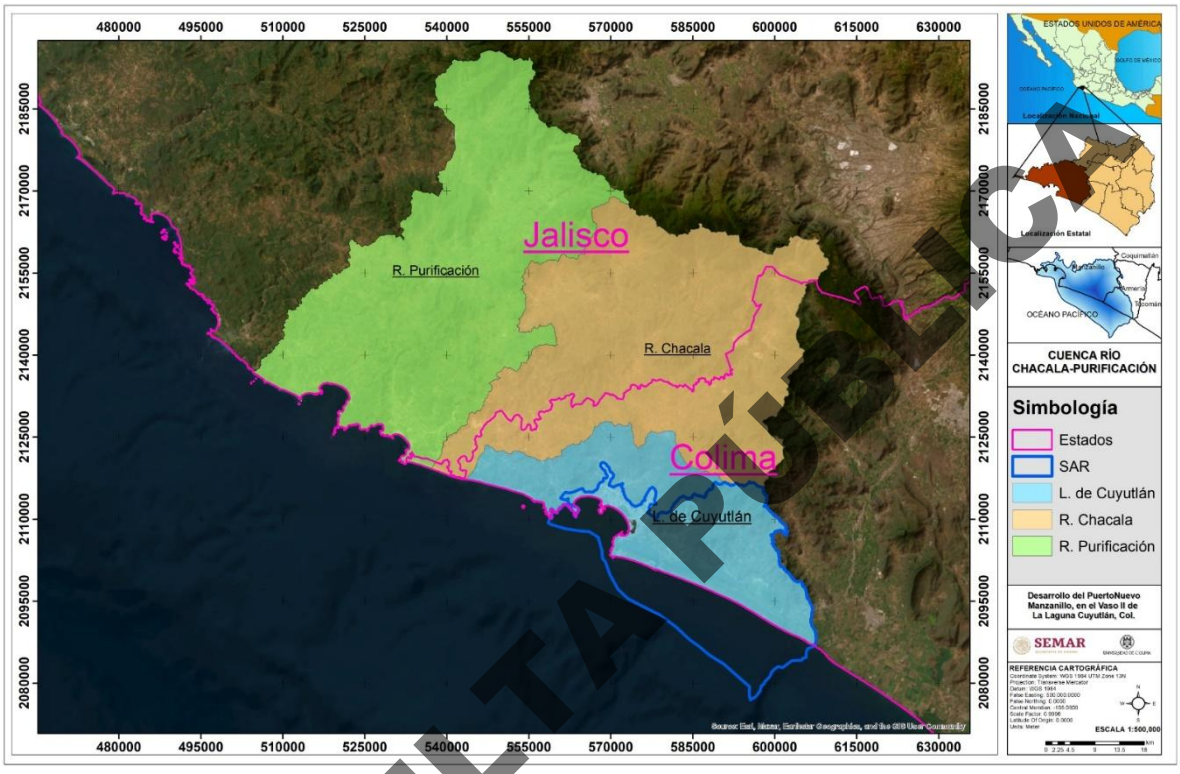


Figura IV. 33 Subcuenca Laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.6.4 Acuíferos

La distribución de los acuíferos que forman parte del SAR es la siguiente:

El acuífero Venustiano Carranza ocupa el 40.7%. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, es catalogado por CONAGUA como un acuífero de tipo libre constituido por materiales granulares que forman depósitos aluviales, con un espesor variable de entre 80 a 120 m, de norte a sur respectivamente. La recarga de este acuífero es generada por los escurrimientos existentes en las sierras que envuelven la zona y de los arroyos del Salto y Agua Blanca, así como de la precipitación en el valle. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 37.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 17.0 hm³/año. El volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a 17,750,750 m³ anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de 2.249250 hm³/año, lo que indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de 2,249,250 m³ anuales.

El acuífero Colomo ocupa el 35.9%. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, el Colomo es catalogado como de tipo libre, formado principalmente por depósitos aluviales, conformados por gravas y arenas de diferente tipo, con un espesor variable, de norte a sur, de 80 a 120 m, y por rocas ígneas intrusivas impermeables. La recarga principal de este acuífero proviene de los escurrimientos de las sierras que lo rodean, del arroyo las Juntas y de la precipitación en el valle. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 43.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 18.0 hm³/año. El volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a 18,662,527 m³ anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de 6.337473 hm³/año, lo que indica la existencia de volumen disponible para nuevas concesiones.

El acuífero Jalipa-Tapeixtles ocupa el 11.6% de superficie en el SAR. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, el acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico, con condiciones locales de semiconfinamiento asociadas a la presencia de lentes lacustres. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 10.8 hm³ anuales, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 3.0 hm³ anuales. El volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a 9,158,491 m³ anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de -1.358491 hm³/año, lo que indica la inexistencia de volumen disponible para nuevas concesiones y la presencia de un déficit anual del orden de 1,358,491 m³.

El acuífero Armería-Tecomán-Periquillos ocupa el 10.6%. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, el drenaje principal está constituido por corrientes que fluyen desde las zonas montañosas hacia el Océano Pacífico. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 230.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 20.0 hm³/año. El volumen de extracción de aguas asciende a 211,097,459 m³/año. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de -1.097459 hm³/año, lo que indica la inexistencia de volumen disponible para nuevas concesiones y la presencia de un déficit anual del orden de 1.1 hm³.

Los acuíferos anteriores son representativos de la zona, ya que interactúan directamente con la Laguna de Cuyutlán en cada uno de sus vasos.

El acuífero Santiago-Salagua ocupa el 6.1% del SAR. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, es de tipo libre, ya que no existe confinamiento de los materiales granulares, los cuales están formados por sedimentos aluviales del Reciente: grava, arenas, arcillas, boleos y conglomerados que en conjunto presentan una gran permeabilidad hidráulica que facilita la infiltración vertical de los volúmenes precipitados en el área.

El acuífero La Central-Peña Blanca ocupa el 5.7%, con estado actual de disponibilidad y subexplotado, y el acuífero de Minatitlán ocupa el 0.01%, también con estado actual de disponibilidad y subexplotado.

Según el estudio hidrogeológico, el aporte de los acuíferos a la Laguna de Cuyutlán es el siguiente: para el vaso II drenan del acuífero Colomo 0.52 m³/s, y para el vaso III, 0.21 m³/s. Del acuífero Venustiano Carranza, hacia el vaso III el gasto es de 0.45 m³/s y hacia el vaso IV es de 0.42 m³/s.

Dentro del SAR se encuentra la Laguna de Cuyutlán, que es un sistema lagunar costero segmentado en cuatro secciones denominadas vaso I, vaso II, vaso III y vaso IV, separados por infraestructura humana que condiciona el flujo de agua interno. Los acuíferos, cauces, microcuencas y sistema lagunar se muestran en la Figura VII.12.

CONSULTA PÚBLICA

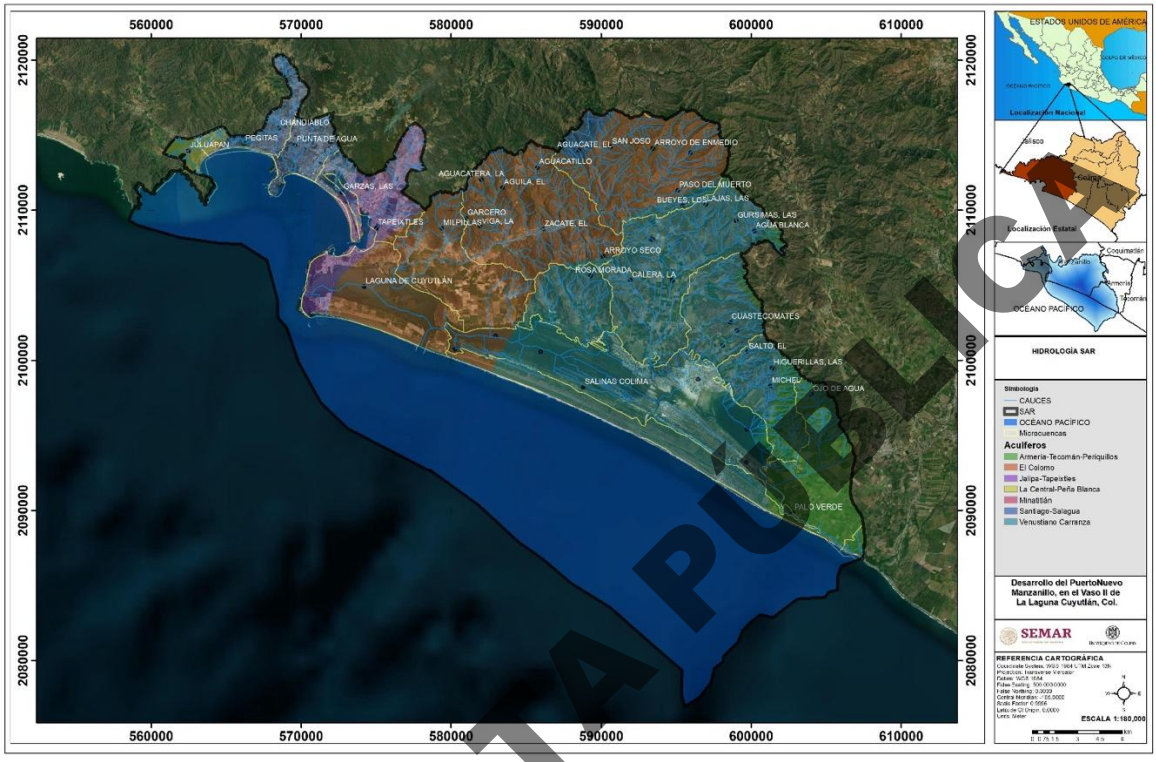


Figura IV. 34 Cauces, microcuencas y acuíferos en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO).

IV.3.6.5 Microcuencas y Red de Drenaje Local

A nivel de microcuencas, la Subcuenca Laguna de Cuyutlán está alimentada por una red de drenaje dendrítica de primer y segundo orden, constituida por escurrimientos superficiales que bajan desde la Sierra de Manzanillo y el Cerro del Toro. Estas microcuencas (como las correspondientes a los arroyos Punta de Agua, Tapeixtles, Salagua y otros escurrimientos intermitentes locales) son de respuesta rápida y torrencial.

Durante la temporada de estiaje, los cauces de estas microcuencas permanecen secos; sin embargo, durante la temporada de lluvias o ante la presencia de ciclones tropicales, se activan arrastrando importantes volúmenes de agua dulce, sedimentos y materia orgánica hacia los distintos vasos de la laguna. Esta aportación a nivel microcuenca es el motor principal que regula los pulsos de salinidad al interior del sistema lagunar y contribuye al paulatino asolvamiento de sus márgenes.

El SAR está conformado por diferentes microcuencas con algunas de ellas con influencia directa o aporte de agua a la laguna de Cuyutlán y otras que influyen de manera indirecta (Figura IV. 35). En la se muestra la superfice que cubren en el SAR cada una de las microcuencas.

CONSULTA PÚBLICA

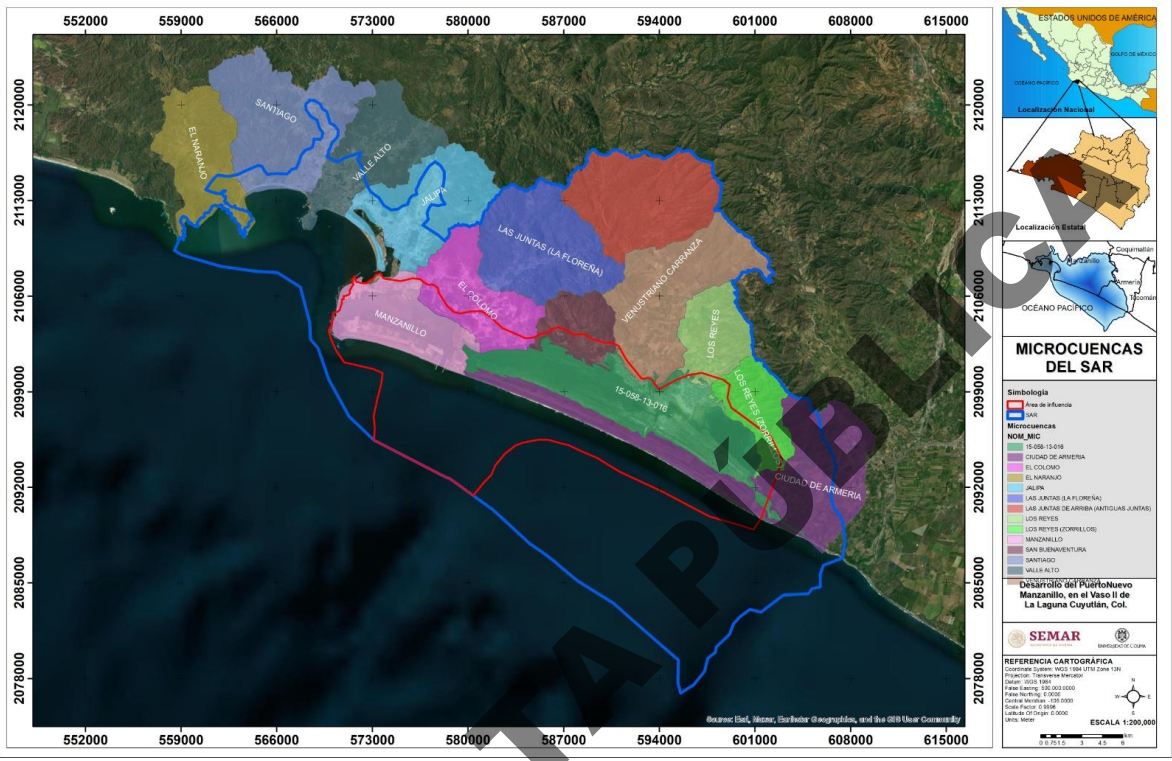


Figura IV. 35 Microcuencas presentes en el SAR.

Tabla IV. 8 Cobertura de las microcuencas en el área del SAR.

		Superficie Total (ha)	Superficie en el SAR (ha)	% de cobertura del SAR
	SAR	99,676.20	99,676.20	100
	Subcuenca Laguna de Cuyutlán	97,238.20	57,698.60	57.9
Microcuencas	15-058-13-016	8,090.75	8,090.75	8.1
	Venustriano Carranza	6,901.44	6,851.99	6.9
	Ciudad De Armeria	8,910.96	6,727.68	6.7
	Las Juntas De Arriba (Antiguas Juntas)	6,524.47	6,505.39	6.5
	Las Juntas (La Floreña)	6,497.80	6,494.64	6.5
	El Colomo	4,386.31	4,385.89	4.4
	Manzanillo	4,339.65	4,339.64	4.4
	Los Reyes	2,935.73	2,918.40	2.9
	Los Reyes (Zorrillos)	2,766.87	2,763.57	2.8
	Jalipa	5,650.85	2,734.30	2.7

CONSULTA PÚBLICA

	San Buenaventura	2,351.26	2,351.26	2.4
	Santiago	7,578.91	1,552.43	1.6
	Valle Alto	4,922.61	1,352.02	1.4
	El Naranjo	4,817.13	603.82	0.6
	Camotlan De Miraflores	9,231.41	75.51	0.1
	San Jose De Lumber	9,223.69	63.03	0.1

A continuación, se describen brevemente cada una de las microcuencas presentes en el área del SAR:

- Microcuenca 15-058-13-016: Corresponde a un área de drenaje codificada bajo el sistema oficial de la CONAGUA/INEGI. Generalmente, estas claves representan áreas de escurrimientos laminares o de cauces menores intermitentes de primer orden que drenan directamente hacia la planicie costera y los vasos reguladores, aportando volúmenes hídricos estacionales.
- Venustiano Carranza: Ubicada hacia el sector sureste del SAR, esta microcuenca se asienta sobre terrenos de transición entre lomeríos suaves y la llanura. Sus escurrimientos recogen aportes pluviales y arrastres derivados de actividades agropecuarias locales, descargando hacia las porciones orientales de la laguna (Vaso III y IV).
- Ciudad de Armería: Se ubica en el límite oriental del SAR, colindando con la llanura de inundación del Río Armería. Su red de drenaje está influenciada tanto por la mancha urbana como por las extensas zonas agrícolas colindantes. Es una zona de vital importancia para la recarga del acuífero somero y la aportación de flujos subálveos hacia la laguna.
- Las Juntas de Arriba (Antiguas Juntas): Constituye una microcuenca de captación media-alta con pendientes pronunciadas. Alberga escurrimientos de respuesta rápida que descienden de la zona serrana, funcionando como un área primaria para el arrastre natural de sedimentos y material pétreo debido a la erosión hídrica.
- Las Juntas (La Floreña): Funciona como la zona de tránsito y deposición inicial de la microcuenca anterior. Se ubica en el piedemonte, donde los arroyos disminuyen su velocidad, lo que favorece la infiltración hacia el acuífero y el depósito de sedimentos gruesos antes de que el agua alcance la planicie salina.
- El Colomo: Esta microcuenca se sitúa al oriente de Manzanillo y presenta un alto grado de antropización debido al desarrollo urbano e industrial. Su red de drenaje natural ha sido fuertemente modificada, encauzando escurrimientos pluviales que arrastran aportes urbanos directamente hacia los vasos medios de la Laguna de Cuyutlán.
- Manzanillo: Es la microcuenca con mayor alteración humana del SAR, abarcando el núcleo urbano y portuario principal. Su hidrología superficial está casi enteramente pavimentada y canalizada, generando escurrimientos de muy alta velocidad durante tormentas, los cuales descargan principalmente en la zona del Vaso I y el Canal de Ventanas.

CONSULTA PÚBLICA

- Los Reyes: Microcuenca de captación ubicada en las estribaciones montañosas del norte. Mantiene una cobertura vegetal más conservada, lo que le otorga un papel fundamental en la retención de suelos y la recarga de mantos acuíferos, aportando escurrimientos estacionales de agua dulce de buena calidad.
- Los Reyes (Zorrillos): Subcuenca adyacente o sub-ramal de Los Reyes, con características topográficas similares (relieve accidentado). Sus flujos torrenciales durante la época de ciclones tropicales son determinantes para inyectar agua dulce y regular la salinidad en las partes medias de la cuenca lagunar.
- Jalipa: Localizada al norte del puerto, es una microcuenca críticamente presionada por la logística portuaria, patios de contenedores y tránsito de carga pesada. Sus escurrimientos (frecuentemente asociados al arroyo Punta de Agua y Tapeixtles) son canalizados hacia la laguna, arrastrando considerables volúmenes de azolve y partículas provenientes de la actividad industrial.
- San Buenaventura: Situada en un área de lomeríos bajos cercanos a la costa. Su red de drenaje es corta e intermitente. Actúa como una zona de escurrimiento de transición donde la influencia antrópica se mezcla con remanentes de selva baja caducifolia, drenando hacia la porción noroccidente del sistema lagunar.
- Santiago: Abarca una importante zona comercial, habitacional y turística en la bahía gemela a Manzanillo. Aunque parte de su drenaje desemboca directamente al mar, sus ramales orientales y aguas subterráneas interactúan hidrológicamente con las tierras bajas del inicio del cordón litoral y el estero.
- Valle Alto: Microcuenca de llanura y lomeríos suaves, fuertemente vinculada al crecimiento periurbano de Manzanillo. Sus cauces naturales han sido parcialmente integrados a la infraestructura de drenaje pluvial, aportando flujos intermitentes que descienden hacia la planicie estuarina.
- El Naranjo: Localizada en la porción norte-noroeste del SAR, esta microcuenca es una zona de captación relevante en el piedemonte de la Sierra. Alterna áreas agrícolas, pastizales y vegetación secundaria. Sus arroyos tributan volúmenes significativos de agua dulce y sedimentos finos hacia la red hídrica inferior.
- Camotlán de Miraflores: Ubicada en la zona serrana alta del SAR (Sierra de Manzanillo). Es una microcuenca estratégica para el ciclo hidrológico regional debido a sus altas tasas de precipitación orográfica, densa cobertura forestal y su rol como una de las principales zonas de infiltración profunda y nacimiento de arroyos.
- San José de Lumber: Al igual que Camotlán, es una microcuenca de cabecera localizada en las partes de mayor elevación y pendientes más abruptas. Su dinámica hidrológica es fundamentalmente natural, generando flujos prístinos que alimentan los cauces principales que eventualmente descienden hasta la Laguna de Cuyutlán, representando el límite superior de la influencia hidrográfica del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.7 Hidrogeología

IV.3.7.1 Usos del agua subterránea

Cuando CONAGUA publica información por acuífero, lo hace dentro de los estudios de disponibilidad. Ahí aparece el volumen de extracción calculado con base en los títulos del REPDA, a continuación, se muestran los diferentes usos de los dos acuíferos principales que tienen influencia en la Laguna Cuyutlán.

IV.3.7.1.1 Acuífero Venustiano Carranza

En el acuífero Venustiano Carranza se presentan siete tipos de uso del agua, que corresponden con los usos de acuacultura, agrícola, doméstico, pecuario, público urbano, servicios y diferentes usos. De ellos, el uso agrícola ocupa el volumen de agua más alto, de aproximadamente 15,000,000 m^3, lo que es muy contrastante con respecto a los otros usos, cuyos volúmenes son inferiores a 1,000,000 m^3, excepto para la categoría diferentes usos, cuyo volumen ronda los 1,292,417 m^3 (Figura IV. 36). En el caso de las categorías: doméstico, pecuario y servicios, sus barras son no se visualizan, ya que rondan los 8,046 m^3, 13,676 m^3 y 28,820 m^3, respectivamente, pese a que en esas categorías existen más registros que para acuacultura, con sólo dos registros y un volumen de uso de agua mayor a las tres categorías mencionadas, el volumen ocupado por la acuacultura es de 320,000 m^3 (Figura IV. 36).

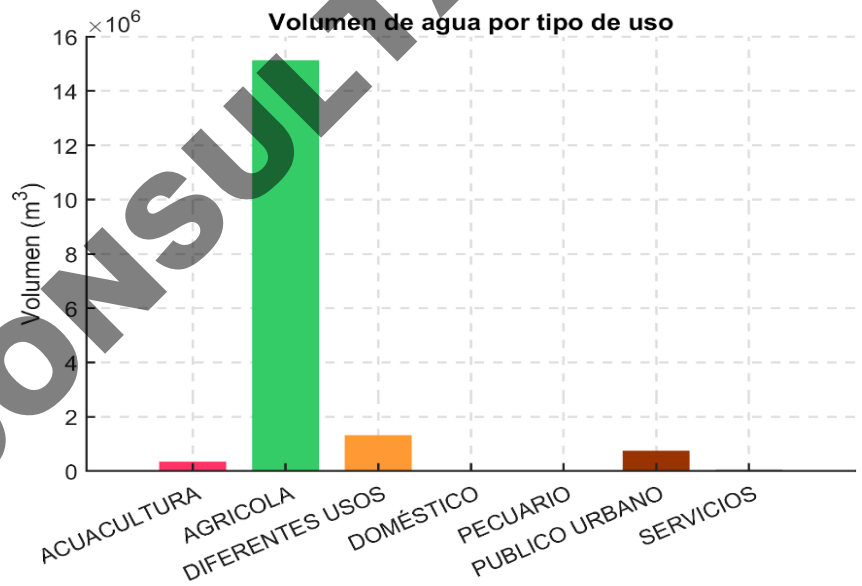


Figura IV. 36. Volumen de agua por tipo de uso para el acuífero Venustiano Carranza.

De los volúmenes mencionados anteriormente, su equivalencia porcentual corresponde al 86.4% para el uso agrícola, al que le sigue la categoría diferentes usos con un 7.4% del total de agua usada en el acuífero Venustiano Carranza. El tercer lugar es para el uso público urbano con 4.1%, posteriormente la acuacultura con

CONSULTA PÚBLICA

un 1.8% y con porcentajes muy poco considerables, se encuentran los usos para servicios con casi 0.2%, pecuario con 0.07% y doméstico con 0.04% (Figura IV. 37).

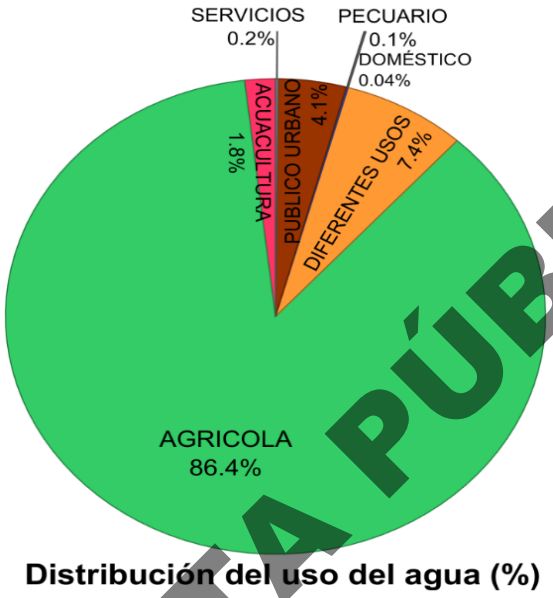


Figura IV. 37 Porcentajes del uso de agua para el acuífero Venustiano Carranza.

El análisis espacial de los aprovechamientos registrados en el REPDA permite identificar un patrón claro de explotación del agua subterránea. La mayor densidad de pozos se concentra en las zonas agrícolas ubicadas al norte de los vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán, lo que sugiere que el acuífero es explotado principalmente en las áreas de mayor desarrollo agrícola.

En contraste, en la franja costera inmediata a la laguna predominan concesiones de bajo volumen, lo que indica que la explotación directa en el entorno inmediato del sistema lagunar es relativamente limitada. Esta condición es relevante desde el punto de vista hidrogeológico, ya que reduce la probabilidad de que el bombeo genere gradientes hidráulicos que favorezcan la intrusión marina o la inversión del flujo subterráneo hacia el interior del continente.

No obstante, la presencia de aprovechamientos en las zonas de transición entre las laderas montañosas y la planicie costera puede modificar localmente el régimen piezométrico del acuífero, generando conos de abatimiento que alteren la dirección natural del flujo subterráneo.

IV.3.7.1.2 Acuífero El Colomo

En el acuífero El Colomo existen ocho usos de agua, siendo el industrial el uso extra a los presentes en el acuífero Venustiano Carranza. Aunque solo se presenta un registro para uso industrial, el volumen de agua

CONSULTA PÚBLICA

concesionado es mayor que al de uso doméstico, que tiene 16 registros en el acuífero y alcanza los 11,760 m^3 y es superado por el industrial con 46,240 m^3 (Figura IV. 38).

De igual manera que en el acuífero Venustiano Carranza, el uso agrícola es el que más volumen de agua ocupa con aproximadamente 11,500,000 m^3 (Figura IV. 38). En segundo lugar, se encuentra la categoría diferentes usos con 5,675,000 m^3 aproximadamente (Figura IV. 38).

Los otros seis usos restantes tienen volúmenes muy inferiores a los mencionados anteriormente, por debajo de los 2,000,000 m^3; ocupando el tercer lugar el uso público urbano con un volumen de 1,344,843 m^3 (Figura IV. 38).

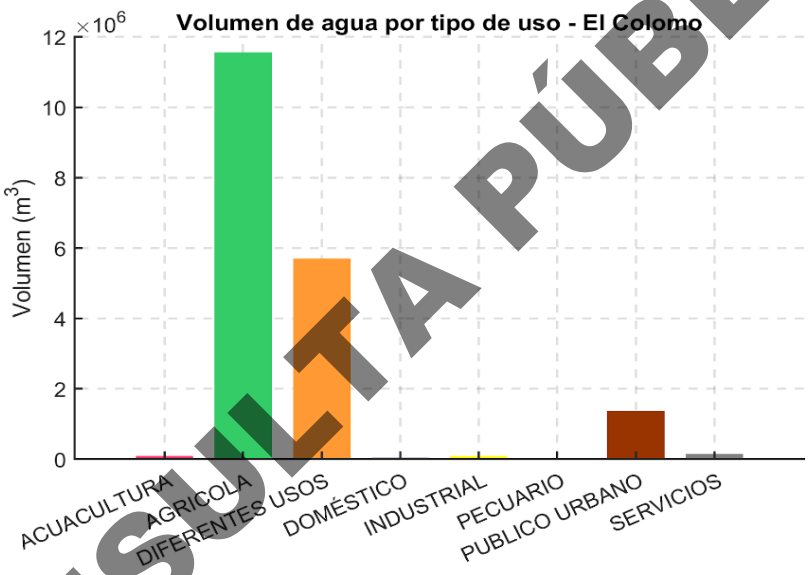


Figura IV. 38. Distribución porcentual de los usos de agua para el acuífero El Colomo.

La distribución porcentual de los volúmenes de uso de agua en el acuífero es la siguiente: el 61.3% corresponde al uso agrícola, el 30.2% es representado por diferentes usos, un 7.1% es de uso público urbano y el restante 1.4% se distribuye entre los usos doméstico y pecuario, ambas con ~ 0.1%, el industrial con ~ 0.3%, la acuacultura con ~ 0.4% y los servicios con ~ 0.6% (Figura IV. 39).

CONSULTA PÚBLICA

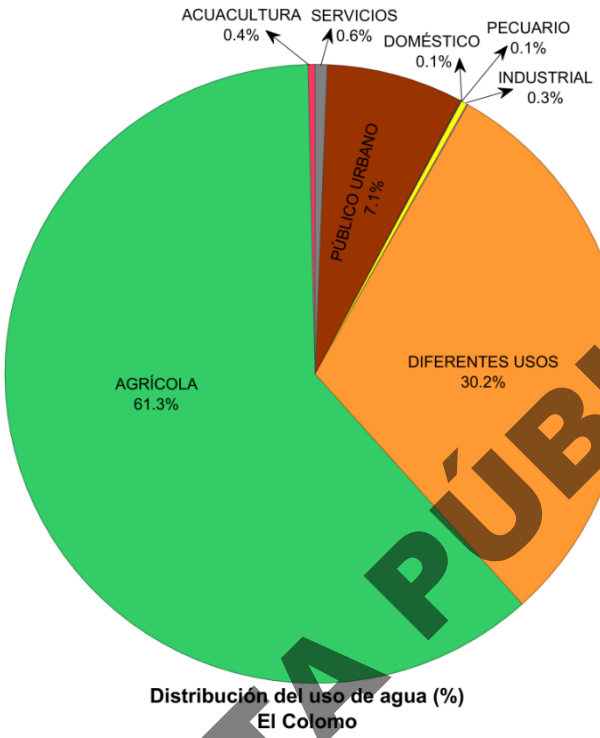


Figura IV. 39. Porcentajes del uso de agua en el acuífero El Colomo.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.7.2 Análisis hidrogeoquímico de información disponible

La información Hidrogeoquímica presentada en esta sección se obtuvo de las bases de datos de INEGI, que corresponden a los años 1979, 2015 y 2021 (anexo-tabla A1). Dentro del acuífero de El Colomo se encuentran tres sitios con datos de muestreo histórico, dos en la parte norte de la planicie, que son para uso público urbano y doméstico con riego, y el otro al oeste es para uso doméstico (Figura IV. 40). En el acuífero Venustiano Carranza se ubican cuatro registros dos muy cerca del límite con los vasos tres y cuatro, destinados a uso doméstico y riego para el sitio al oeste del acuífero y el de lado este sólo para uso doméstico (Figura IV. 40). Los otros dos se encuentran en la parte norte del acuífero que corresponde al uso doméstico y de abrevadero y el último de lado oeste del acuífero en el piedemonte de la sierra es de uso público urbano (Figura IV. 40).

En la planicie del acuífero de Armería, se ubican 12 sitios más principalmente entre los municipios de Tecomán y Ciudad de Armería, la mayoría de ellos son de uso público urbano a excepción de tres registros, dos muy cerca del mar, en la línea costera, destinados a uso doméstico y el otro más cerca de la laguna 'Amela' de uso agrícola (Figura IV. 40).

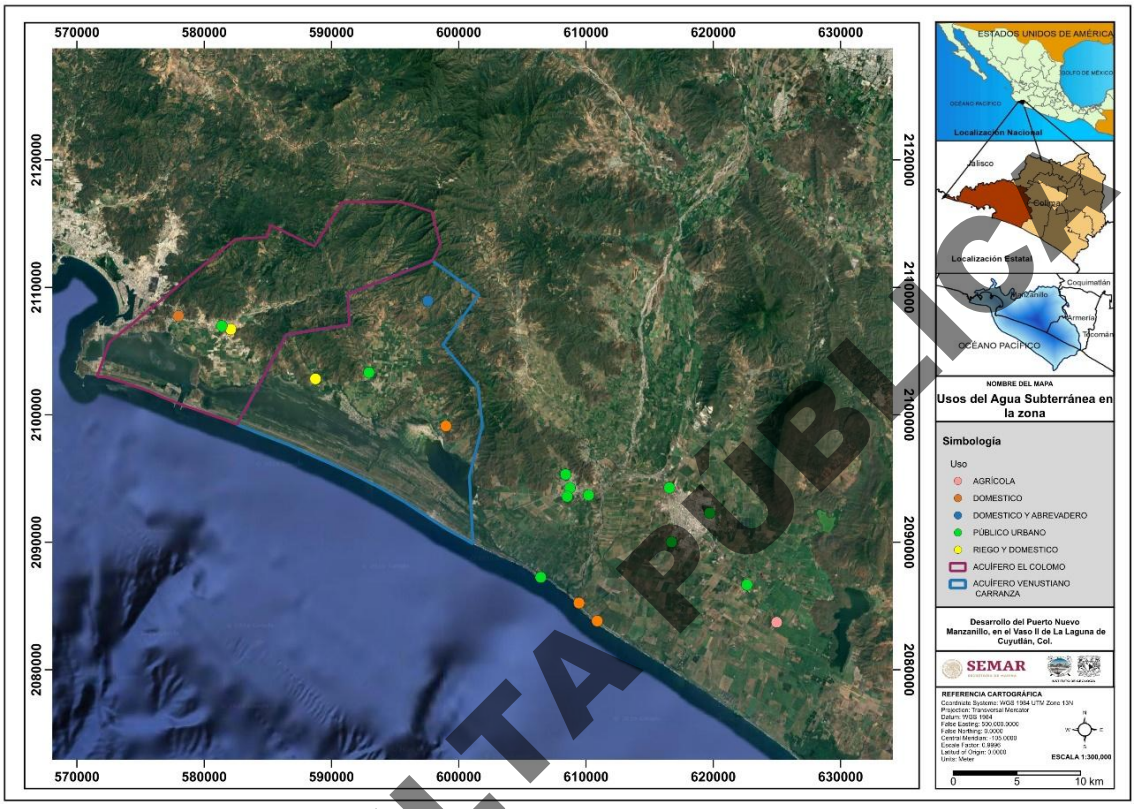


Figura IV. 40. Ubicación y usos de la base de datos histórica del INEGI sobre el agua subterránea.

A continuación, se abordarán las distribuciones de las concentraciones de las especies iónicas reportadas para el registro histórico sobre el agua subterránea en la región.

Los cationes, el **calcio** (Ca^{2+}) tiene concentraciones muy bajas respecto a la Norma (500 mg/L es el límite permisible de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2021 de carbonatos) en los dos acuíferos de interés, sin embargo, en El Colomo el rango de concentraciones está entre los 24 y 98 mg/L distribuidos en los límites del área de planicie al oeste y norte de ella (Figura IV. 41.

En el acuífero de Venustiano Carranza son ligeramente mayores al oeste del acuífero, por encima del vaso cuatro, que presenta un rango entre los 98 a 140 mg/L de Ca^{2+}. Los sitios en la zona oeste del acuífero se encuentran en el rango de 57 a 98 mg/L, mientras el punto al norte presenta el rango más chico de 24 a 57 mg/L (Figura IV. 41).

En el cuadrante este de los acuíferos, se encuentran las concentraciones más altas de este catión, de lado oeste al pie de monte de la sierra se encuentran concentraciones entre los 98 mg/L a los 200 mg/L (Figura IV. 41). En el municipio de Tecomán las concentraciones rondan los 98 mg/L hasta los 140 mg/L (Figura IV. 41). Más al oeste hacia los límites con la laguna Amela se encuentra la concentración más alta en el rango de los 200 mg/L a los 323 mg/L (Figura IV. 41).

CONSULTA PÚBLICA

Los sitios más cercanos a la línea de costa presentan concentraciones bajas de Ca^{2+} que varían entre los 57 mg/L y los 98 mg/L (Figura IV. 41).

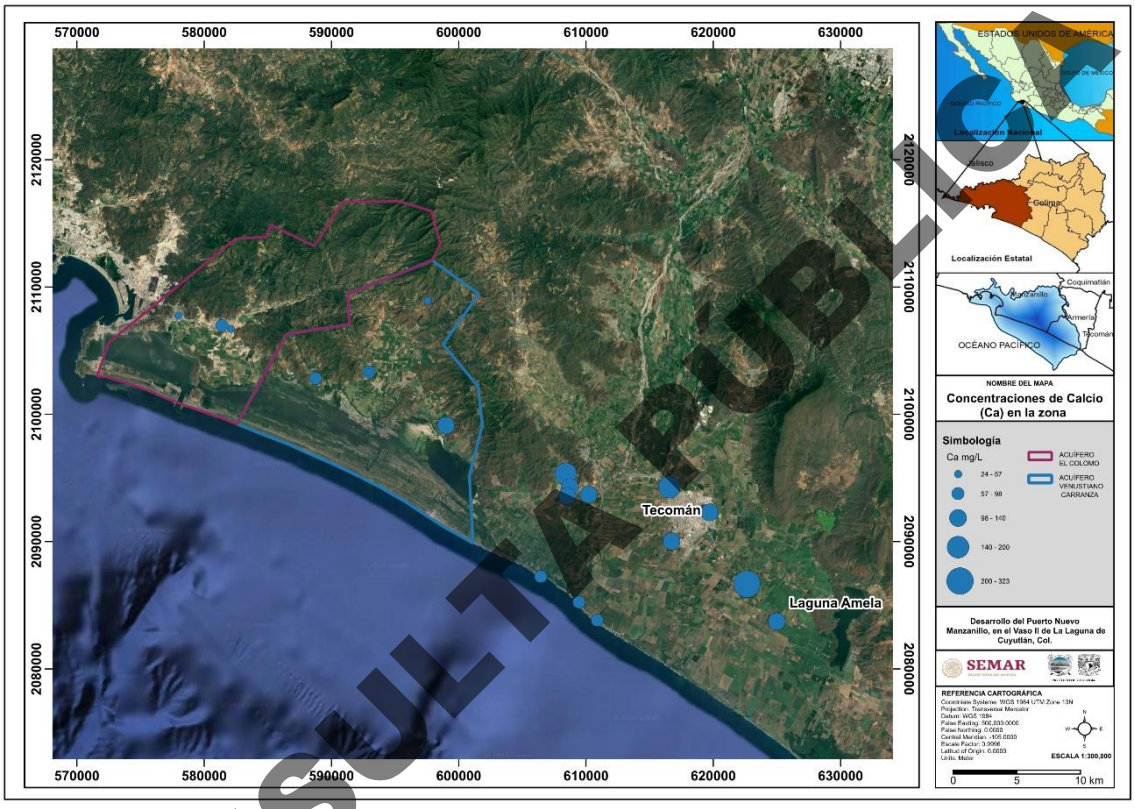


Figura IV. 41. Distribución graduada de las concentraciones de Ca^{2+} de la base de datos INEGI.

En cuanto al **magnesio** (Mg^{2+}) de los tres sitios ubicados en el acuífero El Colomo nuevamente el que está al oeste es el que presenta una concentración más alta entre los 33 mg/L y los 47 mg/L, mientras los que están al norte de la planicie tienen las concentraciones más bajas de 15 a 18.6 mg/L y el otro entre los 18.6 mg/L y los 33 mg/L (Figura IV. 42). La norma mexicana vigente, NOM-127-SSA1-2021, no establece un límite máximo específico únicamente para el magnesio en su lista de características químicas, sin embargo, el magnesio está regulado indirectamente a través del parámetro de Dureza Total

De igual manera para el acuífero Venustiano Carranza los sitios en los extremos oeste y este presentan las concentraciones más altas en un rango de los 33 a los 47 mg/L para el del oeste y el otro entre los 47 y los 71 mg/L. El sitio al norte del acuífero tiene la concentración más baja del rango entre los 15 y 18.6 mg/L (Figura IV. 42).

De manera similar a la distribución del Ca^{2+} en el cuadrante este de los acuíferos se encuentran las concentraciones más altas para el Mg^{2+}, en el lado oeste se encuentran concentraciones que rondan de los 33

CONSULTA PÚBLICA

a 47 mg/L y de los 47 a los 71 mg/L para el sitio más cercano al piedemonte de la sierra. Los que se ubican en el municipio de Tecomán rondan el rango entre los 33 y 47 mg/L (Figura IV. 42). El sitio al oeste del municipio Tecomán tiene la concentración más alta que es de 102.8 mg/L, mientras en la línea costera dos de los tres sitios presentan concentraciones bajas de entre los 15 a 18.6 mg/L y el otro se encuentra entre los 33 y 47 mg/L (Figura IV. 42).

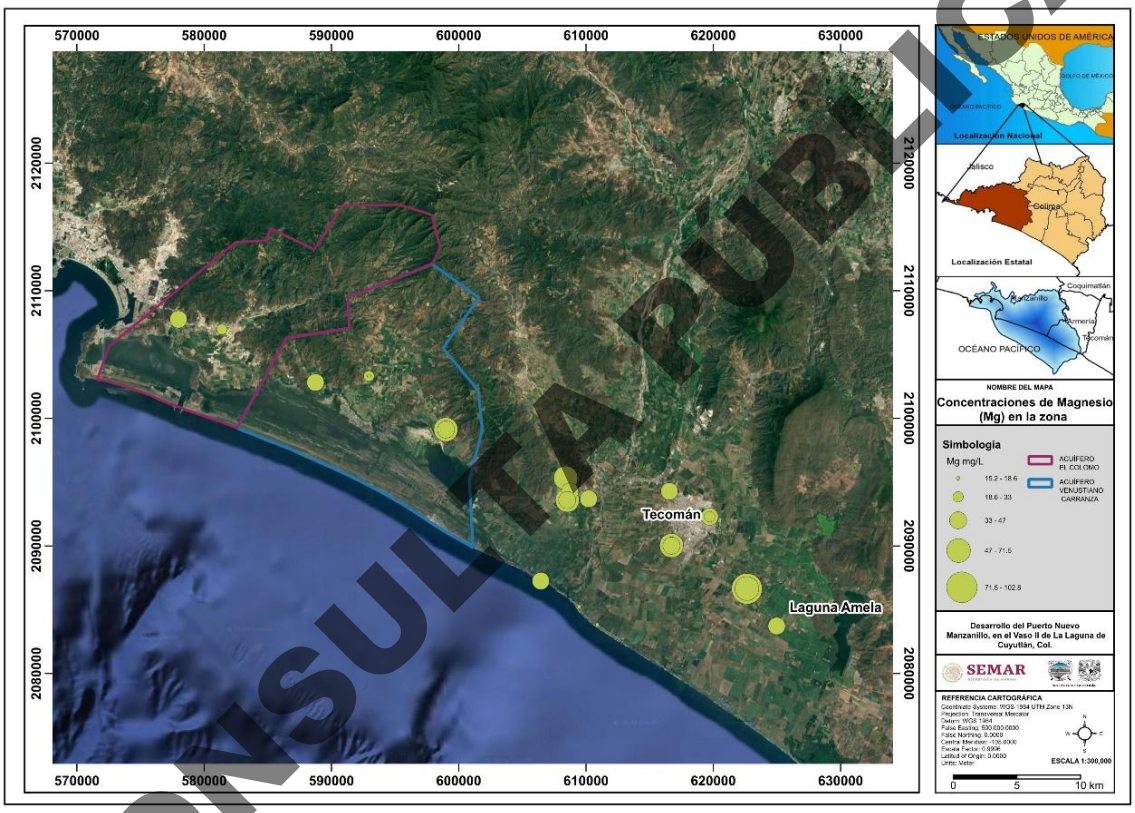


Figura IV. 42. Distribución graduada de las concentraciones de Mg^{2+} de la base de datos INEGI.

El comportamiento del **sodio** (Na^{+}) para el acuífero El Colomo es bastante similar al del Mg2+, ya que el sitio al oeste de la planicie es nuevamente el que presenta la concentración más alta de 77.3 mg/L, mientras los otros tres restantes al norte de la planicie tienen concentraciones muy bajas de 15 mg/L y los otros dos de 37 mg/L y 55 mg/L (Figura IV. 43). En el acuífero Venustiano Carranza las concentraciones son más bajas respecto al Mg^{2+} y Ca^{2+}, distribuyéndose de lado oeste los puntos con valores bajos de Na^{+}, de sur a centro tenemos concentraciones de 35 mg/L y 44 mg/L. El punto al norte nuevamente tiene la concentración más baja en este acuífero que es de 21 mg/L. Igual que los cationes anteriores los sitios al este del acuífero tiene la concentración más alta de Na^{+}, que son de 76.7 mg/L y 97.3 mg/L (Figura IV. 43). El límite permisible es de 200 mg/L.

CONSULTA PÚBLICA

En el cuadrante este de los acuíferos las concentraciones son bastante homogéneas entre la mayoría de los sitios, encontrándose en el rango de los 72 mg/L y 83 mg/L. Para dos de los sitios al oeste del cuadrante entre los piedemontes de la sierra, las concentraciones son más bajas de 45.4 y 40.6 mg/L. Para el sitio más cercano a la laguna 'Amela' y dos de los ubicados en la línea de costa, las concentraciones rondan los 57 mg/L, 52 y 50 mg/L, respectivamente (Figura IV. 43). En el caso del sitio más al oeste en la línea de costa su concentración de Na^+ varía respecto un año y otro, es decir en 2015 presentó una concentración de 95.4 mg/L y para 2021 aumento a 119.7 mg/L (Figura IV. 43). Este comportamiento también se presenta en el otro sitio cercano a la laguna 'Amela' en su franco este y en el oeste con el municipio Tecomán, su concentración de Na^+ en el 2015 fue de 82.3. mg/L y para 2021 aumento a 96.9 mg/L.

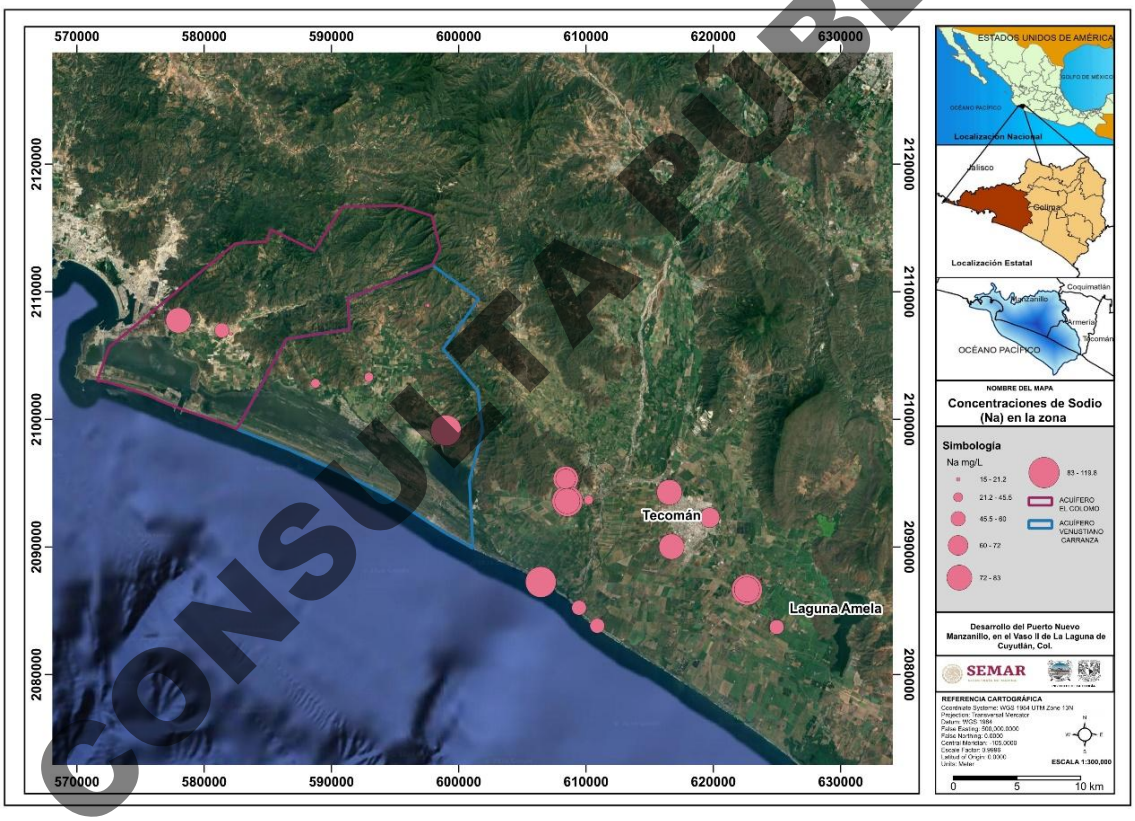


Figura IV. 43. Distribución graduada de las concentraciones de Na^+ de la base de datos INEGI.

En el caso del ion **potasio** (K^+) las concentraciones en el acuífero El Colomo son muy mínimas ubicándose en el primer rango de 1.6 mg/L a 4 mg/L (no hay límite permisible en la NOM ya que no se considera un elemento toxico). Únicamente uno de los sitios al norte de la planicie presenta concentraciones para los años 1979 y 2021, que son de 2.3 mg/L y 5 mg/L, respectivamente (Figura IV. 44).

CONSULTA PÚBLICA

De los cationes el K^+ es el que presenta las concentraciones más bajas en la zona, debido a su baja disponibilidad en el medio geológico ((Figura IV. 44). En el acuífero Venustiano Carranza las concentraciones en los extremos sur y norte del lado oeste son las más bajas, entre los 1.6 mg/L y los 5 mg/L, respectivamente. Mientras el sitio en la zona centro oeste del acuífero presenta, contrario al comportamiento de los cationes anteriores, una disminución en su contenido de K^+ de 2015 a 2021 pasando de 7.8 mg/L a 3.7 mg/L, en los años indicados ((Figura IV. 44). El sitio al este del acuífero también tiene registro para los años 2015 y 2021, aunque el comportamiento es de aumento pasando de 2 mg/L a 7 mg/L ((Figura IV. 44).

Los sitios en el cuadrante Este de los acuíferos también presentan ese comportamiento de aumento entre los registros de 2015 a 2021, los puntos al centro Oeste del cuadrante pasan de concentraciones de 1.8 mg/L y 11.5 mg/L a 7.0 mg/L y 27.2 mg/L, respectivamente para los sitios más al oeste, siendo esta región donde se encuentra la mayor concentración de este catión (Figura IV. 44). El resto de los sitios en esa región tienen concentraciones muy pequeñas de 2 mg/L y 3.5 mg/L correspondientes al 2015.

En el municipio de Tecomán las concentraciones en el 2015 rondan los 5.6 y 5.8, mientras para el 2021 son de 8.9 mg/L, 12.5 mg/L y 12.8 mg/L (Figura IV. 44). Para los dos sitios más al Este, las concentraciones cambian de valores alrededor de los 5.6 mg/L a los 12 mg/L y 13 mg/L (Figura IV. 44). De los sitios en la línea de costa los dos más hacia la parte centro del cuadrante sólo tienen registro para el 2015 que corresponde a concentraciones de 8.9 y 7.6 mg/L ((Figura IV. 44). El otro sitio más hacia el Oeste aumenta de los 7.2 mg/L a los 13.3 mg/L ((Figura IV. 44).

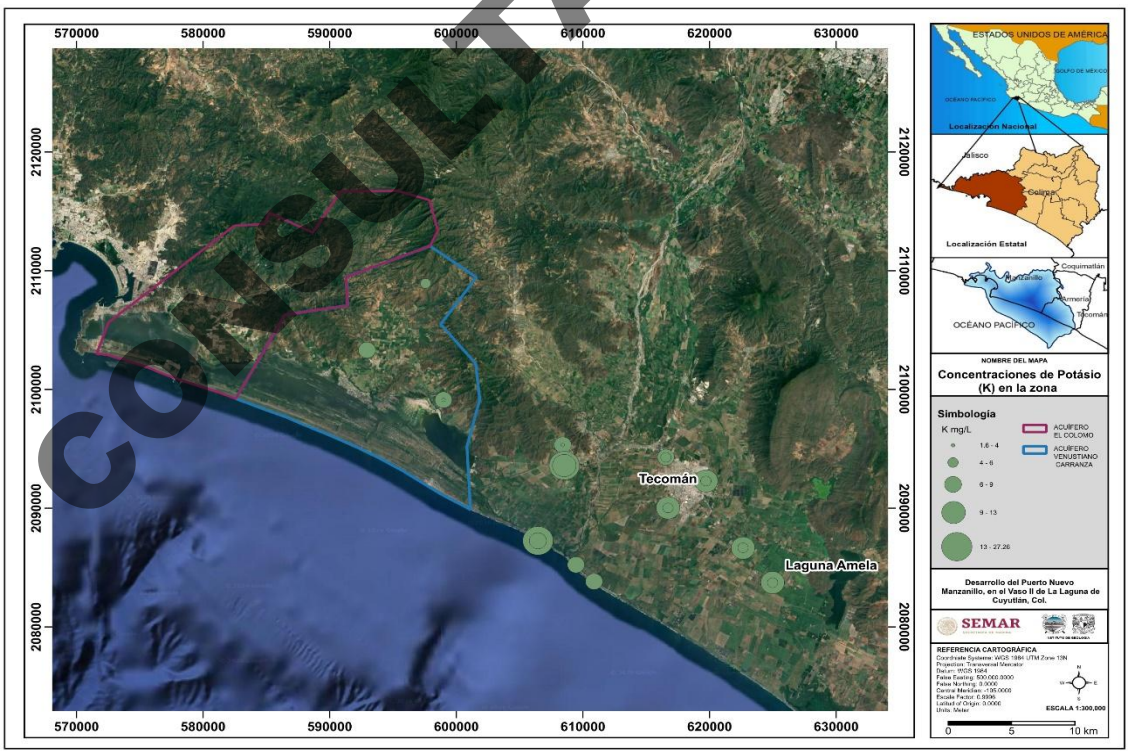


Figura IV. 44. Distribución graduada de las concentraciones de K^+ de la base de datos INEGI.

CONSULTA PÚBLICA

En cuanto a los aniones, el sulfato (SO_4^{2-}) tanto en el acuífero de El Colomo, como en el de Venustiano Carranza tiene concentraciones bajas en el rango de los 78 mg/L a los 141.5 mg/L (Figura IV. 3Figura IV. 45), la Norma establece un límite de 400 mg/L. En el caso del primer acuífero, el único punto que tiene registros para los años 2015 y 2021 se ubica en el norte de la planicie en los límites con las elevaciones del Oeste del acuífero, disminuyendo de los 118 mg/L a los 78.5 mg/L para el año más reciente (anexo-tabla A3, Figura IV. 45).

En el acuífero Venustiano Carranza los dos sitios con registros para 2015 y 2021 no varían entre esos años, sus concentraciones para el sitio al oeste son de 57.6 mg/L y los 58 mg/L para 2021, mientras el segundo punto al este del acuífero varía entre los 40 mg/L para 2015 y 43.9 mg/L para el 2021 (anexo-tabla A3, Figura IV. 45).

Los puntos al este de los acuíferos muestran cambios más significativos entre los registros de los años mencionados, además de tener concentraciones más altas a la de los acuíferos (Figura IV. 45). Para los sitios alrededor del municipio Ciudad de Armería, los valores pasan de 242.7 mg/L a 278.2 mg/L para 2021, y de 345 mg/L disminuye a 324 mg/L en el otro sitio más al noroeste del municipio (Figura IV. 45). Para los sitios ubicados en el municipio de Tecomán tampoco presentan cambios significativos entre los registros de los años mencionados encontrándose en el rango de los 186 mg/L a los 303 mg/L (Figura IV. 45).

Nuevamente, el sitio al este del municipio de Tecomán presenta las concentraciones más altas de este anión, para 2015 registro un valor de 850 mg/L y para 2021 aumenta a 954.8 mg/L, mientras el sitio a su lado este más al límite con la laguna 'Amela' varía de los 304.5 mg/L a los 269.2 mg/L (Figura IV. 46).

Finalmente, los sitios ubicados en la línea de costa no cambian casi nada entre años y sus valores se encuentran entre los 120.5 mg/L y 132.3 mg/L (Figura IV. 45).

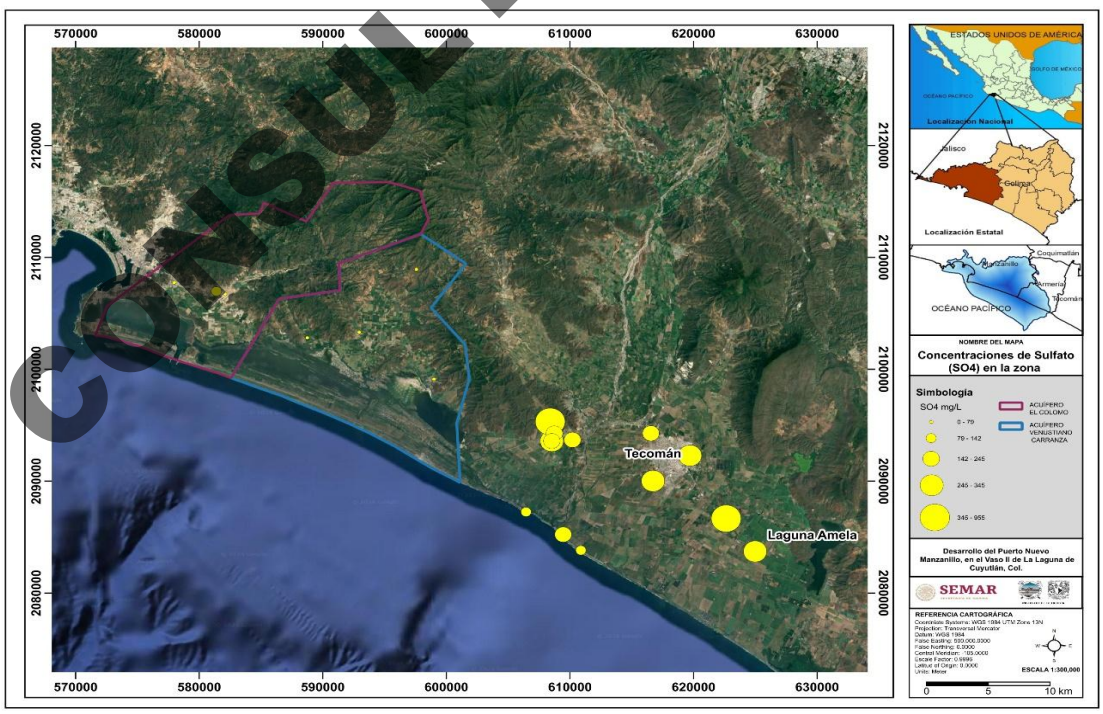


Figura IV. 45. Distribución graduada de las concentraciones de SO_4^{2-} de la base de datos INEGI.

CONSULTA PÚBLICA

Para el anión del **bicarbonato** (HCO_3^-) en el acuífero El Colomo las concentraciones van de los 212.3 mg/L a los 268.9 mg/L en el caso de los dos sitios en el extremo oeste y en la zona norte-centro de la planicie (Figura IV. 46). Mientras, para el único sitio con registros para 2015 y 2021 los valores disminuyen un poco de 234.8 mg/L a los 192.6 mg/L (anexo-tabla A3). En el acuífero Venustiano Carranza el rango de concentraciones se encuentra entre los 268.9 mg/L y los 313 mg/L y en el caso de los sitios con dos registros las concentraciones no varían tanto, aunque tienen tendencias distintas, en el sitio al este del acuífero las concentraciones disminuyeron aproximadamente 30 mg/L, de 295.3 mg/L en 2015 a 268.9 mg/L en 2021 ((anexo-tabla A3, Figura IV. 46). Y en el sitio al oeste-centro del acuífero, la concentración aumenta unos 50 mg/L, de 237.2 mg/L a 293.5 mg/L para 2021 (anexo-tabla A3, Figura IV. 46). El único sitio al norte del acuífero presenta una concentración de 207 mg/L para el año 1979.

Los sitios en el municipio Ciudad de Armería, las concentraciones de HCO_3^- están en un rango entre los 300 mg/L y 397.6 mg/L, incluyendo los registros para ambos años 2015 y 2021. En el municipio de Tecomán las concentraciones tampoco varían tanto entre un año y otro, rondando los 308.9 mg/L y llegando hasta los 356.8 mg/L (anexo-tabla A3, Figura IV. 46).

El sitio al este del municipio Tecomán se encuentra el sitio con un contraste más importante entre sus registros para 2015 y 2021, donde la concentración de HCO_3^- pasa de 234.8 mg/L a los 385.3 mg/L (anexo-tabla A3, Figura IV. 46). Mientras, en el sitio más cercano a la laguna 'Amela' la concentración de HCO_3^- también disminuye pasando de 253.9 mg/L a los 247.5 mg/L para 2021 ((anexo-tabla A3, (Figura IV. 46).

Finalmente, los sitios en la línea de costa tienen valores similares a los del acuífero El Colomo, que son relativamente pequeños, encontrándose en un rango de los 189.3 m/L hasta los 212.3 mg/L (Figura IV. 46).

CONSULTA PÚBLICA

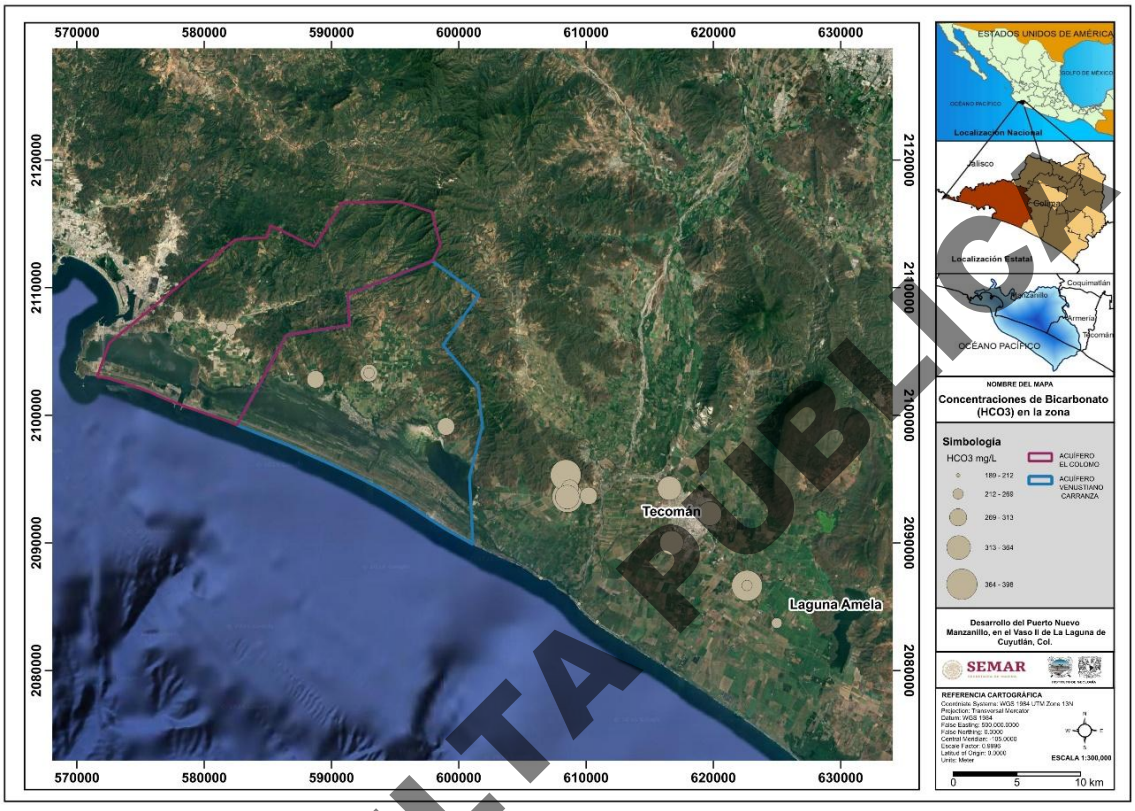


Figura IV. 46. Distribución graduada de las concentraciones de HCO_3- de la base de datos INEGI.

El anión **cloruro** (Cl^-) tiene concentraciones menores a las del HCO_3^-, en el acuífero El Colomo las concentraciones se encuentran en el rango de los 42 mg/L a los 67.8 mg/L, aunque en el único sitio de este acuífero con registros para dos años, la concentración disminuye casi 50 mg/L, de 86.9 mg/L en 2015 a 32.14 mg/L en el 2021 (Figura IV. 47. En el acuífero Venustiano Carranza las mayores concentraciones se encuentran al norte de los vasos tres y cuatro, que se encuentran en el rango de los 171.2 mg/L y los 246.3 mg/L. Y para los otros dos sitios al centro-oeste y norte del acuífero los valores rondan los 20 's mg/L (Figura IV. 47). Anteriormente, el límite de cloruros era de actualmente, se centra en el cloro residual libre entre y para desinfección

El rango de concentraciones en el municipio de Ciudad de Armería varía bastante entre los que están al sur y norte del municipio respecto de los que están en el centro, donde el rango de concentraciones va de los 42 a los 67.8 mg/L, mientras en el sur la concentración de Cl^- pasa de los 78.7 mg/L en 2015 a 83.1 mg/L para 2021. Y en el que está al norte, de los 171 mg/L en 2015 a 138.6 mg/L en el 2021 ((anexo-tabla A3, Figura IV. 47. En el municipio de Tecomán las concentraciones se encuentran entre los 67.8 y 103 mg/L, a excepción del sitio al noroeste del municipio, donde hay una disminución en la concentración de 107 mg/L, que es la más grande en todos los registros, presentando en 2015 un contenido de Cl^- de 183.5 mg/L y para 2021 de 76.3 mg/L (anexo-tabla A3, Figura IV. 47)

CONSULTA PÚBLICA

Para los sitios al este de Tecomán la concentración también disminuye unos 55 mg/L en el primer sitio del municipio hacia la laguna 'Amela', al presentar 85.8 mg/L en 2015 y 30.8 mg/L en el 2021. En el sitio más cercano a la laguna la concentración no varía tanto pasando de 55.2 mg/L en 2015 a 47.6 mg/L en el 2021 ((anexo-tabla A3, Figura IV. 47). Finalmente, para los sitios en la línea de costa, dos de ellos tienen concentraciones entre los 21 a 42 mg/L y el tercero más cercano al acuífero Venustiano Carranza la concentración de Cl- es mucho mayor, varían entre los 203 mg/L en los registros de ambos años, 2015 y 2021 (anexo-tabla A3, Figura IV. 47).

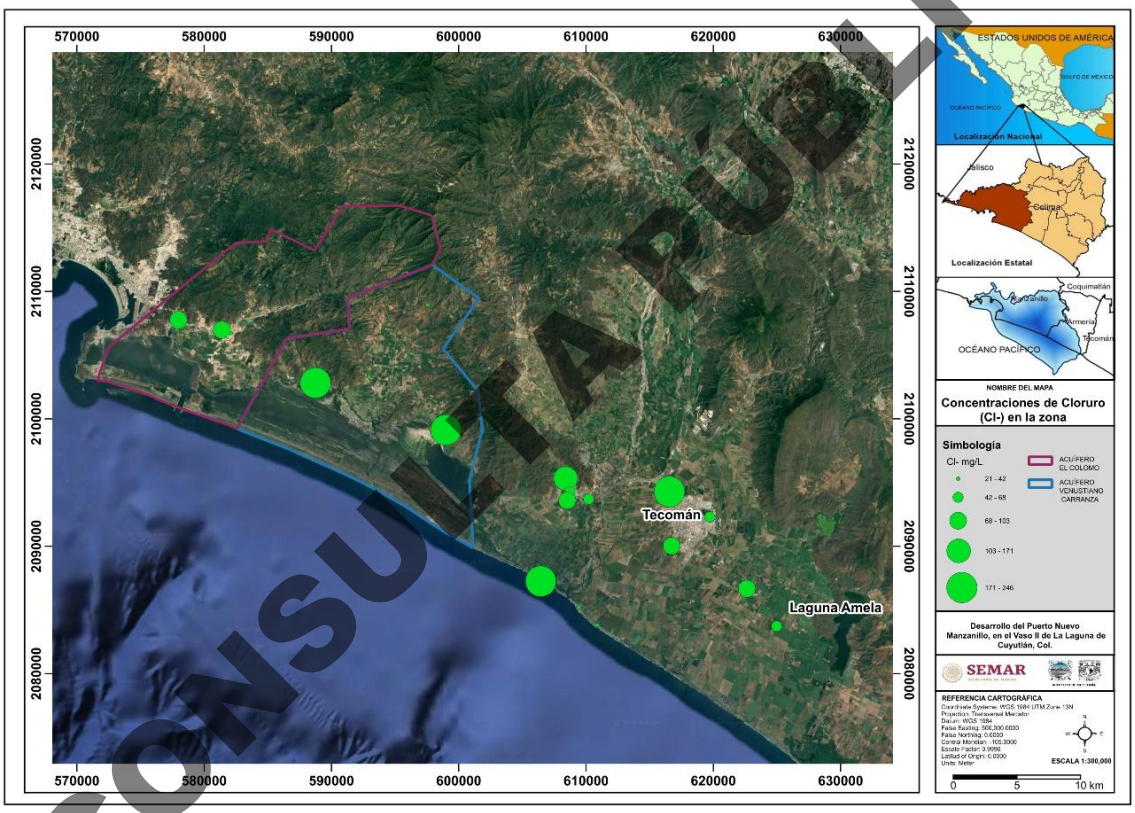


Figura IV. 47. Distribución graduada de las concentraciones de Cl^- de la base de datos INEGI.

En el caso del **nitrato** (NO_3^-) la concentración más grande en el acuífero El Colomo se encuentra en el centro norte de la planicie que están en el rango más alto para este anión entre los 25 y 41 mg/L, mientras en los otros dos sitios las concentraciones son pequeñas, menores a 2.6 mg/L (anexo-tabla A3, Figura IV. 48). Para el acuífero Venustiano Carranza las concentraciones más altas se ubican al norte del vaso cuatro y en el oeste-centro del acuífero, además no varían tanto respecto a un año y otro, para el primer sitio las concentraciones cambian de 25 mg/L en 2015 a 27 mg/L en 2021 y para el segundo de 14 mg/L e 2015 a 19.5 mg/L en 2021 (anexo-tabla A3, Figura IV. 48).

CONSULTA PÚBLICA

Al este de los acuíferos, las concentraciones más altas de NO_3^- se encuentran en el municipio de Ciudad de Armería, donde las concentraciones se encuentran entre los 14 mg/L hasta los 41.4 mg/L, la concentración más alta para este anión (anexo-tabla A3, Figura IV. 48). En la línea costera no hay presencia de este anión en los registros del INEGI y para el municipio de Tecomán y el sitio más cercano a la laguna 'Amela' las concentraciones son bajas alcanzando máximo los 3 mg/L. Y en el caso del sitio al este del municipio Tecomán las concentraciones de este anión aumentaron de 2015 a 2021 pasando de los 0.5 mg/L a 9 mg/L (anexo-tabla A3, Figura IV. 48).

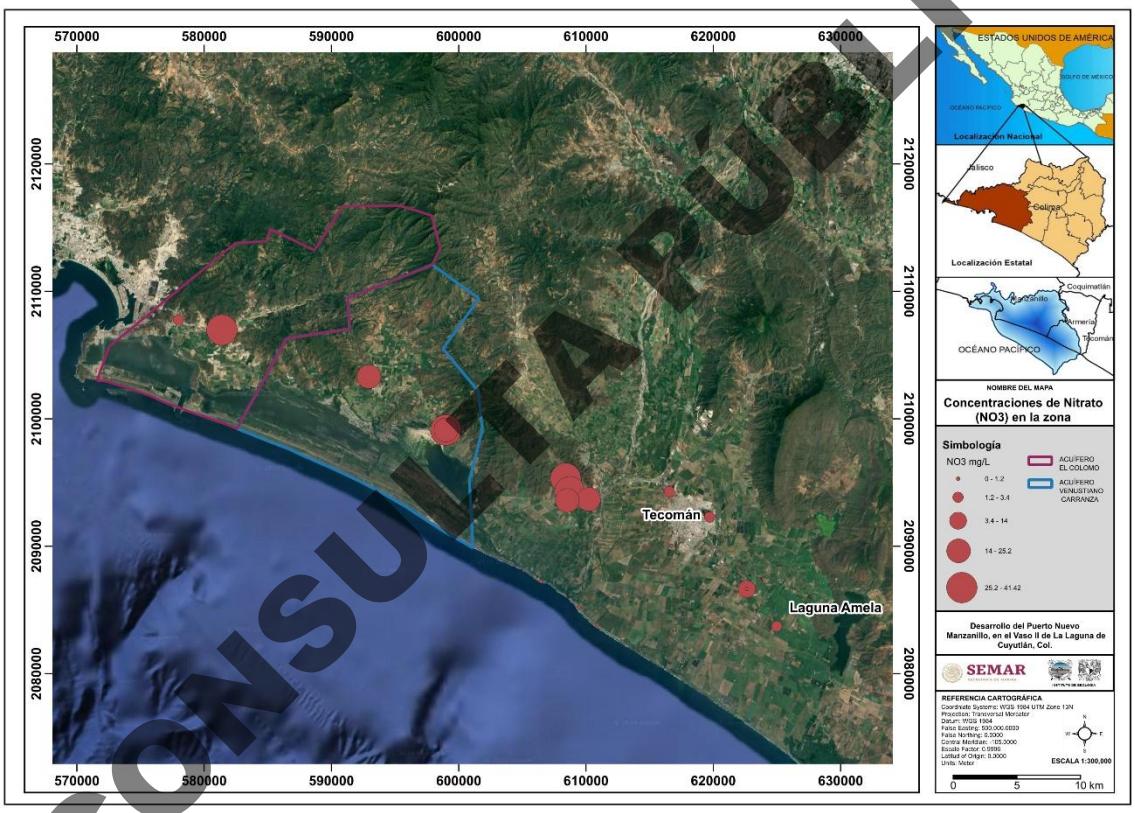


Figura IV. 48. Distribución graduada de las concentraciones de NO_3^- de la base de datos INEGI.

Los valores de **pH** no son tan variables en toda el área de distribución, ya que hay una diferencia de dos unidades entre el valor más bajo y alto, pero si hay una diferencia notoria entre los valores al este de los acuíferos que son más bajos y los presentados en el acuífero Venustiano Carranza con los valores más alcalinos de 8.3 unidades al suroeste del acuífero y de 8.6 unidades al norte (Figura IV. 49).

En el acuífero El Colomo el pH ronda los 7.5, la diferencia existe en los registros de 2015 y 2021 para el punto al norte de la planicie donde el pH pasa de 6.9 a 7.5, respectivamente (anexo-tabla A4, Figura IV. 49). En el municipio de Ciudad de Armería los valores van desde los 7 hasta los 7.6. Para el municipio de Tecomán los

CONSULTA PÚBLICA

valores varían de 7.3 a 8 unidades. Y para los que se ubican en la línea de costa los valores van de oeste a este, de 7.8 a 7.5 a 7 unidades (Figura IV. 49).

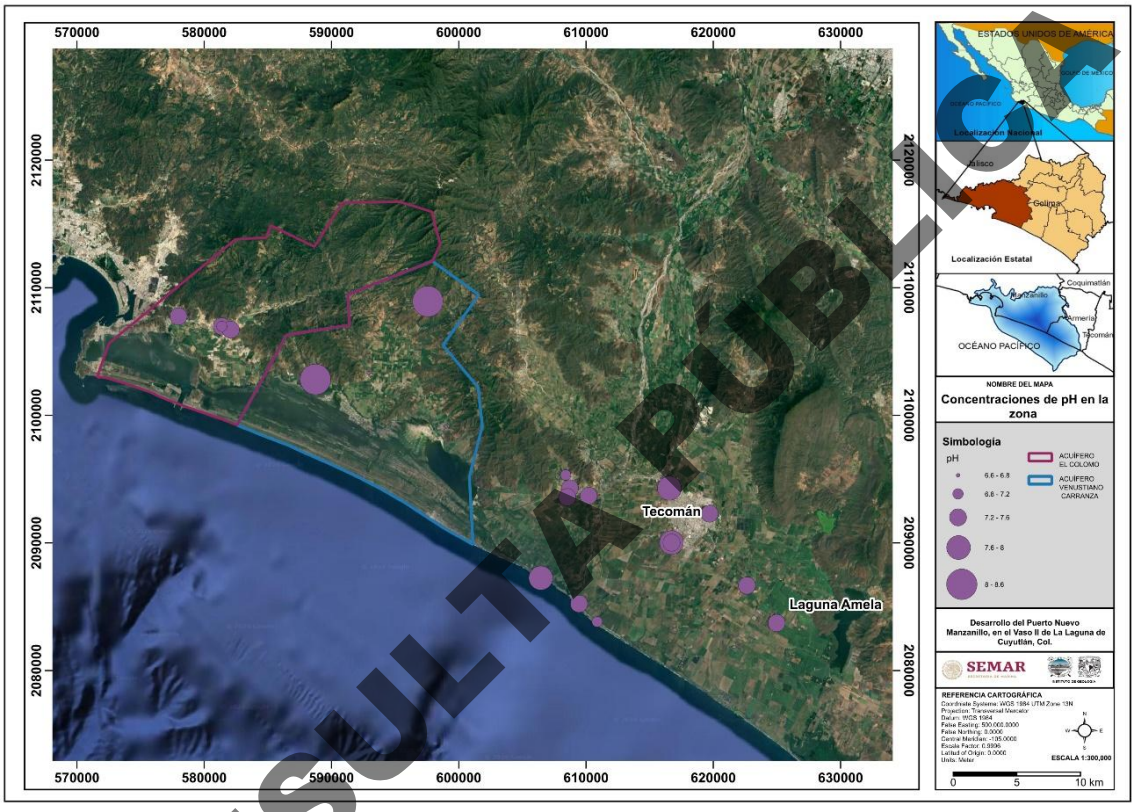


Figura IV. 49. Distribución graduada de las concentraciones de pH de la base de datos INEGI.

En el caso de la **conductividad eléctrica** (CE) las concentraciones más altas se encuentran al este de los acuíferos en los municipios de Ciudad de Armería y Tecomán, así como al este del municipio y al oeste de la laguna 'Amela' (Figura IV. 50), el rango de concentraciones presente en esta franja de sitios es desde los 1,020 mS/cm hasta los 2,321 mS/cm en el sitio al este del municipio Tecomán (Figura IV. 50). En la línea de costa la CE varía de oeste a este entre los 1,100 mS/cm y 718 mS/cm (Figura IV. 50). Para el año de 1979 no hay registro de CE, pero para el único sitio en el acuífero El Colomo con valores hay registro de este parámetro para 2015 y 2021, siendo de 934 mS/cm y 586 mS/cm, respectivamente (anexo-tabla A4, Figura IV. 50). En el acuífero de Venustiano Carranza las concentraciones al oeste cambian de 591 mS/cm a 659 mS/cm y al este de 1426 mS/cm a 1174 mS/cm para los años 2015 y 2021 (anexo-tabla A4, Figura IV. 50).

CONSULTA PÚBLICA

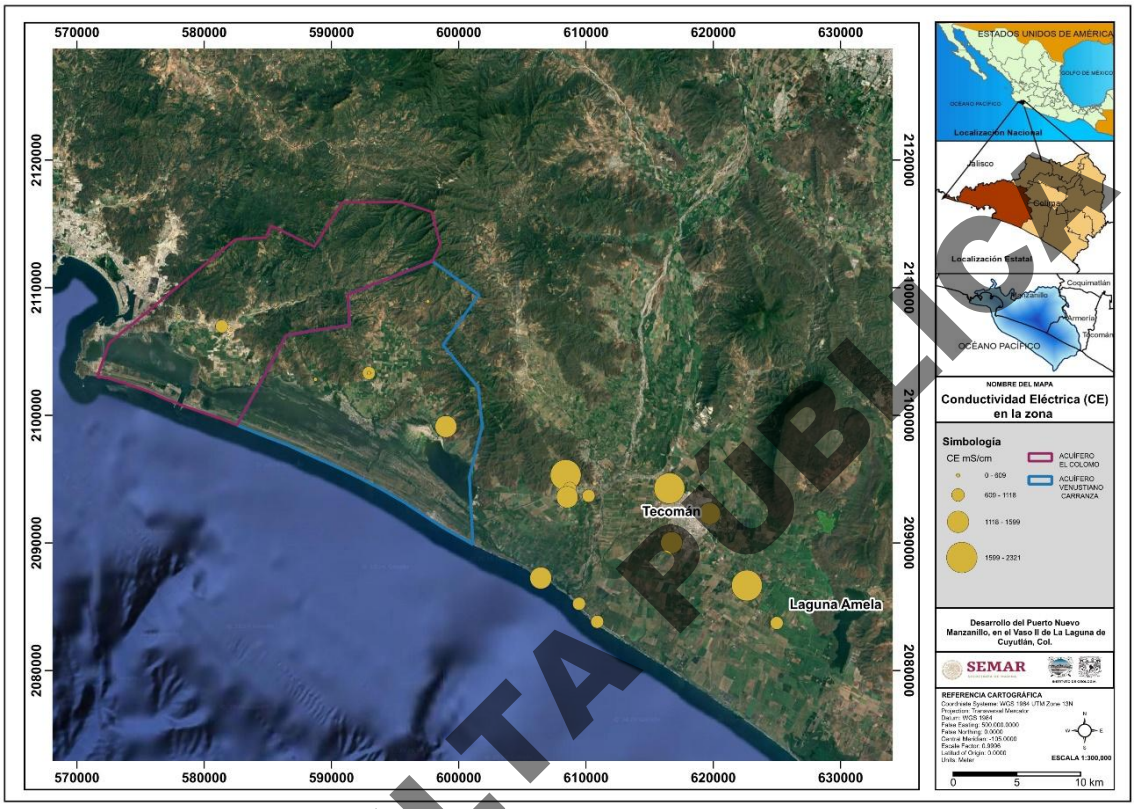


Figura IV. 50 Distribución graduada de las concentraciones de CE de la base de datos INEGI.

La distribución de los **sólidos totales disueltos** (STD) es de manera general similar a la de la CE, debido a la relación directa y proporcional entre ambas, ya que a mayor cantidad de iones en la solución mayor es la conductividad (Figura IV. 51). Para el acuífero El Colomo los STD varían entre los 382 ppm hasta los 525 ppm al oeste y en el único sitio con registros para los años 2015 y 2021 los STD disminuyen de los 459 ppm a los 293 ppm, lo que implica 166 ppm de diferencia entre esos seis años (anexo-tabla A4 y Figura IV. 51). En el acuífero Venustiano Carranza los STD más altos se ubican al norte de los vasos tres y cuatro, en el rango de los 553 ppm a los 711 ppm. Mientras en la zona centro-oeste y norte los valores se encuentran entre los 287 ppm y 382 ppm (Figura IV. 51).

Al noroeste del municipio Ciudad de Armería se encuentra una de las concentraciones más altas en todo el registro, que es de 958 ppm, en el resto del municipio el rango es de 553 a 788 ppm (Figura IV. 51). En el municipio de Tecomán los STD en 2015 toman un rango entre los 586 ppm y los 806 ppm, pero para 2021 disminuye a los 510 ppm y 633 ppm (anexo-tabla A4 y Figura IV. 51). Al este del municipio Tecomán se encuentra un sitio con valores de STD de 1161 ppm tanto para 2015, como para 2021 (anexo-tabla A4 y Figura IV. 51). Finalmente, en la línea de costa los valores más hacia el este tienen valores bajos de STD que rondan los 350 ppm y 367 ppm, mientras el que está más al oeste pasa de los 625 ppm en 2015 a 582 ppm para 2021 (anexo-tabla A4 y Figura IV. 51).

CONSULTA PÚBLICA

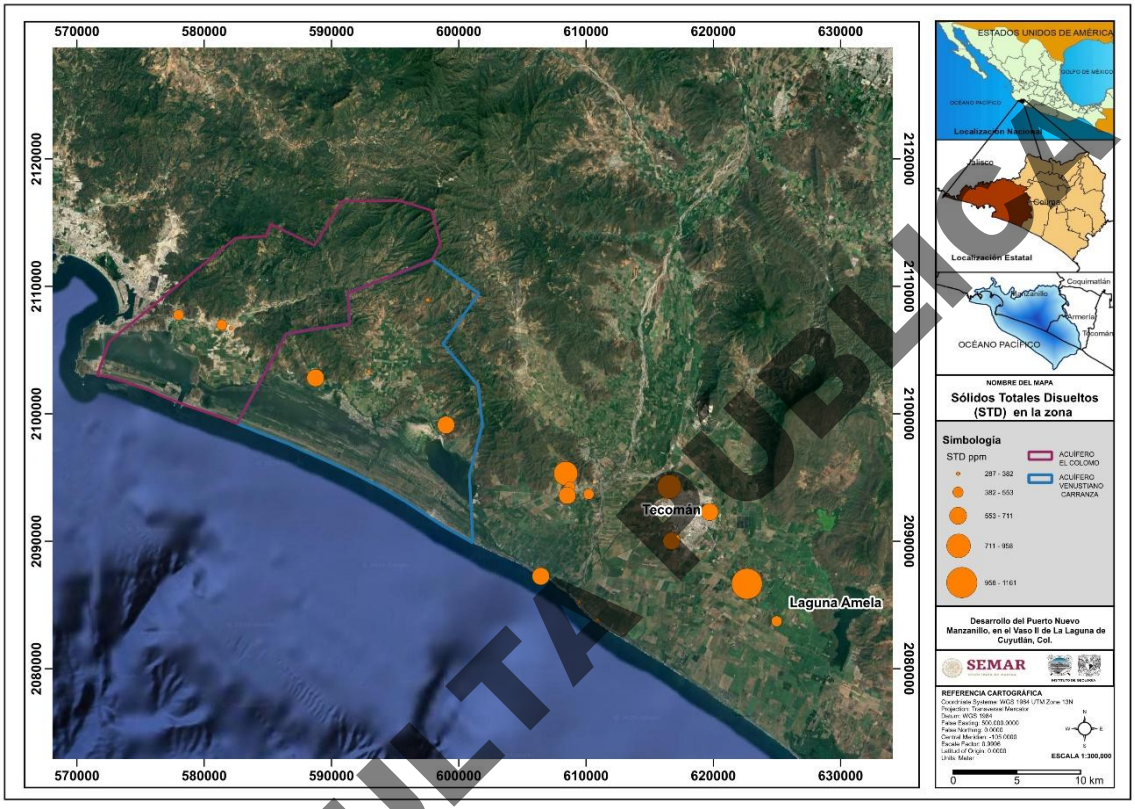


Figura IV. 51. Distribución graduada de las concentraciones de STD de la base de datos INEGI.

Considerando el **diagrama de Piper** y las concentraciones de los mapas de iones, una gran mayoría de las muestras reportadas por el INEGI son del tipo sulfatadas cálcica magnésicas, una minoría es más del tipo clorurada cálcica magnésica, mientras la otra mayoría restante es bicarbonatada cálcica magnésica (Figura IV. 52). Centrándose en el triángulo de los cationes, una gran mayoría de las muestras se encuentran en la zona de mezcla y el resto tiene predominancia del Ca^{2+} (Figura IV. 52). En el triángulo de los aniones, en una mayoría de sitios hay predominancia del HCO_3^-, en los otros hay mezcla entre los aniones y solo en dos hay dominancia del SO_4^{2-} (Figura IV. 52).

En la anexo-tabla A1 se presentan los datos de identificación y ubicación para todos los sitios mostrados en los mapas de las figuras 35 a 45, así como algunos parámetros como la temperatura, el caudal (Q) y el nivel estático (NE) para los años de 1979, 2015 y 2021. Los registros de 1979 son muy escasos de apenas cuatro sitios y para algunos parámetros no hay valores o datos reportados (anexo-tabla A1-A4).

CONSULTA PÚBLICA

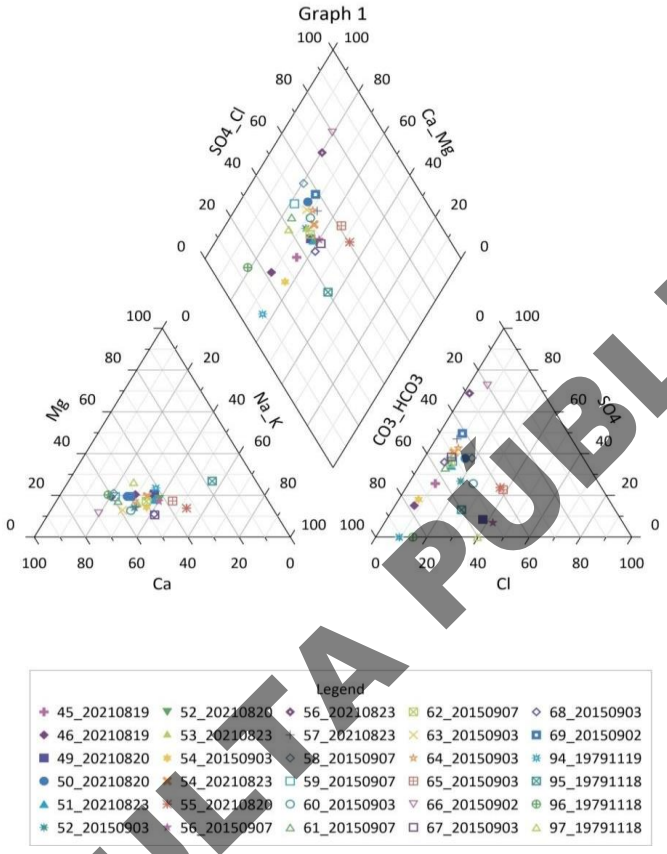


Figura IV. 52. Diagrama de Piper de la base de datos INEGI.

La temperatura en la base de datos ronda los 29 °C, pero el valor mínimo es de 27.3 °C y existen dos sitios catalogados por el INEGI como termales, porque sus temperaturas son de 31.5 °C y 31.1 °C, respectivamente para los sitios 54 y 69, ambos registros corresponden al año 2015 (Tabla 1).

En cuanto al caudal, el valor promedio ronda los 38.6 L/s, aunque el mínimo es de 9 L/s y el valor máximo de 100 L/s (Tabla 1). Respecto a los valores de NE, el promedio es de 5 m el máximo de 22.5 m y para algunos sitios se reportan NE de -1 m (anexo-tabla A1).

IV.3.7.3 Niveles estáticos

IV.3.7.3.1 Niveles históricos

Las configuraciones del nivel estático para la zona de estudio se realizaron a partir de la base de datos histórica de la CONAGUA (2025). Los siguientes mapas presentan esas configuraciones desde 1998 hasta 2025 con la información disponible, por lo que las configuraciones de nivel estático cubren distintas áreas a lo largo del tiempo. El comportamiento general de los niveles estáticos es ir disminuyendo de las laderas de las sierras

CONSULTA PÚBLICA

hacia la línea de costa (Figura IV. 53 a Figura IV. 65). Los datos utilizados para la elaboración de este apartado se encuentran en el ANEXO del presente documento en el anexo-tabla A5 hasta la tabla A17.

El registro más antiguo, de 1996, abarca una porción al este del vaso 4 y presenta niveles estáticos pequeños desde 3 m en las zonas más cercanas al mar, hasta a un máximo de 52 m de profundidad al noreste de la información disponible, cerca de las colonias Santa María y Tecolapa, al norte del municipio Tecomán, donde los niveles estáticos rondan los 15 y 30 m de profundidad (Figura IV. 53).

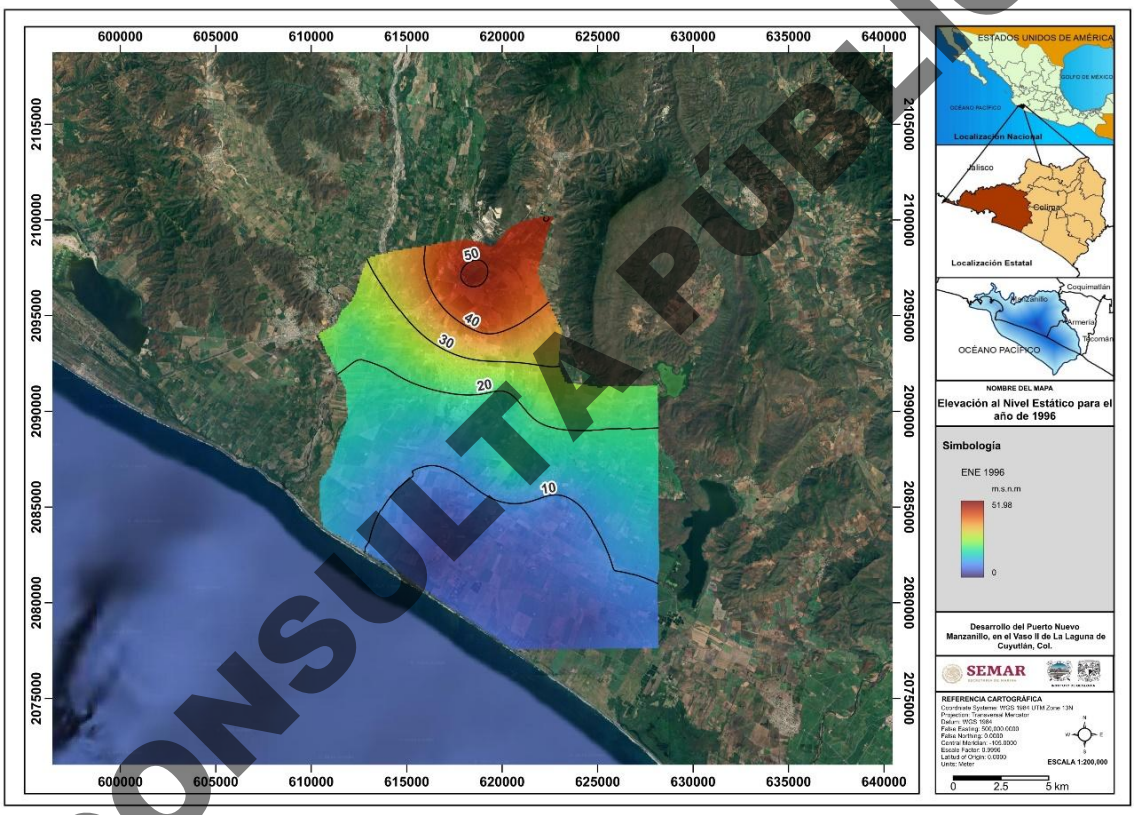


Figura IV. 53. Configuración de los niveles estáticos para el año 1996.

Para el año de 1998 los registros abarcan casi la misma área que el año de 1996, esparciéndose un poco más hacia el sureste. Las profundidades y configuración del nivel estático también se mantienen casi igual que el registro de hace dos años, tomando valores de 3 m hasta 51 m. Disminuyendo de la zona norte, cerca de la colonia Santa María, hacia el mar, donde a lo largo de la línea de costa los niveles estáticos toman valores de 14.5 m a 3 m (Figura IV. 54).

CONSULTA PÚBLICA

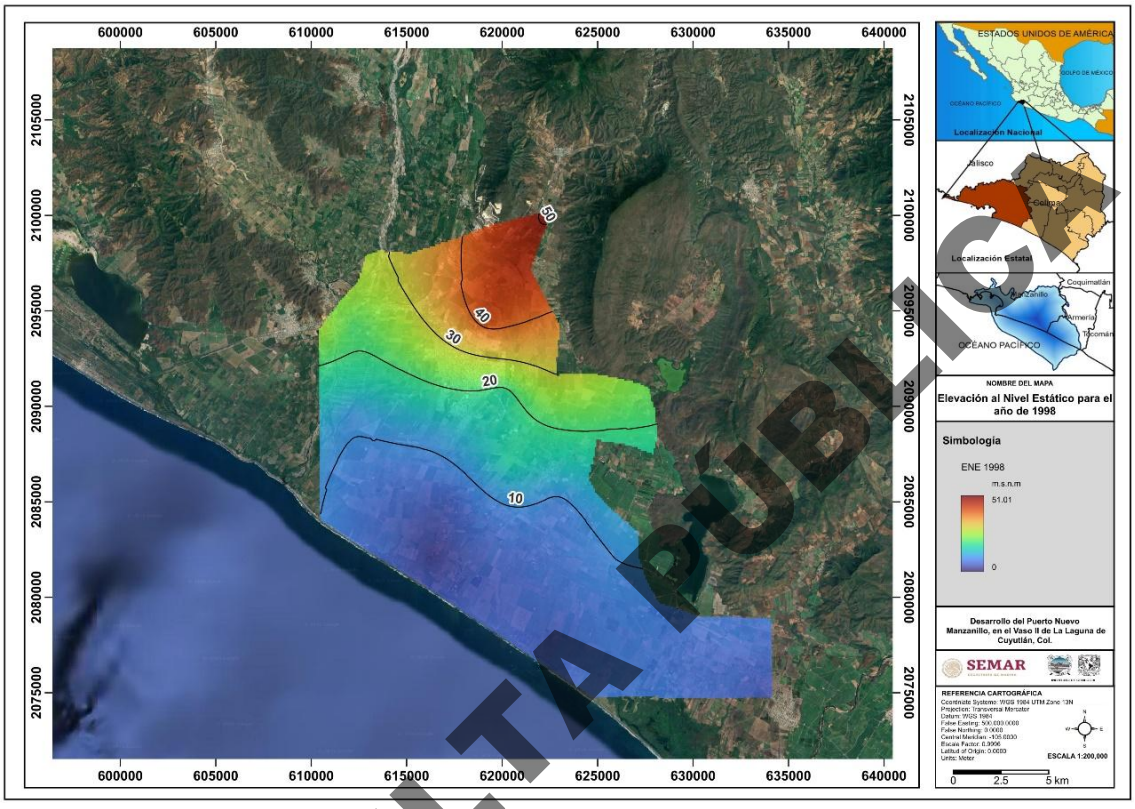


Figura IV. 54. Configuración de los niveles estáticos para el año 1998.

Para el año 2000 existen más registros de niveles estáticos en el área de estudio, que se dispersan desde el vaso tres hasta

el sureste al límite con la laguna Amela (Figura IV. 55). Los niveles estáticos al norte de los vasos tres y cuatro son de 1.3 m hasta 10 m de profundidad, los cuales se esparcen a lo largo de la línea de costo y aproximadamente siete metros hacia el continente (Figura IV. 55). Para este año las profundidades máximas del nivel estático llegan a los 48.5 m y ya no se encuentran en el extremo norte de la configuración, sino en la parte plana ubicada entre las zonas montañosas al noreste del vaso cuatro, alrededor del municipio de Tecomán (Figura IV. 55).

CONSULTA PÚBLICA

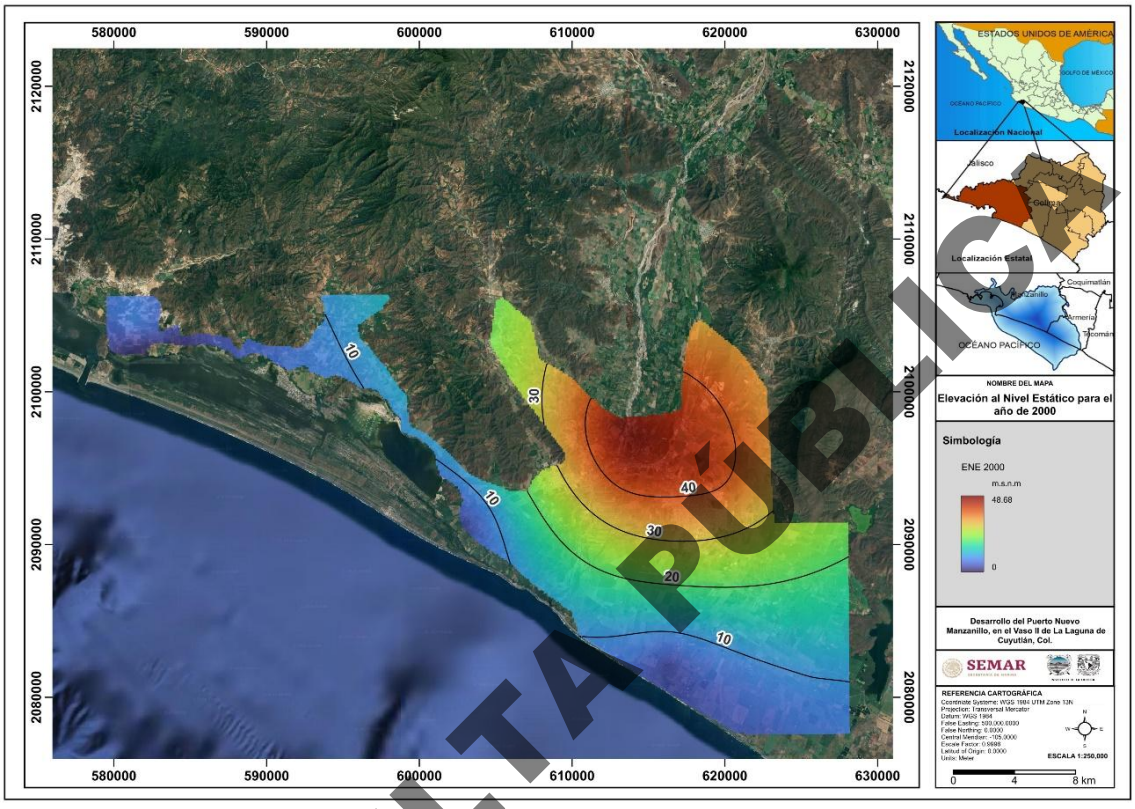


Figura IV. 55. Configuración de los niveles estáticos para el año 2000.

Para el año 2001 la información piezométrica fue reducida, ubicándose en un pequeño cuadrante al Este del vaso cuatro y al límite oeste de la laguna Amela. Aproximadamente, los primeros 10.5 km de la costa hacia dentro del continente los niveles estáticos van de 3 m a un máximo de 13.5 m, ocupando mayor área el intervalo de 3 a 7.5m (Figura IV. 56). Posteriormente, los niveles varían desde los 13.5 m hasta los 42.5 m al norte del municipio Tecomán, abarcando aproximadamente otros 8 km más dentro del continente, donde los cambios de nivel estático son más rápidos y grandes, ya que en esos 8 km se presentó una variación de casi 30 m (Figura IV. 56).

CONSULTA PÚBLICA

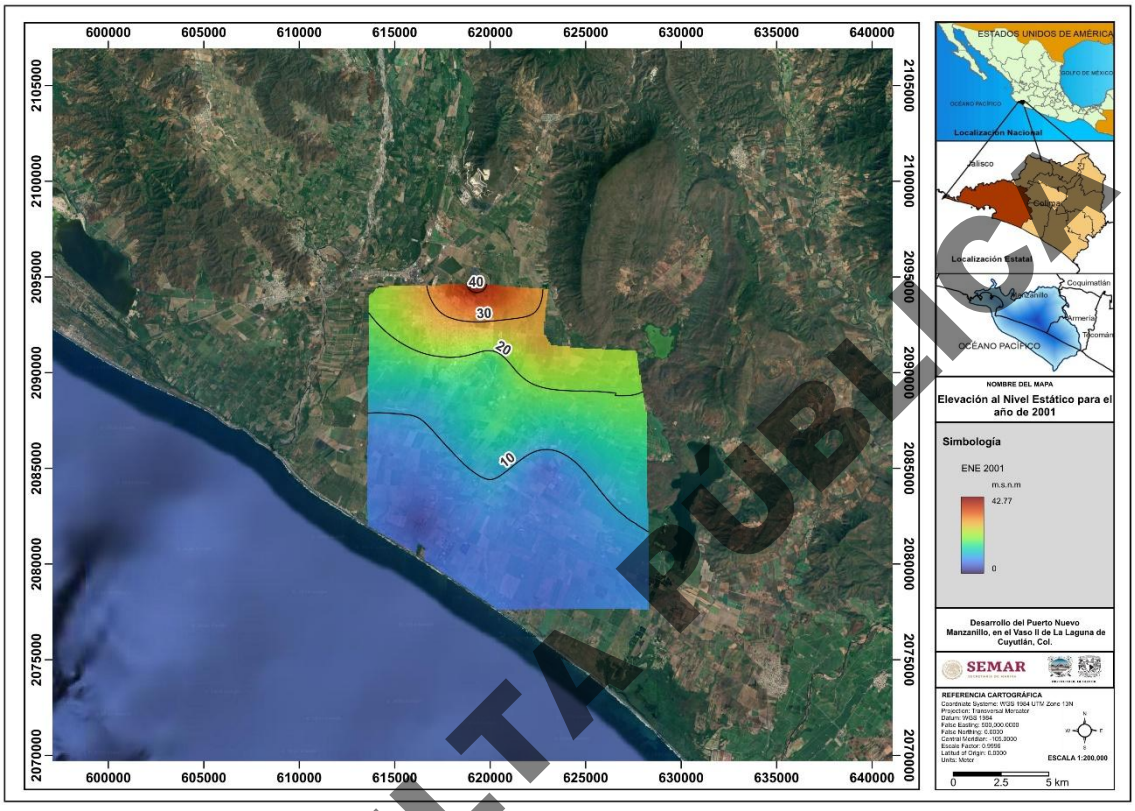


Figura IV. 56. Configuración de los niveles estáticos para el año 2001.

Para el año 2003 la información piezométrica se distribuye longitudinalmente desde el noroeste del vaso tres al límite oeste de la laguna Amela, mientras la amplitud está delimitada al norte por las partes altas de las sierras y hacia el sur por la línea de costa en la zona este y por los límites con los vasos tres y cuatro en la zona oeste (Figura IV. 57).

Al norte de los vasos dos y tres e incluso al noroeste del vaso cuatro los niveles estáticos son muy bajitos alcanzando un máximo de 5.5 m (Figura IV. 57). En la parte noreste los niveles caen de 14 m hasta los 25 m y hacia el límite con las sierras llegan hasta los 36.5 m. Al este de los vasos, nuevamente los primeros 10.7 km de la costa hacia dentro del continente los niveles son pequeños alcanzando un máximo de 14 m dentro del continente (Figura IV. 57). Posteriormente, los siguientes 5 km dentro del continente los niveles varían de los 14 m a los 36.5 m y en las áreas más cercanas a las laderas de las sierras los niveles varían de los 48 m a los 53.6 m de profundidad (Figura IV. 57).

CONSULTA PÚBLICA

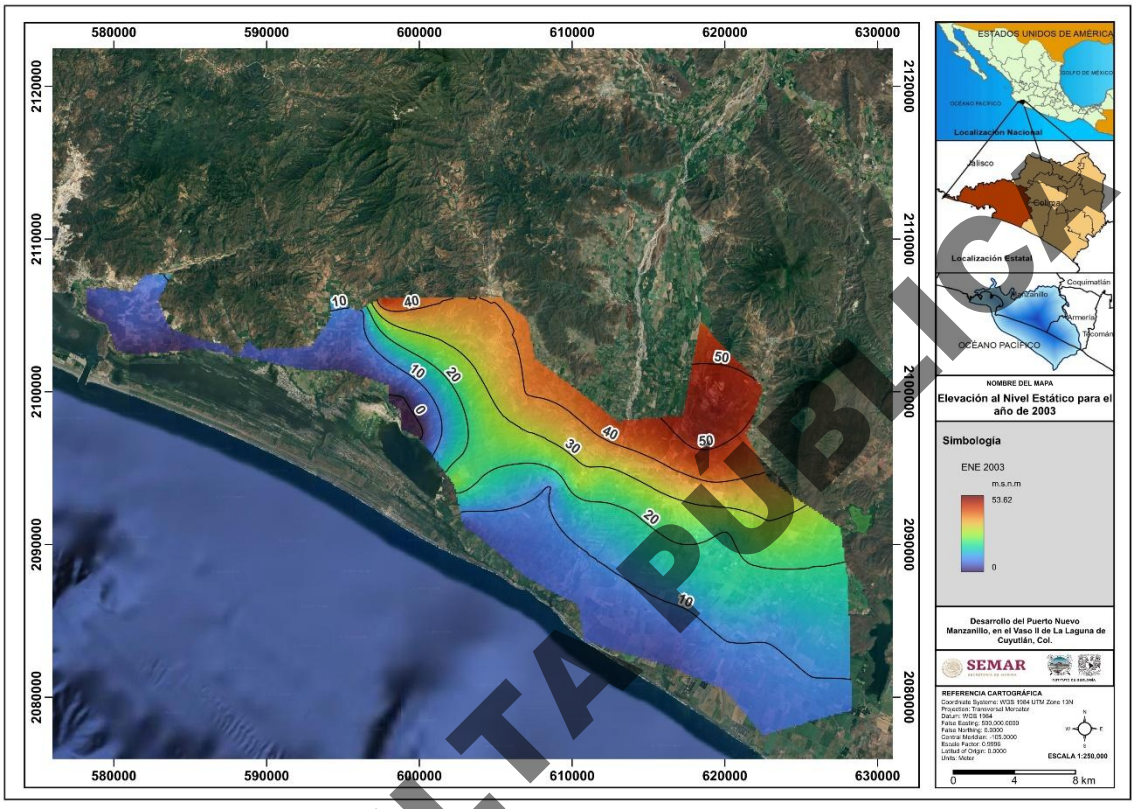


Figura IV. 57. Configuración de los niveles estáticos para el año 2003.

CONSULTA PÚBLICA

Para los años de 2004, 2005 y 2006 los datos piezométricos son similares a los del año 2003 exceptuando que para la zona sur en los tres años posteriores se alarga hacia el sur de la laguna Amela (Figura IV. 58, Figura IV. 59 y Figura IV. 60).

En el 2004 la configuración de los niveles estáticos es similar a la del año anterior con una ligera reducción de las áreas donde los niveles son bajos, en un rango de 2 m a 6 m, esas áreas se encuentran al norte de los vasos dos, tres y cuatro, aproximadamente 3 km hacia el continente, así como una ligera porción del límite sureste del polígono de datos (Figura IV. 58).

El rango de niveles de 6 a 11.5 m de profundidad se encuentra entre los primeros 4.5 km de la costa hacia el continente en la porción oeste al límite con el vaso cuatro, mientras de lado este se extiende unos 6.5 km aproximadamente (Figura IV. 58).

Posteriormente, los niveles varían de entre los 11.5 m hasta los 24 m de profundidad, aproximadamente en los 8 km subsecuentes en el límite este, los cuales se van reduciendo hacia el oeste a aproximadamente 1.4 km entre los vasos tres y cuatro (Figura IV. 58. En esa misma porción oeste los 2.5 km subsecuentes los niveles van de los 24 m hasta los 58 m. Mientras, hacia la zona este se va ampliando la longitud de ese intervalo,

abarcando casi 9 km en el límite con las laderas, aunque la longitud máxima de este intervalo es de 12.5 km en la zona centro del polígono de datos (Figura IV. 58).

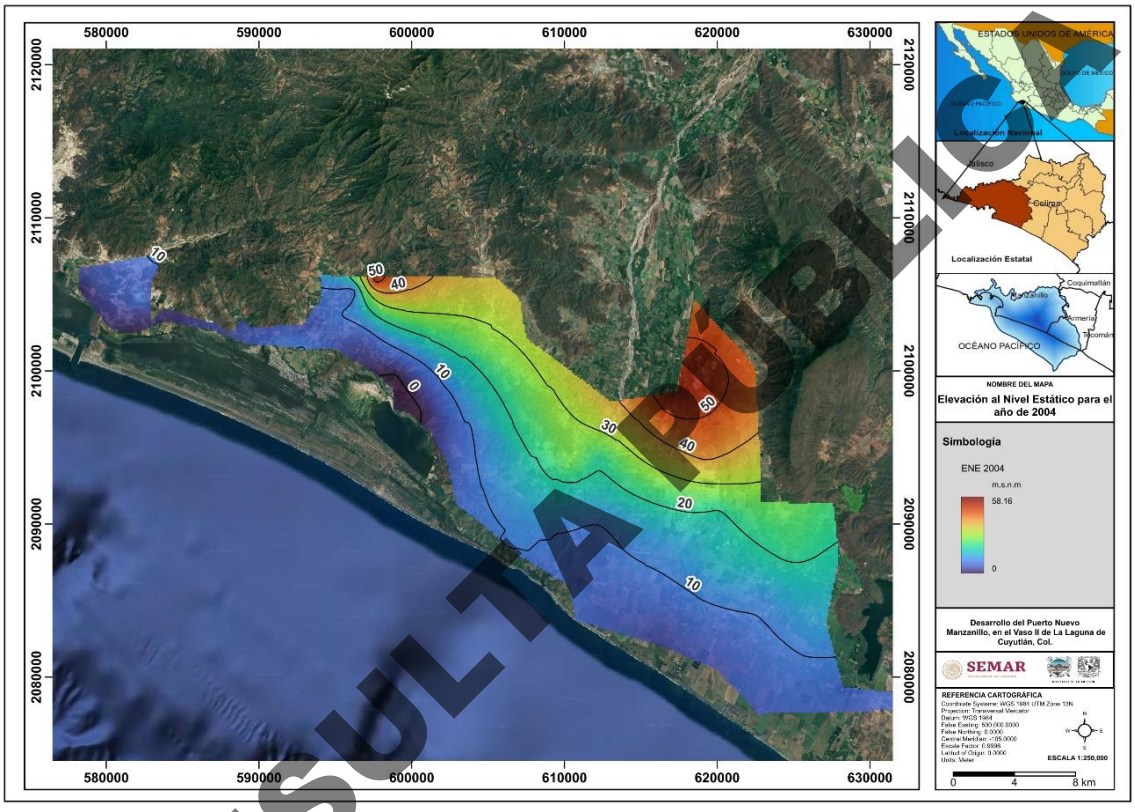


Figura IV. 58. Configuración de los niveles estáticos para el año 2004.

En el año 2005 la configuración de niveles estáticos es muy similar a la de 2004 (Figura IV. 58 y Figura IV. 59), sin embargo, nuevamente como en el año 2003, los niveles estáticos se hacen más profundos cerca de la línea de costa al este del vaso cuatro, pasando de un rango de 6 m a 11.5 m en el 2004 a uno de 9.5 m a 14.5 m en una extensión de 3.3 km aproximadamente (Figura IV. 57 y Figura IV. 59).

Las otras diferencias particulares son que en 2005 los rangos de niveles estáticos disminuyen respecto al 2004, tomando valores de 0 m a 48 m de igual manera los niveles van disminuyendo de las laderas de las sierras hacia el mar (Figura IV. 59).

CONSULTA PÚBLICA

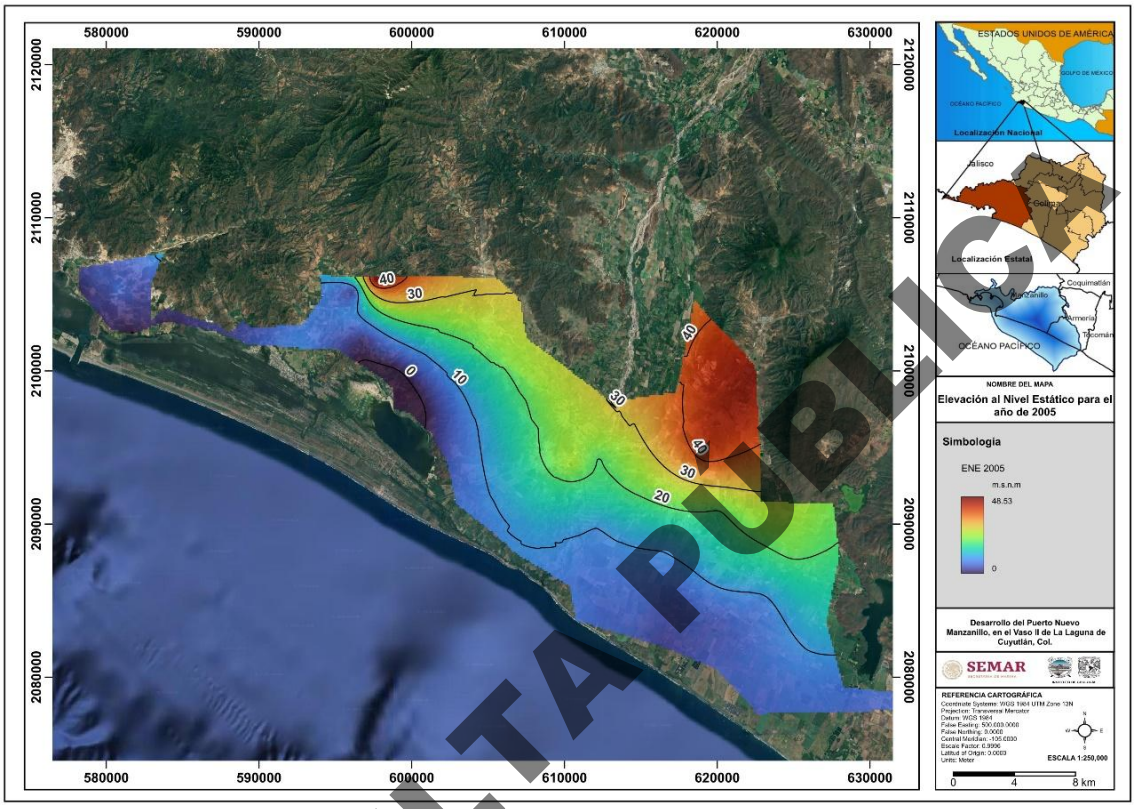


Figura IV. 59. Configuración de los niveles estáticos para el año 2005.

Para 2006 los niveles se profundizan en la zona norte y noreste, cerca de las laderas, alcanzando los 62 m. Sin embargo, el rango más pequeño se hace menos amplio, tomando valores de 0 m a 3.5 m y se concentra solamente al norte de los vasos dos y tres, continuando por la delgada franja que se forma entre la sierra y los vasos tres y cuatro, abarcando hasta una pequeña porción del noroeste del vaso cuatro Figura IV. 60).

En la porción sur al este del vaso cuatro los valores más pequeños en los primeros 6.3 km aproximadamente van de los 3.5 a los 10 m de profundidad (Figura IV. 60). En la porción noreste del vaso cuatro nuevamente, igual que el año anterior, los niveles estáticos se profundizan tomando valores de entre los 10 m hasta los 25 m del límite del vaso hasta 5 km, aproximadamente, dentro del continente (Figura IV. 60).

CONSULTA PÚBLICA

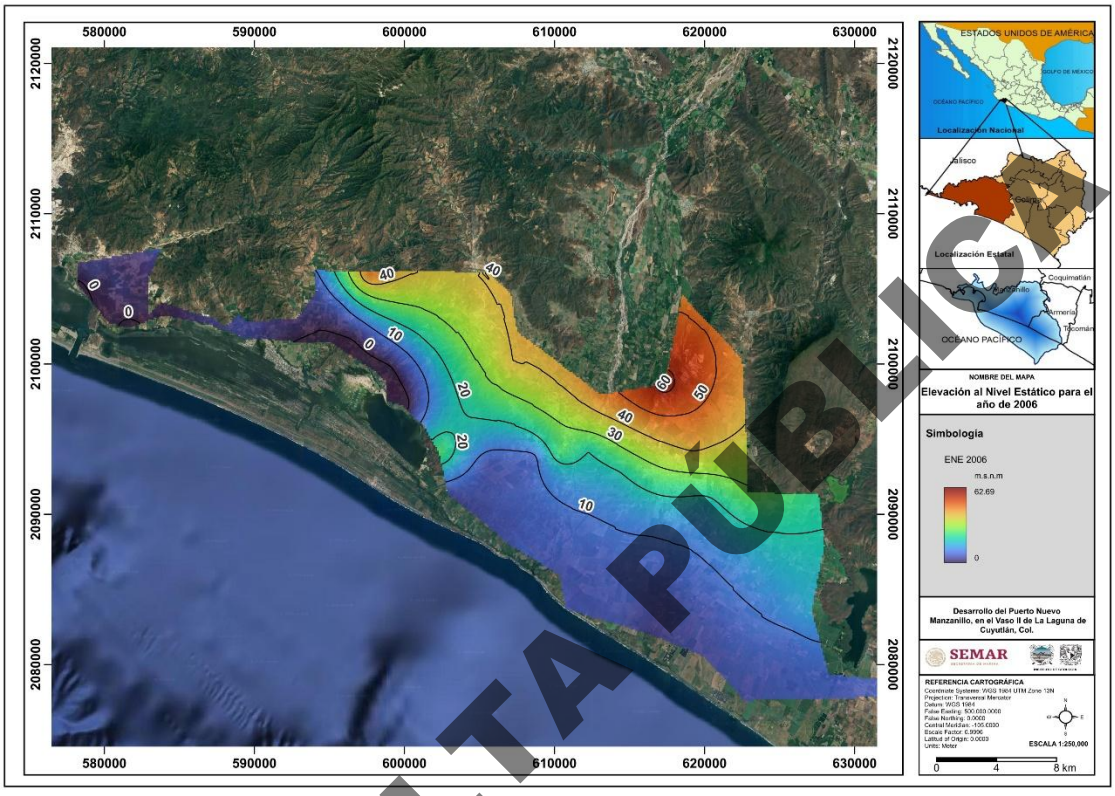


Figura IV. 60. Configuración de los niveles estáticos para el año 2006.

Para el año 2007 los registros son más escasos y se concentran en un pequeño polígono al norte de los vasos dos y tres, colindando en los límites norte, oeste y este por las laderas de las sierras (Figura IV. 61). Pese a ser un área pequeña los niveles varían mucho considerando los registros de los años 2000 (Figura IV. 61) y de 2003 a 2006 (Figuras 75 a 78), donde los valores más profundos eran alrededor de los 10 m, mientras para este año los niveles en la zona norte alcanzan los 21.3 m de profundidad (Figura IV. 61).

Del límite de los vasos dos y tres a un metro dentro del continente los niveles estáticos toman valores de 0 a 4 m. Posteriormente, como intervalo más dominante en esa pequeña área se encuentran valores desde los 4 m hasta los 7 m, siendo de 1.2 km en el límite este y de 0.9 km en la porción oeste (Figura IV. 61).

CONSULTA PÚBLICA

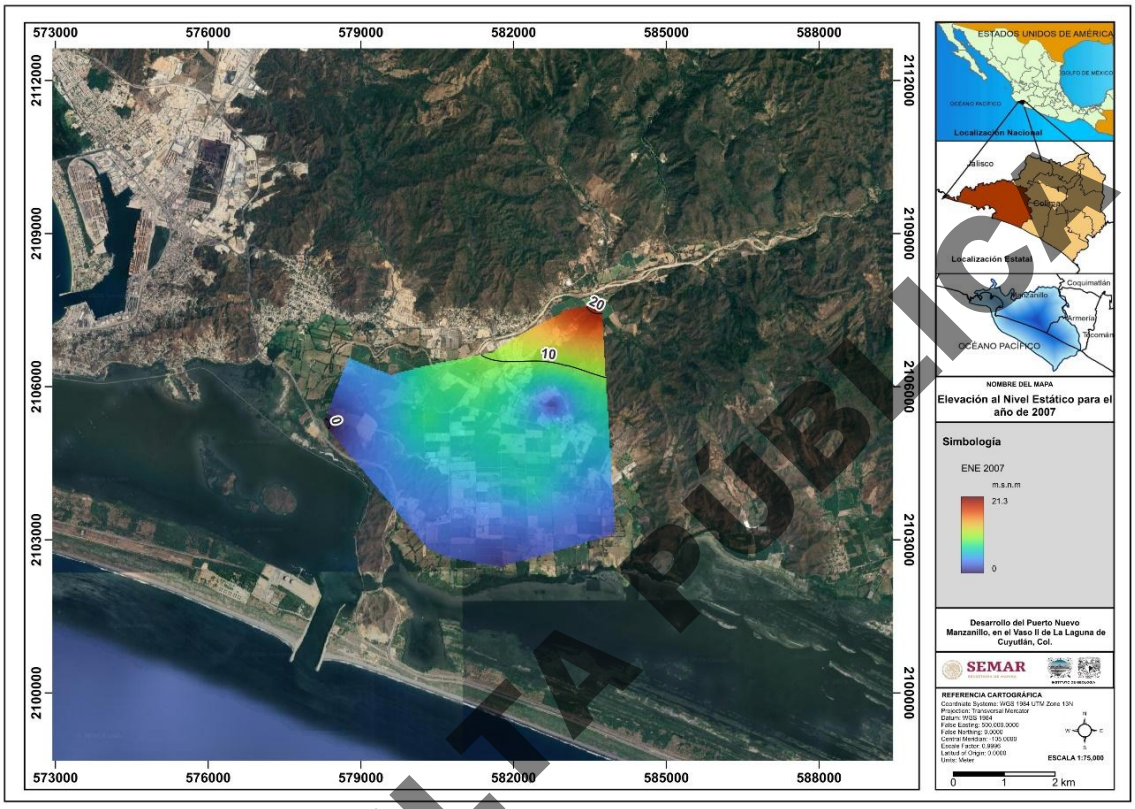


Figura IV. 61. Configuración de los niveles estáticos para el año 2007.

Para 2008 hay mayor número de datos piezométricos, extendiéndose desde el vaso tres hacia el sureste de la laguna Amela y desde la costa hasta el norte del pueblo de Juárez, cubriendo una extensión de aproximadamente 36.7 km (Figura IV. 62), lo que lo hace el año con mayor cobertura de información piezométrica.

Los primeros 6.7 km por encima del vaso tres tienen valores de 0 m a 13 m, al igual que los primeros 9.2 km al este del vaso cuatro, mientras en el límite oeste de la laguna Amela ese rango se extiende hasta 11.4 km aproximadamente (Figura IV. 62).

Nuevamente al noreste del vaso cuatro los niveles se profundizan tomando valores desde los 13 m hasta los 31.5 m, rango que en el límite este puede extenderse 6 km por encima del rango más bajo (en rojo). El siguiente intervalo de niveles estáticos puede variar longitudinalmente desde los 5 km en la porción oeste hasta los 7.7 km en el límite este. En la zona más estrecha entre los pies de monte de las sierras y más dentro del continente, aproximadamente 17 km lejos de la costa, los niveles estáticos pueden variar desde los 54 m hasta los 226.8 m en el extremo norte del polígono (Figura IV. 62).

CONSULTA PÚBLICA

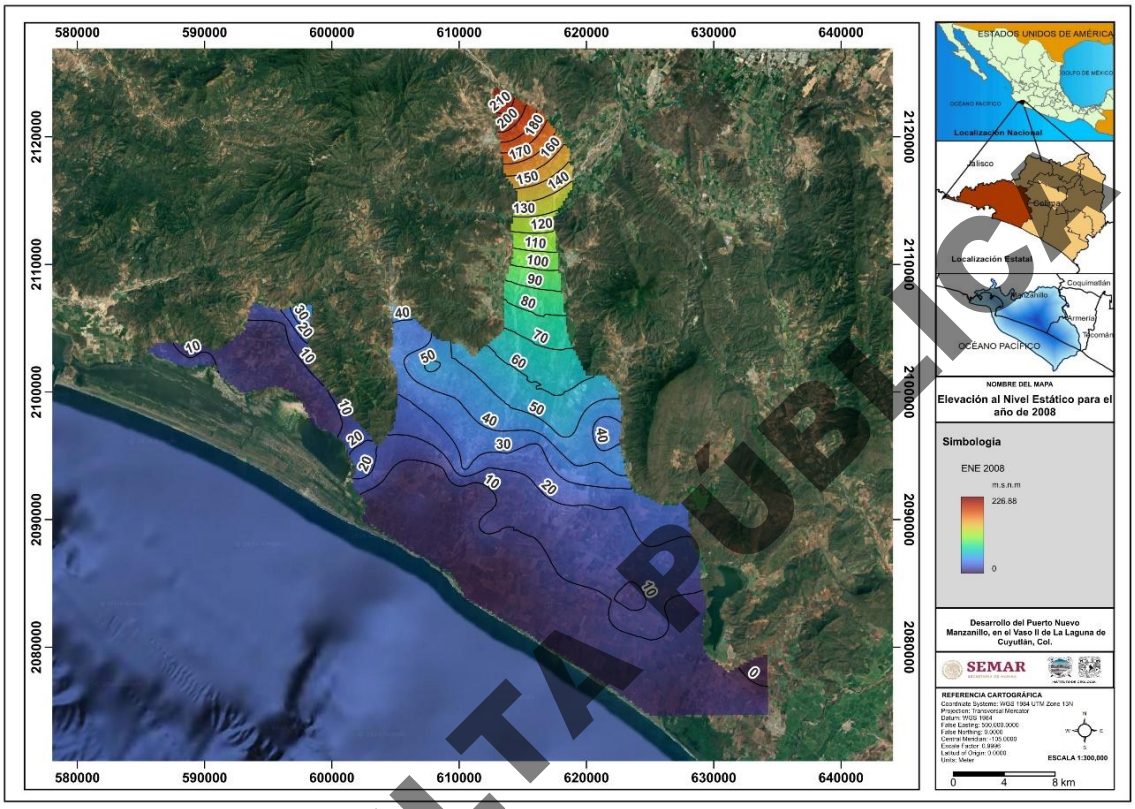


Figura IV. 62. Configuración de los niveles estáticos para el año 2008.

Para el año 2010 el registro de niveles estáticos mantiene la extensión norte-sur del año 2008, pero se reduce lateralmente, comenzando al este del vaso cuatro y llegando al límite oeste de la laguna Amela (Figura IV. 62 y Figura IV. 63).

El rango de niveles estáticos de 0 m a 12 m puede extenderse desde los 6.6 km en el lado oeste del polígono (vaso cuatro) hasta los 8.5 km en el lado este (laguna Amela). Posteriormente, de los 12 m hasta los 30 m de profundidad se pueden distribuir en los 8 km subsecuentes de lado este, mientras al oeste solo cubren un máximo de 3 km (Figura IV. 63).

Los otros dos rangos subsecuentes que abarcarían de los 30 m hasta los 60 m pueden extenderse otros 7 km u 8 km por encima de los dos rangos anteriores (Figura IV. 63). Finalmente, en la parte más angosta del polígono que cubre casi 18 km de longitud se encuentran niveles estáticos desde los 60 m hasta los 220.5 m hacia el extremo norte (Figura IV. 63).

CONSULTA PÚBLICA

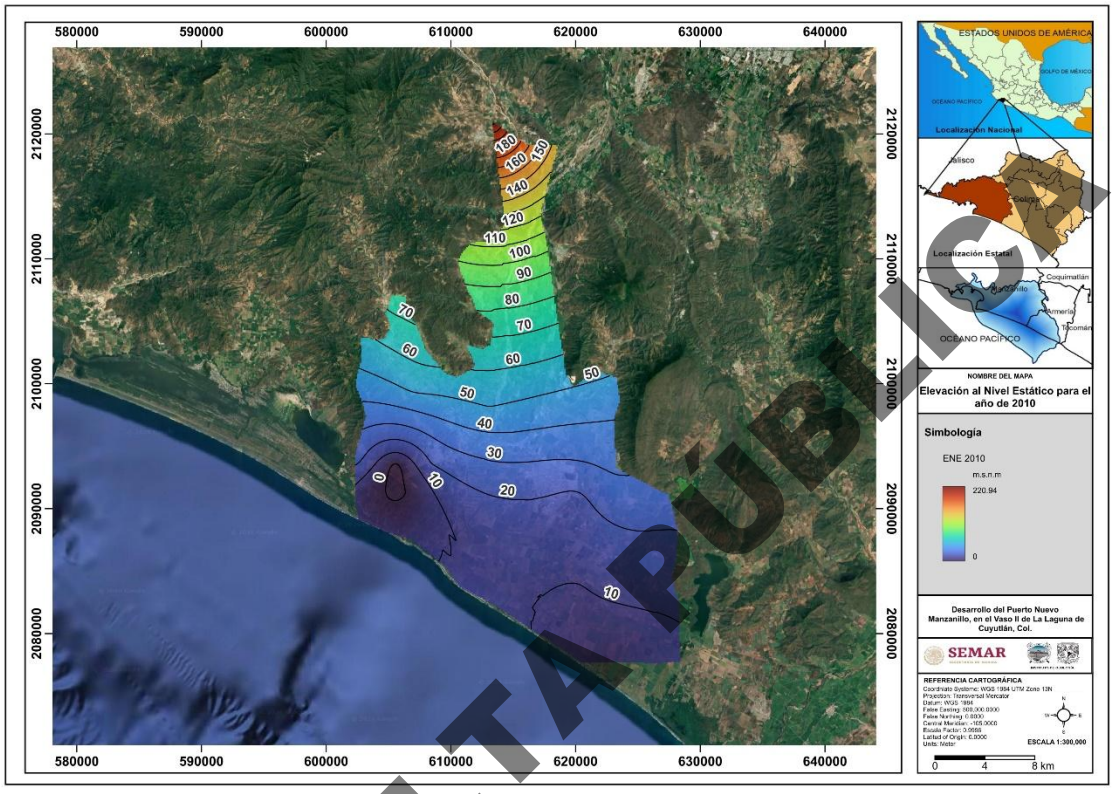


Figura IV. 63. Configuración de los niveles estáticos para el año 2010.

Después de siete años sin registros, en el 2018 la información piezométrica genera un polígono largo pero estrecho que cubre aproximadamente 37 km longitudinalmente (Figura IV. 64). En este año los niveles estáticos se profundizan, ya que cerca de la costa, en el extremo sureste del polígono y de 3 km a 6 km dentro del continente los niveles varían de 0 m hasta 26 m (Figura IV. 64). El rango de valores de mayor extensión es el de 26 m a 51 m, cubriendo aproximadamente 11 km de longitud. Posteriormente, conforme se alejan del mar los niveles se hacen más profundos llegando hasta los 227 m en el extremo norte del polígono (Figura IV. 64).

CONSULTA PÚBLICA

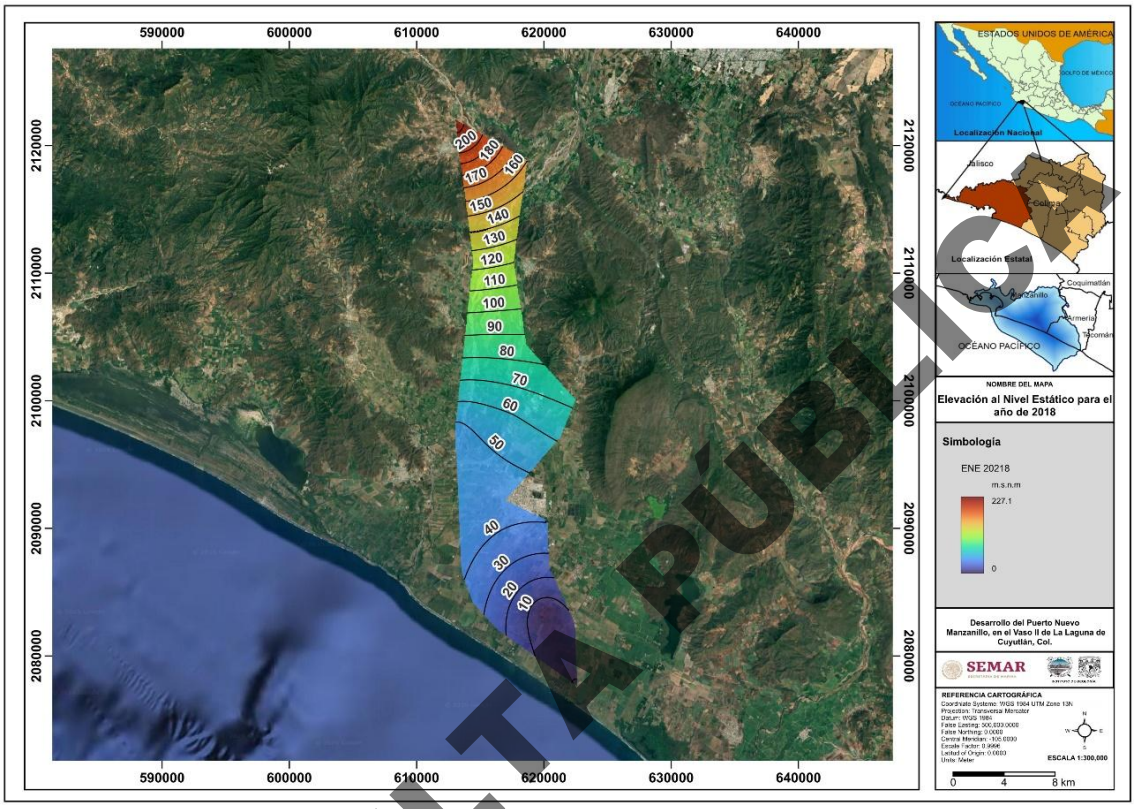


Figura IV. 64. Configuración de los niveles estáticos para el año 2018.

En el año 2025 la distribución de los datos es similar a la del año 2010 (Figura IV. 65 y Figura IV. 63). Sin embargo, algunos puntos se extienden más en la zona oeste entre las laderas al norte del vaso cuatro y en el sureste hay algunos puntos que rodean la laguna Amela (Figura IV. 65).

El primer rango de niveles estáticos puede extenderse desde la costa hacia continente entre 10 a 11 km, tomando valores desde 0 m hasta 13.5 m. El segundo rango que va de los 13.5 m a los 31 m de profundidad se puede extender en los siguientes 4.3 m de lado oeste hasta 8.5 km de lado este del polígono de datos (Figura IV. 65). El tercer rango puede variar en extensión desde 3 km de lado oeste hasta los 6.7 km al este, en cuanto a profundidades del nivel estático, estas pueden ir de los 31 m hasta los 52 m (Figura IV. 65). A partir del cuarto rango las variaciones de nivel estático son más rápidas y pueden llegar hasta los 246 m en el extremo norte del polígono de datos (Figura IV. 65). Niveles más profundos a los presentados en el 2008 (Figura IV. 62), 2010 (Figura IV. 63) y 2018 (Figura IV. 64).

CONSULTA PÚBLICA

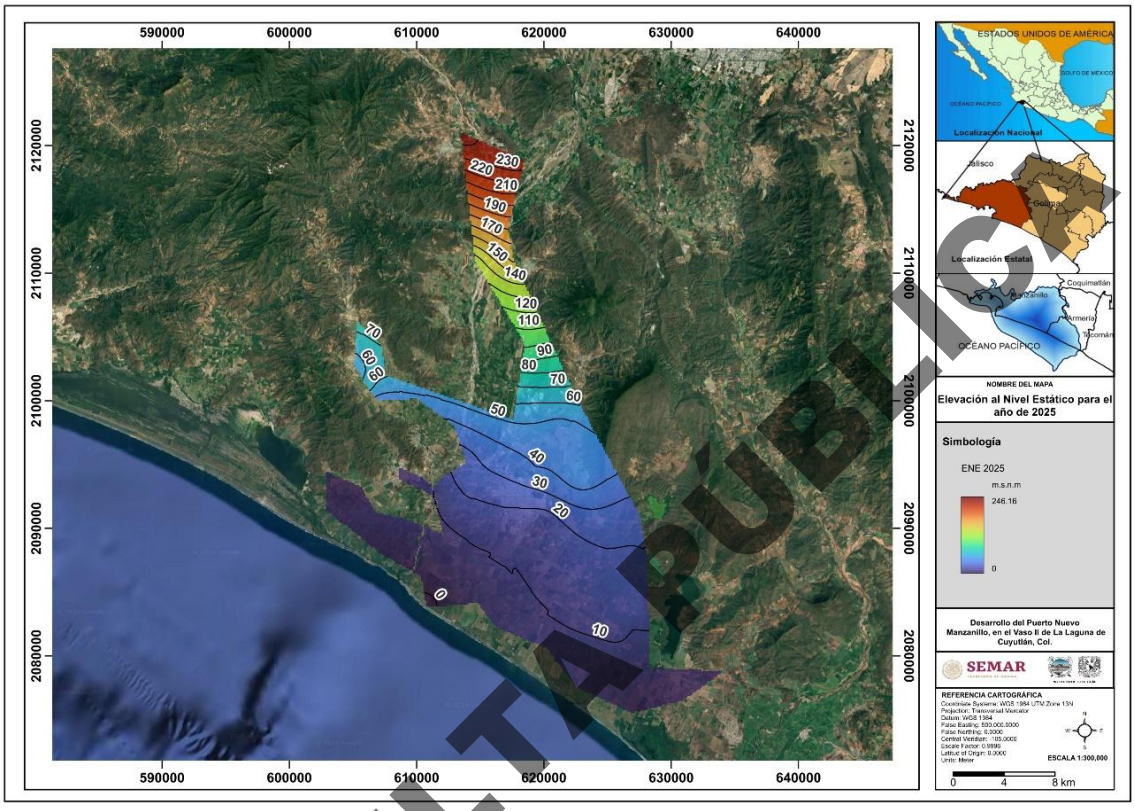


Figura IV. 65. Configuración de los niveles estáticos para el año 2025.

Las configuraciones de niveles estáticos creadas en los mapas de las figuras 60-73 se generaron con la información de las tablas 1- cuya fuente es CONAGUA (2025).

En general, los niveles piezométricos históricos medidos alrededor de la Laguna de Cuyutlán muestran un gradiente hidráulico general con dirección norte–sur, lo cual es consistente con la configuración topográfica regional. La magnitud del gradiente es relativamente baja, característica común de sistemas acuíferos costeros desarrollados en depósitos aluviales de alta permeabilidad. Esta condición favorece velocidades de flujo subterráneo moderadas y permite la interacción hidráulica entre el acuífero y los cuerpos de agua superficiales adyacentes.

IV.3.7.3.2 Niveles estáticos actuales. Campaña de campo

Del recorrido realizado del 9 al 14 de febrero se identificaron 18 pozos alrededor de los cuatro vasos de la laguna. La mayoría de los pozos fueron de aprovechamiento agrícola y otros no fueron identificados en la base de datos del REPDA.

CONSULTA PÚBLICA

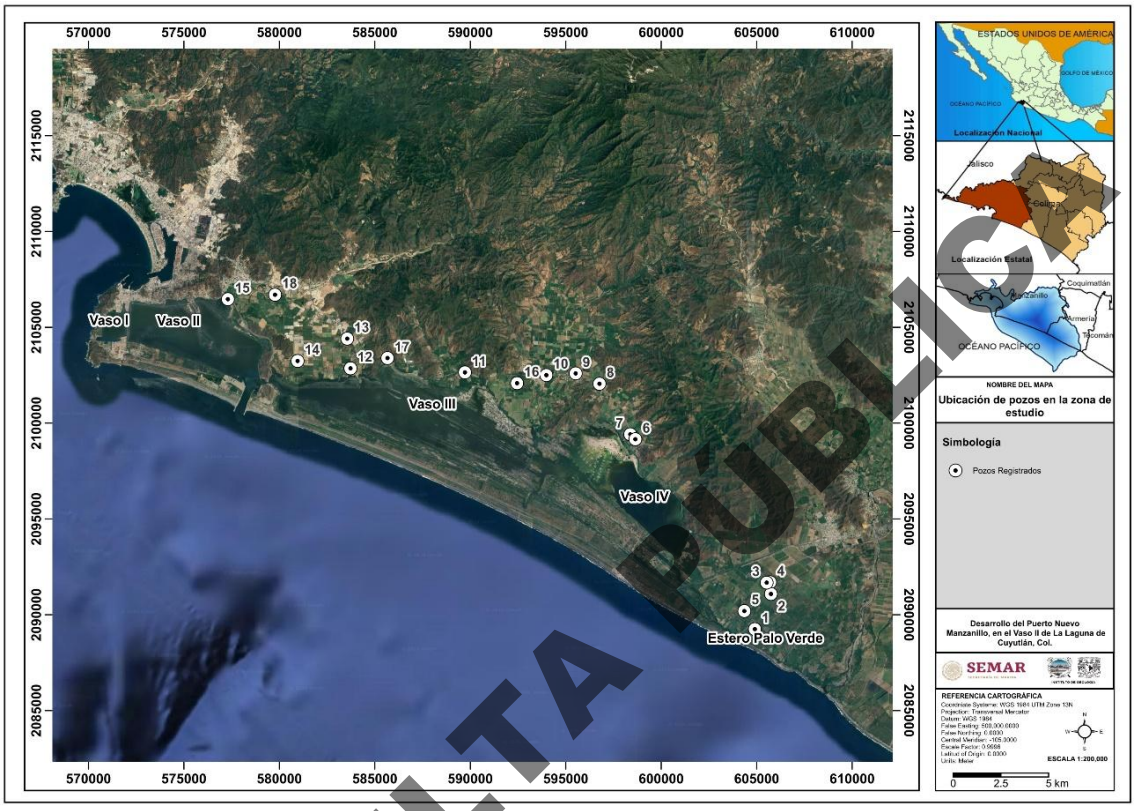


Figura IV. 66. Ubicación de los puntos censados.

De los 18 pozos censados, 10 pozos fueron caracterizados con si nivel estático, ya que se encontraban apagados o se permitió apagar la bomba para la toma de las mediciones. Por otro lado, 8 pozos fueron registrados con nivel dinámico ya que se encontraban bombeando agua para diferentes usos y no fue posible tomar la información de forma estática.

Un resumen de la información obtenida para cada uno de los pozos se muestra en la Tabla IV. 9.

Tabla IV. 9. Datos obtenidos de los 18 pozos censados durante la campaña de campo.

No. De pozo	X	Y	Altitud [m]	Brocal [m]	Profundidad del Nivel dinámico [m]	Profundidad del Nivel estático [m]
1	604902	2089247	11	0.7		2.8
2	605746	2091084	12	0.4	12.2	
3	605523	2091675	15	0.7	13.5	
4	605702	2091695	17	0.7		10.24

CONSULTA PÚBLICA

No. De pozo	X	Y	Altitud [m]	Brocal [m]	Profundidad del Nivel dinámico [m]	Profundidad del Nivel estático [m]
5	604352	2090192	9	0.4	1.3	
6	598642	2099158	14	0	8.5	
7	598377	2099414	13	0.54		10.29
8	596764	2102052	21	0.5		18.5
9	595518	2102592	22	0.7		23
10	593981	2102503	19	0.4	30	
11	589717	2102644	6	1.2		3.3
12	583722	2102857	6	0.5		3
13	583551	2104406	11	0.2	22.5	
14	580951	2103240	9	0.5		3
15	577300	2106465	5	0.2		2.5
16	592446	2102081	12	0.2	22	
17	585660	2103393	11	0.4		4.2
18	579768	2106698	15	0.4	20.21	

Con la información del nivel estático, se construyó una configuración de nivel estático alrededor de cada uno de los vasos, con el objetivo de determinar el aporte actual de los acuíferos hacia la laguna.

CONSULTA PÚBLICA

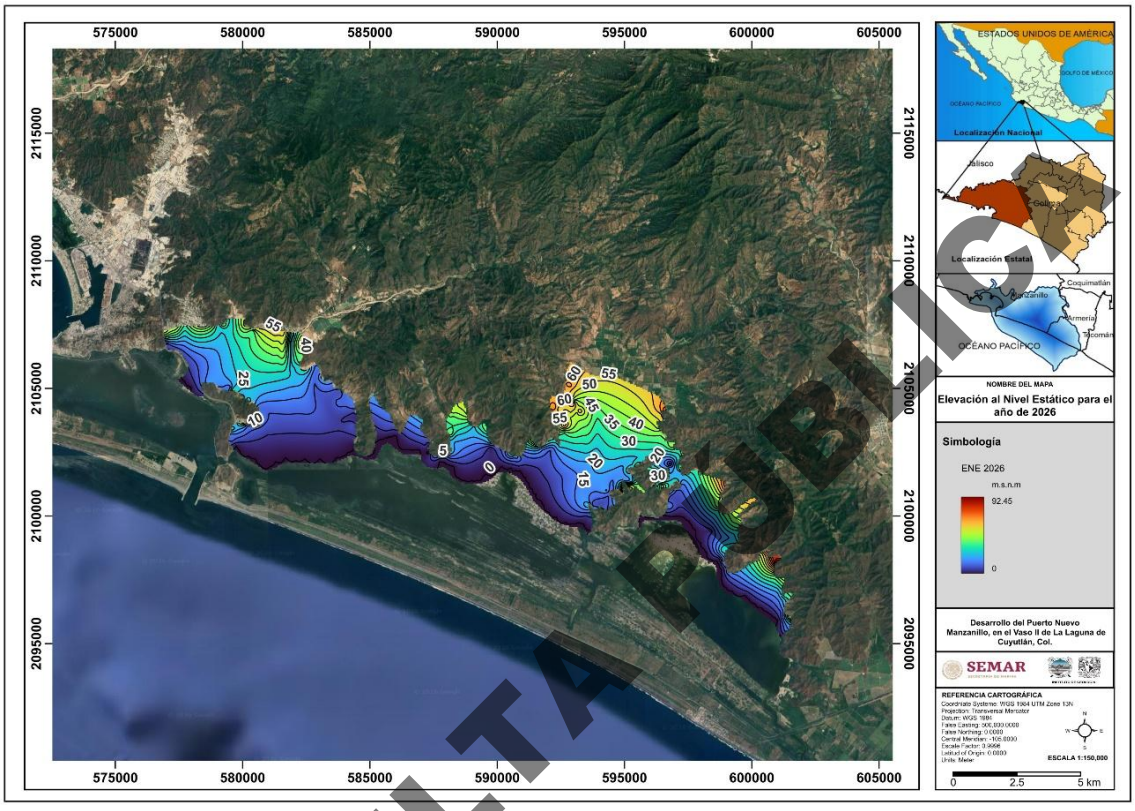


Figura IV. 67. Configuración del nivel estático alrededor de la laguna Cuyutlán con los puntos obtenidos.

Una comparación con los valores históricos reportados en la literatura y los obtenidos en campo es complicada ya que los datos históricos están concentrados en el acuífero de Armería. Los datos cercanos al vaso II y III son los primeros en reportarse en la literatura abierta y no tienen puntos de comparación. Hacia el vaso IV se observa un ligero abatimiento hacia las zonas salineras, pero puede ser consecuencia de la estacionalidad ya que la medición reciente se realizó en temporada seca.

IV.3.7.4 Aporte del acuífero a la Laguna Cuyutlán

El cálculo de entradas por flujo horizontal se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático tomadas en campo, mediante la siguiente expresión (CONAGUA, 2020):

$$Q = T * B * i \quad (6)$$

Para el cálculo del gasto que aporta cada acuífero a la laguna Cuyutlán se tomaron diversas celdas formadas por la configuración y las zonas de descarga del acuífero.

CONSULTA PÚBLICA

En particular, para el acuífero El Colomo, se integraron 11 celdas (de CS-1 a CS-11), donde el flujo subterráneo proveniente del acuífero se subdivide en dos zonas de descarga principales. La primera, la descarga hacia el vaso II formada por las celdas CS1- a CS-8, mientras que la zona de descarga hacia el vaso III la forman las celdas CS-10 y CS-11.

Para el acuífero Venustiano Carranza, se identifican tres zonas de descarga hacia el vaso III formadas por las celdas CS12 y C13 para la primera, CS14 a CS25 para la segunda y de CS26 al CS39 para la tercera.

Para el vaso IV, el acuífero Venustiano Carranza descarga en la franja salinera. Se realizaron diversas celdas debido a la irregularidad de la zona y el contorno alrededor del vaso (celdas CS40 a CS54).

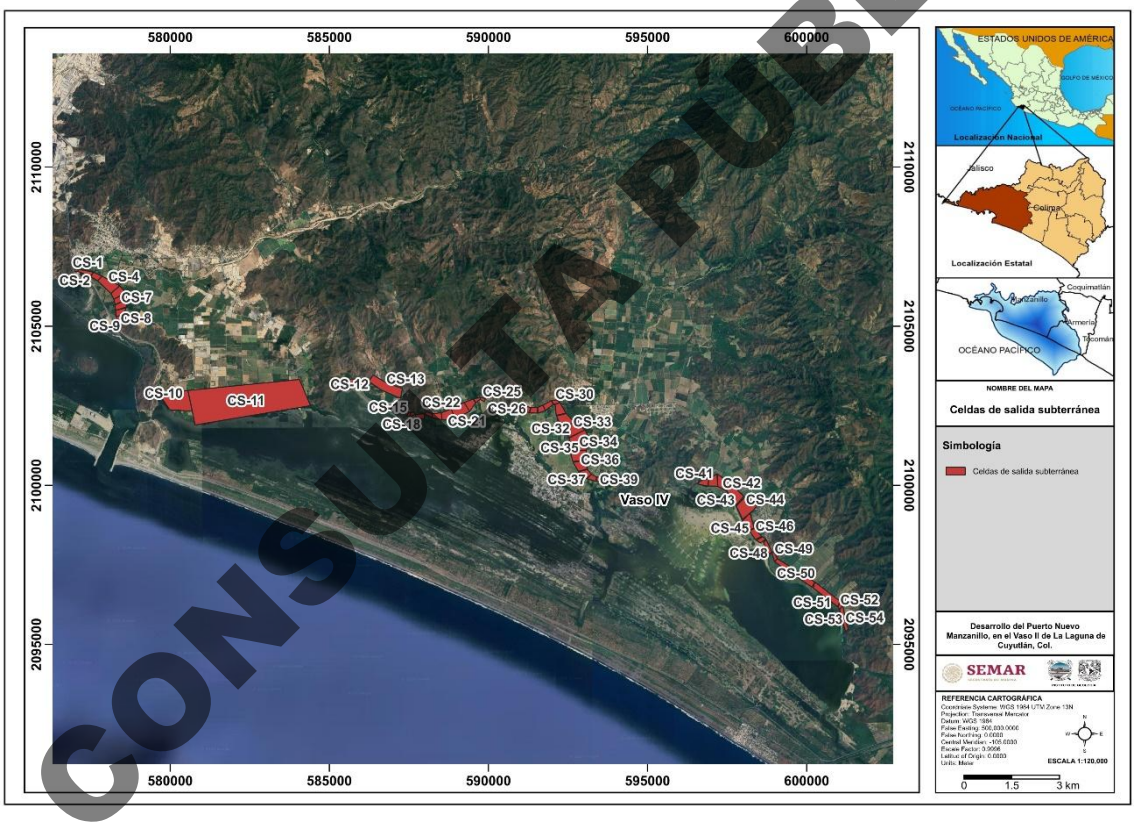


Figura IV. 68. Configuración de las celdas de descarga para el cálculo del aporte de los acuíferos a la Laguna Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 10. Celdas de cálculo para el acuífero El Colomo.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-1	104	73	5
CS-2	431	112	5
CS-3	268	186	5
CS-4	590	276	5
CS-5	240	392	5
CS-6	183	424	5
CS-7	196	376	5
CS-9	140	227	5
CS-8	200	280	5
CS-10	763	620	5
CS-11	3604	989	5

Tabla IV. 11. Celdas de cálculo para el acuífero Venustiano Carranza.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-14	85	83	5
CS-15	84	120	5
CS-16	71	125	5
CS-17	137	103	5
CS-18	269	132	5
CS-19	226	95.5	5
CS-20	300	167.5	5
CS-21	365	275	5
CS-22	492	328	5
CS-23	292	237	5
CS-24	182	95	5
CS-25	150	93	5
CS-26	282	144	5
CS-27	226	155	5
CS-28	212	192	5
CS-29	302	169	5
CS-30	179	270	5
CS-31	353	230	5
CS-32	398.5	353	5

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-33	374	469	5
CS-34	537	633	5
CS-35	336	445	5
CS-36	300	315	5
CS-37	243	223	5
CS-38	227	149	5
CS-39	205	134	5
CS-40	295	151	5
CS-41	285	284	5
CS-42	367	349	5
CS-43	545	295	5
CS-44	504	530	5
CS-45	419	230	5
CS-46	329	164	5
CS-47	183	225	5
CS-48	411	111	5
CS-49	252	78	5
CS-50	1400	127	5
CS-51	982	190	5
CS-52	109	174	5
CS-53	403	99	5
CS-54	316	107	5

CONSULTA PÚBLICA

Con la geometría determinada, se utilizó el valor de transmisibilidad de los reportes de CONAGUA, dentro del rango de 0.002 a 0.05 m^2 /s. Sin embargo, debido a su variabilidad, el valor se calibró de acuerdo con los volúmenes de recarga y la descarga natural comprometida.

Los cálculos se hacen aplicando la Ley de Darcy dando los siguientes resultados:

Para el vaso II desde el acuífero El Colomo en la zona del Proyecto

Tabla IV. 12. Cálculo de gastos del acuífero El Colomo para el Vaso II.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-1	104	73	5	0.009	0.0641
CS-2	431	112	5	0.009	0.1732

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-3	268	186	5	0.009	0.0648
CS-6	183	424	5	0.009	0.0194
CS-5	240	392	5	0.009	0.0276
CS-4	590	276	5	0.009	0.0962
CS-7	196	376	5	0.009	0.0235
CS-9	140	227	5	0.009	0.0278
CS-8	200	280	5	0.009	0.0321

Para el vaso III desde el acuífero El Colomo

Tabla IV. 13. Cálculo de gastos del acuífero El Colomo para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-11	3604	989	5	0.009	0.1640
CS-10	763	620	5	0.009	0.0554

Para el vaso III desde el acuífero Venustiano Carranza (descarga 1)

Tabla IV. 14. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-12	810	284	5	0.0022	0.0314
CS-13	1068	259	5	0.0022	0.0454

Para el vaso III desde el acuífero Venustiano Carranza (descarga 2).

Tabla IV. 15. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-19	226	95.5	5	0.0022	0.0260
CS-18	269	132	5	0.0022	0.0224
CS-17	137	103	5	0.0022	0.0146
CS-14	85	83	5	0.0022	0.0113
CS-15	84	120	5	0.0022	0.0077
CS-16	71	125	5	0.0022	0.0062
CS-20	300	167.5	5	0.0022	0.0197

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-21	365	275	5	0.0022	0.0146
CS-22	492	328	5	0.0022	0.0165
CS-24	182	95	5	0.0022	0.0211
CS-25	150	93	5	0.0022	0.0177
CS-23	292	237	5	0.0022	0.0136

Para el vaso III desde el acuífero Venustiano Carranza (descarga 3)

Tabla IV. 16. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-26	282	144	5	0.0022	0.0215
CS-27	226	155	5	0.0022	0.0160
CS-28	212	192	5	0.0022	0.0121
CS-29	302	169	5	0.0022	0.0197
CS-30	179	270	5	0.0022	0.0073
CS-31	353	230	5	0.0022	0.0169
CS-32	398.5	353	5	0.0022	0.0124
CS-33	374	469	5	0.0022	0.0088
CS-34	537	633	5	0.0022	0.0093
CS-35	336	445	5	0.0022	0.0083
CS-36	300	315	5	0.0022	0.0105
CS-37	243	223	5	0.0022	0.0120
CS-38	227	149	5	0.0022	0.0168
CS-39	205	134	5	0.0022	0.0168

Para el vaso IV desde el acuífero Venustiano Carranza

Tabla IV. 17. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso IV.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-40	295	151	5	0.0022	0.0215
CS-41	285	284	5	0.0022	0.0110
CS-42	367	349	5	0.0022	0.0116
CS-43	545	295	5	0.0022	0.0203

CONSULTA PÚBLICA

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m² /s]	Gasto [m³/s]
CS-44	504	530	5	0.0022	0.0105
CS-45	419	230	5	0.0022	0.0200
CS-50	1400	127	5	0.0022	0.1213
CS-51	982	190	5	0.0022	0.0569
CS-46	329	164	5	0.0022	0.0221
CS-47	183	225	5	0.0022	0.0089
CS-48	411	111	5	0.0022	0.0407
CS-49	252	78	5	0.0022	0.0355
CS-52	109	174	5	0.0022	0.0069
CS-53	403	99	5	0.0022	0.0448
CS-54	316	107	5	0.0022	0.0325

En total, para el vaso II drenan del acuífero El Colomo 0.52 m³/s y para el vaso III 0.21 m³/s. Del acuífero Venustiano Carranza, hacia el Vaso III, el gasto es de 0.45 m³/s y hacia el vaso IV es de 0.42 m³/s.

En la Figura IV. 69 y Figura IV. 70 se muestra un esquema general del aporte de cada uno de los acuíferos a cada uno de los vasos. Los valores totales son consistentes con los valores comprometidos de acuerdo con los informes de CONAGUA.

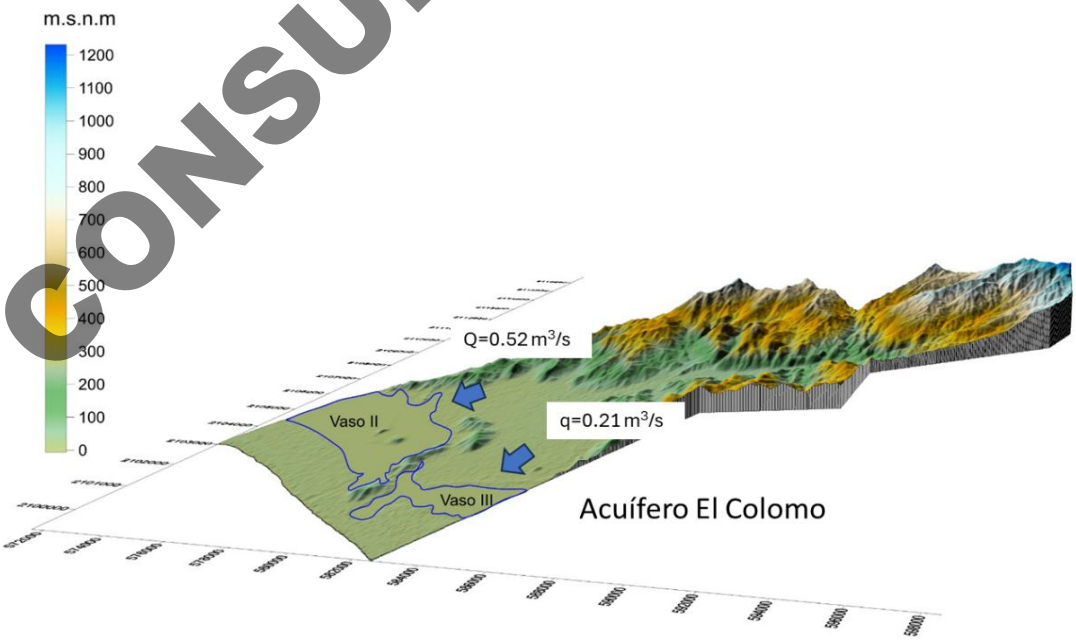


Figura IV. 69. Aportes del acuífero El Colomo hacia la Laguna Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

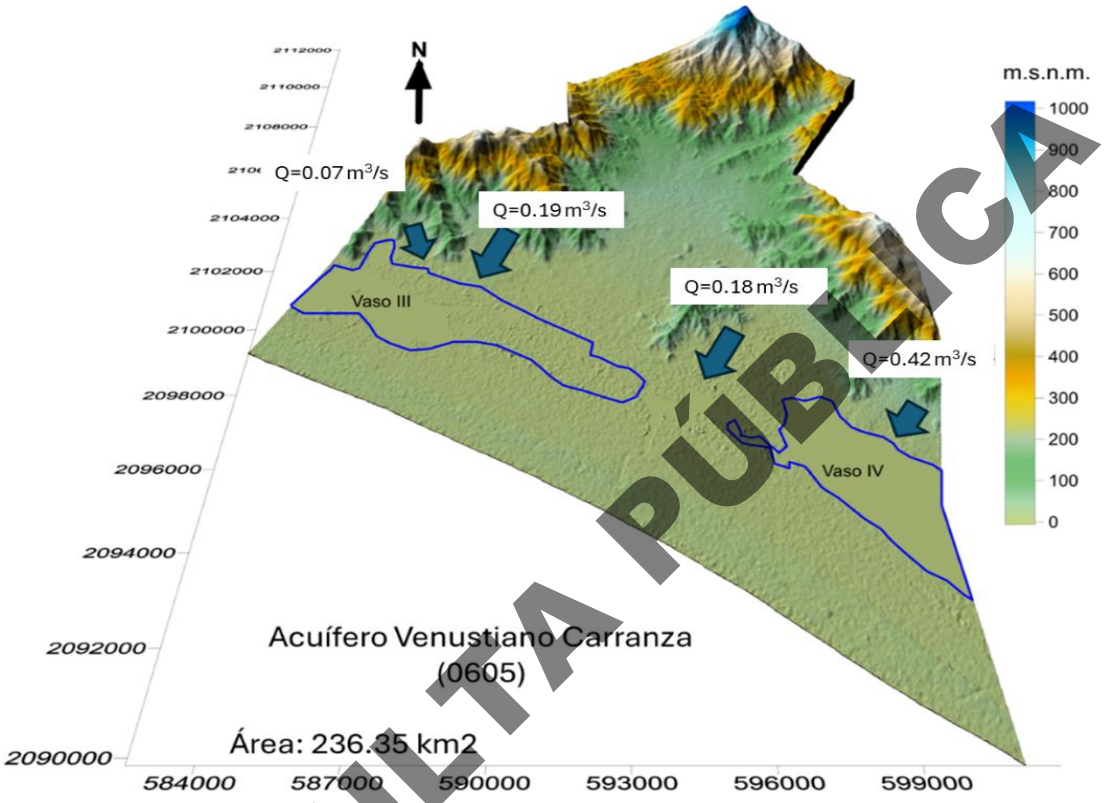


Figura IV. 70. Aportes del acuífero Venustiano Carranza hacia la Laguna Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.7.5 Resultados del modelo hidrogeológico El Colomo

Los resultados del modelo muestran una distribución de carga hidráulica que sigue el gradiente topográfico de la zona de estudio. Las mayores cargas hidráulicas se localizan en la porción oriental del dominio del modelo, donde se registran valores superiores a 200 m, mientras que las menores cargas se presentan hacia la zona costera y los vasos lagunares, donde las cargas se aproximan a 0 m (Figura IV. 71). Este patrón indica un flujo regional del agua subterránea desde las zonas altas ubicadas al este hacia las zonas bajas localizadas en el sistema lagunar y la zona costera.

Las isolíneas de carga hidráulica muestran un gradiente más pronunciado en la zona de transición entre las áreas montañosas y la planicie costera. En esta zona las isolíneas se encuentran más próximas entre sí, lo que indica un mayor gradiente hidráulico y una zona de convergencia del flujo subterráneo hacia la planicie aluvial y los vasos de descarga.

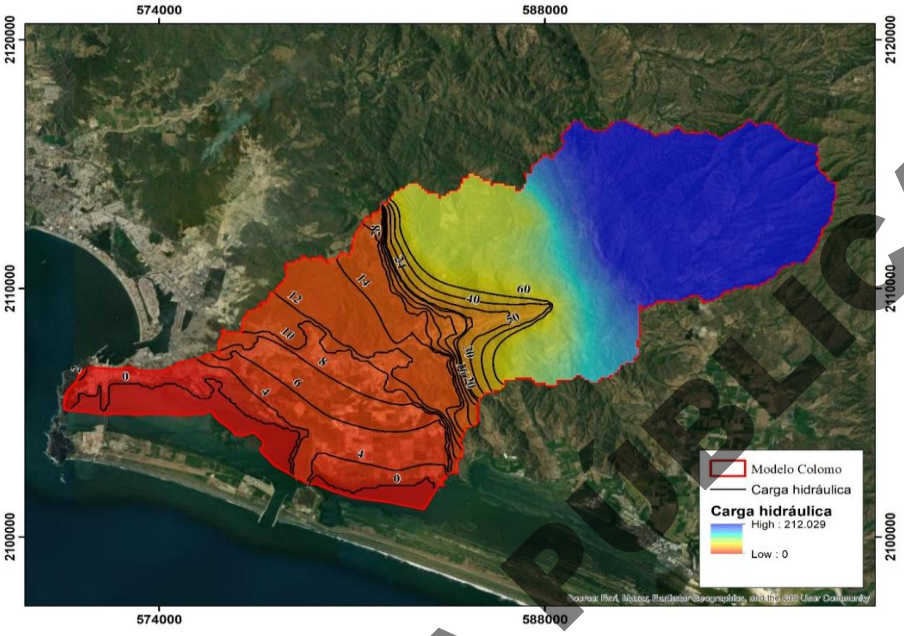


Figura IV. 71. Distribución de carga hidráulica Modelo Colomo.

A partir del balance de flujo obtenido en el modelo se estimó el flujo de las zonas de descarga hacia el sistema lagunar (Figura IV. 72).

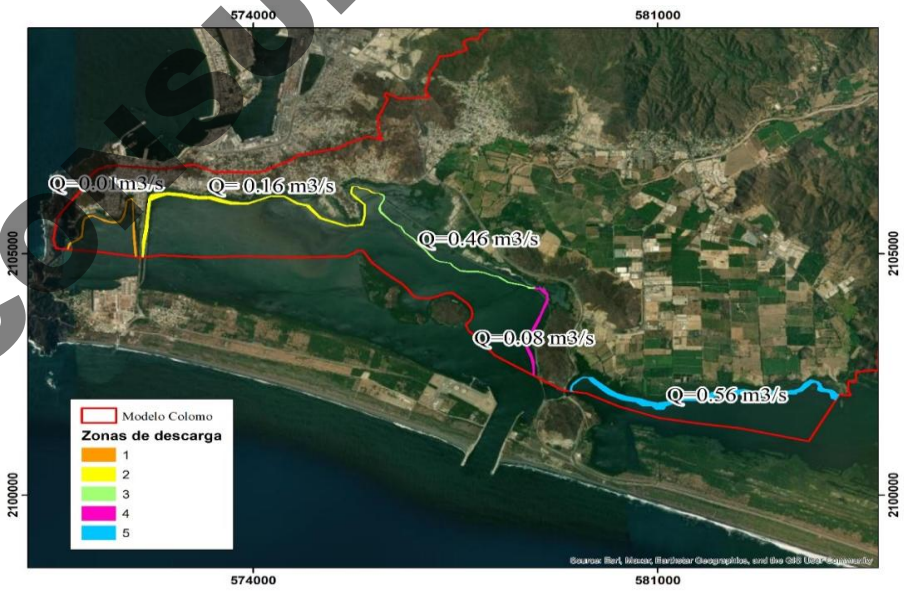


Figura IV. 72. Zonas de descarga Modelo El Colomo.

CONSULTA PÚBLICA

De estas zonas, las mayores contribuciones de descarga se concentran en las zonas 3 y 5, mientras que las zonas 1 y 4 presentan aportes menores. Este patrón sugiere que la descarga subterránea hacia el sistema lagunar no ocurre de manera uniforme, sino que se concentra en sectores específicos controlados por la geometría del sistema de flujo y la configuración hidrogeológica del área.

IV.3.7.6 Resultados del modelo hidrogeológico del acuífero Valle de Venustiano Carranza

Los resultados del modelo muestran una distribución de carga hidráulica que sigue el gradiente topográfico regional del área de estudio. Las mayores cargas hidráulicas se localizan en la porción norte y noreste del modelo, donde se alcanzan valores cercanos a 90 m, asociados a las zonas montañosas que rodean el valle (Figura IV. 73). A partir de estas zonas elevadas, las cargas hidráulicas disminuyen progresivamente hacia el sur, en dirección a la planicie costera y al sistema lagunar.

Las isolíneas de carga hidráulica presentan una orientación general norte–sur, indicando que el flujo subterráneo regional se dirige desde las zonas de mayor elevación hacia la planicie costera. En la zona de transición entre la sierra y la planicie aluvial se observa una mayor densidad de isolíneas, lo que refleja un incremento en el gradiente hidráulico y una zona de concentración del flujo subterráneo.

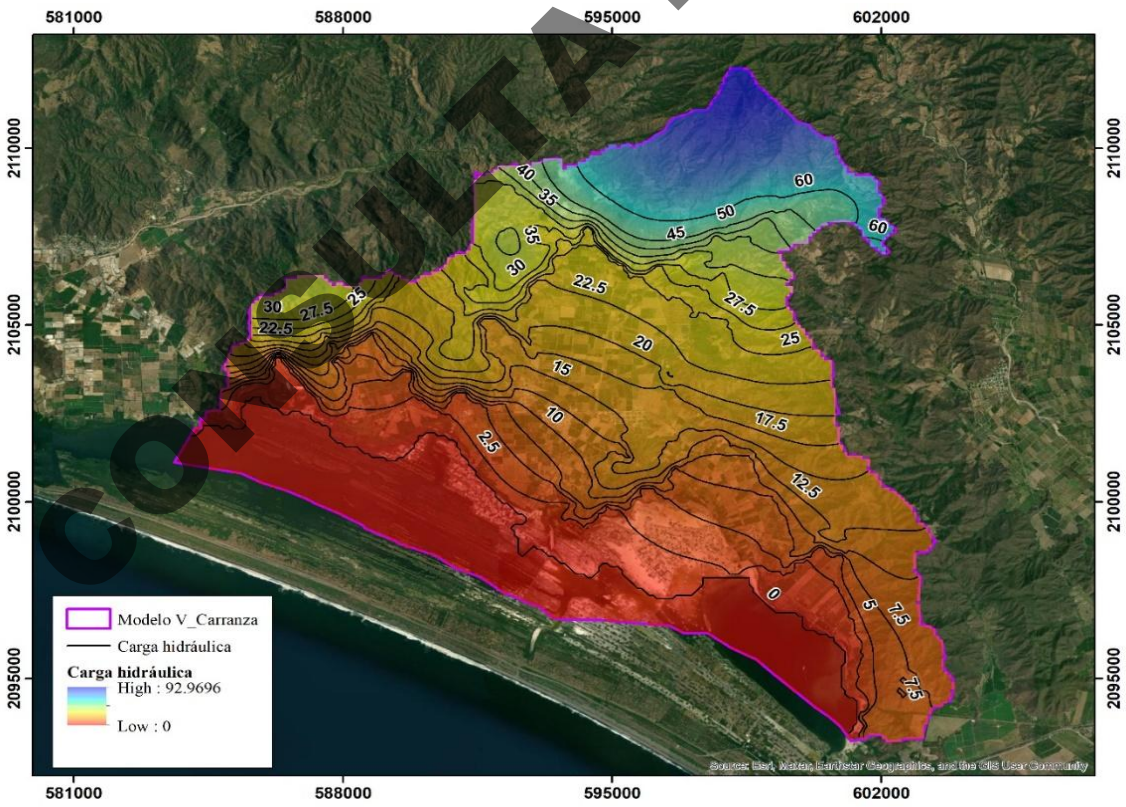


Figura IV. 73. Distribución de carga hidráulica Modelo V_Carranza.

CONSULTA PÚBLICA

A partir del balance de flujo obtenido en el modelo se estimó el flujo de las zonas de descarga hacia el sistema lagunar (Figura IV. 74).

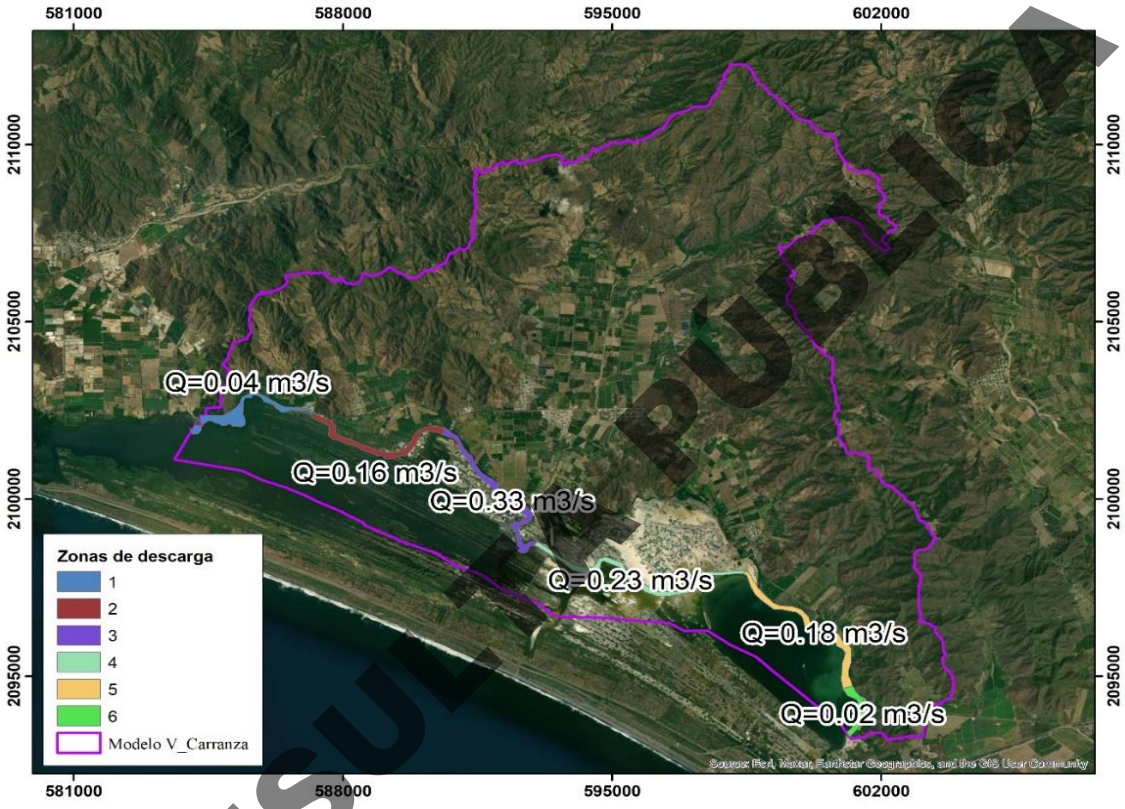


Figura IV. 74. Zonas de descarga.

IV.3.7.7 Modelo conceptual hidrogeológico de la Laguna de Cuyutlán

El sistema hidrogeológico de la Laguna de Cuyutlán se caracteriza por un sistema costero integrado en la interacción dinámica entre aguas superficiales, subterráneas y marinas, donde los depósitos sedimentarios recientes y las unidades volcánicas más antiguas dominan un marco geológico. Las cadenas montañosas volcánicas en el extremo norte a lo largo de la llanura costera estructuran; la llanura costera sur; controlando así la recarga, circulación y descarga de agua subterránea dentro del sistema geomorfológico regional.

IV.3.7.7.1 Zonas de Recarga

La mayoría de las áreas de recarga del sistema hidrogeológico se encuentran en las tierras altas de la región, es decir, en las cadenas montañosas volcánicas que rodean la llanura costera. La infiltración de agua de lluvia

CONSULTA PÚBLICA

es una recarga predominante en estas áreas. La precipitación sobre las fracturas de las formaciones volcánicas y el aluvión de los valles intermontanos drena hacia la superficie del suelo y llena los acuíferos regionales. La recarga se realiza mediante la infiltración del escurrimiento superficial en canales sedimentarios de ríos y arroyos y la infiltración difusa del escurrimiento superficial en llanuras aluviales. Y los acuíferos retroalimentan estos procesos, que a su vez alimentan el agua subterránea hacia las áreas costeras.

IV.3.7.7.2 Sistema de Acuíferos Regionales

El flujo subterráneo regional se forma principalmente en depósitos aluviales cuaternarios que consisten en acuíferos compuestos por arenas, gravas y limos con una permeabilidad bastante alta. Se depositan como acuíferos no confinados desde las zonas de recarga a través de las cuales el agua subterránea fluye hacia la llanura costera. Los acuíferos El Colomo y Venustiano Carranza son los acuíferos más interrelacionados con la dinámica hidrogeológica de la Laguna de Cuyutlán. Ambos se desarrollan dentro de la llanura costera y contienen espesores generalizados de sedimentos permeables que facilitan el almacenamiento y transporte de agua. Interacción Acuífero-Laguna. En este sistema hidrogeológico, la Laguna de Cuyutlán sirve principalmente como una zona de descarga natural para el flujo subterráneo regional. En aquellas regiones donde el nivel freático está cerca de la superficie, el agua subterránea puede ser atraída hacia la laguna por flujos horizontales a través de sedimentos, o por una acción localizada en zonas con mayor permeabilidad.

Esta descarga subterránea se suma al balance hídrico de la laguna, pero generalmente de manera mucho menos marcada que otros procesos hidrológicos importantes como el intercambio con el Océano Pacífico y los procesos de evaporación de los ecosistemas de lagunas costeras poco profundas. El patrón temporal de interconexión del sistema de agua subterránea y laguna incluso puede cambiar según las condiciones hidrológicas regionales, especialmente por alta precipitación o por extracción subterránea intensa. Interacción con el océano y actividad de mezcla.

El intercambio crea variaciones espaciales y temporales de la salinidad de la laguna, especialmente en aquellos puntos cercanos a las conexiones con el mar. La composición química del agua en dicha laguna se determina según los procesos donde el agua de mar se mezcla con agua subterránea de origen continental y flujos de agua superficial de escorrentía. Además, debido a los procesos de evaporación que ocurren en la laguna, particularmente en la estación seca, los niveles de sales disueltas aumentan y el perfil hidrogeoquímico del sistema también cambia.

IV.3.7.7.3 Dinámica hidrogeoquímica del sistema

A lo largo del sistema hidrogeológico, la evolución química del agua está impulsada por muchos procesos, pero entre ellos, en el caso del agua en forma de roca durante el paso subterráneo, en el caso del agua de mar y la mezcla de agua de mar en zonas costeras, o en los procesos de evaporación del cuerpo lagunar son especialmente prominentes. El agua subterránea de las áreas de recarga generalmente muestra características hidrogeoquímicas que son características de aguas meteóricas jóvenes con bajos sólidos disueltos y con un alto porcentaje de bicarbonatos y calcio o magnesio. El agua puede experimentar procesos de mezcla con agua

CONSULTA PÚBLICA

de mar o sufrir una mineralización aumentada a medida que fluye a lo largo de las zonas subterráneas y costeras.

IV.3.8 Descripción y características del medio físico

IV.3.8.1 Batimetría

La batimetría es un insumo indispensable para el trabajo de caracterización de un medio acuático o proceso de flujo ya que la batimetría controla directamente procesos como la circulación del agua, distribución de velocidades, niveles hidráulicos y patrones de flujo. Pequeñas variaciones en la profundidad pueden generar cambios significativos en la energía del sistema, afectando fenómenos como la mezcla, la estratificación y el transporte de sedimentos. Además, la batimetría es indispensable para evaluar procesos de sedimentación y erosión, identificar zonas de acumulación de materiales y analizar la evolución morfológica de un sistema a lo largo del tiempo. A continuación, se describe la batimetría utilizada para la caracterización y modelación.

IV.3.8.1.1 Vaso I

El Vaso I corresponde al cuerpo de agua más occidental del sistema lagunar, cerca de la bahía de Manzanillo. El vaso presenta la menor área y volumen dentro de la Laguna de Cuyutlán. Su profundidad media es de aproximadamente 1.16 m, lo que favorece una alta interacción con la atmósfera (evaporación) y rápida respuesta a forzamientos externos.

Desde el punto de vista hidrodinámico, este vaso está fuertemente influenciado por su conexión directa con el océano Pacífico a través del Canal Ventanas, lo que genera un intercambio de agua de mar significativo, lo que da como resultado velocidades de flujo considerables sobre el canal y una renovación continua de agua.

Estas condiciones promueven una mezcla intensa de agua, reduciendo la estratificación y favoreciendo la homogenización de parámetros como temperatura y salinidad. Por su geometría y su dinámica el Vaso I es un vaso regulador del intercambio de agua entre el océano y los demás vasos, actuando como una zona de transición donde se disipan los gradientes hidráulicos ya que el agua ingresa por el Canal Ventanas y su oleaje es atenuado por un subcuerpo un poco más profundo, antes de su ingreso al cuerpo principal (Figura IV. 75).

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 75. Batimetría del Vaso I.

CONSULTA PÚBLICA

Características de la batimetría del vaso I

- Número de puntos XYZ: ~68,987
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 1.73 km²
- Volumen: 2.01 hm³
- Profundidad media: 1.16 m

IV.3.8.1.2 Vaso II

El Vaso II constituye el vaso central e hidrodinámico del sistema lagunar, ya que concentra aproximadamente el 42% del volumen total de la laguna y regula el ingreso de agua por el canal Tepalcates, que es el ingreso principal de agua a todo el sistema. Su mayor extensión superficial y su profundidad media ligeramente superior (1.68 m) a los demás vasos le confieren una mayor capacidad de almacenamiento y amortiguamiento hidrodinámico.

Este vaso recibe influencia directa tanto del intercambio de marea (directa por el canal Tepalcates y de manera indirecta a través del Vaso I) como de los flujos provenientes del interior de la cuenca El Colomo y del Arroyo Zacate en época de lluvias, por lo que su circulación es más compleja.

Desde el punto de vista hidrodinámico, el Vaso II actúa como un reservorio principal y zona de mezcla, donde convergen el agua marina, el agua lagunar y los aportes superficiales.



Figura IV. 76. Batimetría del Vaso II.

Características de la batimetría del vaso II

- Número de puntos XYZ: ~727,129
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 18.18 km²
- Volumen: 30.62 hm³
- Profundidad media: 1.68 m

IV.3.8.1.3 Vaso III

El Vaso III representa un compartimento intermedio tanto en términos de volumen como de dinámica hidrodinámica. Su profundidad media de 1.34 m y su posición dentro del sistema lo convierten en un vaso con intercambio muy restringido respecto a los vasos más cercanos al mar.

El flujo de agua hacia este vaso depende principalmente del intercambio con el Vaso II, lo que implica una reducción en las velocidades de corriente, mayor tiempo de residencia y mayor estabilidad hidráulica relativa (permanencia de nivel).

Estas condiciones favorecen procesos como la acumulación de solutos, el incremento de salinidad por evaporación y mayor influencia de procesos biogeoquímicos.

CONSULTA PÚBLICA

Desde el punto de vista de la circulación, el Vaso III puede presentar zonas con flujo lento o semiestacionario, particularmente en áreas alejadas de los canales de conexión, en la zona salinera y en los bordes cercanos al vaso IV.



Figura IV. 77. Batimetría del Vaso III.

Características de la batimetría del vaso III

- Número de puntos XYZ: ~401,225
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 10.03 km²
- Volumen: 13.44 hm³
- Profundidad media: 1.34 m

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.1.4 Vaso IV

El Vaso IV es el compartimento más confinado del sistema lagunar, con un volumen significativo (y económicamente vital para la industria salinera), pero con el menor grado de intercambio hidráulico, debido a que la zona de intercambio con el vaso III está controlado de antropogénica, a través de un canal que se cierra artificialmente. Su profundidad media de 1.38 m, gracias a una zona profunda al interior. Su limitada conexión con los vasos que tienen ingreso de agua de mar genera condiciones de baja energía hidráulica. En la zona más oriente de la laguna, el Vaso IV tiene conexión hidráulica con el estero Palo Verde, que, debido al cierre

temporal de la compuerta entre el Vaso III y IV, genera intercambios intermitentes de agua salada y dulce en la zona de conexión.

Este vaso presenta las menores velocidades de flujo, el mayor tiempo de residencia y alta susceptibilidad a procesos de acumulación y evaporación, por lo que existen grandes acumulaciones de sales y posibles procesos de eutrofización.

Características de la batimetría del vaso IV

- Número de puntos XYZ: ~512,400
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 12.81 km²
- Volumen: 17.66 hm³
- Profundidad media: 1.38



Figura IV. 78. Batimetría del Vaso IV.

En conjunto, la Laguna de Cuyutlán funciona como un sistema lagunar de compartimientos en el que cada vaso presenta características hidrodinámicas y geoquímicas particulares.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.2 Frente Costero

La batimetría del frente costero frente a la Laguna (Figura IV. 79) se caracteriza por una plataforma continental estrecha con una pendiente pronunciada, donde la transición de áreas poco profundas a aguas profundas (tirante mayo a 50 m) ocurre en distancias relativamente cortas (entre 800 y 1200 m aproximadamente). La batimetría fue obtenida de datos medidos e interpolada con datos batimétricos provenientes de portulanos de SEMAR.

En la franja inmediata a lo largo de la línea de costa, se identifica una zona continua de poca profundidad (entre los 2 y 15 m de profundidad), asociada con profundidades reducidas y la presencia de la zona de rompientes, donde las olas interactúan intensamente con el lecho marino, creando condiciones de turbulencia y mezcla. Esta banda poco profunda tiene una geometría alargada paralela a la costa, lo que sugiere la influencia de procesos dominantes de transporte a lo largo de la línea de costa.

Hacia el mar, la batimetría muestra un rápido aumento en la profundidad, evidenciado por un marcado gradiente que conduce a zonas de profundidad intermedia y posteriormente a regiones más profundas en tonos más oscuros. Este comportamiento indica una extensión limitada de la plataforma continental y una conexión relativamente directa con la pendiente continental, lo que implica que la energía de las olas entrantes se disipa en una franja estrecha antes de llegar a la costa.

Se observan variaciones espaciales en la batimetría, que pueden estar asociadas con irregularidades del lecho marino, como pequeñas depresiones, influyendo en la distribución de la energía de las olas y los patrones de circulación local.

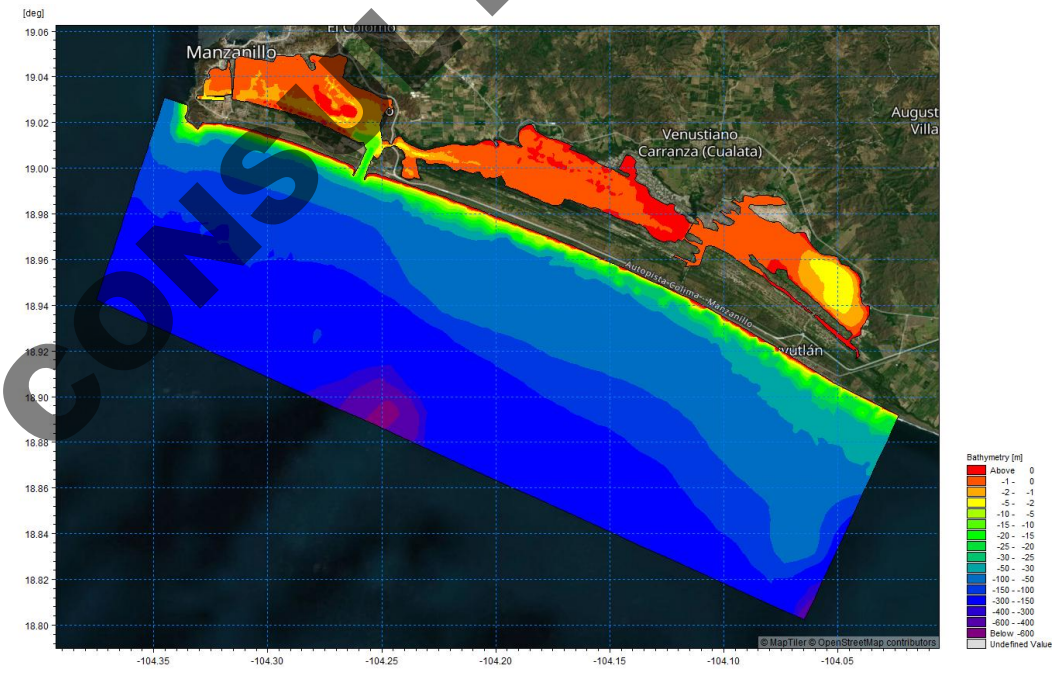


Figura IV. 79. Batimetría del frente costero.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.3 Temperatura

La temperatura del agua en la Laguna de Cuyutlán está determinada principalmente por las condiciones atmosféricas regionales, que son un clima cálido subhúmedo con alta radiación solar durante gran parte del año. Según los registros de campo, la temperatura de la superficie muestra variaciones espaciales locales dentro de cada vaso, con aumentos en las áreas poco profundas debido a la baja profundidad del sistema (menos de 1 m en promedio), lo que favorece una rápida respuesta térmica a los cambios atmosféricos.

De febrero a agosto, la temporada cálida y lluviosa trae la temperatura más alta, mientras que los valores más bajos prevalecen en el invierno, en los meses de diciembre y enero. Estos cambios afectan cosas como:

- Evaporación.
- Densidad del agua.
- Estratificación térmica (limitada) En general, debido a la poca profundidad, el sistema presenta principalmente condiciones bien mezcladas.

A continuación, se presentan los valores registrados

En la Figura IV. 80 se muestra la variación de la temperatura del canal Tepalcates a 18 m de profundidad, se observa que la temperatura no es constante pese a la profundidad, ya que existen diversos procesos, dominados por la marea y por la recirculación del sistema Mar – Laguna.

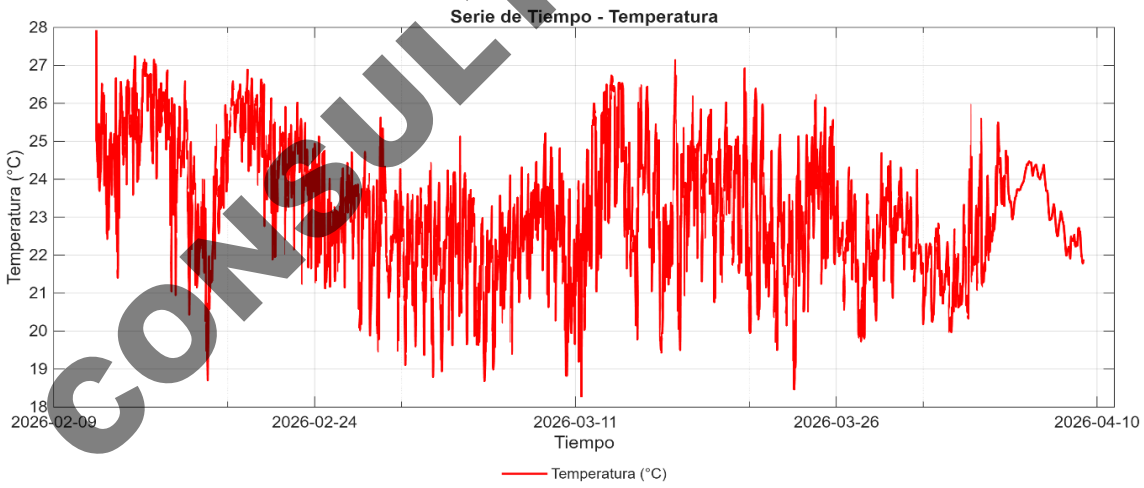


Figura IV. 80. Temperatura en el Canal Tepalcates (18 m de profundidad)

En la Figura IV. 81 se muestra la variación de la temperatura del canal Ventanas a 0.6 m de profundidad, se observa que la temperatura es más variable que la temperatura ambiental, observándose valores de temperatura entre los 25°C y los 32 °C con diversas oscilaciones, . Se registra además que existe influencia por las condiciones de marea, aunque no es la componente predominante, como lo es el ciclo diario.

CONSULTA PÚBLICA

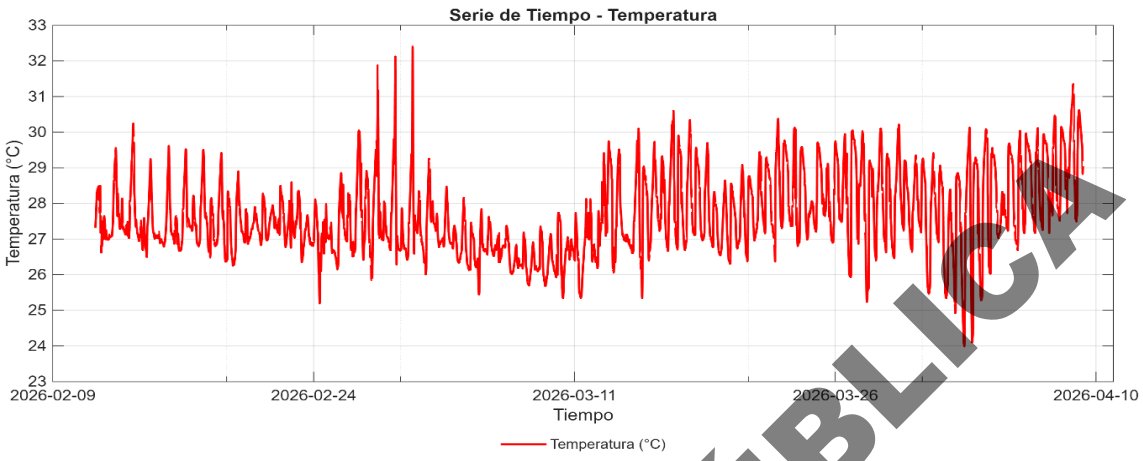


Figura IV. 81. Temperatura en el Canal Ventanas.

En la Figura IV. 82 se muestra la temperatura en el Vaso II, bajo el puente del boulevard. Se observa que la temperatura está dominada por el ciclo de marea (derivado del canal Tepalcates) y del ciclo diario. Las temperaturas se encuentran entre los 26 y los 34 °C, con una tendencia al alza debido a la entrada de la primavera y la época seca en la zona de estudio.

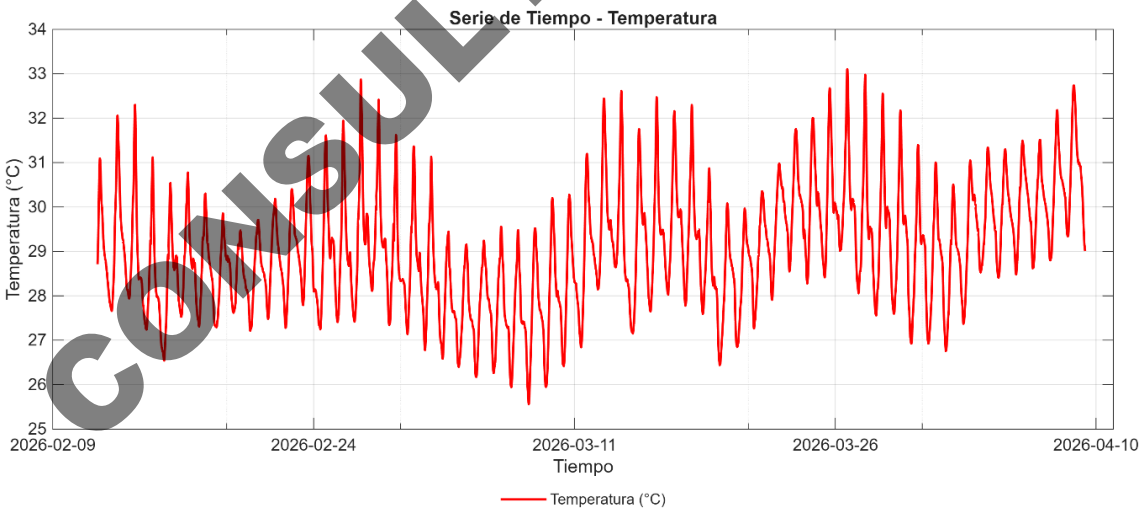


Figura IV. 82. Temperatura en el Vaso II

En la Figura IV. 83 se muestra la temperatura en el Vaso III, localizado en la zona salinera. Se muestra que en esta zona la temperatura está completamente dominada por el ciclo diario, con temperaturas de hasta 40 °C durante el día y de 22 °C por la madrugada.

CONSULTA PÚBLICA

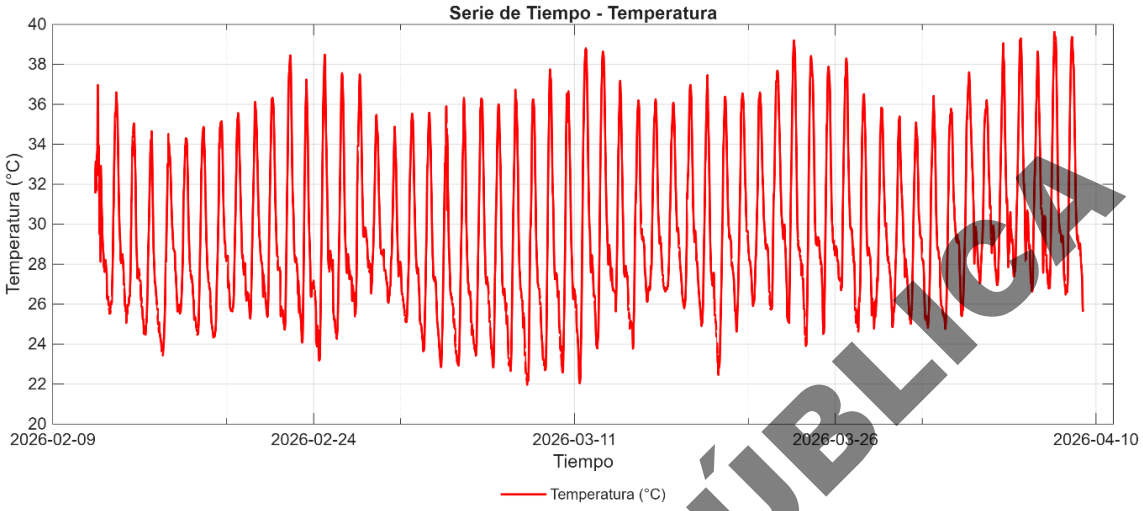


Figura IV. 83. Temperatura en el Vaso III.

En el estero Palo Verde la temperatura es más fresca, debido a que el agua dentro del estero no parece tener una interacción fuerte con el agua de los vasos. En la Figura IV. 84 se muestra la temperatura en el Estero, se muestran temperaturas más constantes entre los 27 y 29 °C, con un ligero aumento de 0.5 °C a inicios de abril.

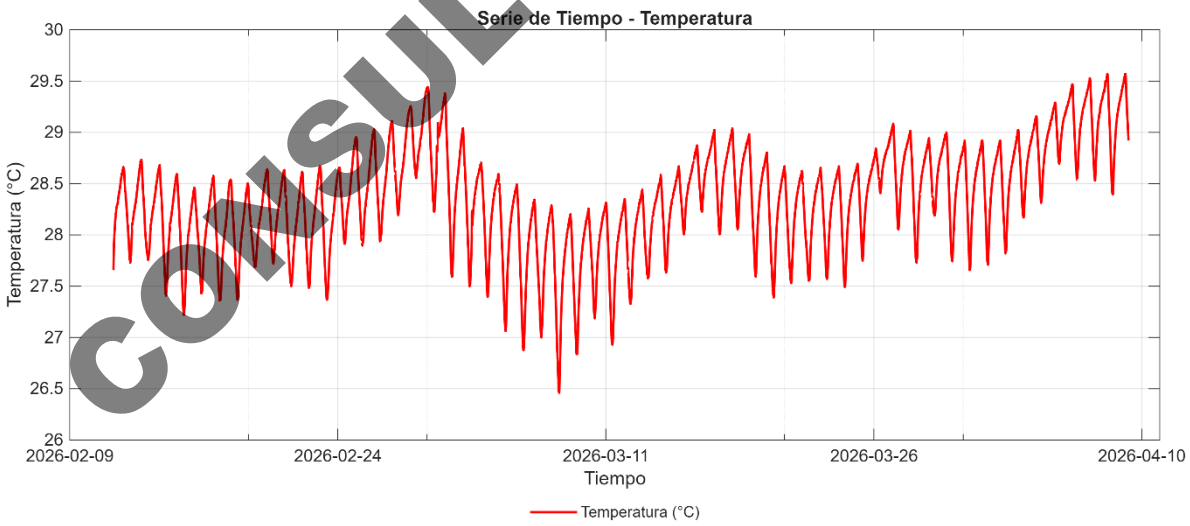


Figura IV. 84. Temperatura en el Estero Palo Verde.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.4 Salinidad

En la Figura IV. 85 se muestra la distribución de la salinidad (en unidades PSU) en los cuatro vasos y en el estero Palo Verde a partir de los valores leídos en campo (febrero 2026).

En el Vaso II, cerca de la boca del canal Tepalcates, se observa una distribución de salinidad uniforme, entre los 50 y 52 PSU (la salinidad del agua de mar se encuentra en un rango de 32 a 35 PSU) lo que indica un fuerte proceso de evaporación en la superficie de agua y de dilución con el agua de mar ya que para que el agua de mar (35 PSU) pase a una concentración de 50 PSU (valor medido) se requiere una pérdida de aproximadamente el 30% de la masa de agua por cada metro cubico, proceso que sucede en la superficie.

En el canal Ventanas (Vaso I), las lecturas son equivalentes al del canal Tepalcates, de aproximadamente 52 PSU. Esta distribución es uniforme en el vaso I y Vaso II con excepción del fondo del vaso I (costa adentro) donde se registró una lectura de 56 PSU, debido a la falta de movilidad.

Al interior del Vaso III la salinidad se distribuye entre los 50 PSU y los 70 PSU desde la entrada del canal del Vaso II hasta la zona de compuerta del Vaso III con el vaso IV respectivamente.

En el vaso IV, la concentración máxima se observa en la zona de compuerta con el Vaso III, y en la zona salinera. Hacia el centro del vaso, la salinidad disminuye hasta los 45 PSU debido a una medición obtenida en la ribera del vaso IV donde el agua se presenta con poca concentración de salinidad, lo que se interpreta como una posible interacción con el acuifero o el agua del estero Palo Verde (se analizará más detalladamente en el apartado hidrogeoquímico en el concepto de geohidrológica). Hacia el estero Palo Verde, aun en el vaso IV, la concentración disminuye hasta los 32 PSU, lo que indica los procesos de mezcla de agua dulce del agua proveniente del estero. Dentro del estero, el agua es dulce con salinidades menores a los 5 PSU.

CONSULTA PÚBLICA

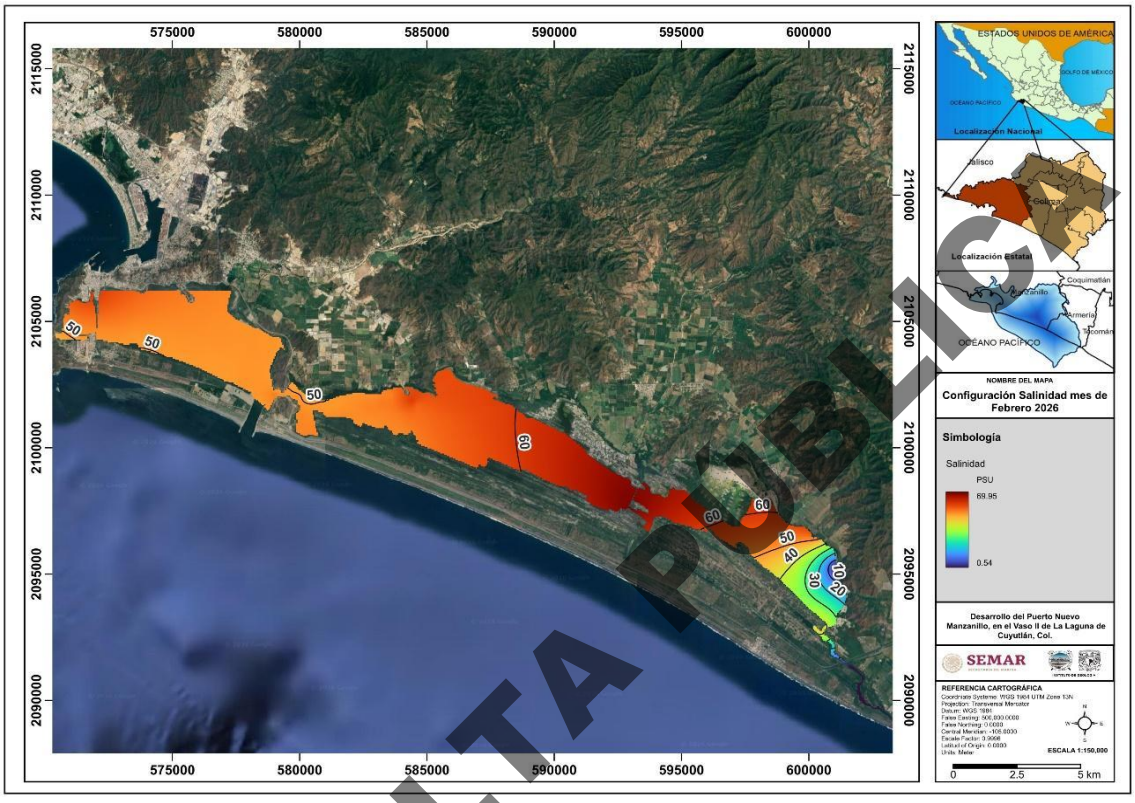


Figura IV. 85. Configuración de la salinidad durante febrero de 2026.

Con base en el estudio “Caracterización de las condiciones de salinidad del Vaso III de la Laguna Cuyutlán y el predio denominado La Coronita 2 (salinera Monarca) con superficie de 7.53 ha” realizado en diciembre de 2026, por la UNAM, en la Figura IV. 86 se muestra el mapa de distribución de la salinidad en el Vaso III durante el mes de octubre, que corresponde a la etapa final de la temporada de lluvias. Como se puede observar, la distribución de la salinidad es distinta debido a la influencia de la precipitación.

En la entrada del Vaso III, la salinidad es de 33.5 a 33.8 PSU (33,500 a 33,800 partes por millón) que corresponde a la salinidad del agua de mar. Al adentrarse al interior del vaso, el agua cambia ligeramente la concentración de salinidad a 32.8 a 33.0 PSU. Hacia la zona el interior del vaso y en la zona circundante al predio La coronita 2, la concentración aumenta entre los 35 y 36 PUS en la zona más cercana al Vaso IV.

CONSULTA PÚBLICA

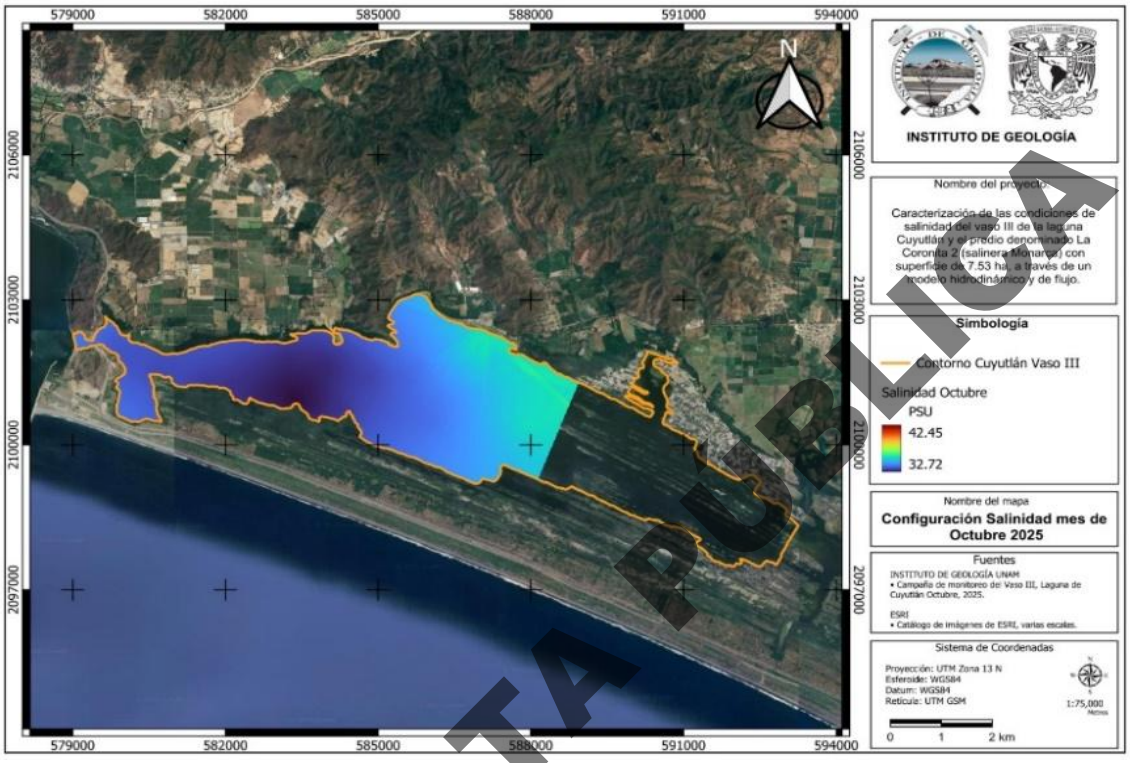


Figura IV. 86. Salinidad en el Vaso III. Octubre 2026.

En la Figura IV. 87 se muestra el mapa de distribución de la salinidad en el vaso III durante el mes de noviembre. Para este mes, los rangos de variabilidad de la salinidad son mayores que en octubre. En la entrada del canal Tepalcates, la concentración se mantiene entre los 32.8 y 33.5 PSU. Hacia el interior, la concentración de la salinidad aumenta entre los 34 y 35 PSU. Hacia la conexión del Vaso IV, la concentración alcanza sus valores máximos, de entre 40 y 42 PSU. Hacia el predio en estudio, la salinidad ronda los 36 y 38 PSU.

CONSULTA PÚBLICA

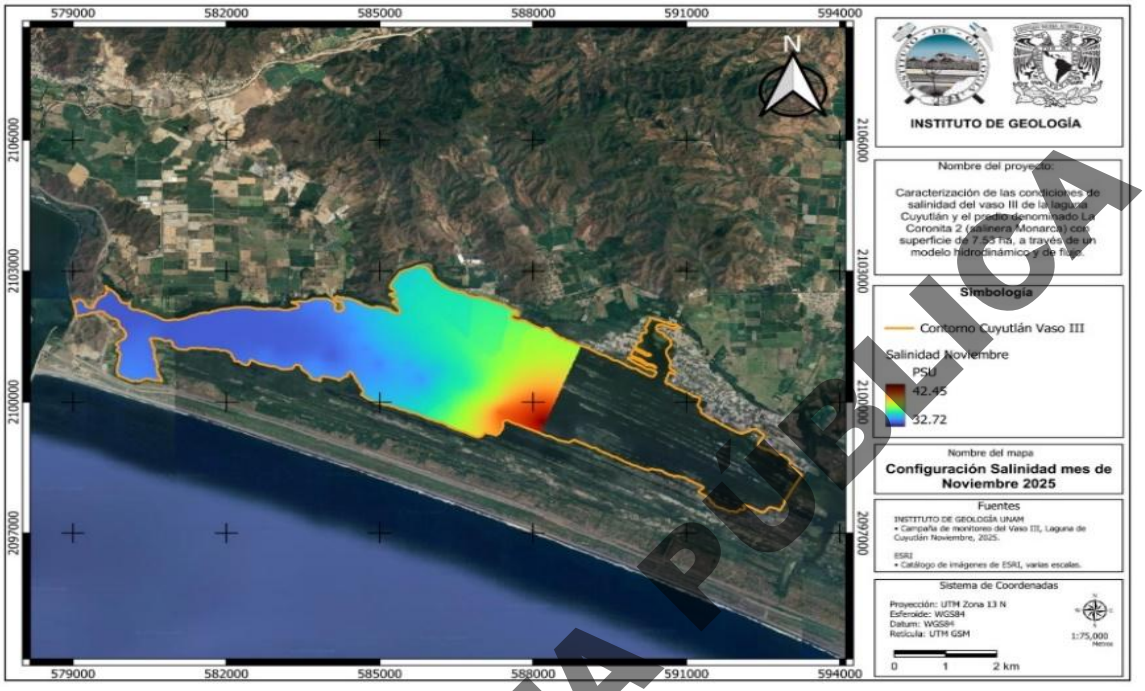


Figura IV. 87. Salinidad en el Vaso III durante noviembre de 2025.

Esta información se utilizará para calibrar el modelo hidrodinámico para la temporada de lluvias.

En la Figura IV. 88 se muestra la variación de la salinidad en serie de tiempo del canal tepalcates del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se muestra que la variación de la salinidad se encuentra entre los 28 a los 30 PSU. Debido a que el agua a la profundidad de 18 m no se encuentra sujeta a procesos de evaporación y el intercambio de salinidad es producto de la variación mareal a profundidad. Posterior al mes de marzo, el sensor presento valores bajos debido a que el sensor quedo cubierto de sedimentos por condiciones climáticas.

CONSULTA PÚBLICA

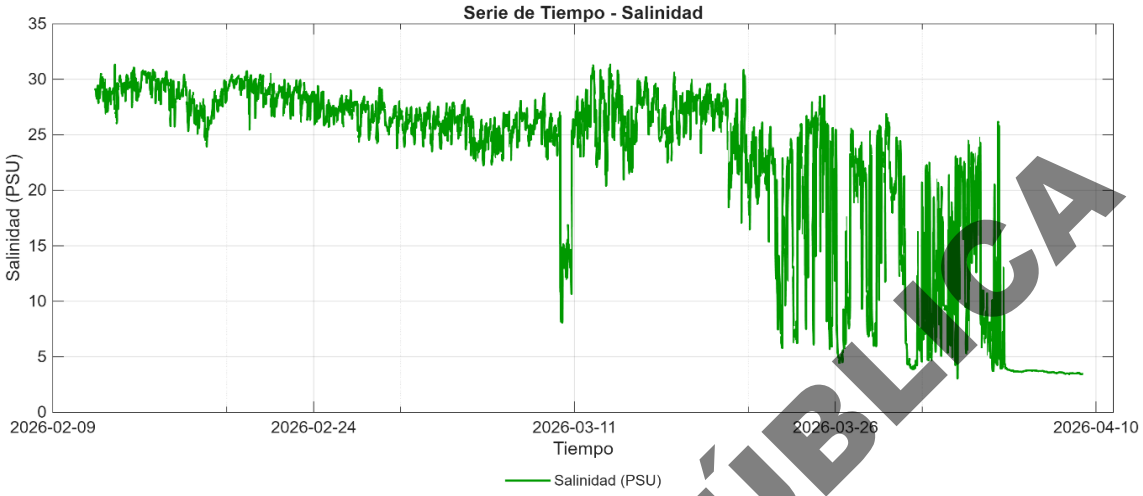


Figura IV. 88. Variación de la salinidad en el Canal Tepalcates (18 m de profundidad)

En la Figura IV. 89 se muestra la variabilidad de la salinidad cerca del Canal Ventanas. Se aprecia que la variabilidad de la salinidad está sujeta a la variabilidad de marea, aunque se observan variaciones durante algunos periodos debido a actividades antropogénicas (posiblemente operaciones de la planta de CFE). En genera la salinidad se encuentra entre los 25 y 30 PSU, consistente con los valores promedio del agua de mar.

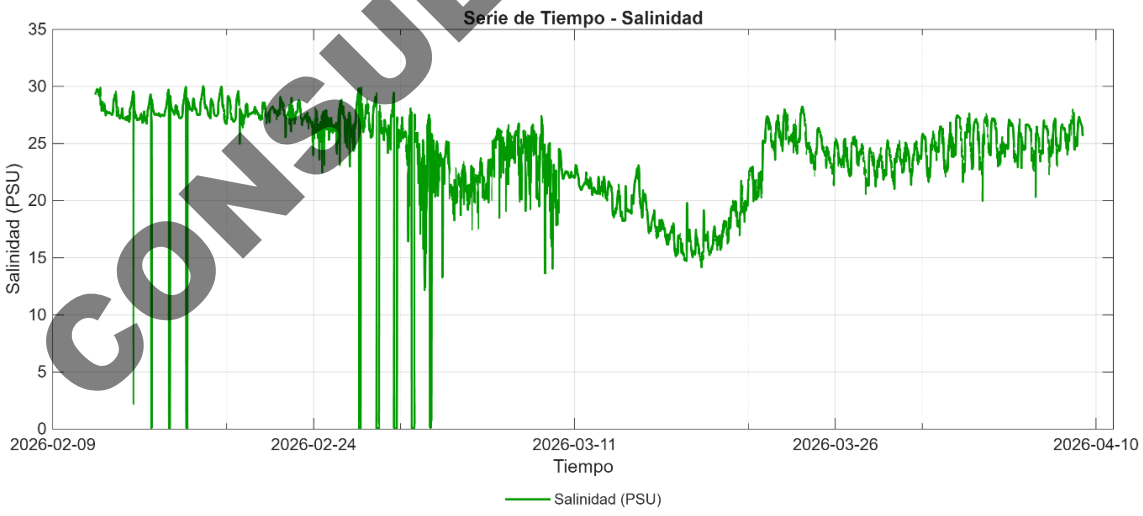


Figura IV. 89. Variación de la salinidad en el Canal ventanas.

En la Figura IV. 90 se muestra la variabilidad de la salinidad en el Vaso II. Se aprecia que la variabilidad de la salinidad está sujeta a la variabilidad de marea, pero con influencia de los gastos provenientes principalmente

CONSULTA PÚBLICA

del Canal Tepalcates. A diferencia de la salinidad en los canales, el agua en el Vaso II tiene una afectación fuerte por los efectos de evaporación lo que ocasiona que la salinidad aumente hasta los 44 PSU en días de radiación alta. Los valores mínimos se encuentran entre los 30 y 32 PSU que es la salinidad que se observa en la entra del vaso.

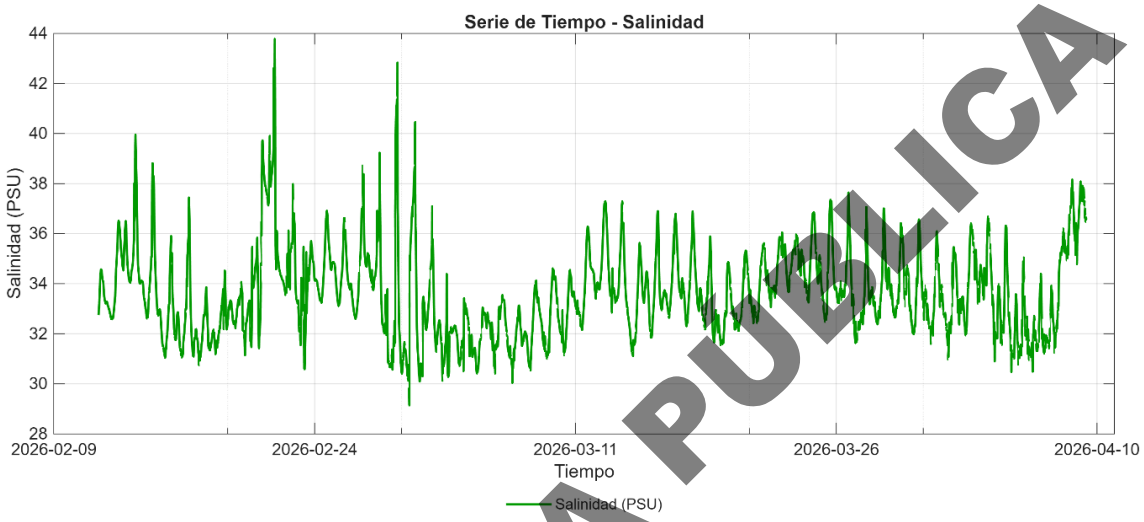


Figura IV. 90. Variación de la salinidad en el Vaso II.

En la Figura IV. 91 se muestra la variabilidad de la salinidad en el Vaso III. Se observan valores mínimos de 50 PSU y máximos de 95 PSU lo que se considera una condición de hipersalina. Es claro que el agua en la zona salinera del Vaso III y IV está sujeta a procesos evaporativos de gran magnitud, lo que es señal que los tiempos de residencia son de un periodo extenso y que hay poca movilidad en la zona.

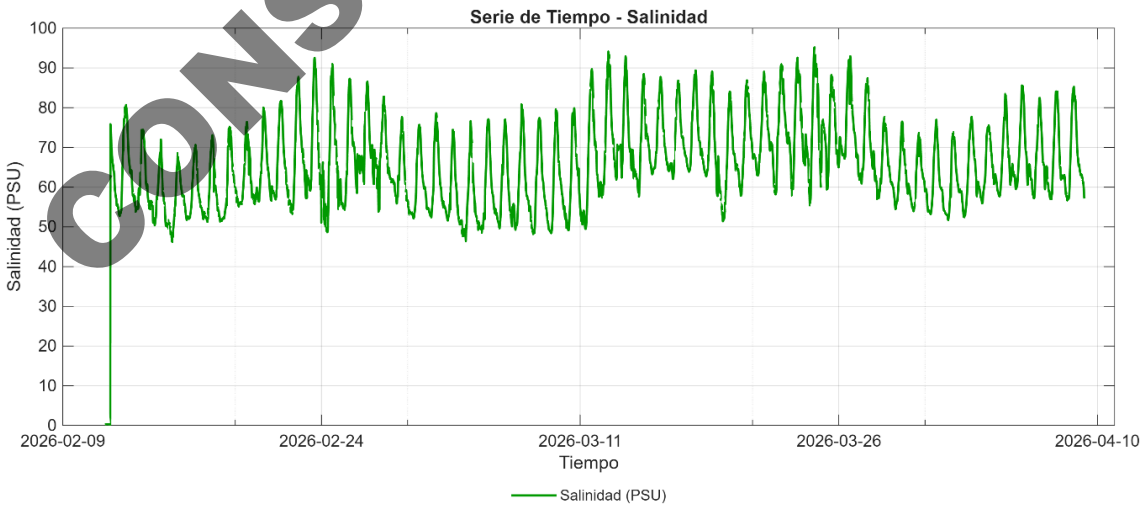


Figura IV. 91. Variación de la salinidad en el Vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.5 Mareas

La dinámica de mareas en el área de estudio corresponde a un régimen semidiurno mixto, caracterizado por la ocurrencia de dos mareas altas y dos mareas bajas diarias con amplitudes desiguales (Figura IV. 92). con predominancia diurna (coeficiente de Courtier de 0.86). Los rangos de marea se presentan en la Tabla IV. 18. Rangos de marea. Tabla IV. 18. Los armónicos de marea principales diurnos son K1(0.15 m) y O1(0.11 m), y los armónicos semidiurnos principales son M2(0.11 m) y S2(0.18 m). Un resumen detallado de las componentes de marea se presenta en la Tabla IV. 19.

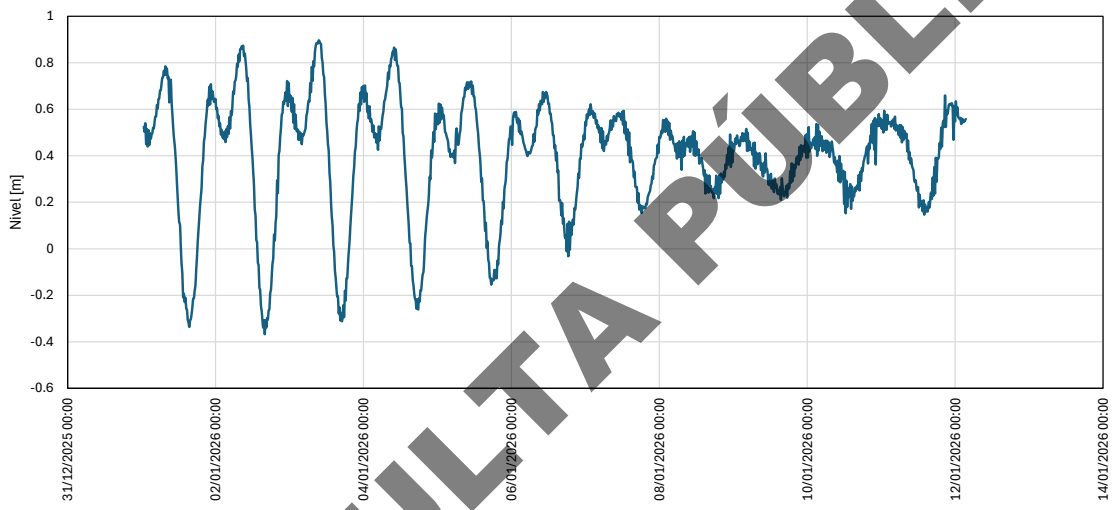


Figura IV. 92. Variación de la marea frente a las costas de Manzanillo (Información del Servicio Mareográfico Nacional. https://www.mareografico.unam.mx/estaciones/?estacion=31).

Tabla IV. 18. Rangos de marea.

Rangos de marea			
Estadístico	**Valor**	**Estadístico**	**Valor**
Máximo	1.09	**Mediana**	0.58
Promedio	0.58	**Desv. Est.**	0.21
Mínimo	0.06	**Q25**	0.42
Rango	1.03	**Q50**	0.58
Moda	0.49	**Q75**	0.74

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 19. Armónicos de marea.

Armónico	Amplitud	Fase	Periodo (horas)
S2	0.18	100.13	12.00
K1	0.15	351.88	23.93
M2	0.12	96.68	12.42
O1	0.11	326.69	25.82
N2	0.05	81.62	12.66
Q1	0.03	309.91	26.87
NO1	0.01	201.96	24.83
L2	0.0052	61.71	12.19
2Q1	0.0013	256.68	28.01
OO1	0.0012	176.14	22.31
UPS1	0.0011	234.69	21.58
ETA2	0.0011	143.70	11.75
J1	0.0010	149.08	23.10

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 93 se muestra la componente de marea para la zona de manzanillo del primero de enero al 30 de marzo de 2026, obtenido del Servicio Mareográfico Nacional.

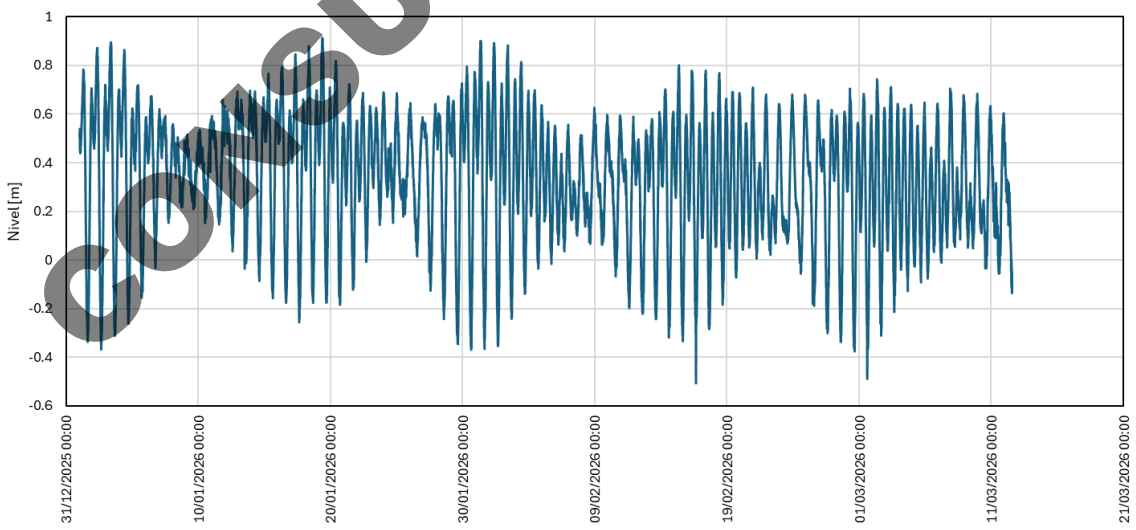


Figura IV. 93. Ciclos de marea frente a las costas de Manzanillo (Información del Servicio Mareográfico Nacional. https://www.mareografico.unam.mx/estaciones/?estacion=31)

En la Figura IV. 94 se muestra el patrón de marea del canal Tepalcates del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se observa la forma general del patrón de marea y algunas amplitudes que corresponden al oleaje que ingresa por dicho canal. Hacia finales de marzo e inicios de abril se observa un incremento en la amplitud de marea asociado a fenómenos meteorológicos que afectaron el gasto de ingreso hacia la Laguna.

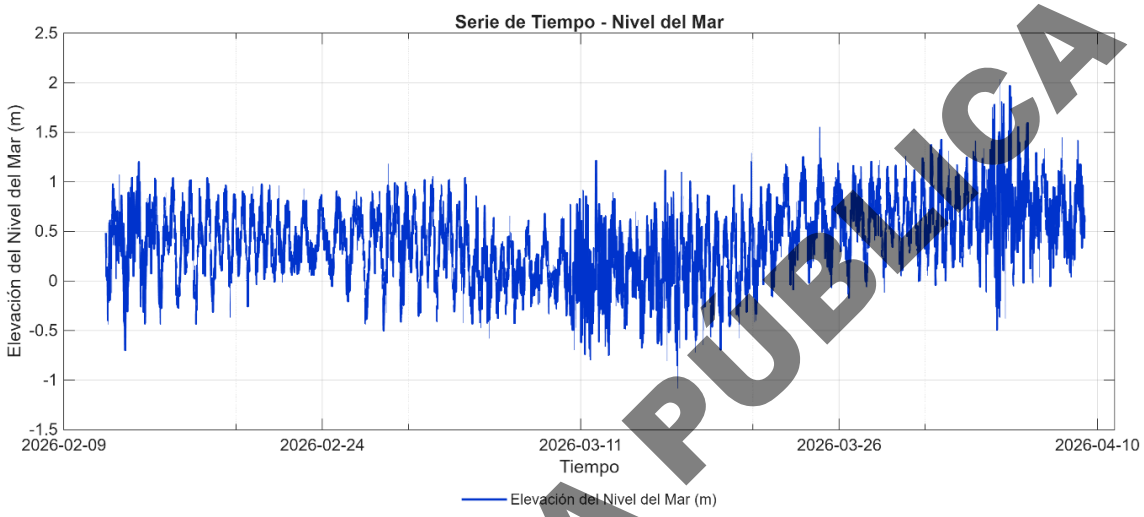


Figura IV. 94. Variación de marea en el Canal Tepalcates.

En la Figura IV. 95 se muestra el patrón de marea del canal Ventanas del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se observa la forma general del patrón de marea sin las amplitudes de oleaje ya que el canal ventanas se encuentra completamente perpendicular a la dirección del oleaje principal, por lo que, el agua ingresa a la laguna sin la perturbación del oleaje, quedando únicamente la componente de marea y el oleaje a causa del viento.

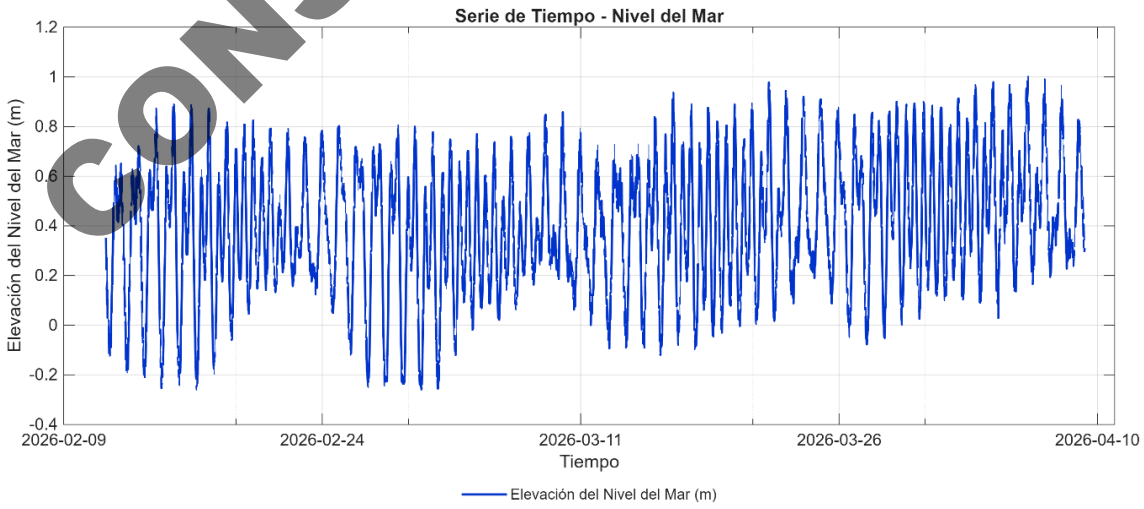


Figura IV. 95. Variación de marea en el Vaso I.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 96 se muestra el patrón de marea dentro del vaso II del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se observa la forma general del patrón de marea con la amplitud del oleaje amortiguado o disminuido casi por completo debido a que el sensor dentro del vaso II se encontraba al interior. Las amplitudes se asemejan más a las observadas en el Vaso I.

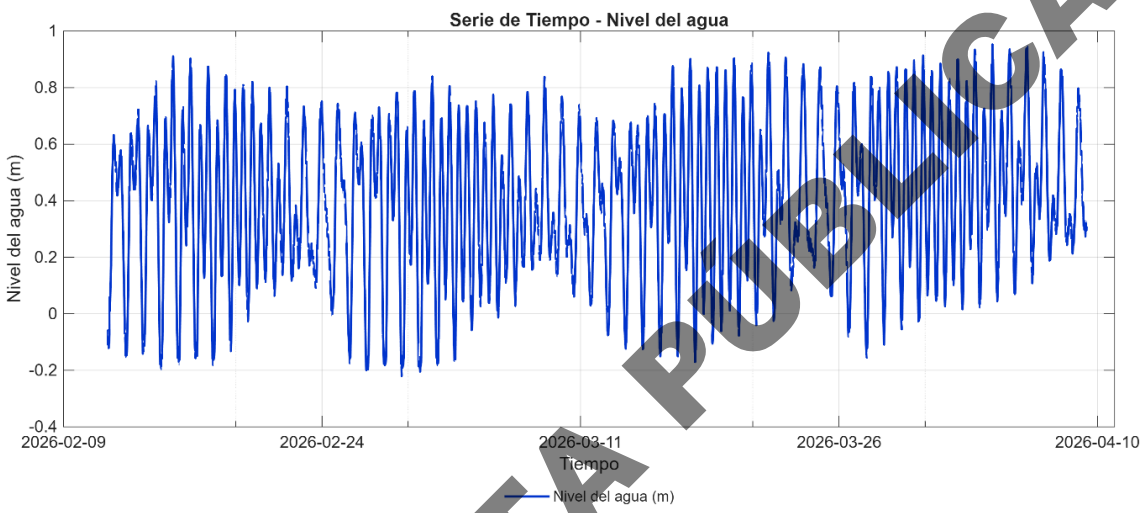


Figura IV. 96. Variación de marea en el Vaso II.

Las señales antes descritas se utilizaron como condiciones de forzamiento para la modelación.

Hacia el Vaso III (Figura IV. 97), la componente de marea se mantiene, pero se amortigua, y prevalece la señal pero por arriba de los 0.1 m de nivel, que es el nivel requerido para que el agua ingrese hacia el Vaso III.

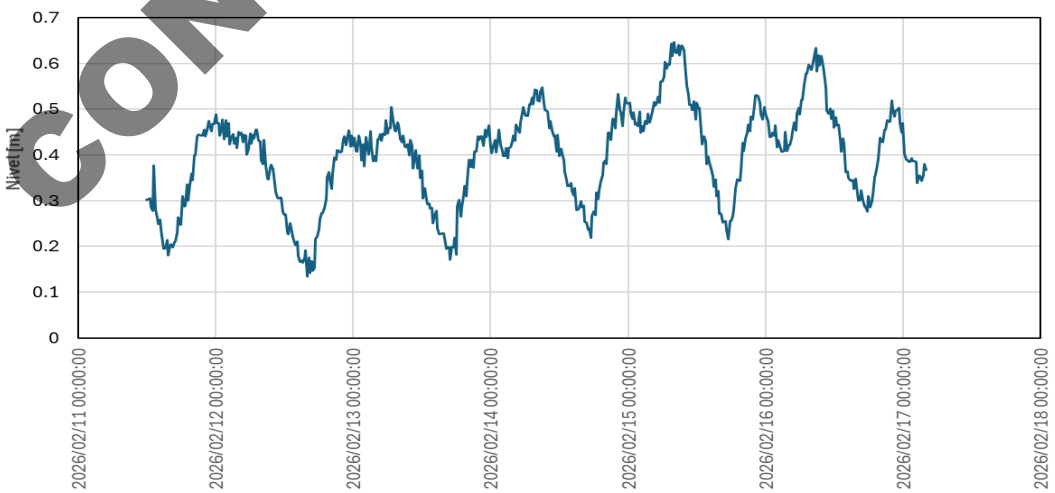


Figura IV. 97. Variación de marea en el Vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.6 Oleaje

Para la caracterización del oleaje se utilizaron series de datos horarios del reanálisis climático ERA5, desarrollado por el ECMWF (Centro Europeo de Previsiones Meteorológica a Medio Plazo), para el periodo de 1975−2026. El área de estudio se ubica entre las coordenadas 19°N, -104.3° E, 18.5°N y -104.7°W ().

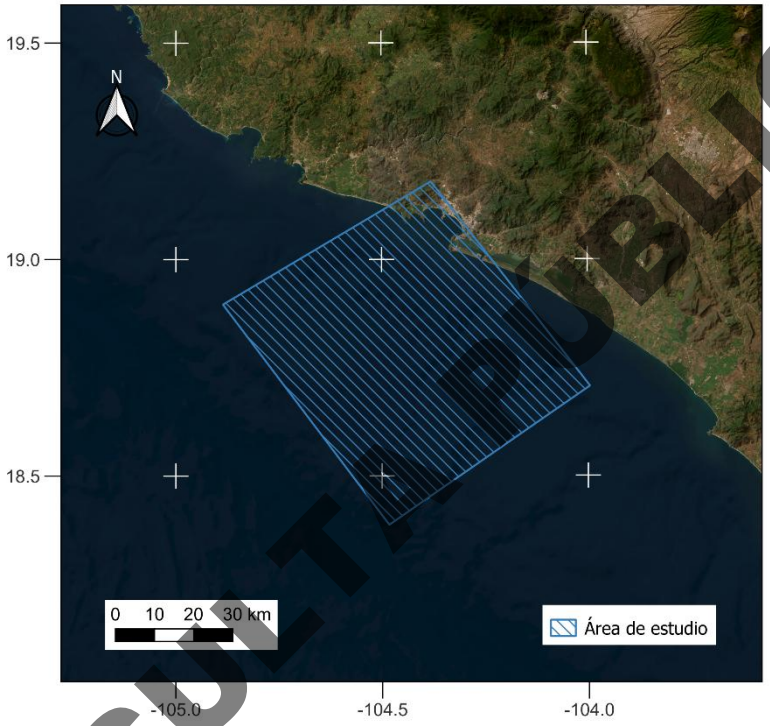


Figura IV. 98.. Área de caracterización del oleaje.

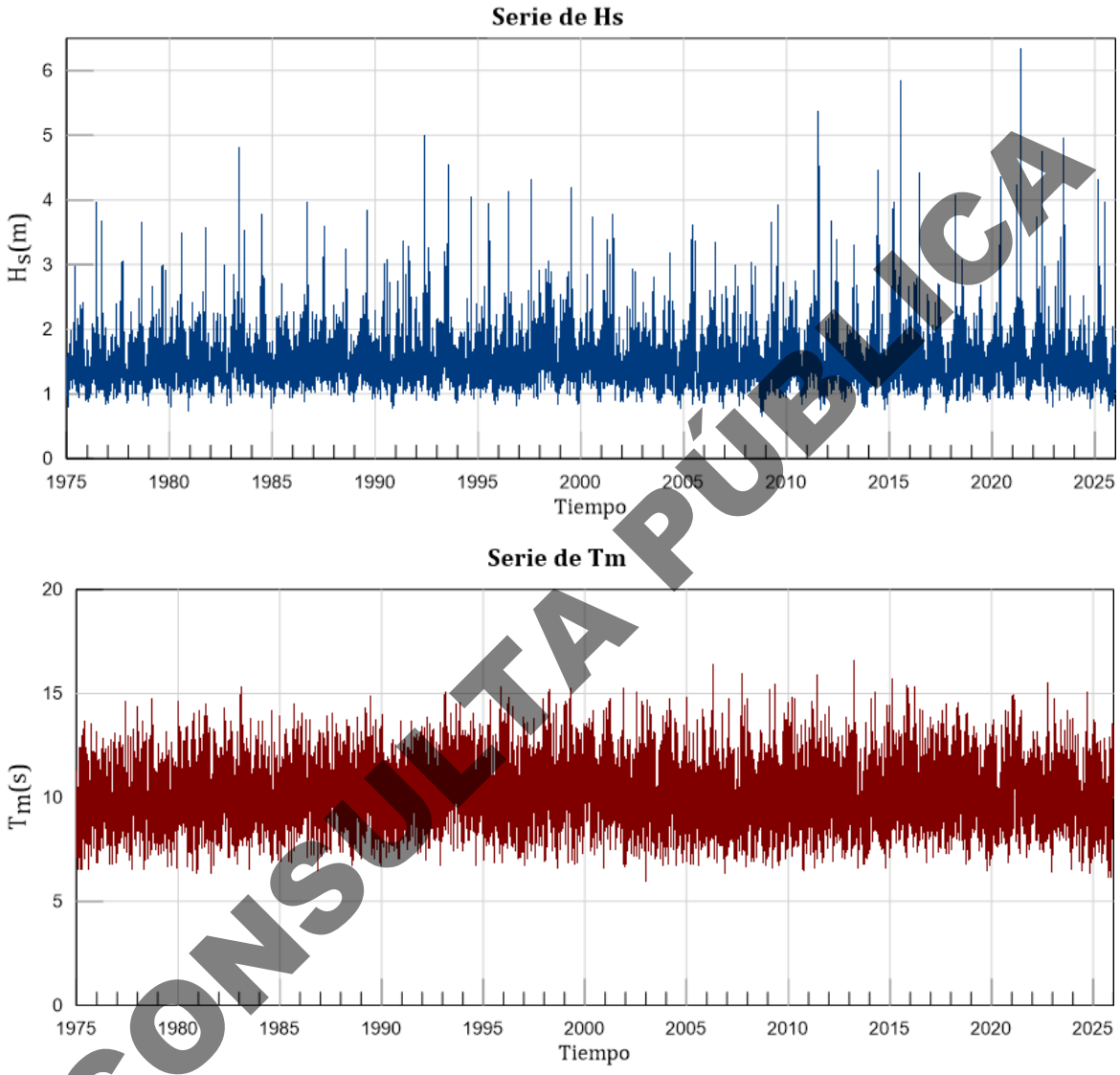
En la Tabla IV. 20 se describen brevemente de los parámetros analizados.

Tabla IV. 20. Parámetros utilizados para la caracterización del oleaje.

Parámetro	Descripción
Altura de ola significante Hs (m)	Mide la altura promedio del tercio más alto de las olas generado por oleaje local y oleaje distante. Se basa en el espectro de oleaje y considera tanto olas locales como oleaje distante.
Periodo medio Pm (s)	Es el tiempo promedio entre dos crestas consecutivas. Se calcula considerando todas las frecuencias y direcciones del espectro de oleaje, incluyendo tanto olas locales como oleaje distante.
Dirección media (°)	Este parámetro representa la dirección media de las olas en la superficie del océano.

A continuación (Figura IV. 99), se presentan las series temporales de altura significante de ola (Hs) y periodo medio (Tm).

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 99. Series temporales (1975–2026) de la altura significante de ola (Hs) y el periodo medio (Tm).

En la Figura IV. 100, se presenta una descripción estadística de la altura de ola significante (Hs), el periodo medio (Pm) y la dirección (°). Asimismo, se analizan las distribuciones marginales de estos parámetros. Este análisis permite identificar el estado característico del oleaje, su variabilidad y la posible presencia de colas asociadas a eventos energéticos poco frecuentes.

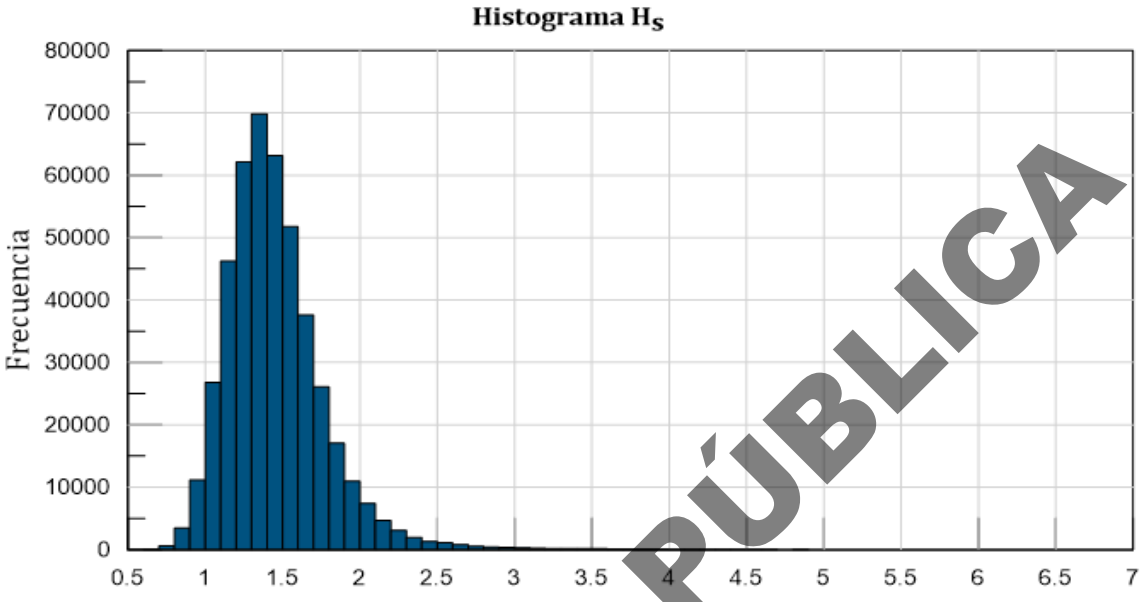


Figura IV. 100. Histogramas de frecuencias de la altura significante de ola (Hs).

La distribución de la altura de ola significante (Hs) presenta una asimetría positiva, la mayor frecuencia de ocurrencia se concentra entre 1 y 2 m (μHs=1.45 m). Predominan alturas de ola moderadas, además observa una cola asociada a episodios energéticos poco frecuentes.

En la Tabla IV. 21 se muestra los parámetros estadísticos del periodo medio (Tm), de igual forma, la presenta el histograma de frecuencias de esta variable.

Tabla IV. 21. Parámetros estadísticos de periodo medio (Tm).

Tm (s)	
Media	10.24
Desviación estándar	±1.30
Media cuadrática	10.32
Máximo	16.62
Mínimo	5.98

CONSULTA PÚBLICA

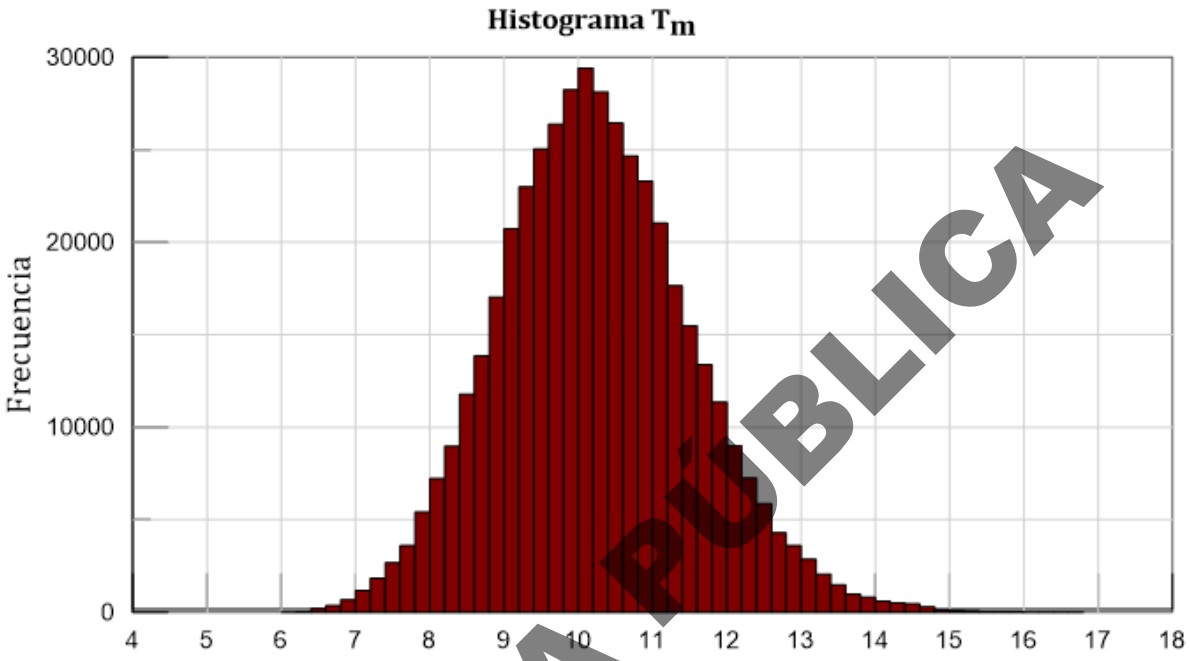


Figura IV. 101. Histogramas de frecuencias del periodo medio (Tm).

CONSULTA PÚBLICA

La distribución del periodo medio (Tm) muestra una concentración de valores de periodo medios, entre 9 y 12 s (μTm=10.24 s). La dispersión es menor en comparación con la altura significante, lo que indica una mayor estabilidad en el periodo del oleaje.

A continuación, se presenta las rosas de oleaje de Hs y Tm (Figura IV. 102Figura IV. 102. Rosas de oleaje de la altura significante de ola (Hs) y el periodo medio (Tm).).

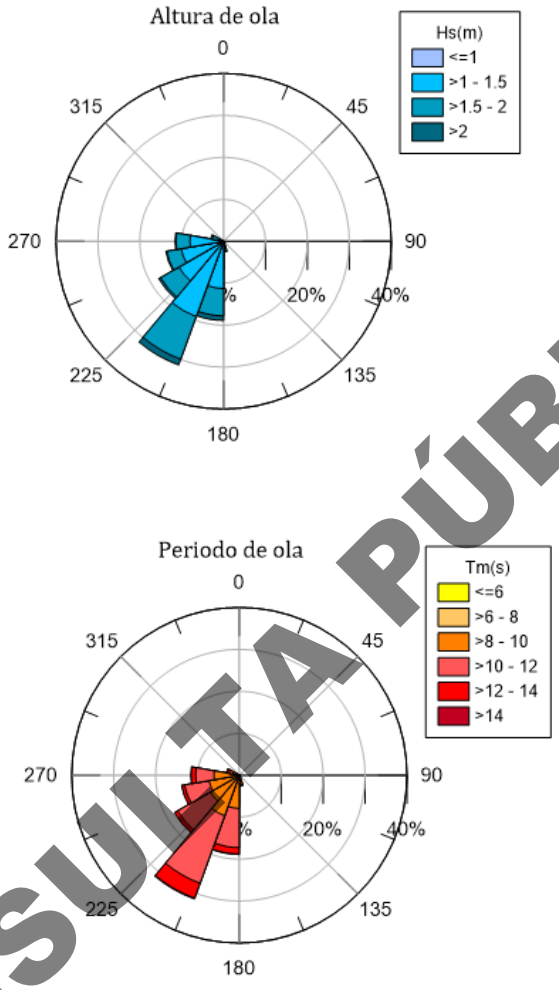


Figura IV. 102. Rosas de oleaje de la altura significante de ola (Hs) y el periodo medio (Tm).

CONSULTA PÚBLICA

Las rosas de oleaje muestran que la exposición direccional dominante se concentra hacia el Suroeste. En la rosa de oleaje de Hs, se observa que el régimen medio está controlado por alturas de ola bajas (<1.5 m) a moderadas (<2 m). Por otra parte, la rosa de Tp muestra una predominancia de periodos medios (10 a 12 s) en esta misma dirección.

Para simular numéricamente el oleaje en el área de estudio, se utilizó el modelo MIKE 21 SW, el cual es un modelo espectral de tercera generación basado en mallas no estructuradas. Este modelo incluye dos tipos de formulaciones: 1) paramétrica direccionalmente desacoplada y, 2) totalmente espectral. En este estudio se utilizó la formulación paramétrica cuasi estacionaria, la cual se basa en la ecuación de conservación de acción de oleaje, que es la densidad de energía dividida por su frecuencia relativa. El modelo numérico describe la evolución del espectro en términos de la dirección de oleaje (θ) y la frecuencia angular relativa (σ); formulado

en coordenadas esféricas, la evolución del espectro del oleaje en una posición está dada por la latitud $\emptyset$, y la longitud λ, en un instante t (DHI, 2009).

$$\frac{\delta N}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta \emptyset} c_{\emptyset} N + \frac{\delta}{\delta \lambda} c_{\lambda} N + \frac{\delta}{\delta \sigma} c_{\sigma} N + \frac{\delta}{\delta \theta} c_{\theta} N = \frac{S}{\sigma} \quad 6$$

La fuente de energía (S), representa las distintas funciones que describen los procesos físicos de suministro, pérdida o distribución de energía en el espectro de olas, está dada por la Ecuación 2:

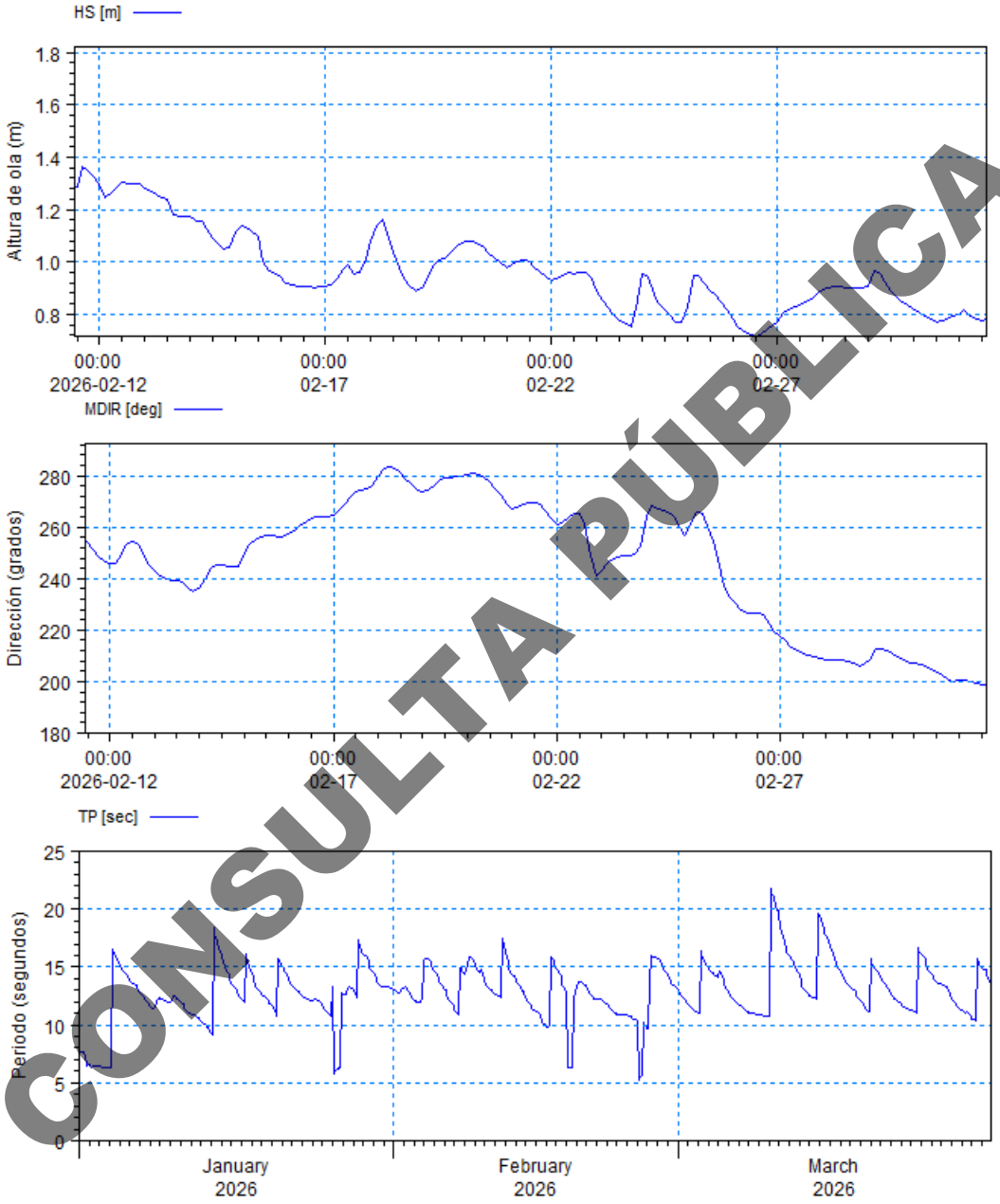
$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \quad 7$$

Donde S_{in} representa la energía del viento transferida de manera lineal y no lineal; S_{nl} representa la transferencia de energía entre componentes; S_{ds} es la disipación de energía de la ola en aguas profundas, S_{bot} es la disipación de energía inducida por el fondo; y S_{surf} es la disipación de energía por rompimiento inducido por profundidad.

La discretización de las ecuaciones de gobierno se realiza utilizando el método de volúmenes finitos centrado en la celda, tanto para el espacio geográfico como espectral, utilizando una malla no estructurada para el dominio geográfico. La integración en tiempo se basa en una aproximación de paso fraccional aplicando un método de multisecuencia explícito para la propagación de acción de oleaje (DHI, op. cit.).

En la Figura IV. 103 y Figura IV. 104 se muestran las series de tiempo de oleaje y rosa de oleaje utilizadas en la modelacion, la altura de ola varió de 0.71 m a 1.82 m, con un valor promedio de 0.72 m; el periodo fluctuó de 12.88 segundos a 21.76 segundos, con un valor promedio de 5.22 s; la dirección del oleaje provino en promedio del sur, abracando un rango de WSW – WNW; aprox. 90% del oleaje provino del sector SSW-W.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 103. Series de tiempo de oleaje.

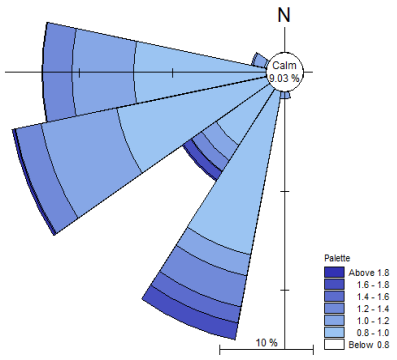


Figura IV. 104. Rosa de oleaje.

IV.3.8.7 Corrientes

Para el análisis de corrientes se usaron los datos de reanálisis oceánico global de alta resolución GLORYS12V1, Figura IV. 105 (1/12° en el plano horizontal y 50 niveles verticales), desarrollado en el marco del programa CMEMS.

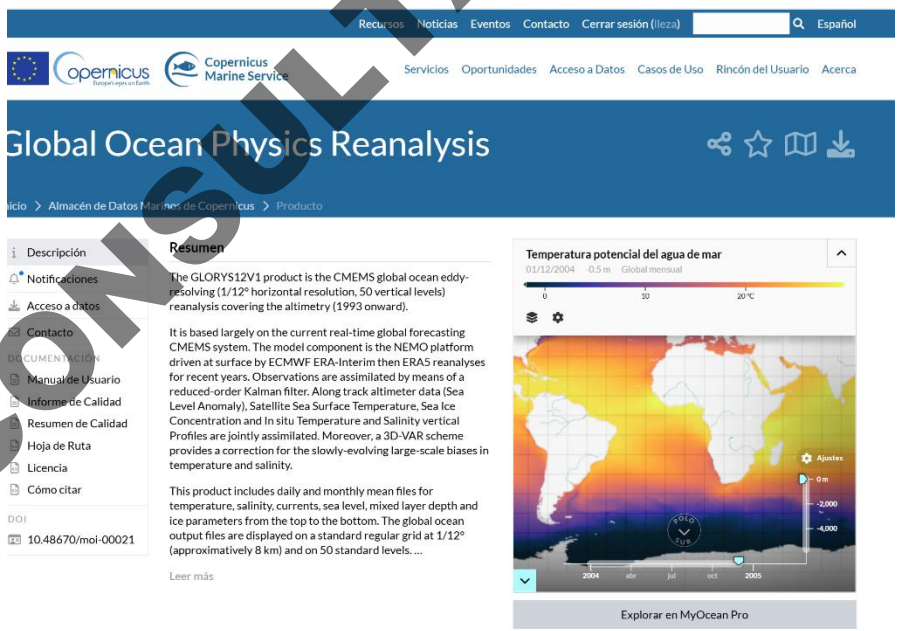


Figura IV. 105. Portal del GLORYS12V1.

Se obtuvo la serie de tiempo de corrientes desde el año 1994 hasta el 2026. Las velocidades máximas alcanzadas son de 1 m/s con un promedio de 0.38 m/s (Figura IV. 106).

CONSULTA PÚBLICA

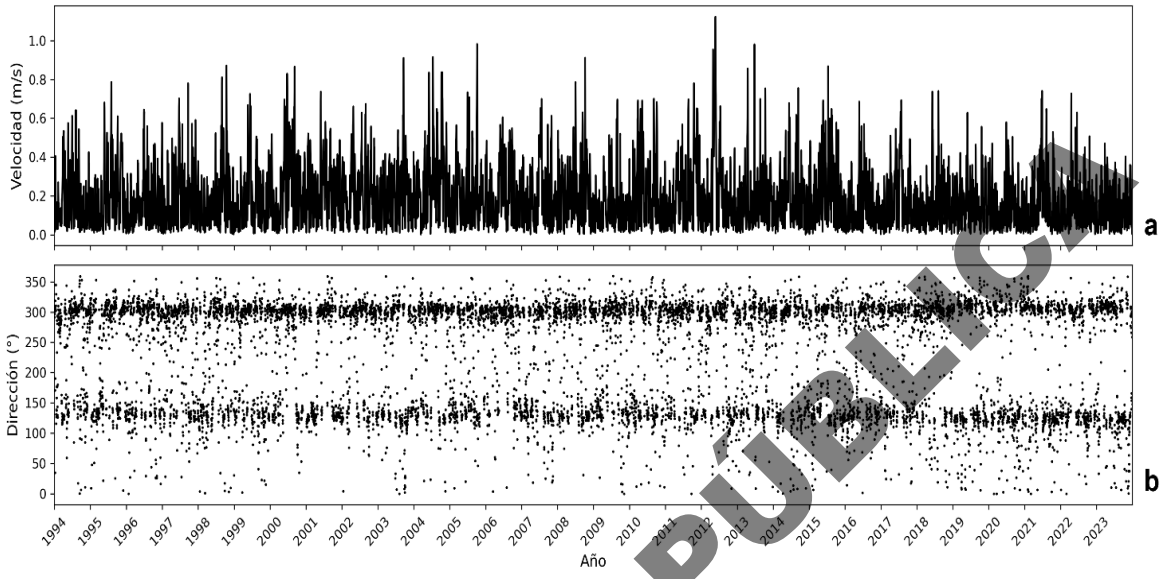
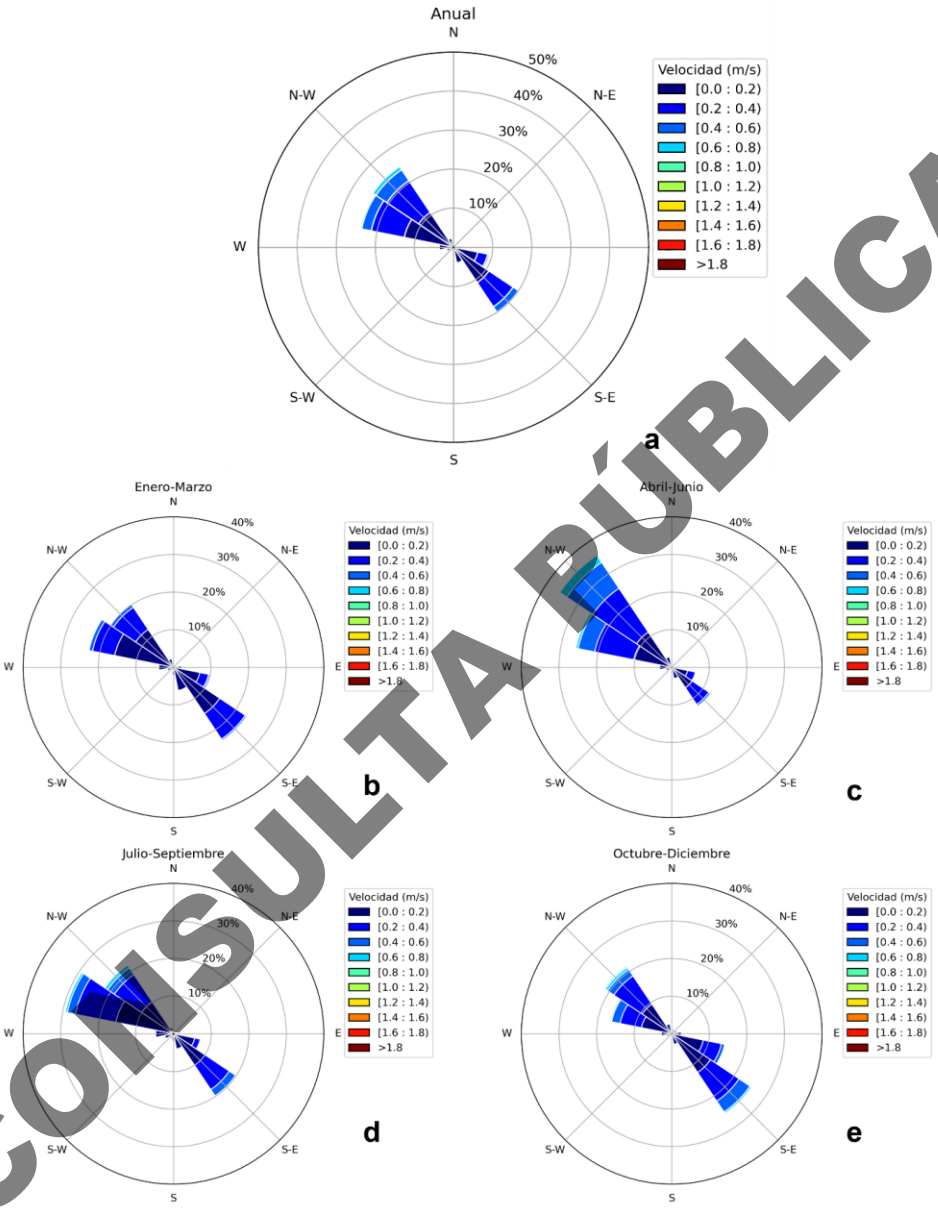


Figura IV. 106. Series de tiempo de la velocidad y dirección de corrientes.

En general, la dirección de las corrientes tiene una dirección NW-SE, con pequeñas variaciones durante el verano. Las corrientes máximas se observan durante el mes de primavera, entre los meses de abril y junio. Mientras que las corrientes con menor energía se presentan durante el invierno con velocidades menores a los 0.2 m/s (Figura IV. 107).

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 107. Rosa de corrientes.

IV.3.8.8 Patrones de circulación

En los sistemas de lagunas costeras, los patrones de circulación juegan un papel importante en los procesos hidrodinámicos, el transporte, la mezcla y la renovación del agua. Los patrones de circulación reflejan las interacciones de diferentes fuerzas externas (por ejemplo, mareas, viento y fuerzas continentales), el patrón geomorfológico del sistema en cuanto a batimetría, posición, relaciones hidráulicas entre subcuencas o cuencas, etc.

En lagunas poco profundas como la Laguna de Cuyutlán, la circulación natural sigue un orden determinado con la influencia de las mareas (es decir, en una laguna está muy influenciado por la fuerza de la marea y, por lo tanto, fluye bidireccionalmente a lo largo de la fase de entrada y salida). En la Laguna de Cuyutlán el agua marina entra durante el ciclo de marea alto y fluye con un alto grado de gradientes, impulsando el flujo de la laguna hacia el SO-NE en el área de entrada, luego cuando ocurren las salidas, donde la dirección del agua saliente se aleja de la laguna debido a las mareas. Por lo tanto, se nota un ciclo de circulación y como las mareas y la dirección del flujo pueden fluctuar con el tiempo, esta dependencia es mareal.

La geometría del sistema también está crucialmente influenciada por la forma de los flujos. Las zonas de concentración a lo largo del canal o la conexión entre los vasos conducen a una aceleración más localizada del flujo (siendo atraídas la dispersión local y las recirculaciones, lo que se estudiara a detalle en el apartado de sedimentos) que, en las regiones más amplias, pero las áreas más amplias conducen más hacia la refracción y la recirculación. Esto último también implica que una baja energía hidrodinámica puede causar un proceso de mezcla y renovación menos eficiente. Además, en grandes superficies expuestas, el viento influye en la circulación en general, particularmente con niveles poco profundos, para formar corrientes superficiales, y también puede influir en el flujo de agua y la distribución del nivel del mar. Aunque su impacto suele ser algo secundario a la marea, es relevante en estructuras interiores más pequeñas, así como en el área de la superficie bajo mareas bajas o baja energía mareal. Por ejemplo, el análisis de patrones de circulación permite la identificación de áreas de alta y baja energía y la identificación de flujos preferidos y puntos potenciales de estancamiento o acumulación.

A continuación, se muestran las diferencias en los patrones de circulación, velocidad y gasto en los cuatros vasos debido a la construcción de las plataformas, dragados y canales de navegación del proyecto en las fases 1 y 2, primero en época de estiaje y posteriormente en época de lluvias.

IV.3.8.8.1 Circulación durante el ingreso de agua de mar

Durante las fases de pleamar, el agua que viene del océano fluye a través del sistema de lagunas con un gradiente hidráulico positivo desde el interior cerca de la costa y hacia ellas (lo que crea la estructura de circulación dirigida hacia el interior). Este proceso ocurre a través de las áreas de conexión durante las cuales el flujo del lado costero se acelera al mismo tiempo hacia el lado central y después se mueve hacia el lado interior, donde ocurren cambios de energía hidrodinámica más bajos.

Cuando el sistema de mareas es de entrada, la circulación es un flujo longitudinal dominante con el eje mayor centrado en la laguna y con dirección transversal para la mezcla lateral. Una vez que pasa el tiempo, la

CONSULTA PÚBLICA

flotabilidad se ve comprometida debido a los efectos de fricción, de modo que pueden ralentizar el flujo de agua y recircular en áreas de gran geometría.

En otras palabras, el flujo de entrada no necesariamente tiene las mismas características que el flujo de salida, debido al arrastre, la geometría y los procesos de mezcla. Este comportamiento permite la renovación parcial del agua lagunar, promoviendo el intercambio con el mar y la redistribución de propiedades como salinidad, temperatura y sedimentos. No obstante, la eficiencia de este proceso depende de la conectividad hidráulica del sistema, así como de la presencia de restricciones geométricas que puedan limitar la propagación del flujo hacia las zonas más internas.

Desde el punto de vista cuantitativo, la circulación presenta gradientes hidráulicos bien definidos en las zonas de conexión, con velocidades que van desde los 0.17 a 0.20 m/s. Estos valores disminuyen progresivamente hacia los vasos interiores, donde las velocidades son del orden de 0.01 a 0.03 m/s, evidenciando una pérdida significativa de energía hidrodinámica.

La geometría del sistema induce procesos de aceleración local en zonas restringidas y recirculación en áreas amplias. Este comportamiento genera una distribución heterogénea de la energía, donde las zonas de baja velocidad (<0.02 m/s) están asociadas a potenciales áreas de acumulación y aumento en los tiempos de residencia.

IV.3.8.8.1.1 Comportamiento del flujo

En el escenario base o sin proyecto (Figura IV. 108), el patrón de niveles de agua muestra una propagación clara de la marea desde la zona de conexión marina hacia el interior del sistema lagunar. Se observa un gradiente hidráulico bien definido (Figura IV. 108), con niveles más altos en la boca del Canal Tepalcates y una atenuación progresiva hacia los vasos interiores (Figura IV. 109). Esta disminución de la amplitud de la marea indica una pérdida de energía asociada a la fricción de fondo y a la geometría restringida del sistema. En particular, la zona de conexión en el Vaso II actúa como un control hidráulico, limitando la transmisión del forzamiento mareal hacia los vasos III y IV, donde se observan niveles más homogéneos y de menor magnitud, característicos de zonas de baja energía hidrodinámica.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 108. Superficie de elevación durante el ingreso de agua de mar SP (Sin Proyecto).

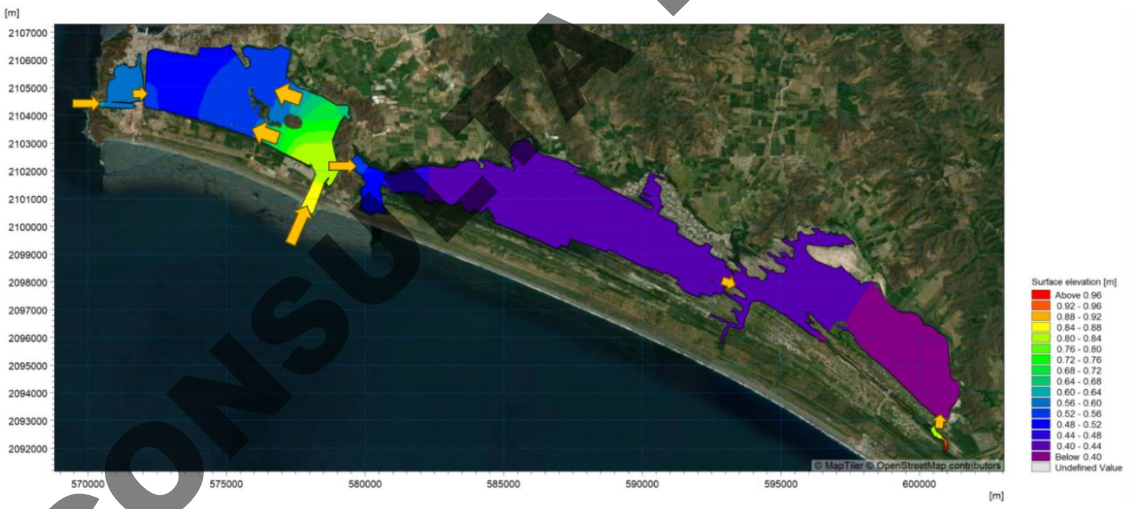


Figura IV. 109. Patrones de circulación dentro de la laguna sin proyecto.

En el escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto (Figura IV. 110), se observa un muy ligero incremento en los niveles de agua en el Vaso II respecto a la condición sin proyecto del orden de 0.05 a 0.10 m, debido al cambio de almacenamiento que tiene el Vaso II, lo que representa aproximadamente 5% respecto a la condición base, derivado del cambio provocado por el área ocupada por la plataforma propia del puerto, lo cual indica un efecto de acumulación asociado a una mayor resistencia hidráulica, debido a que la componente de marea no se atenúa como se muestra en el escenario sin proyecto. Este comportamiento modifica el gradiente de nivel, generando una transición más abrupta en la zona de conexión hacia el Vaso I. Como consecuencia, se reduce la eficiencia en la transmisión del forzamiento mareal hacia el fondo del Vaso II y en la interconexión con el vaso

CONSULTA PÚBLICA

I, aumentando los picos de oleaje, aunque para el Vaso III aún se observan los niveles más homogéneos y de menor magnitud, como el escenario sin proyecto.



Figura IV. 110. Superficie de elevación durante el ingreso de agua correspondiente a la Fase 1 del proyecto.

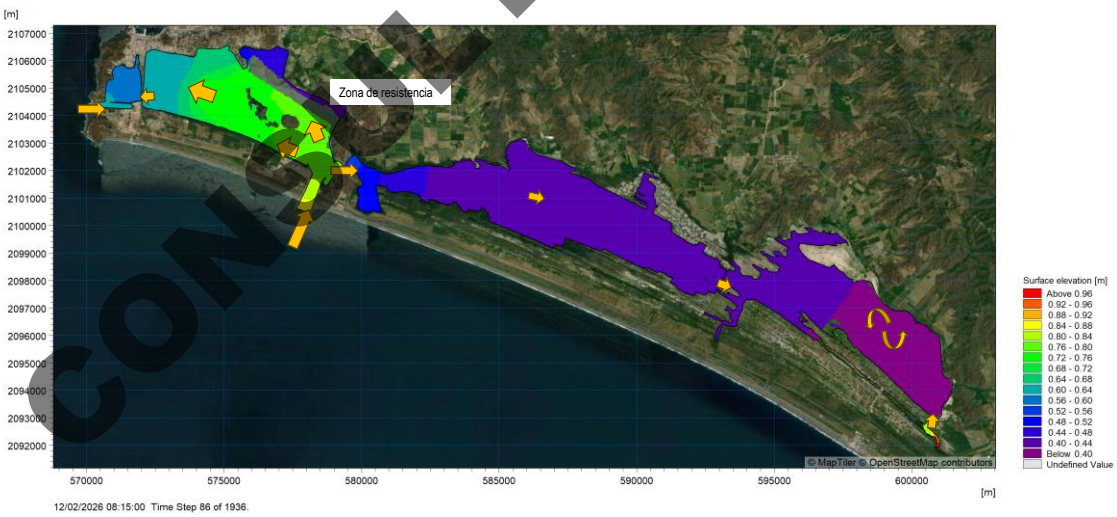


Figura IV. 111. Patrones de circulación dentro de la laguna. Escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto.

En el escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto (Figura IV. 112), se observa una variación mayor en los niveles de agua en el Vaso II, de aproximadamente 0.15 m, debido a una ocupación más grande de la superficie del vaso debido a la segunda plataforma, evidenciando un efecto de represamiento asociado a una

CONSULTA PÚBLICA

reducción sustancial en la capacidad de transmisión hidráulica del sistema (Figura IV. 113). Este incremento no solo es mayor en magnitud respecto a la Fase 1, sino que también presenta una mayor extensión espacial, afectando gran parte del Vaso II. En este escenario, los vasos III y IV continúan con sus niveles bajos y homogéneos, indicando un desacoplamiento del forzamiento mareal como en los casos anteriores. Los resultados sugieren una disminución en la eficiencia de intercambio laguna–mar con el Vaso II, con implicaciones directas en los tiempos de residencia y los procesos de transporte.

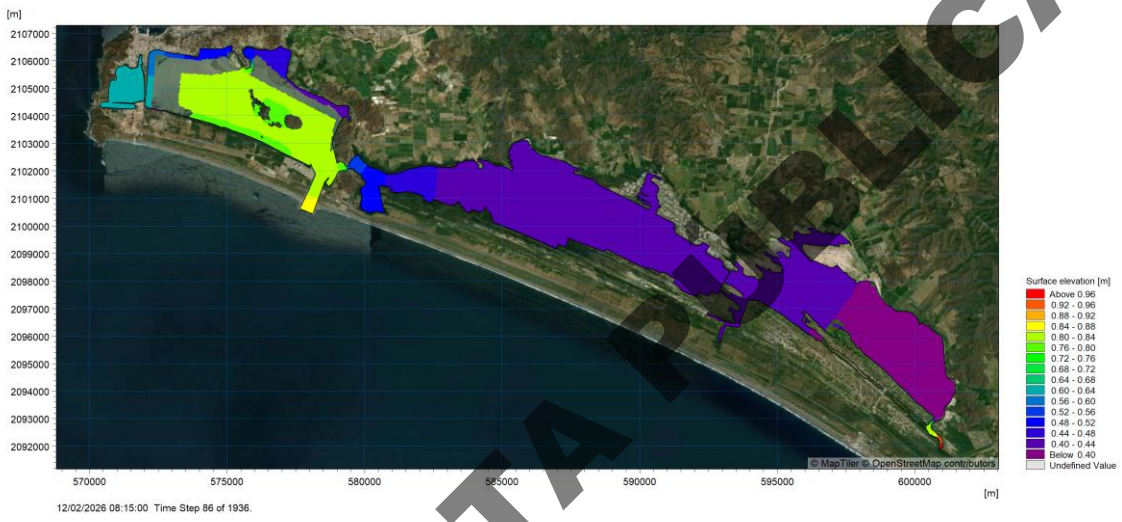


Figura IV. 112. Escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto.

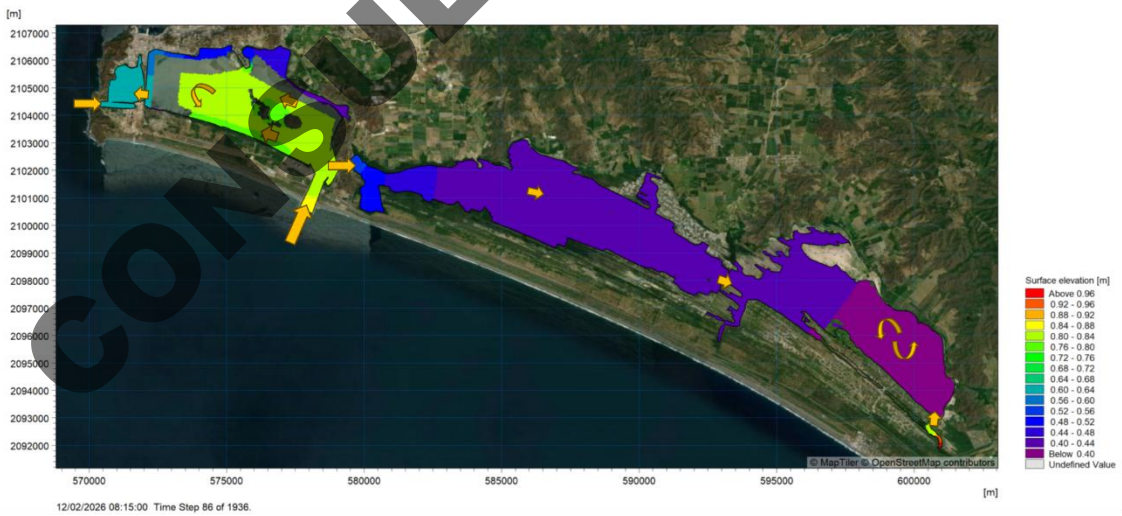


Figura IV. 113. Patrones de circulación dentro de la laguna. Escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Con respecto a los cambios en el gradiente o el nivel en la zona de conexión con el Vaso III, no se observan variaciones en el valor del nivel, por lo que las velocidades y gastos de entrada del Vaso II hacia el Vaso III no se ven afectadas (Figura IV. 114).

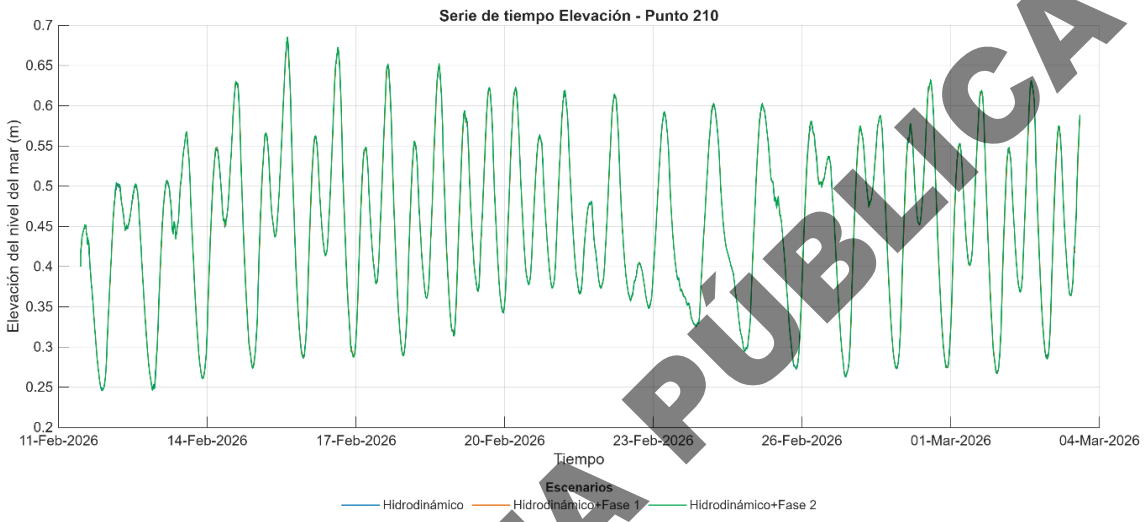


Figura IV. 114. Comparación de las variaciones de nivel en la zona de intercambio del Vaso II al Vaso III.

Con respecto a la conexión con el Vasos I, las variaciones o gradientes se ven principalmente afectadas por la construcción de la plataforma de la fase II, ya que se ve interrumpido el flujo actual entre el Vaso II y el Vaso I, generando que el Vaso I se vacíe con mayor velocidad en condiciones de bajamar, aunque la disminución es del orden de 0.15 m (Figura IV. 115) con respecto a la condición sin proyecto. Estas variaciones se maximizan cuando se incorpora el gasto de la planta termoeléctrica de CFE que se estudiara más adelante. En condiciones de marea alta y sin el bombeo de la planta de CFE la elevación sube en la interconexión ya que la plataforma actúa como un dique, impidiendo el flujo hacia el Vaso II, aunque este fenómeno ocurre siempre y cuando el bombeo de la planta termoeléctrica lo permita..

CONSULTA PÚBLICA

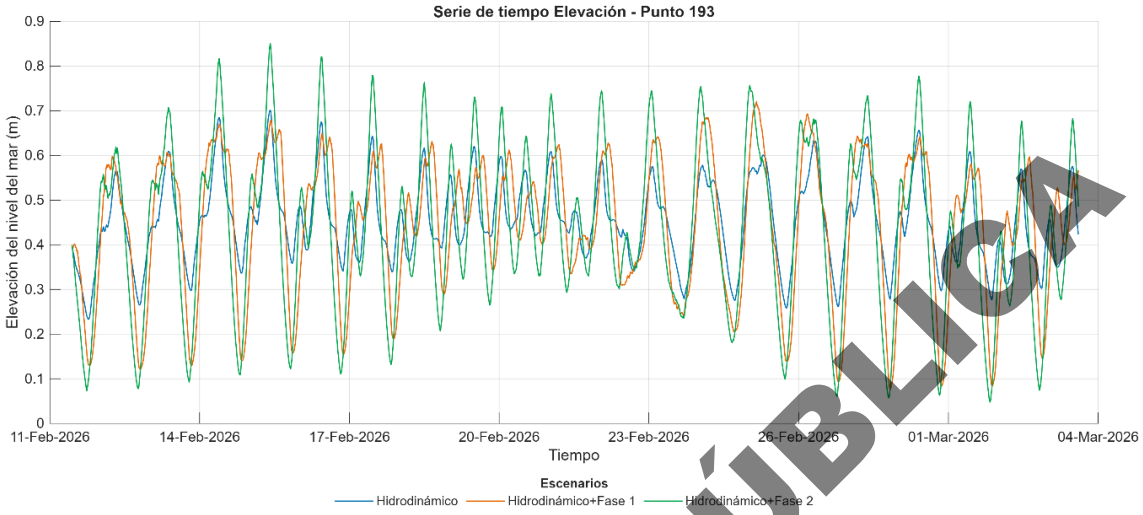


Figura IV. 115. Comparación de las variaciones de nivel en la zona de intercambio del Vaso II al Vaso I.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.1.2 Patrones de Velocidad Norte – Sur (V)

En el escenario sin proyecto (Figura IV. 116), el campo de velocidades Norte – Sur, muestra una distribución coherente con la propagación de la marea hacia el interior del sistema lagunar. Se identifican las mayores velocidades en la zona de conexión con el mar y en el paso hidráulico ubicado en el Vaso II hacia el Vaso I y III, donde el flujo se acelera debido a la reducción de la sección hidráulica. A partir de este punto, las velocidades disminuyen progresivamente hacia los vasos interiores, evidenciando una pérdida de energía asociada a la fricción de fondo y a la geometría del sistema. En particular, los vasos III y IV presentan velocidades bajas y relativamente homogéneas, características de zonas de baja energía hidrodinámica.

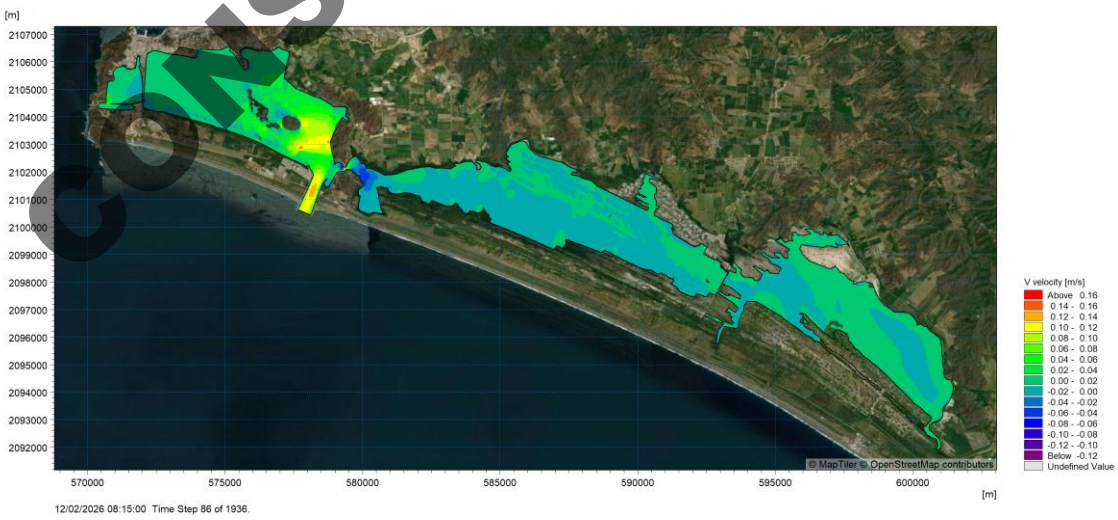


Figura IV. 116. Variación de la velocidad (V) en condiciones sin proyecto.

En la Fase 1 del proyecto (Figura IV. 117), el campo de velocidades muestra un incremento significativo en la magnitud del flujo en la zona de conexión del Vaso II, y en el Canal Tepalcates, se identifican incrementos locales en la zona de conexión, mientras que aguas abajo se observa una reducción menor a 0.01 m/s (colores azules en el Vaso II), indicando una redistribución del flujo. Este comportamiento genera un efecto tipo “chorro” (parecido a cuando se limita la sección de salida de una manguera), indicando un control hidráulico más pronunciado en comparación con la condición sin proyecto. Sin embargo, esta aceleración no se traduce en un aumento del flujo hacia los vasos interiores, ya que se observa solo una ligera disminución de las velocidades aguas abajo, particularmente en el Vaso III.

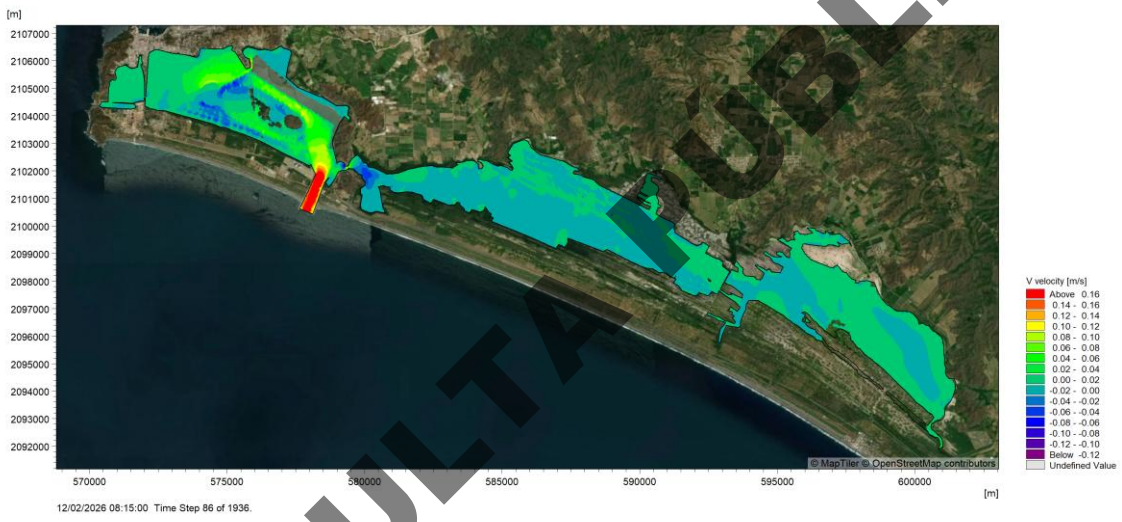


Figura IV. 117. Fase 1 del proyecto del campo de velocidades Norte - Sur.

En la Fase 2 (Figura IV. 118) se observa la formación de un flujo altamente concentrado en la zona de conexión del Vaso II (0.02), caracterizado por un incremento notable de las velocidades debido a la ampliación de las zonas de dragado, lo que indica un efecto de estrangulamiento hidráulico. Este comportamiento genera una disipación de energía en el Vaso II, observándose que las zonas aisladas por el proyecto limitan la transmisión del flujo. Como consecuencia, se registra una disminución de las velocidades por detrás de las plataformas del proyecto. Estos resultados, en conjunto con la distribución de niveles de agua, confirman una reducción en la conectividad hidrodinámica en especial del Vaso II al Vaso I y viceversa.

CONSULTA PÚBLICA

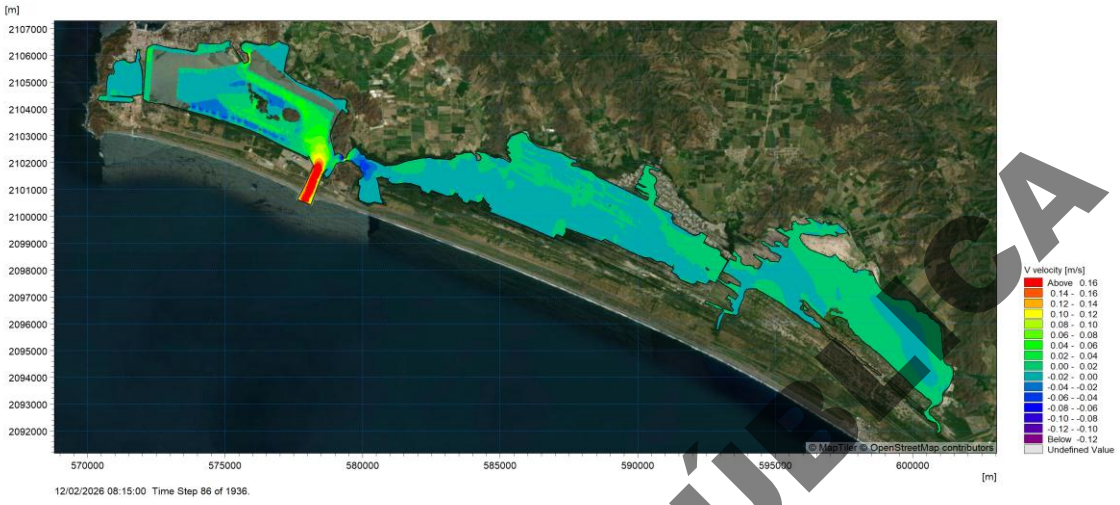


Figura IV. 118. Fase 2 del proyecto del campo de velocidades Norte - Sur.

IV.3.8.8.1.3 Patrones de Velocidad Este – Oeste (U)

El análisis de la componente longitudinal (U) en el escenario sin proyecto (Figura IV. 119), muestra un flujo dominante desde la zona de conexión marina hacia el interior del sistema, consistente con la fase de entrada de marea. Se identifican valores positivos en la mayor parte del dominio, indicando una dirección de flujo bien definida. Sin embargo, en el Vaso II se observan zonas con valores negativos de velocidad, lo que sugiere la presencia de recirculaciones internas asociadas a la geometría del sistema y a la salida de agua por la zona del canal ventanas, donde se encuentra la termoeléctrica. Estas estructuras de flujo indican una dinámica compleja en la zona de transición entre el Vaso I y II, donde coexisten procesos de advección y mezcla. Hacia los vasos interiores (Vaso III y IV), la componente longitudinal disminuye progresivamente, evidenciando una pérdida de energía y una menor capacidad de transporte.



Figura IV. 119. Componente longitudinal de la velocidad (U) en el escenario sin proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 1 del proyecto (Figura IV. 120), la velocidad (U) muestra una mayor concentración del flujo en la zona de conexión del Vaso II, evidenciando un proceso de canalización asociado a la modificación geométrica del sistema. Este comportamiento se acompaña de un incremento en las recirculaciones internas dentro del Vaso II, reflejado en la presencia de zonas con velocidades negativas más extensas que en la condición base, pero sin modificar las velocidades hacia el Vaso III.



Figura IV. 120. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2 del proyecto (Figura IV. 121) evidencia una modificación significativa en la estructura del flujo dentro del sistema lagunar. Se observa una fuerte canalización del flujo en la zona de conexión del Vaso II, lo que indica la presencia de un control hidráulico dominante. Este comportamiento se acompaña de un incremento notable en las recirculaciones internas dentro del Vaso II.



Figura IV. 121. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 2 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Para la magnitud total de la velocidad, no se observan cambios significativos en la zona de trasvaso entre el Vaso II y III.

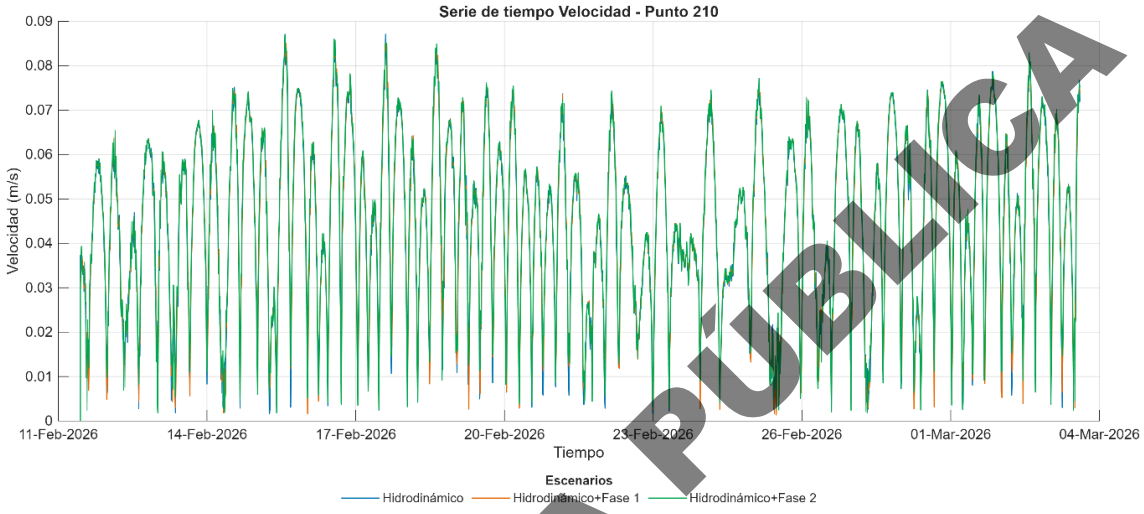


Figura IV. 122. Comparación de la magnitud de la velocidad en el punto de interconexión entre el Vaso II y III.

Para la magnitud total de la velocidad en la zona de trasvaso entre el Vaso I y II si se observa una importante diferencia debido a la construcción de la plataforma de la Fase 2, debido a la interrupción del flujo. Se observa una disminución de hasta 0.3 m/s lo que es significante para la circulación.

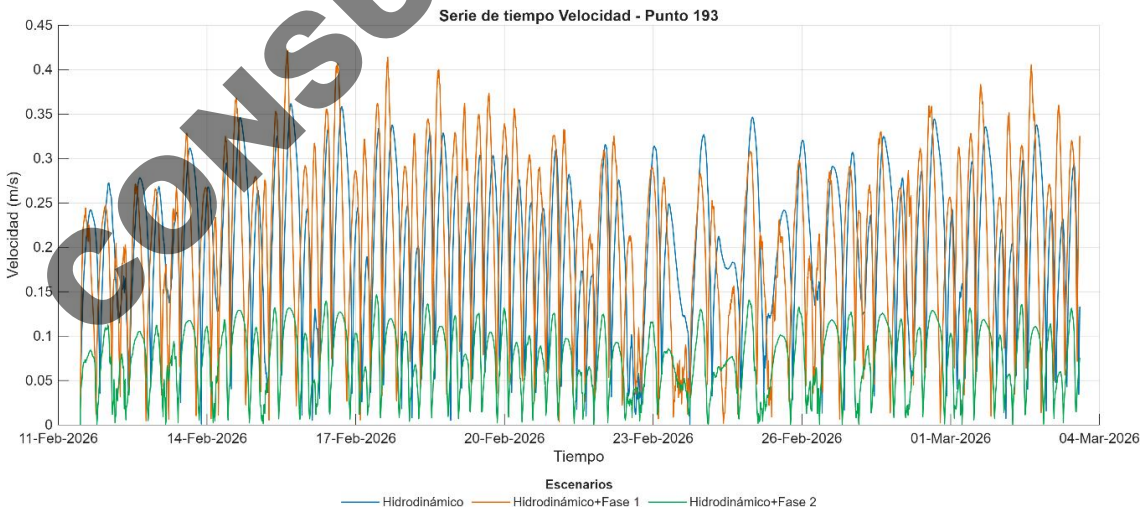


Figura IV. 123. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 2 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.1.4 Gastos

El análisis de gastos (flujo por unidad longitudinal $m^3/s/m$) muestra una concentración del flujo en la zona de conexión del Vaso II en los escenarios con proyecto. Este comportamiento indica una canalización del flujo a través de una sección reducida, generando mayores magnitudes locales de velocidad. Sin embargo, esta concentración no implica necesariamente un incremento en el flujo total del sistema, sino una redistribución de este, con una posible disminución en la eficiencia del intercambio hacia los vasos interiores.

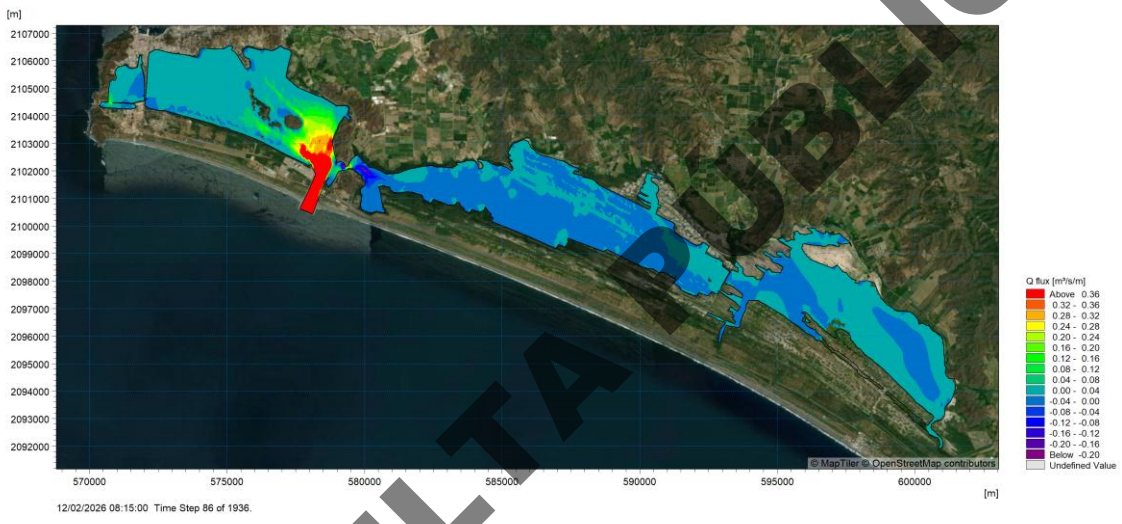


Figura IV. 124. Distribución del gasto o caudal en condiciones actuales

Para la Fase 1, se muestra una modificación en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II, evidenciada por la presencia de una trayectoria preferencial asociada a la geometría del proyecto (canales de navegación). Este patrón indica un proceso de canalización del flujo, donde la energía se concentra en zonas específicas, reduciendo su dispersión lateral. Sin embargo, este comportamiento no se traduce necesariamente en un incremento del flujo hacia los vasos interiores. Se observa en color morado la recirculación en la parte central a causa de la disminución del almacenamiento.

CONSULTA PÚBLICA

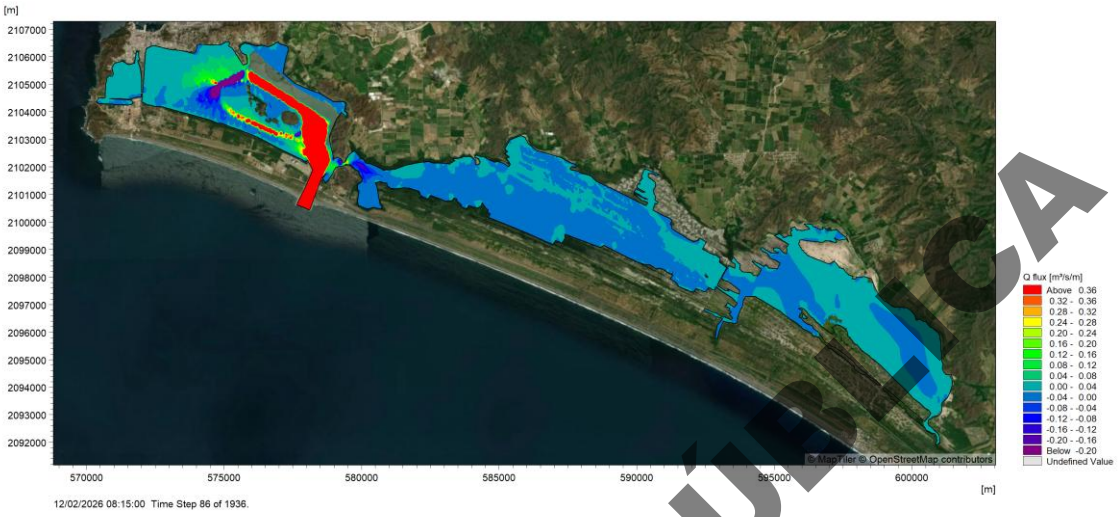


Figura IV. 125. Distribución del gasto o caudal para la Fase 1

Para la Fase 2 de la implementación del proyecto, se induce una modificación en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II, caracterizada por la formación de una trayectoria preferencial por los canales de navegación. Este patrón se mantiene consistente entre las fases del proyecto entre la Fase 1 y la Fase 2. Lo anterior indica que el sistema alcanza una condición de reorganización hidráulica desde la primera intervención, sin que las modificaciones adicionales generen cambios relevantes en la estructura del flujo. En términos generales, el impacto del proyecto se limita a una redistribución local del flujo, sin afectar de manera sustancial la dinámica global del sistema lagunar para el caso del Vaso III y IV. Para el Vaso I, el flujo se ve interrumpido y debe ser mitigado con infraestructura hidráulica como se estudiará más adelante.

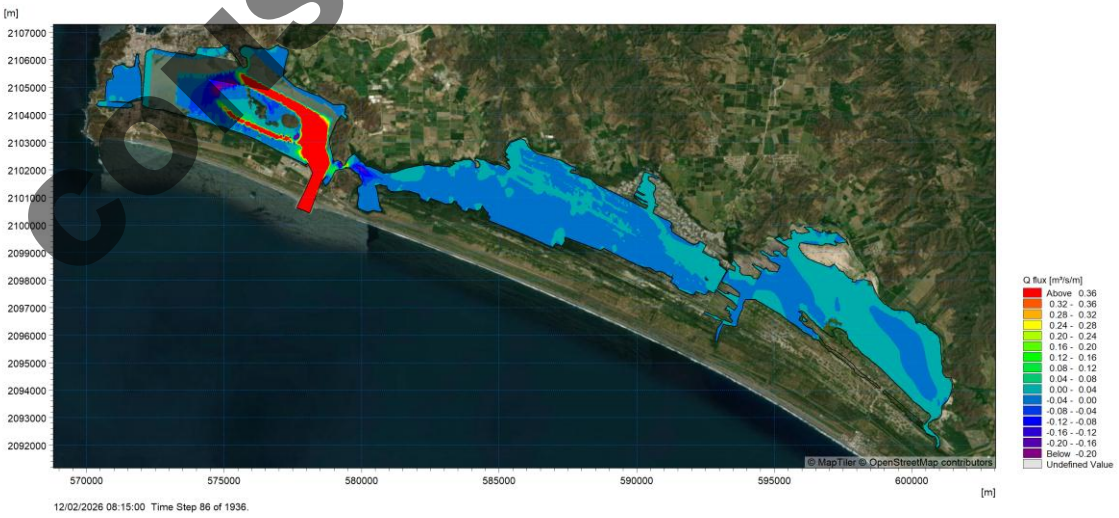


Figura IV. 126. Distribución del gasto o caudal para la Fase 2

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.2 Circulación durante la salida de agua de mar (baja mar)

Durante la marea baja, a medida que el nivel del mar desciende, se forma un gradiente hidráulico en el interior de la laguna hacia la línea de costa y en consecuencia el agua almacenada en la laguna sale del sistema lagunar hacia la zona de conexión más próxima, donde las velocidades varían de acuerdo con su sección hidráulica (Tepalcates, Ventanas o zonas de conexión).

La circulación durante la marea baja se vuelve prominente desde el flujo aguas arriba en el eje principal de la laguna, ya que lleva el agua desde el vaso interior hacia el mar. A medida que el flujo converge hacia la conexión, se producen velocidades locales, mientras que en espacios más grandes la velocidad disminuye (puede ocurrir un flujo de recolección con geometría y redistribución de energía).

La eficiencia proviene en parte de la conexión hidráulica de los diferentes vasos y de si hay o no restricciones en el drenaje en el camino hacia ella. En el vaso II, se tiene un vaciado continuo con una velocidad constante para avanzar sin quedar atrapados debido a un flujo equilibrado. En el caso III y Vaso IV donde el flujo está restringido, el movimiento de agua es más lento. En el vaso I depende de si es la zona interior o el canal de comunicación.

IV.3.8.8.2.1 Comportamiento del flujo

En la condición de salida para el escenario sin proyecto (Figura IV. 127), el sistema lagunar presenta un patrón de drenaje bien definido, caracterizado por niveles más altos en los vasos interiores y una disminución progresiva hacia la zona de conexión marina. Este gradiente hidráulico favorece el flujo de salida, especialmente en el Vaso I y II, permitiendo una evacuación eficiente del agua almacenada. Para los vasos interiores, el flujo está restringido por la geometría de las zonas interconectadas, dando como resultado un gradiente más suave y con menor movilidad (Figura IV. 128).

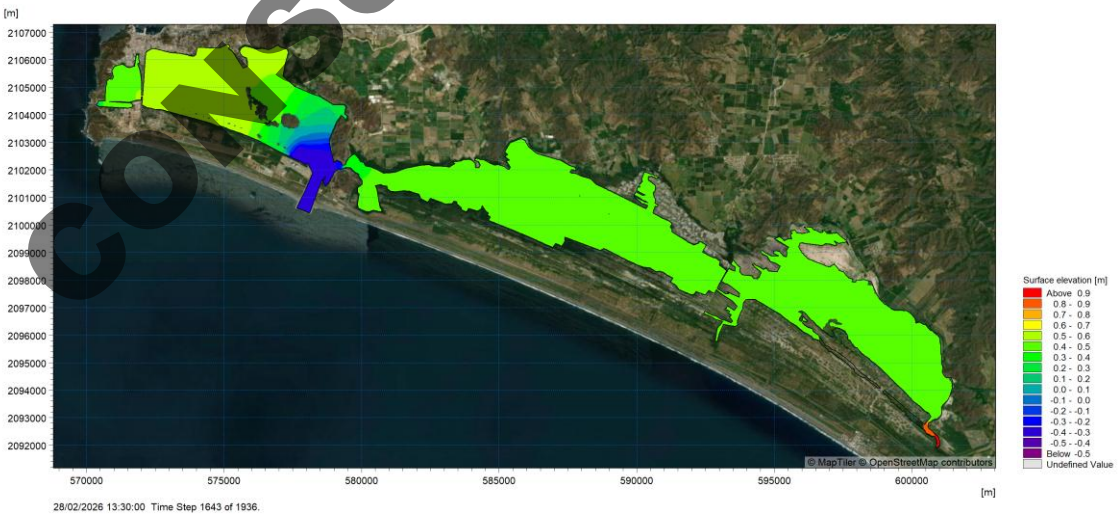


Figura IV. 127. Condición de flujo de salida para el escenario sin proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

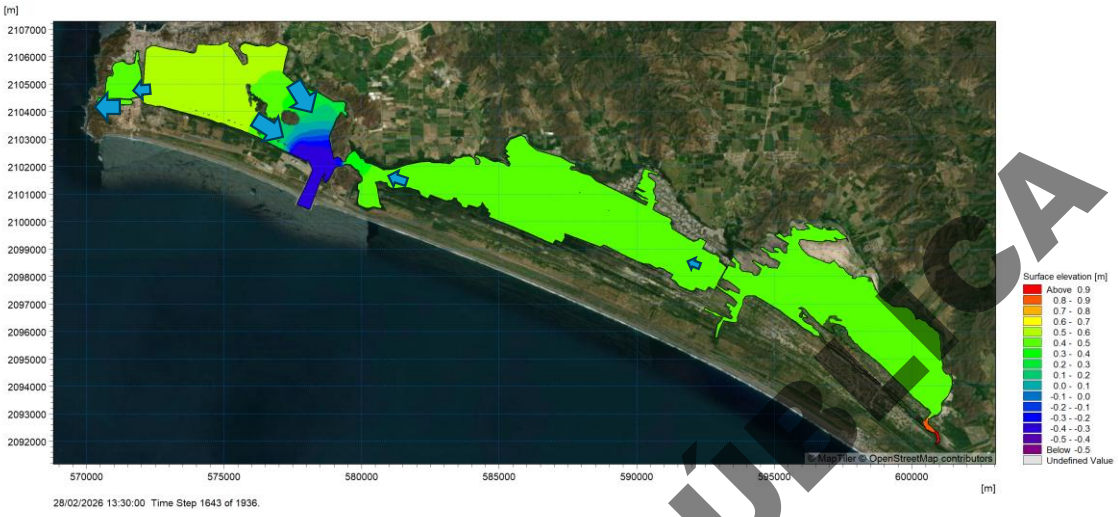


Figura IV. 128. Patrones de flujo de salida para el escenario sin proyecto.

En la condición de salida para la Fase 1 (Figura IV. 129), el sistema lagunar mantiene un patrón general de drenaje similar a la condición base, con niveles más altos en los vasos interiores y con una disminución hacia la conexión marina. No obstante, se identifican ligeras modificaciones en el Vaso II, donde el gradiente hidráulico se presenta más difuso debido a la plataforma (se invierte la dirección del flujo al norte de la plataforma, (Figura IV. 130) y se observa una leve acumulación de agua respecto a la condición sin proyecto. Este comportamiento sugiere una ligera reducción en la eficiencia del vaciado, aunque sin generar retención significativa en temporada de secas ni afectar la conectividad hidráulica del sistema hacia los vasos interiores.



Figura IV. 129. Condición de salida para la Fase 1.

CONSULTA PÚBLICA

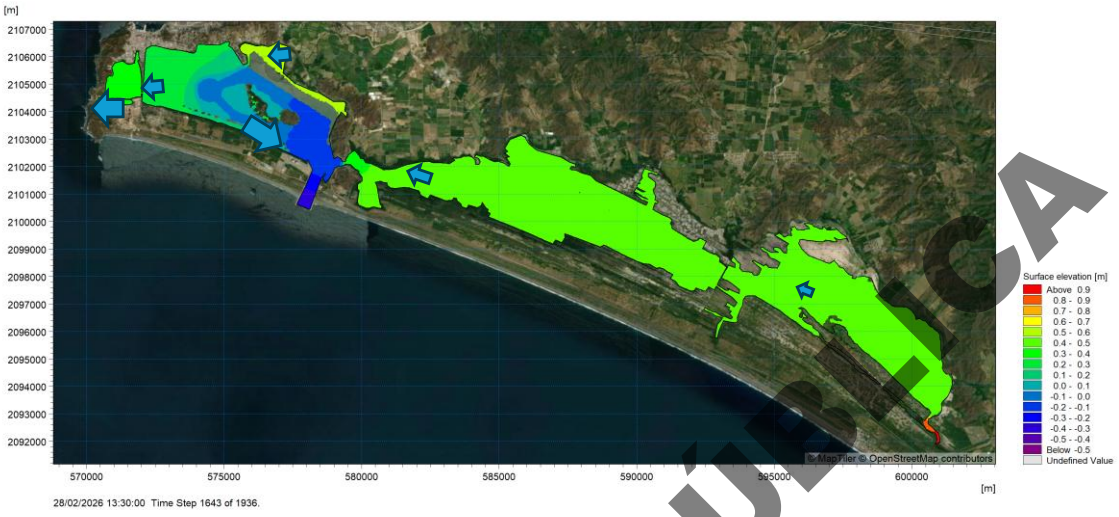


Figura IV. 130. Patrones de flujo de salida para el escenario Fase 1.

Aunque el almacenamiento cambia con la construcción de la Fase 2 (Figura IV. 131), la distribución de niveles de agua presenta un patrón consistente en los vasos interiores. Sin embargo, el gradiente hacia el Vaso I desde el Vaso II se ve interrumpido por la plataforma de la Fase 2, generando un corte de flujo de un Vaso de otro y generando una zona de sedimentación en el Vaso II (se analizará con mayor detalle en el análisis de sedimentos) debido a la baja velocidad y falta de conectividad.



Figura IV. 131. Condición de salida para la Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

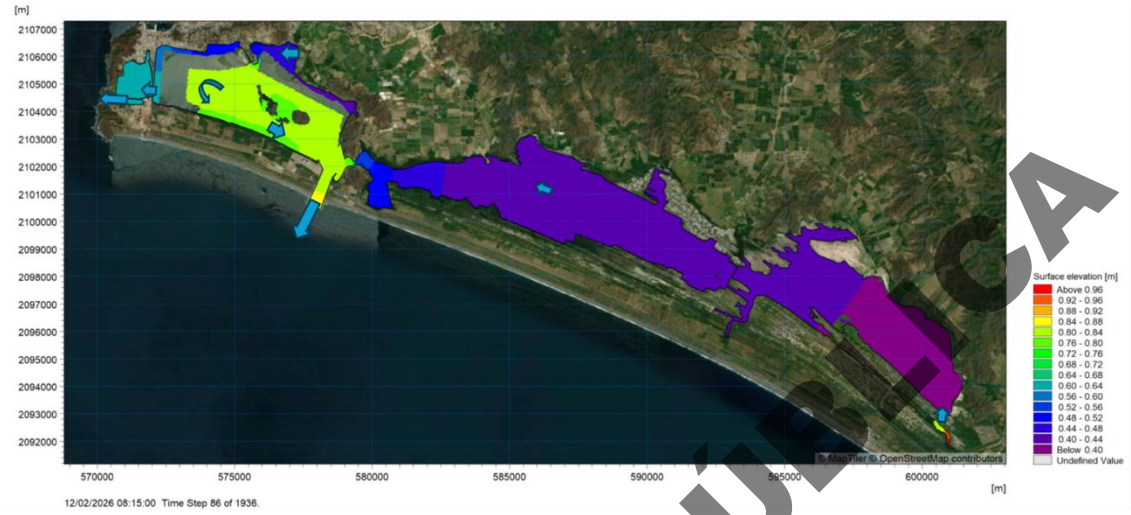


Figura IV. 132. Patrones de flujo de salida para el escenario Fase 1.

En los escenarios con proyecto se identifican ligeras modificaciones en el Vaso II, donde el gradiente se presenta más difuso y se observa una disminución en la eficiencia del drenaje. No obstante, estas diferencias son de baja magnitud hacia los vasos interiores y no generan retención significativa ni afectan la conectividad hidráulica del sistema hacia el Vaso III y IV. Asimismo, es importante tomar en cuenta que se interrumpe el flujo hacia el Vaso I desde el Vaso II por lo que se deberá compensar con infraestructura hidráulica.

IV.3.8.8.2.2 Velocidad norte – sur (V)

En la condición de salida de marea para el escenario sin proyecto, el campo de velocidades muestra una distribución relativamente uniforme en todo el sistema lagunar, con magnitudes suficientes para permitir el drenaje eficiente del agua hacia el mar, principalmente en el Vaso I y II, donde se tiene la conexión directa con el mar. Se identifican mayores velocidades en la zona de conexión del Vaso II, donde el flujo se acelera al atravesar la sección de descarga. En los vasos interiores, las velocidades se mantienen homogéneas, con excepción de las zonas aisladas cercanas a las zonas salineras, donde se observan velocidades bajas, debido a su lejanía con los puntos de interconexión o su bajo nivel batimétrico.

CONSULTA PÚBLICA

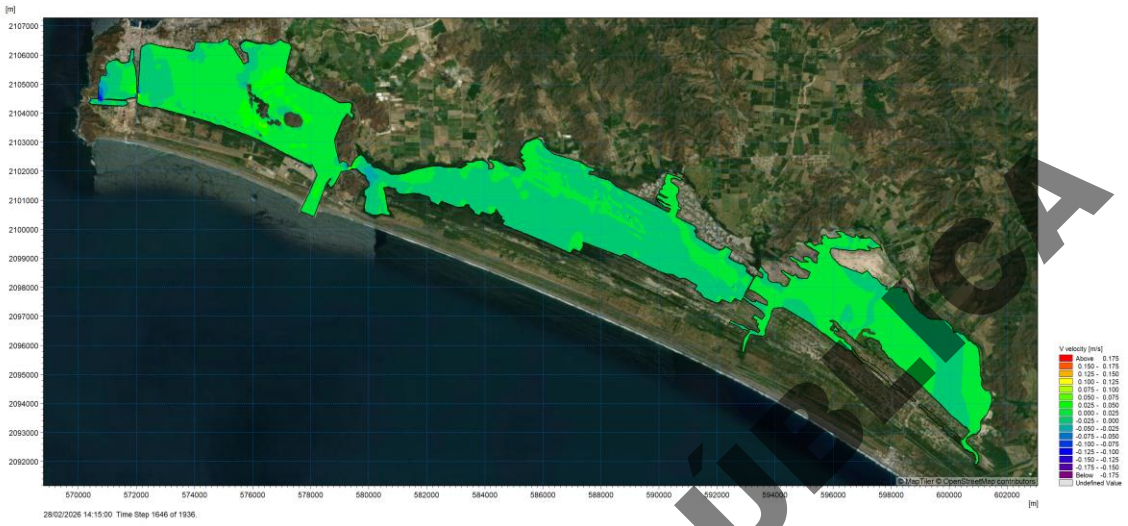


Figura IV. 133. Condición de salida de marea para el escenario sin proyecto.

En la condición de salida para la Fase 1 del proyecto, el campo de velocidades mantiene magnitudes similares a la condición base en la mayor parte del sistema, lo que indica que la capacidad de drenaje no se ve comprometida. Sin embargo, en el Vaso II se observa una mayor heterogeneidad en la distribución de las velocidades debido a los canales de navegación, cerca de las islas cocodrilo asociadas a la modificación geométrica. Este comportamiento refleja un proceso de canalización del flujo en la zona de conexión, sin que ello implique una reducción significativa en la eficiencia del vaciado del sistema lagunar.



Figura IV. 134. Condición de salida para la Fase 1 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 2 del proyecto, si bien el sistema lagunar conserva su capacidad general de drenaje durante la condición de salida de marea, se identifican modificaciones claras en la estructura del flujo dentro del Vaso II. En esta zona, el campo de velocidades evidencia una mayor heterogeneidad y una canalización más marcada del flujo hacia la sección de descarga, lo que indica una alteración en la distribución espacial de la energía hidrodinámica. Este comportamiento sugiere una reducción en la eficiencia hidráulica local, al concentrarse el flujo en trayectorias preferenciales y disminuir su dispersión dentro del vaso. Aunque estas modificaciones no se traducen en una disminución significativa de las velocidades en los vasos interiores, sí reflejan un cambio en los patrones de circulación que podría afectar procesos de mezcla y transporte a escala local. En este sentido, el impacto de la Fase 2 no es nulo, sino que se manifiesta como una reorganización del flujo con implicaciones potenciales en la dinámica interna del sistema, particularmente en el Vaso II.



Figura IV. 135. Condición de salida para la Fase 2 del proyecto.

IV.3.8.8.2.3 Velocidad este – oeste (U)

En la condición de salida de marea para el escenario sin proyecto, la componente longitudinal de la velocidad muestra un flujo claramente orientado desde los vasos interiores hacia la zona de conexión marina, evidenciando una adecuada alineación del flujo con la dirección de drenaje. Se observan valores positivos en la mayor parte del sistema, lo que indica un transporte longitudinal eficiente. En el Vaso II se identifican ligeras variaciones locales asociadas a la geometría, sin que estas generen recirculaciones dominantes. En conjunto, el patrón de flujo confirma una buena conectividad hidráulica y una adecuada capacidad de vaciado del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

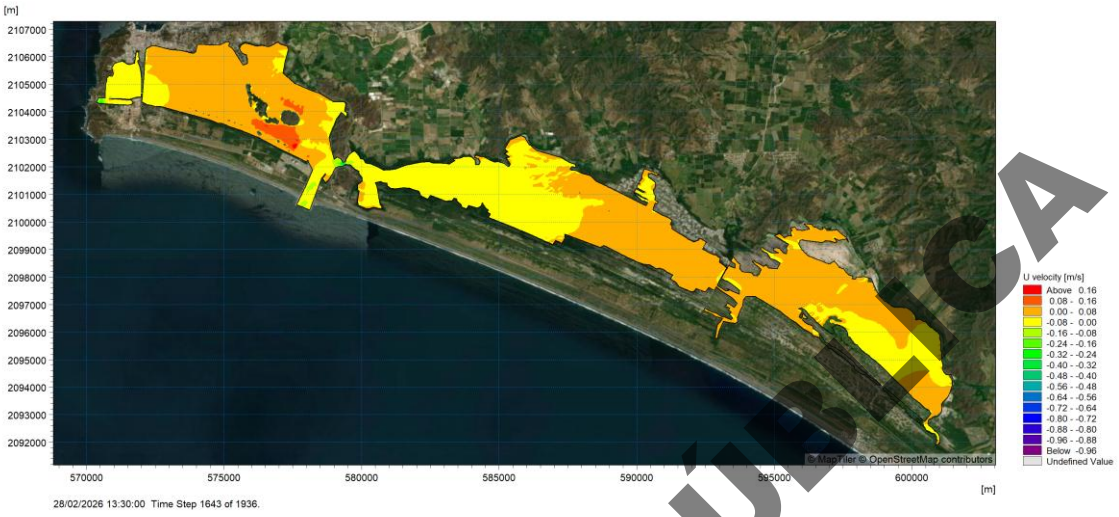


Figura IV. 136. Condición de salida de marea para el escenario sin proyecto.

En la Fase 1 del proyecto, la componente longitudinal de la velocidad evidencia una modificación en la estructura del flujo dentro del Vaso II, caracterizada por una mayor concentración del flujo en trayectorias preferenciales hacia la zona de descarga. Este comportamiento indica un proceso de canalización que reduce la dispersión lateral del flujo y aumenta la heterogeneidad hidrodinámica. Asimismo, se identifican patrones más definidos de recirculación local, lo que sugiere una disminución en la eficiencia del transporte longitudinal dentro del vaso. Aunque estas alteraciones no afectan de manera significativa la dirección general del flujo ni la capacidad de drenaje del sistema, sí representan un cambio en la dinámica interna que podría influir en los procesos de mezcla y renovación a escala local.

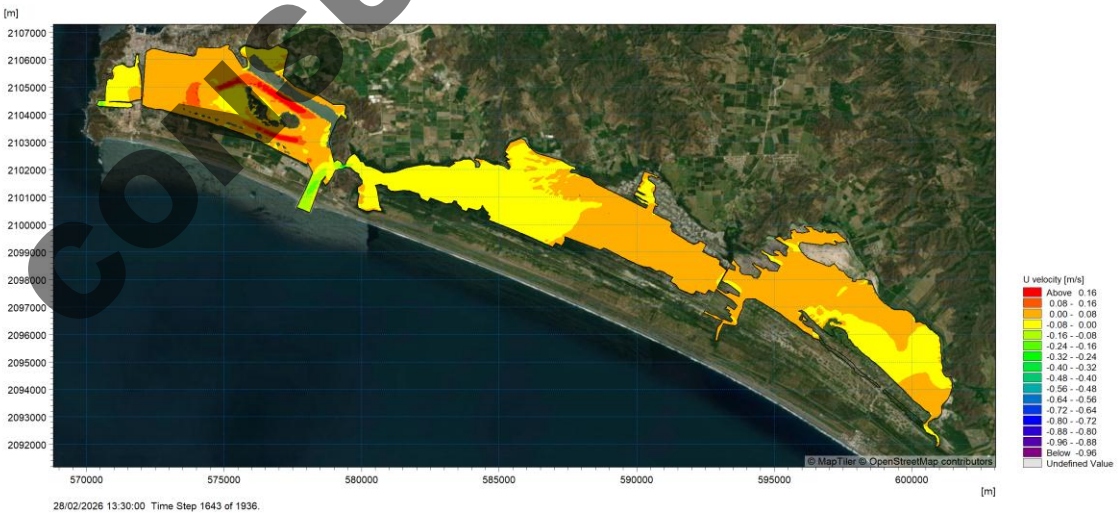


Figura IV. 137. Condición de salida de marea para la Fase 1 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 2 del proyecto, la componente longitudinal de la velocidad confirma la consolidación de un patrón de flujo modificado dentro del Vaso II, caracterizado por una canalización persistente hacia la zona de descarga y la presencia de recirculaciones locales bien definidas. Este comportamiento evidencia una alteración en la distribución espacial del flujo, con una reducción en su dispersión lateral y, por ende, en la eficiencia del transporte longitudinal dentro del vaso. A pesar de ello, el sistema mantiene una dirección de flujo claramente orientada hacia la salida y no se observa una disminución significativa en las velocidades en los vasos interiores. Asimismo, la similitud entre los resultados de la Fase 1 y la Fase 2 indica que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico desde etapas tempranas del proyecto, sin presentar un deterioro progresivo. En este sentido, el impacto se manifiesta como una reorganización local del flujo más que como una afectación a la dinámica global del sistema lagunar.

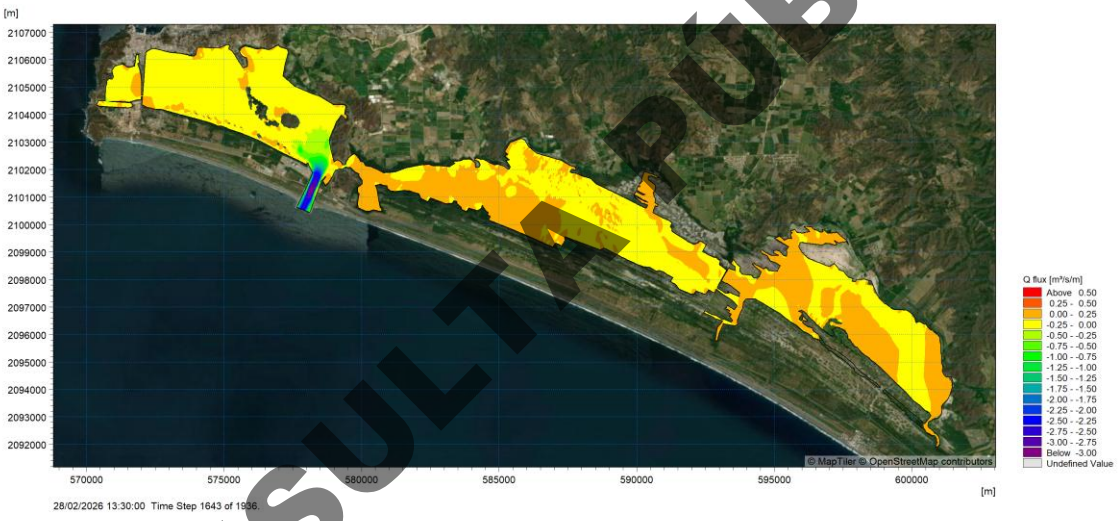


Figura IV. 138. Condición de salida de marea para la Fase 2 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.2.4 Gastos

El análisis del gasto en la condición base durante la salida de marea, se muestra una distribución relativamente uniforme en todo el sistema lagunar, con la salida por el canal tepalcates como principal zona de drenaje, lo que indica un patrón bien distribuido y eficiente en el Vaso II. Las mayores intensidades de flujo se concentran en la zona de conexión del Vaso II, donde el flujo se acelera al dirigirse hacia el mar. En los vasos interiores, el flujo mantiene una distribución homogénea, sin evidenciar trayectorias preferenciales ni zonas de baja intensidad.

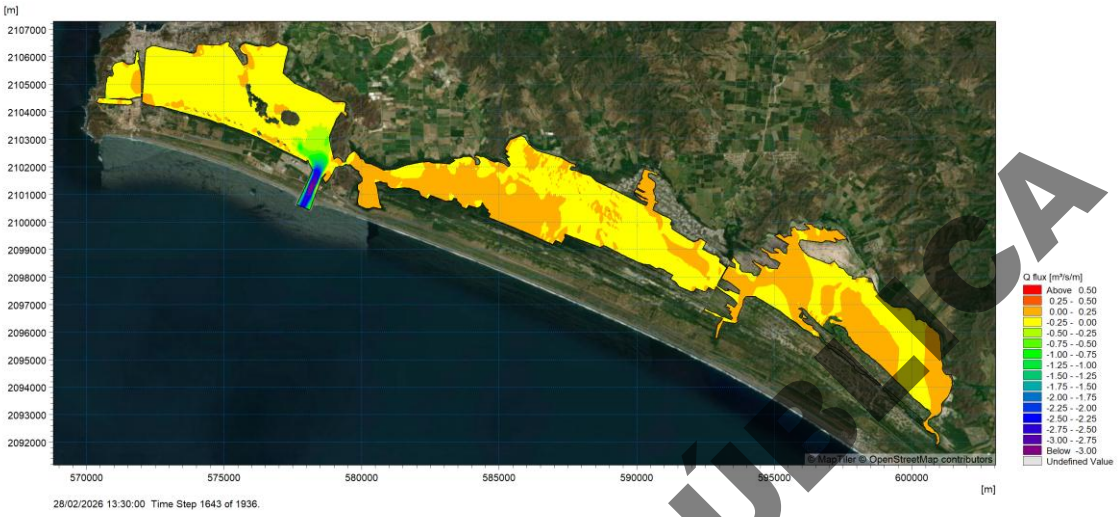


Figura IV. 139. Gasto en la condición base durante la salida de marea.

En la Fase 1 del proyecto, el gasto evidencia una modificación significativa en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II. A diferencia de la condición base, donde el flujo se presenta de manera relativamente uniforme, en este escenario se observa una marcada canalización hacia la zona de descarga, acompañada de la aparición de zonas con baja intensidad de flujo, al norte de la plataforma. Este patrón refleja una mayor heterogeneidad hidrodinámica y sugiere una reducción en la eficiencia del drenaje a escala local, debido a la concentración del flujo en trayectorias preferenciales y la disminución de su dispersión dentro del vaso. No obstante, estas alteraciones no se extienden hacia los vasos interiores, donde el comportamiento del flujo permanece prácticamente sin cambios.

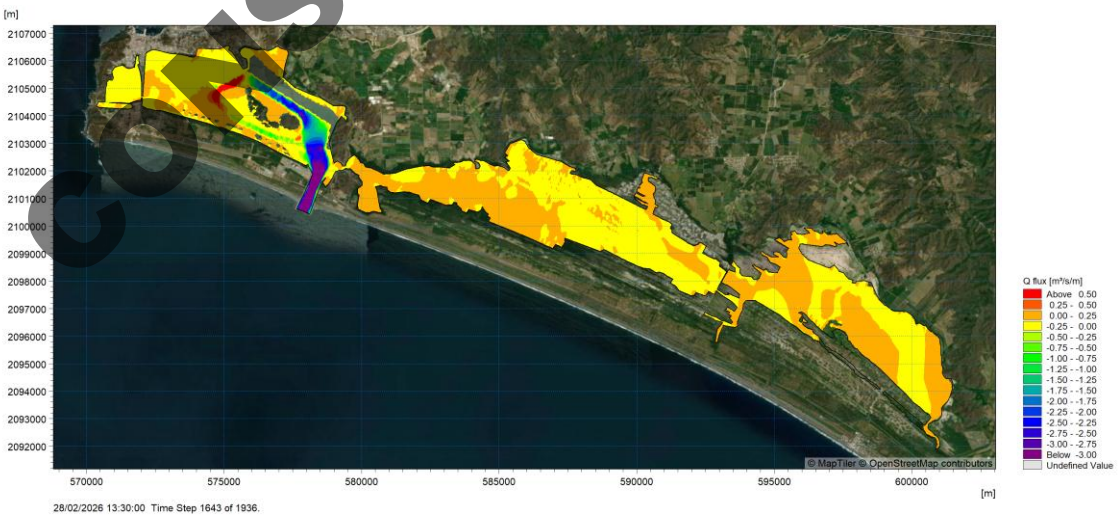


Figura IV. 140. Gasto en la Fase 1 del proyecto durante la salida de marea.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 2 del proyecto, el gasto confirma la consolidación de un patrón hidrodinámico modificado dentro del Vaso II, caracterizado por una canalización persistente del flujo hacia la zona de descarga y la presencia de regiones de baja intensidad hidráulica. Este comportamiento evidencia una redistribución significativa del flujo, donde la energía se concentra en trayectorias preferenciales, reduciendo su dispersión lateral y generando una mayor heterogeneidad en el sistema. La aparición de zonas con bajo flujo sugiere una disminución en la eficiencia del intercambio local y un potencial incremento en los tiempos de residencia a escala del vaso. No obstante, estas alteraciones no se traducen en cambios apreciables en los vasos interiores, lo que indica que el impacto se mantiene confinado espacialmente. Asimismo, la similitud con los resultados de la Fase 1 confirma que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin que se observe un deterioro progresivo asociado a las etapas posteriores del proyecto, con excepción del flujo que se interrumpe hacia el vaso I el cual se estudiara con más detalle en escenarios adicionales.

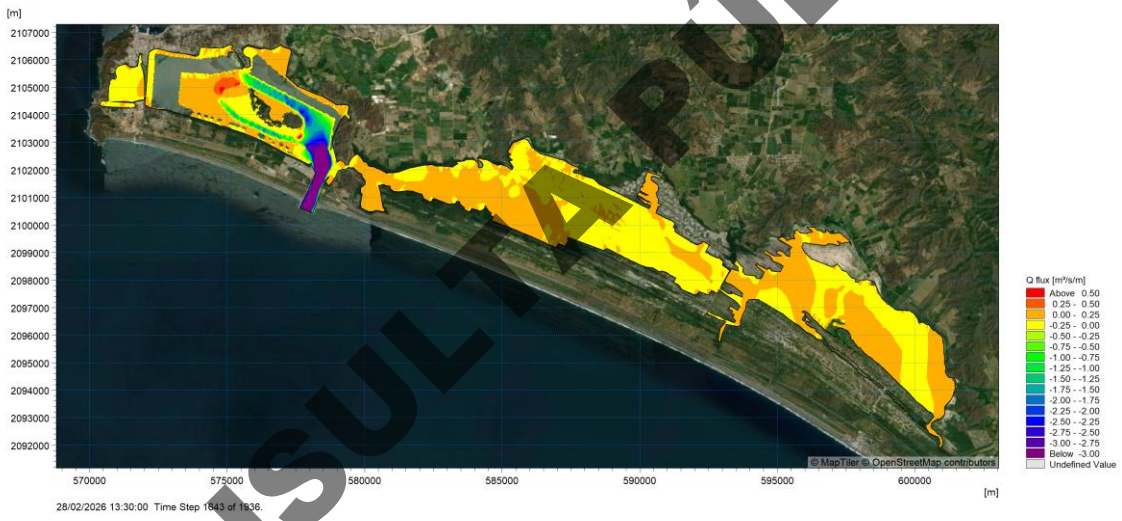


Figura IV. 141. Gasto en la Fase 2 del proyecto durante la salida de marea.

En general, las velocidades y le gasto en el Canal Tepalcates se incrementan debido a la construcción de las plataformas al cambiar la superficie libre de flujo. La velocidad total pasa de un promedio de 0.043 m/s para el caso sin proyecto a 0.063 m/s para la fase 1 y de 0.048 m/s para la fase 2, lo que representa un 45% y 11% respectivamente. Para el gasto máximo, este pasa de 1.8 $m^3/s/m$ a 2.7 $m^3/s/m$ y de 2.9 $m^3/s/m$ para la fase 2, esto debido a la ampliación del canal de entrada hacia los nuevos canales de navegación Para los vasos interiores, la velocidad y el gasto se mantienen sin cambios significativos con variaciones en la entrada y salida entre el 1 y 1.5%

Para el interior del vaso II las velocidades varían con la etapa. Para la etapa 1, las velocidades máximas pasan de 0.36 m/s a 0.42 m/s debido a la pérdida de superficie libre de flujo. Para la etapa 2 estas se ralentizan con la construcción de la segunda plataforma al limitar el flujo hacia el Vaso II, y pasan de 0.36 m/s a 0.14 m/s

CONSULTA PÚBLICA

aumentando los tiempos de residencia, aunque no de forma drástica ya que el Vaso II continua con la conexión directa al mar por el Canal Tepalcates.

IV.3.8.8.3 Simulaciones para temporada de lluvias

La hidrodinámica de sistemas lagunares presenta variaciones significativas entre la temporada de secas y la temporada de lluvias, debido a cambios en los forzamientos que controlan la circulación interna, pero principalmente por los cambios en la concentración de agua en cada uno de los vasos debido a el ingreso de agua dulce por precipitación directa y escurrimiento. Al igual que en temporada de secas, la hidrodinámica en temporada de lluvias está dominada principalmente por el forzamiento mareal y, en menor medida, por el viento, lo que da lugar a un comportamiento hidrodinámico estable, con patrones de circulación relativamente periódicos. Sin embargo, durante la época de lluvias, el ingreso de agua dulce por escorrentía y precipitación directa cambia los valores de concentración observados. Este forzamiento adicional introduce volúmenes significativos de agua dulce, generando gradientes hidráulicos cerca de las zonas de descarga modificando algunos patrones de circulación.

Como resultado, pueden presentarse aumentos en las velocidades de forma local, cambios en la dirección del flujo y una mayor variabilidad temporal en la dinámica hidrodinámica.

La presencia de escurrimientos durante la temporada de lluvias también influye en los procesos de mezcla y transporte, favoreciendo en algunos casos la renovación del agua en zonas previamente restringidas y con tiempos de residencia extensos. Asimismo, la interacción entre los flujos continentales y el forzamiento mareal puede generar patrones de circulación más complejos, incluyendo recirculaciones y zonas de convergencia.

La simulación de escenarios correspondientes a la temporada de lluvias permite evaluar la respuesta del sistema ante condiciones de mayor energía hidráulica y mayor aporte de agua dulce, complementando el análisis realizado para la temporada de secas. Esta comparación resulta fundamental para comprender la variabilidad estacional del sistema y para identificar posibles cambios en la eficiencia de renovación, los tiempos de residencia y la distribución de flujos bajo diferentes condiciones hidrológicas.

Para la simulación en la temporada de lluvias, se utilizaron los datos de marea y viento adquiridos durante el 2 de octubre de 2025 hasta el 12 de diciembre de 2026. Adicionalmente, se utilizaron los datos registrados de salinidad del mes de octubre, donde se observaron diferentes episodios de lluvia y los valores espaciales de salinidad (Figura). En la Figura se muestrea la variación de marea observada durante el periodo mencionado y en la Figura se muestran las variaciones de salinidad producto de eventos de precipitación registrados en la estación climática Manzanillo.

El agua de entrada por el canal tepalcates registro una salinidad entre los 35 y 36 PSU, mientras que al interior se registraron valores entre los 32 y 45 PSU. En la región interior del vaso III cercana a la zona de descarga del Arroyo Zacate se observaron los valores de 32 PSU y hacia el fondo del vaso III los valores de 45 PSU. Esta información se utilizó como condición inicial para las simulaciones de eventos de escurrimiento.

CONSULTA PÚBLICA

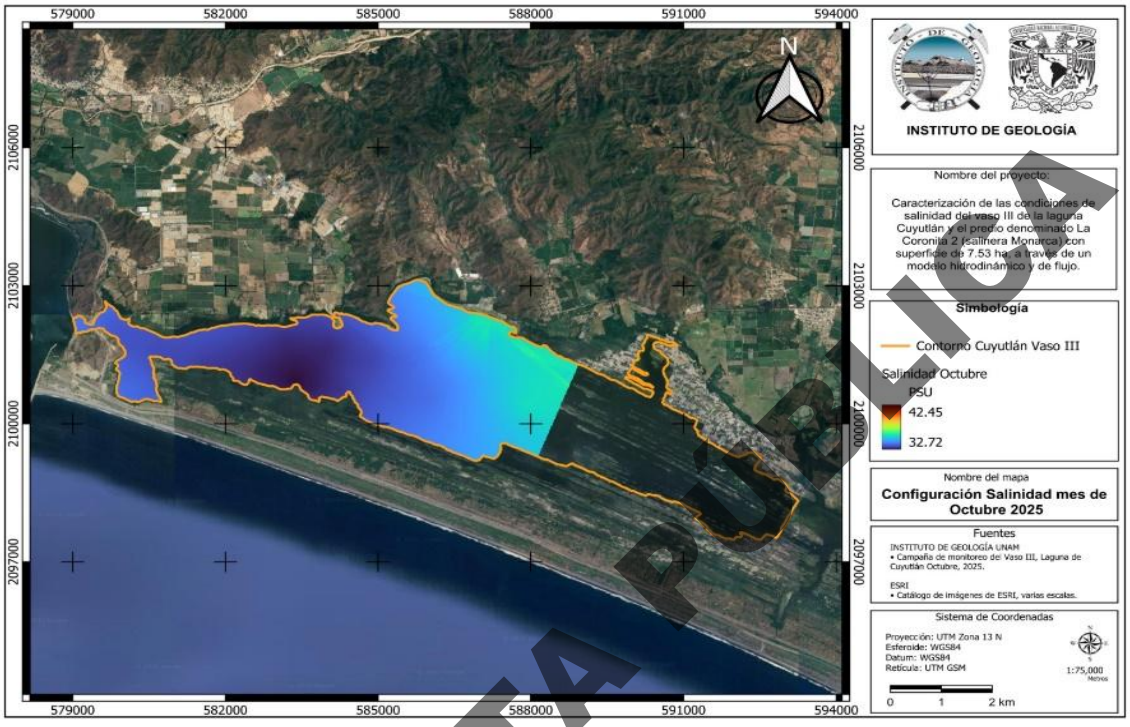


Figura IV. 142. Distribución de la salinidad en el Vaso III en temporada de lluvias.

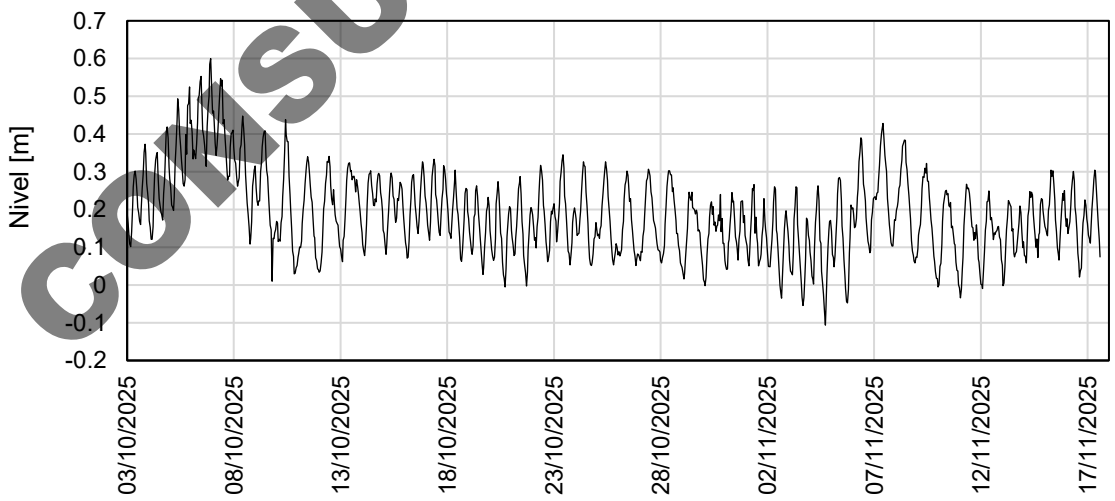


Figura IV. 143. Condiciones de marea en temporada de lluvias (octubre -diciembre 2025)

CONSULTA PÚBLICA

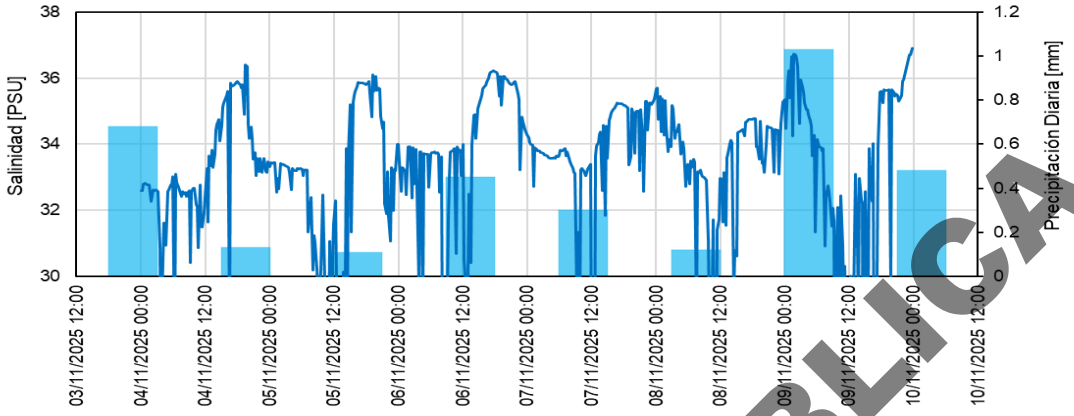


Figura IV. 144. Relación entre la salinidad y precipitación diaria acumulada.

Con la información mencionada, y con una lámina de precipitación de aproximadamente 1 mm se realizó una simulación de condiciones hidrodinámicas y de concentración para la simulación de eventos de escurrimientos

Para condiciones actuales, para los meses de octubre y noviembre, la concentración de la salinidad en el vaso II varía entre los 38 y 40 PSU debido al intercambio de agua con el canal Tepalcates, donde el agua de mar ingresa con aproximadamente 37 PSU para posteriormente iniciar los procesos de mezcla con el agua interior del vaso y someterse a procesos de evaporación hasta aumentar su concentración a 40 PSU. En el Vaso I, este proceso se replica debido a la conexión del canal Ventanas. Hacia el interior del vaso la concentración aumenta hasta los 44 PSU al igual que en el Vaso IV. En la zona de mezcla con el estero Palo Verde el agua dulce se mezcla con el agua salina formando una pequeña zona de mezcla en la zona donde el estero termina.

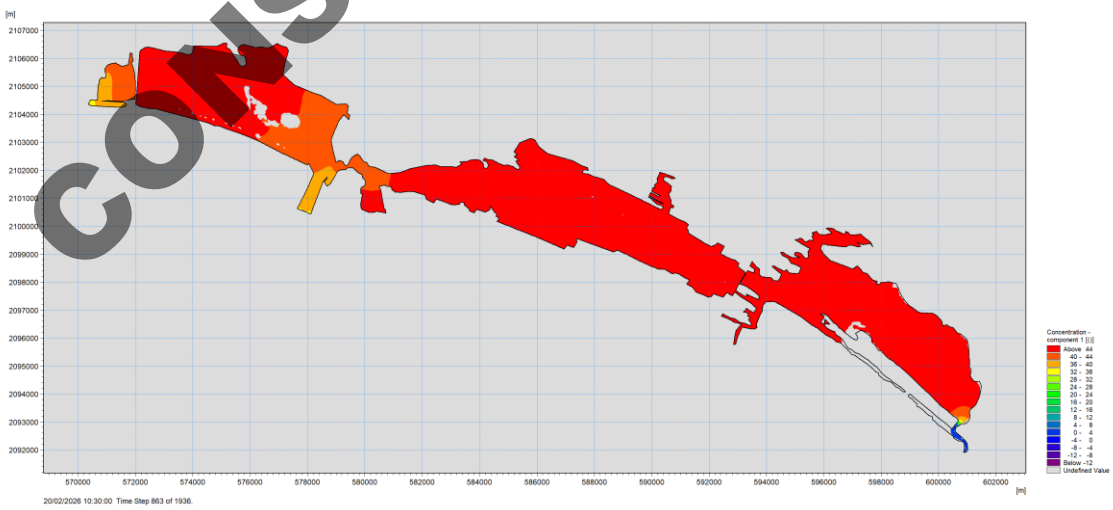


Figura IV. 145. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia

CONSULTA PÚBLICA

Para la Fase 1, la concentración en el Vaso I, III y IV se conserva debido a la poca diferencia entre el gasto de entrada y salida que genera el cambio de almacenamiento debido a la construcción de la plataforma de la fase 1. Sin embargo, se observan diferencias notables en la concentración del Vaso II, donde el principal cambio se observa en la parte norte de la plataforma de la Fase 1, donde el agua se “atrapa” por detrás de la plataforma, incrementando la salinidad debido a la falta de circulación con el agua de mar. Por otro lado, debido a la construcción del canal de navegación frente a la plataforma de la fase 1, en esa zona, el agua requiere de mayor energía o mayor gasto para movilizar la misma cantidad de agua que en las condiciones sin proyecto, por este motivo, se observa una disminución en el frente de agua proveniente del canal Tepalcates, con una concentración menor que la del interior, por lo que la concentración al interior aumenta alrededor de 1 PSU.

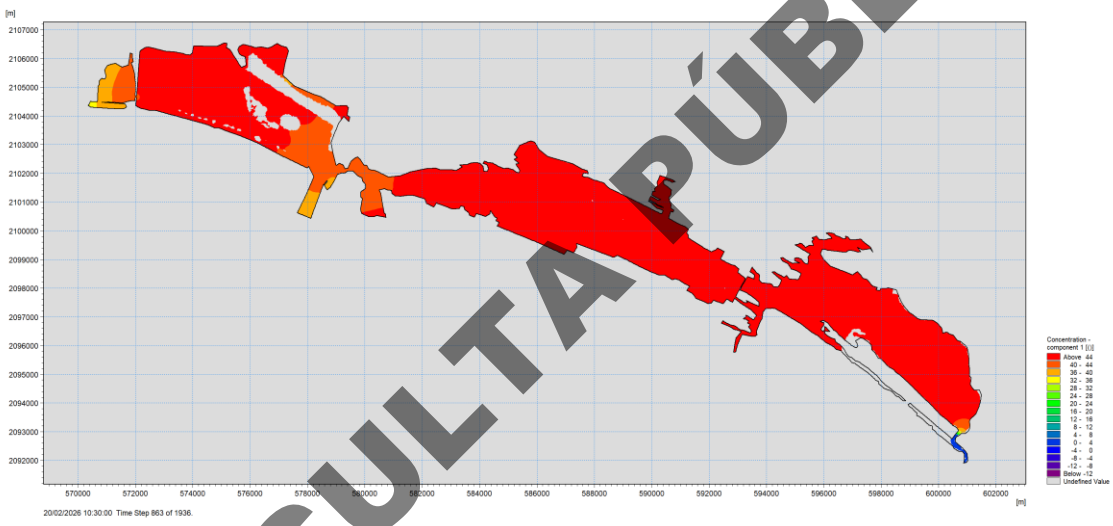


Figura IV. 146. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia con proyecto Fase 1.

La anterior condición, se ve aumentada por la construcción de la plataforma de la fase 2, ya que el agua de mar se distribuye con menor homogeneidad al interior del vaso, y disminuyendo su energía debido a la profundidad de los canales de navegación, aumentando la concentración al interior del vaso. Esta condición se maximiza debido a la falta de intercambio de agua con el vaso I, que queda aislado por la plataforma y por el constante uso de agua de la planta termoeléctrica. Esta pérdida de energía también afecta el ingreso de agua hacia el vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

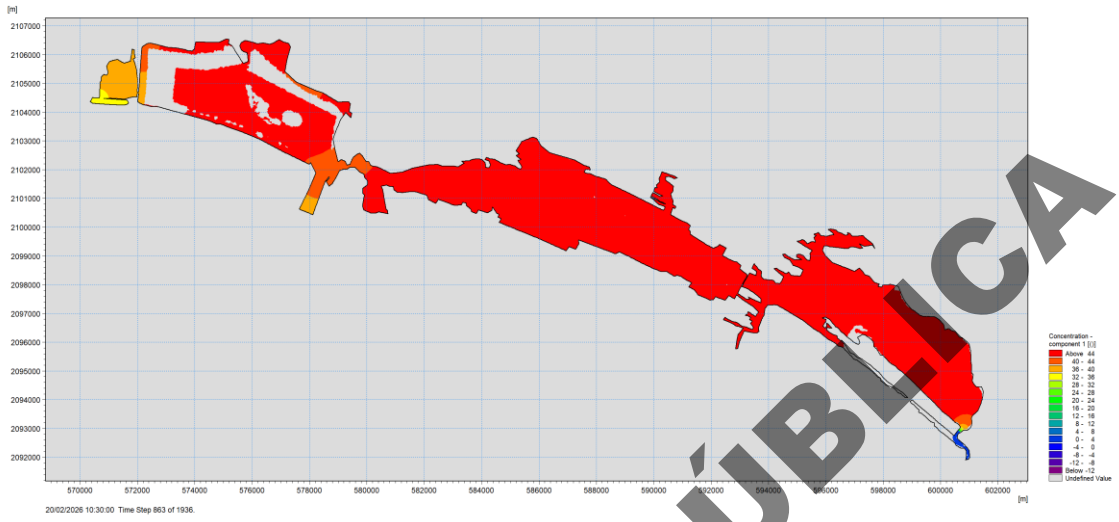


Figura IV. 147. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia con proyecto Fase 2.

Por otro lado, y con el objetivo de simular condiciones de escurrimiento, ya que la diferencia de salinidad entre temporada de secas y temporada de lluvias no puede explicarse únicamente debido a la precipitación, se simularon diferentes episodios de escurrimientos, provenientes de las principales cuencas que rodean a la Laguna Cuyutlán, con énfasis en el aporte del Arroyo Zacate.

Para el aporte del Arroyo Zacate, la zona de cultivo en el Vaso III y el Arroyo Venustiano Carranza (principales zonas de escurrimiento, (Figura IV. 148), se hicieron diversas simulaciones con diversos gastos y tiempos de escurrimientos con base a las estimaciones de las curvas IDF y los valores de escurrimiento obtenidos para las cuencas (ver informe de hidrología).

CONSULTA PÚBLICA

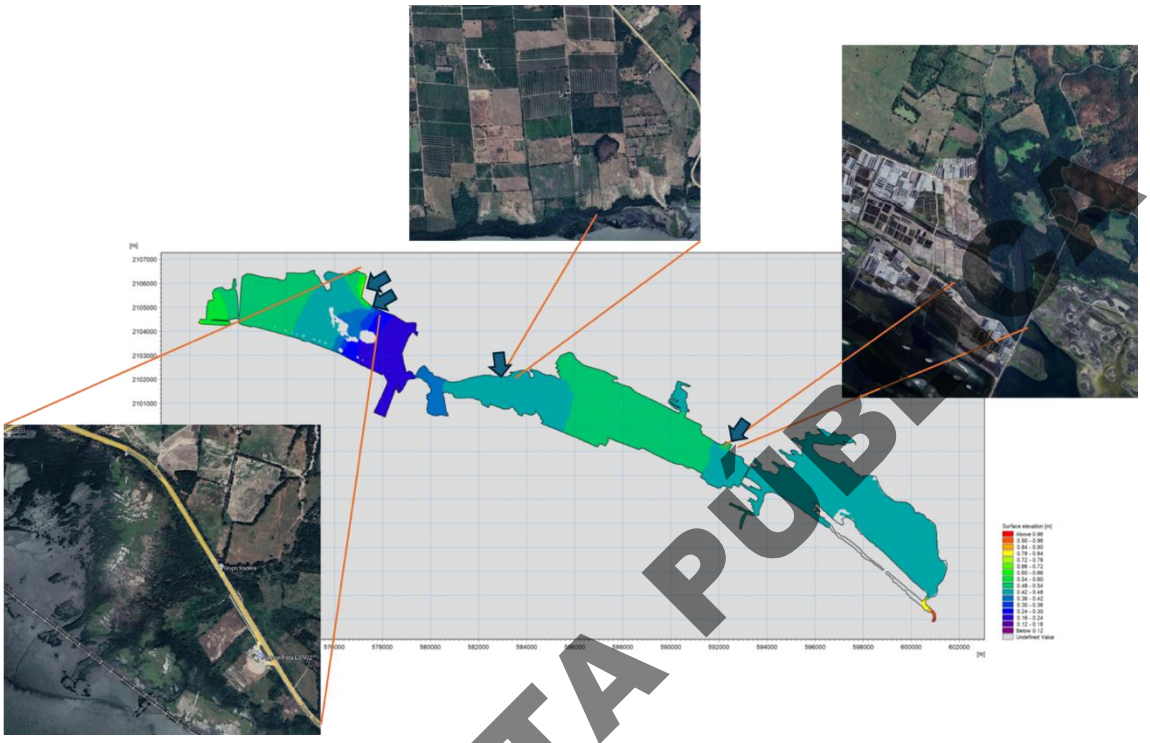
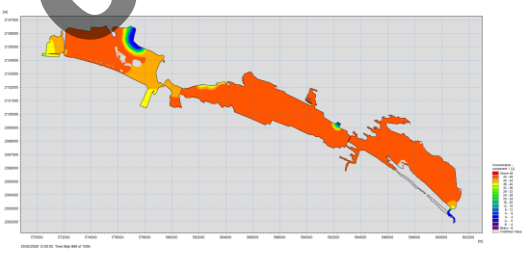


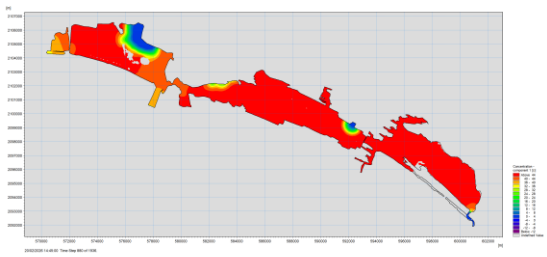
Figura IV. 148. Principales zonas de aporte de agua dulce que se utilizaron para la simulación de escurrimientos.

IV.3.8.8.3.1 Comportamiento del flujo

Las simulaciones iniciaron de manera conservadora, utilizando gastos de entre 20 m^3/s para el Arroyo Zacate y 2 m^3/s para la zona salinera con una duración de una hora. Sin embargo, los eventos de escurrimientos con estos gastos eran diluidos a los pocos pasos de tiempo sin notarse diferencias sustantivas en la distribución de las propiedades hidrodinámicas. En la Figura IV. 149 se muestran diferentes etapas de simulación con diversos valores de escurrimiento y tiempo de ingreso hacia el Vaso II.

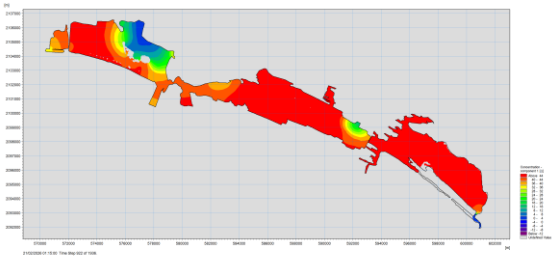


a) Gastos menores a 100 m^3/s

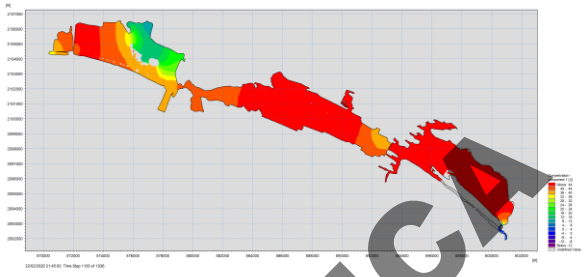


b) Gastos mayores a 100 m^3/s

CONSULTA PÚBLICA



c) Gastos mayores a 100 m^3/s con duración de más de una hora.



d) Gastos mayores a 100 m^3/s con duración de más de tres horas

Figura IV. 149. Variación de la concentración con diversos escenarios de escurrimiento por el arroyo Zacate.

Para observar afectaciones debido a la construcción del puerto, se simularon eventos de escurrimiento de larga duración, con periodos de retorno de 10 y 20 años y eventos extraordinarios con duración de 2, 3 y hasta 6 horas. A continuación, se describe el caso particular del ingreso de agua del arroyo Zacate con una duración de 3 horas con gastos de 300 m^3/s, 50 m^3/s en la zona de cultivo, y en la zona salinera de 5 m^3/s con la misma duración.

En la condición de temporada de lluvias para el escenario sin proyecto, la distribución del nivel del agua muestra un patrón claramente influenciado por los aportes continentales al momento de iniciados los eventos de escurrimiento, principalmente del Arroyo Zacate. Se observa un incremento significativo del nivel en la zona de entrada del arroyo hacia el Vaso II, generando un gradiente hidráulico dirigido principalmente hacia el mar, distribuyéndose en el norte y centro del vaso II. Este comportamiento indica que el escurrimiento superficial actúa como el principal forzamiento del sistema durante eventos de tormenta en sitio o aguas arriba, superando la influencia mareal, pero solo por minutos u horas, dependiendo del gasto de la descarga. No obstante, la propagación de este forzamiento es limitada, ya que los vasos interiores presentan variaciones mínimas en el nivel del agua, lo que sugiere una disipación rápida de la energía y una distribución poco eficiente del flujo a lo largo del sistema lagunar, debido a la amplia superficie de los vasos, el poco aporte de las cuencas secundarias y la concentración. Sin embargo, para el fondo del Vaso III y IV el aporte de agua de escorrentía es muy importante ya que ayuda a controlar el aumento de salinidad debido a la evaporación y modifica los tiempos de intercambio y renovación de agua.

CONSULTA PÚBLICA

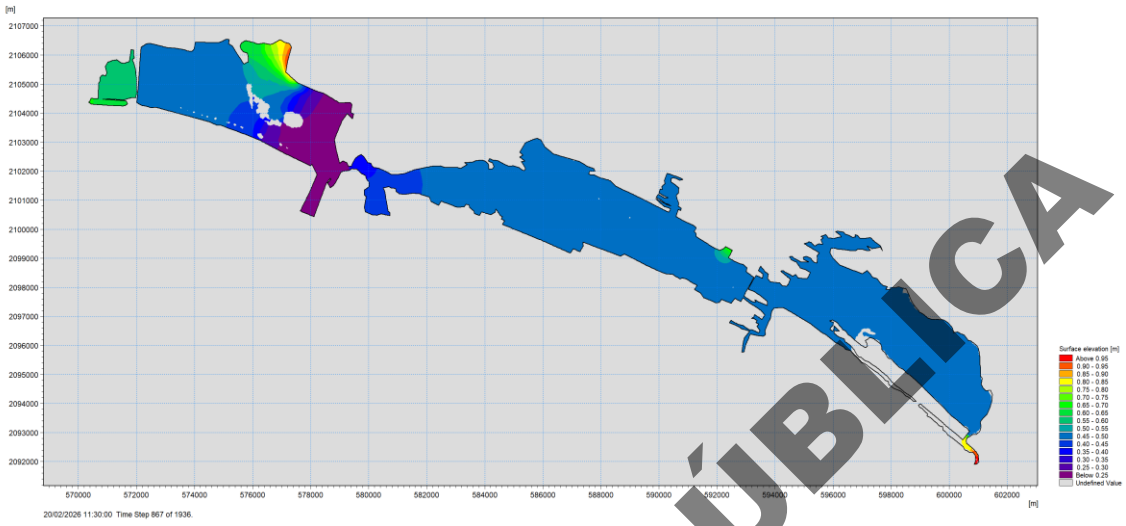


Figura IV. 150. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua dulce por el arroyo Zacate y la zona salinera.

El aumento de nivel en la zona de descarga aumentara en función de la duración de los eventos de escorrentía y el gasto. Para valores promedio, el incremento en el nivel es poco perceptible para la zona del arroyo Zacate (menor a 0.30 m) y en la zona de cultivo (menor a 5 cm), ya que el agua se distribuye en un área amplia redirigida por los pequeños canales. En particular, en Zacate, el aumento es de unos pocos centímetros para gastos menores a los 50 m^3/s y de 30 a 90 cm para eventos mayores a 150 m^3/s como el simulado en la Figura IV. 151.

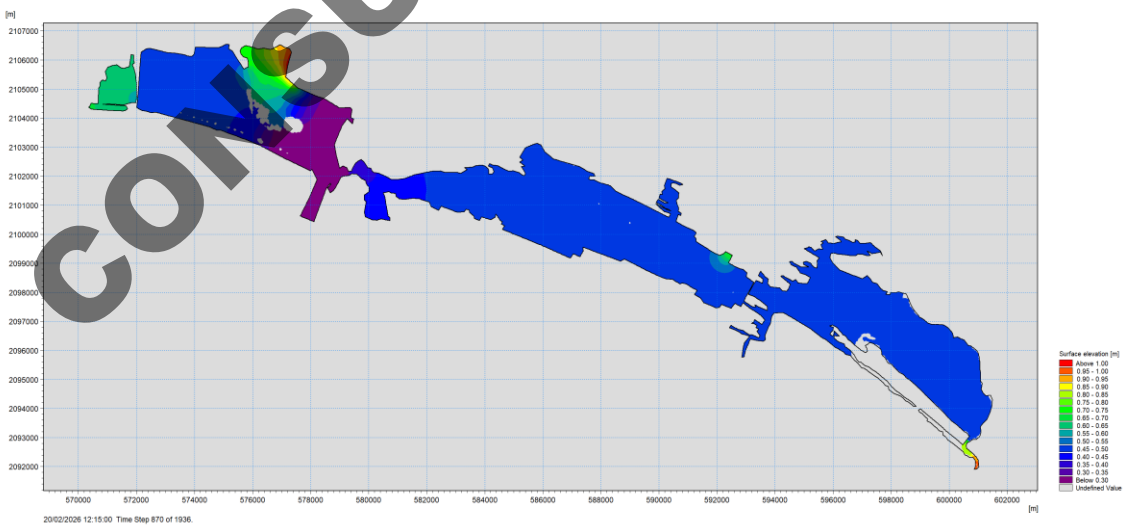


Figura IV. 151. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua dulce por el arroyo Zacate y la zona salinera con gastos mayores.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 1 del escenario de temporada de lluvias, la distribución del nivel del agua muestra una reducción significativa en la magnitud del forzamiento asociado al escurrimiento en la zona de entrada. A diferencia de la condición base, donde se observa un incremento del nivel distribuido en todo el vaso y un gradiente hidráulico bien definido, en este escenario el nivel se presenta más homogéneo al interior del vaso, pero con un aumento significativo al norte de la plataforma, en donde, el agua al no encontrar libre paso hacia el mar incrementa el nivel en más de 1.5 metros por más de 4 horas, ya que tambien, la capacidad de drenaje disminuye.

Este comportamiento indica una mala disipación del flujo entrante y una disminución en la capacidad de generar un gradiente efectivo hacia el interior del sistema. Por otro lado, al igual que en la condición base, la influencia del escurrimiento del arroyo Zacate no se propaga hacia los vasos interiores, los cuales mantienen niveles prácticamente constantes y con la movilidad propia de cada vaso debido a sus propios escurrimientos.

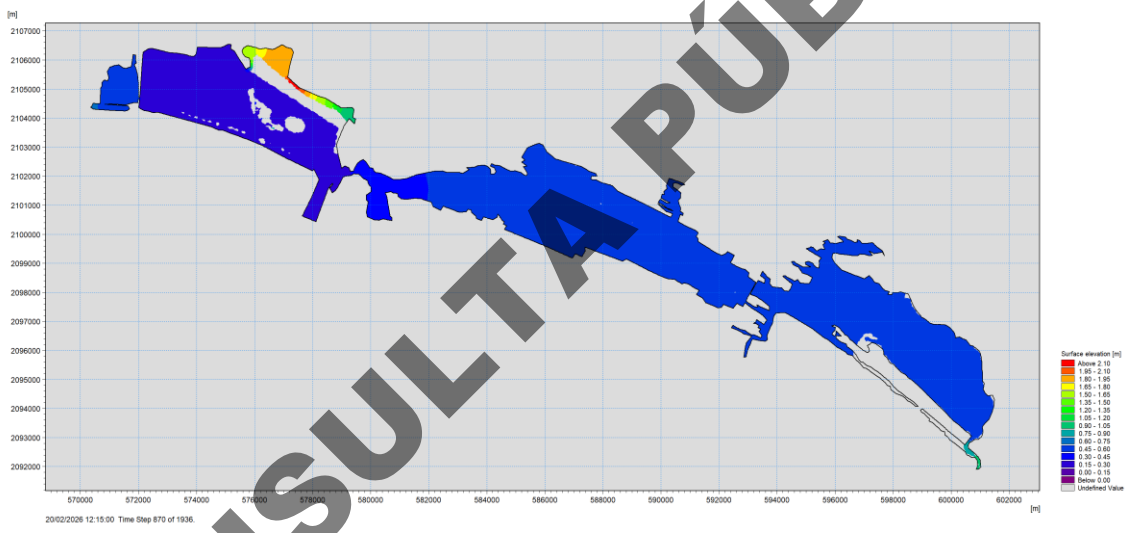


Figura IV. 152. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2, la distribución del nivel del agua muestra una reducción significativa en la magnitud del forzamiento asociado al escurrimiento en la zona de entrada debido principalmente a la reducción entre ambas plataformas, impidiendo el ingreso libre de agua hacia el vaso II y del Vaso II al Vaso I (Figura IV. 153). Este comportamiento indica una mala disipación del flujo entrante y una disminución en la capacidad de generar un gradiente efectivo hacia el interior del sistema, generando que el nivel al norte del vaso, en la zona de descarga aumente rápidamente generando inundaciones con tirantes de más de metro y medio.

Para los demás vasos, al igual que en la condición base, y la Fase 1, la influencia del escurrimiento no se propaga hacia los vasos interiores, los cuales mantienen niveles prácticamente constantes, y los niveles homogéneos.

CONSULTA PÚBLICA

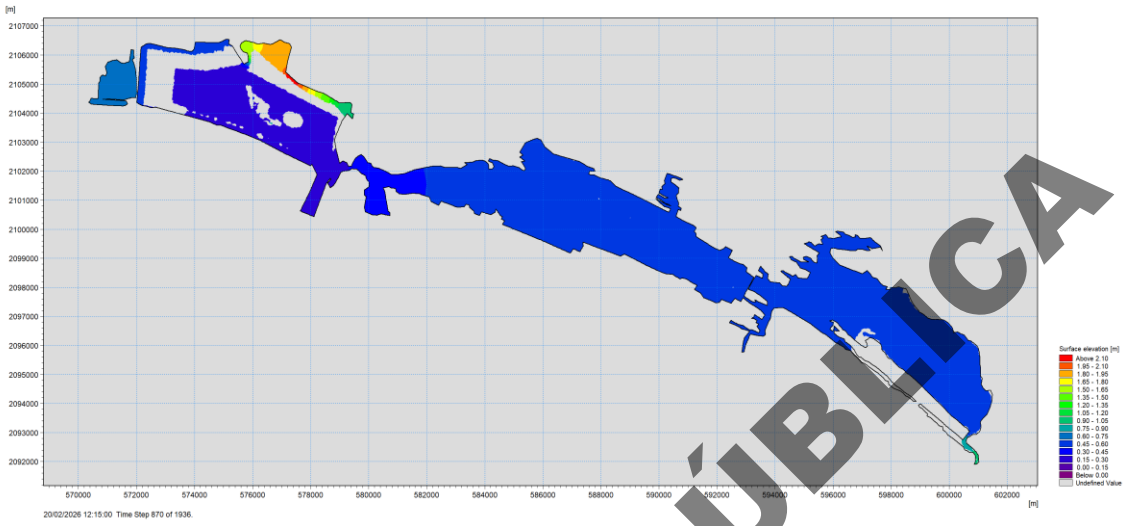


Figura IV. 153. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 2 del proyecto.

En la Figura IV. 154 se muestra que, aunque el episodio de lluvia termine, el agua se acumula debido a la poca capacidad de drenaje en la zona.

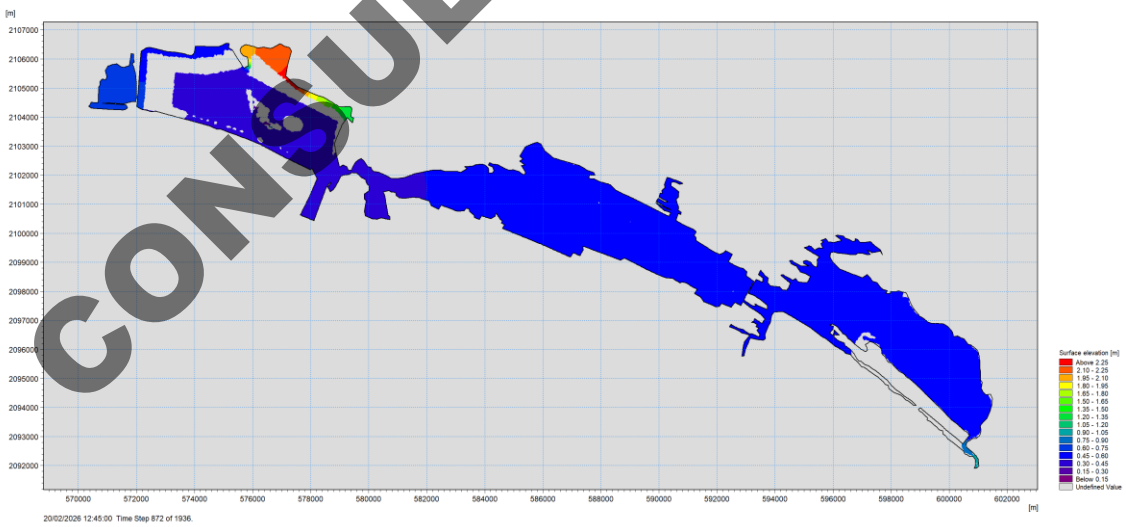


Figura IV. 154. Variaciones de nivel al final de episodios de ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 2 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.3.2 Velocidad norte sur (V)

El análisis de la componente V de la velocidad (Figura IV. 155) durante la temporada de lluvias en la condición base muestra que la circulación transversal es limitada en la mayor parte del sistema lagunar, y que solo cambia con el ingreso de agua perpendicular a la frontera continental, con valores cercanos a cero, lo que indican una dominancia del flujo longitudinal, producido por el efecto de ingreso de agua de mar y el agua de intercambio entre vasos. Sin embargo, en la zona de entrada asociada al arroyo zacate se observan variaciones significativas en la dirección del flujo, evidenciando la presencia de recirculaciones locales y procesos de mezcla, especialmente donde se construiría la primera plataforma de la Fase 1. Hacia el resto de los vasos la componente transversal se mantiene uniforme y de baja magnitud, lo que sugiere una limitada eficiencia en la dispersión lateral del flujo dentro del sistema.

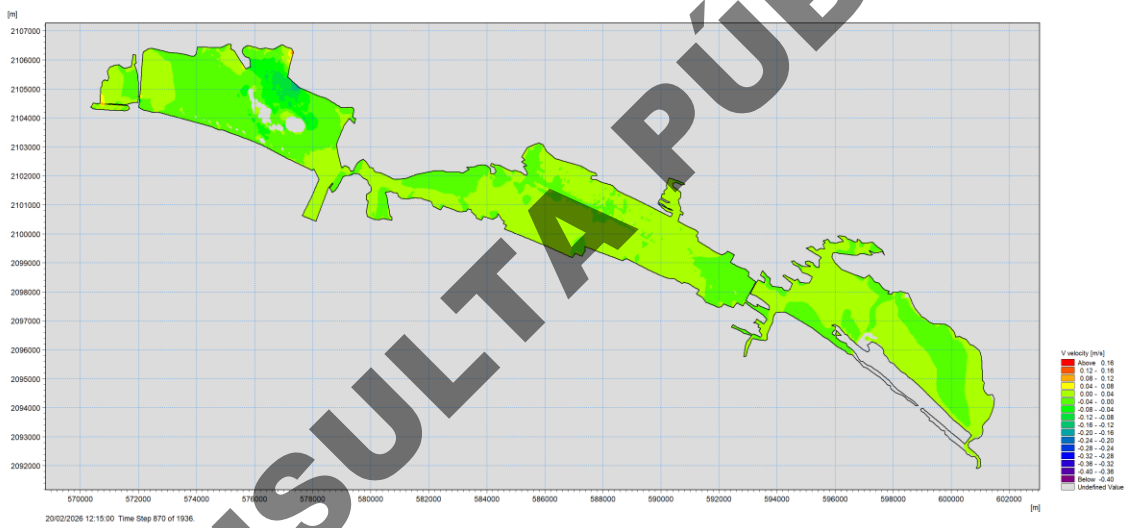


Figura IV. 155. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la fase sin proyecto.

En la Fase 1, la componente V de la velocidad muestra un incremento en su magnitud respecto a la condición base, en el norte de la plataforma (Figura IV. 156). En la zona de entrada del Arroyo Zacate, se observa una reducción de las recirculaciones locales y una organización más definida del flujo, lo que sugiere una disminución de la mezcla y una canalización de la corriente. Asimismo, la señal de la componente transversal se propaga con como en los casos anteriores, indicando poca variabilidad en la transmisión de energía hidrodinámica. En conjunto, estos resultados reflejan una reorganización del flujo en el Vaso II, caracterizada por una reducción direccional y una reducción de la dispersión local.

CONSULTA PÚBLICA

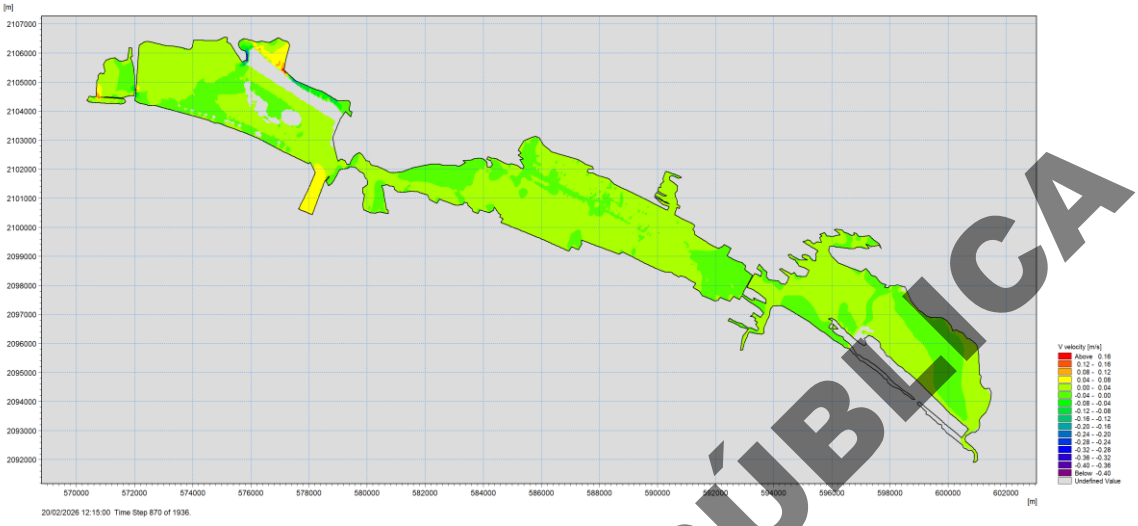


Figura IV. 156. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la Fase 1.

En la Fase 2, lo anterior se vuelve más evidente (Figura IV. 157), la componente V de la velocidad mantiene el patrón observado en la Fase 1, caracterizado por una mayor uniformidad en los vasos I, III y IV y una reorganización del flujo en el vaso II, comparación con la condición base. Se observa una reducción de las recirculaciones locales en la zona de salida del arroyo Zacate. Asimismo, la señal de velocidad se propaga con mayor consistencia hacia los vasos interiores.

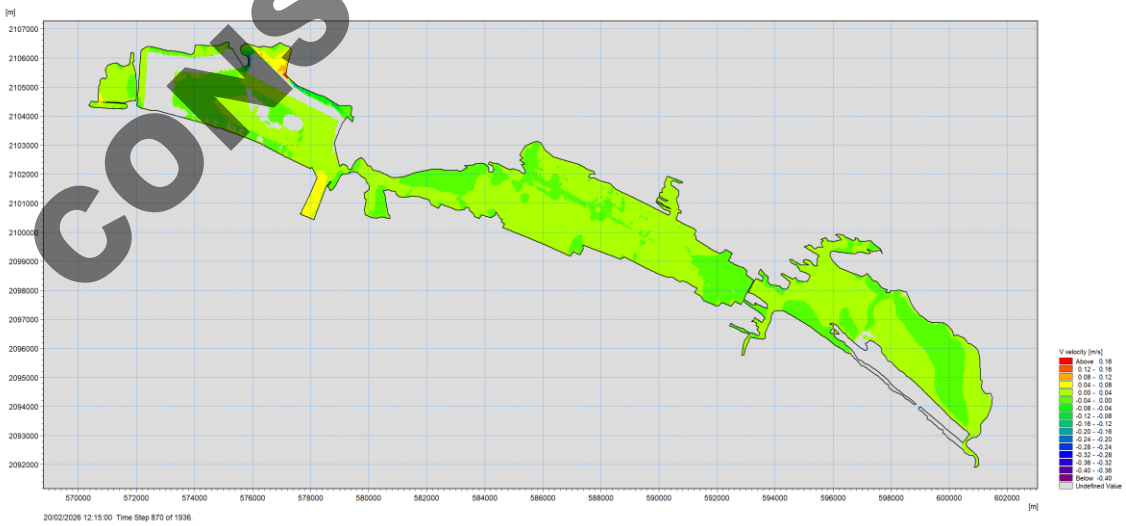


Figura IV. 157. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.3.3 Velocidad U (este - oeste)

El análisis de la componente U de la velocidad durante la temporada de lluvias (Figura IV. 158) en la condición base muestra un flujo longitudinal claramente dirigido por agua que ingresa por el mar. Este comportamiento indica que el escurrimiento superficial actúa como un importante forzamiento en el intercambio de agua, pero que la componente mareal sigue siendo el principal forzamiento hidrodinámico, generando un patrón de drenaje unidireccional que se propaga a lo largo de toda la laguna. A pesar de la atenuación de la señal en los vasos interiores, el flujo se mantiene continuo, lo que sugiere una adecuada conectividad hidráulica y una eficiente evacuación del agua a escala lagunar, cuando ingresa agua por escorrentía.

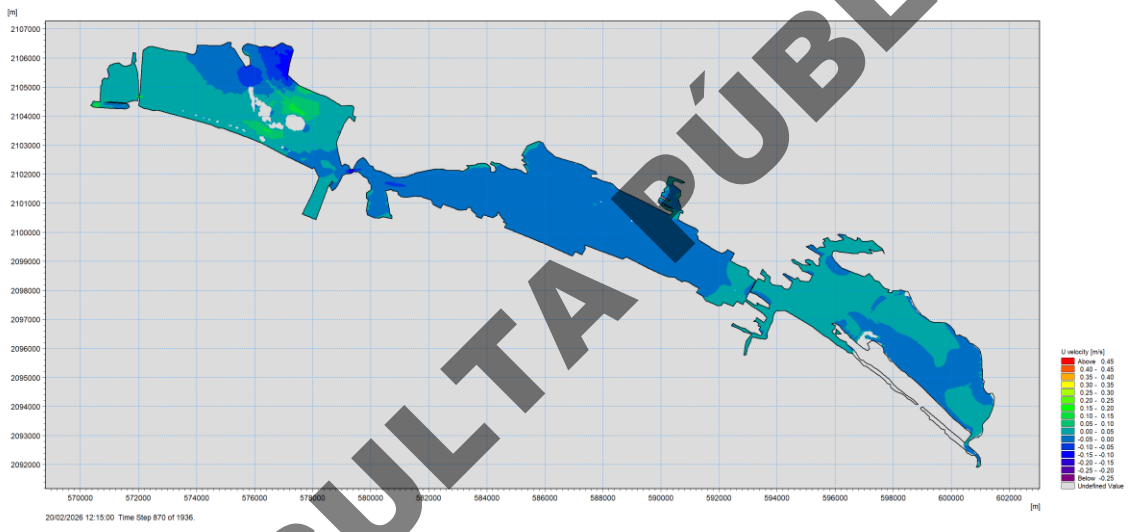


Figura IV. 158. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la fase sin proyecto.

En la Fase 1, la componente U de la velocidad muestra que el flujo longitudinal se mantiene dirigido hacia y proveniente del mar, conservando un patrón de drenaje continuo a lo largo del sistema lagunar. Las magnitudes de velocidad son comparables a las observadas en la condición base, lo que indica que no existe una reducción significativa en la capacidad de evacuación del escurrimiento para los vasos interiores. No así para el vaso II, donde el agua queda obstruida por la plataforma.

CONSULTA PÚBLICA

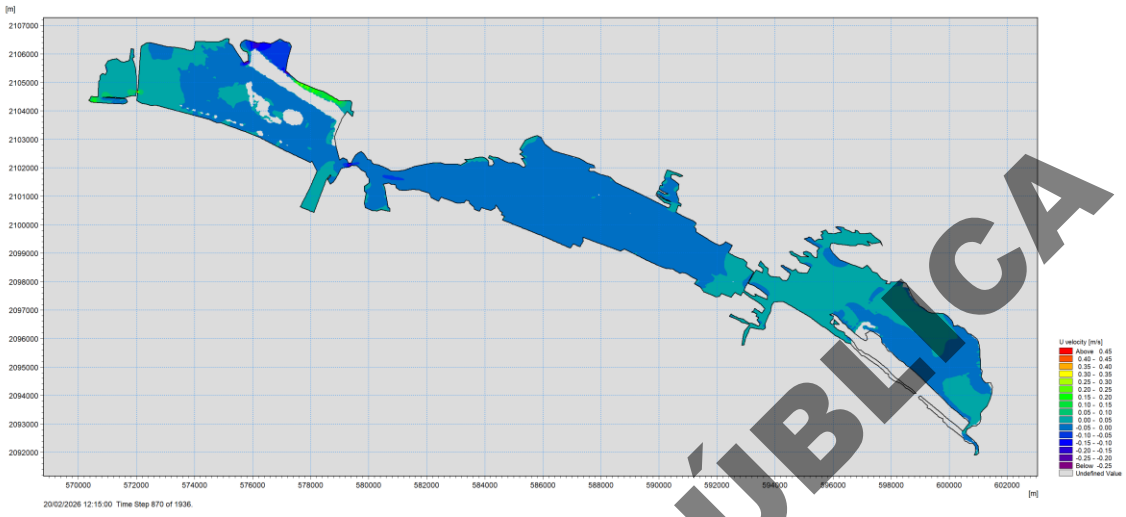


Figura IV. 159. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la Fase 1.

En la Fase 2 la velocidad confirma que el flujo longitudinal se mantiene dirigido hacia el mar (Figura IV. 160), conservando un patrón de drenaje continuo y eficiente en todo el sistema lagunar. Las magnitudes de velocidad son similares a las observadas en la Fase 1 en los Vasos III y IV, lo que indica que no existe una reducción en la capacidad de evacuación del escurrimiento. Sin embargo, los flujos longitudinales se interrumpen entre el Vaso I y II observándose una disminución en la intensidad del flujo en la zona de entrada, asociada a la disipación del forzamiento hidráulico, debido a los canales de navegación. La ausencia de diferencias relevantes entre las fases en los vasos interiores sugiere que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin efectos acumulativos derivados del desarrollo del proyecto, pero únicamente para los vasos interiores (III y IV).

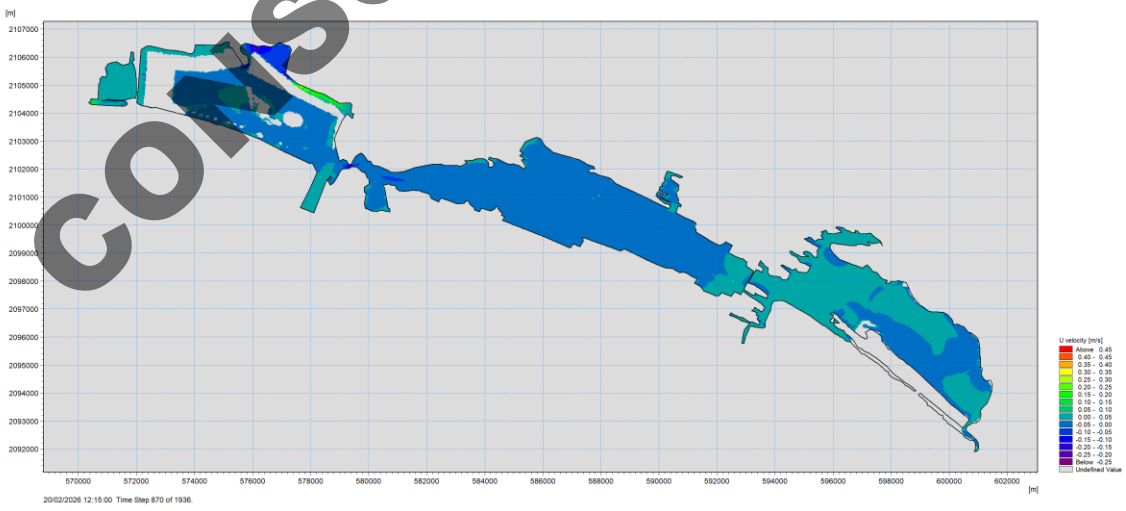


Figura IV. 160. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.8.3.4 Gasto

El análisis del flujo o gasto por unidad de métrica ($m^3/s/m$) en la condición base durante la temporada de lluvias (Figura IV. 161) muestra una distribución relativamente uniforme del transporte a lo largo del sistema lagunar, lo que indica una adecuada propagación del escurrimiento hacia el mar, principalmente en el Vaso II. En la zona de entrada se observan variaciones locales en la intensidad del flujo, asociadas a procesos de mezcla y redistribución, sin que se genere una canalización dominante, únicamente en la zona donde se descarga el arroyo Zacate. En los vasos interiores, el flujo mantiene una distribución consistente, lo que sugiere una buena conectividad hidráulica y una eficiente capacidad de evacuación del sistema bajo condiciones de escurrimiento.

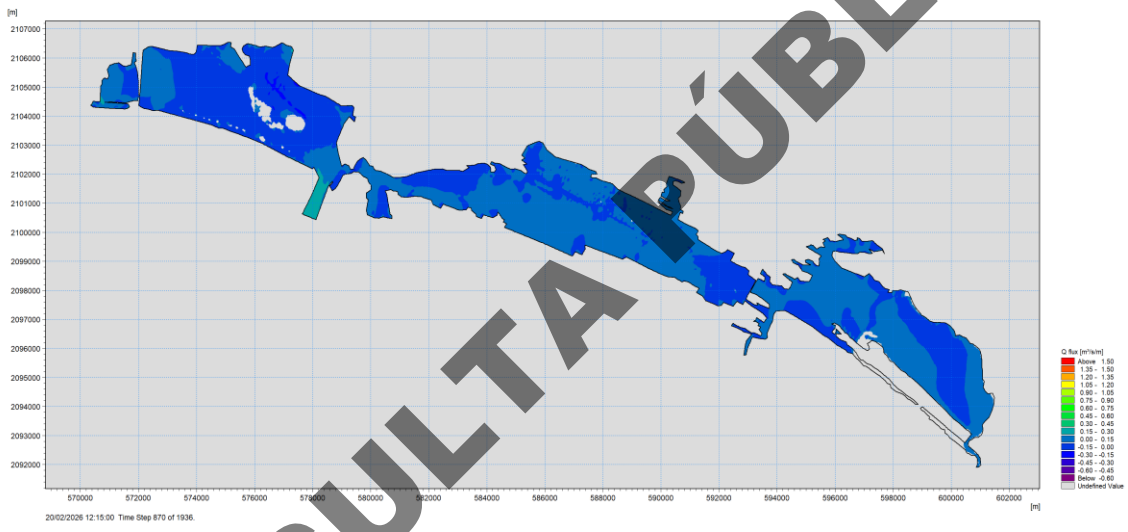


Figura IV. 161. Gasto en la fase sin proyecto en condiciones de escurrimiento.

En la Fase 1, el gasto evidencia una modificación significativa en la distribución del transporte dentro del sistema en el Vaso II, particularmente en la zona de entrada y en la zona de escurrimiento (Figura IV. 162). A diferencia de la condición base, donde el flujo se presenta de manera más uniforme, en este escenario se observa una clara canalización del escurrimiento, concentrándose en una trayectoria preferencial con valores elevados de flujo, debido a los canales de navegación. Este comportamiento indica una redistribución de la energía hidráulica, donde el transporte se intensifica localmente mientras disminuye en las zonas adyacentes. No obstante, el flujo continúa propagándose hacia los vasos interiores, lo que sugiere que el sistema mantiene su capacidad global de evacuación, aunque con una mayor heterogeneidad espacial en el Vaso II.

CONSULTA PÚBLICA

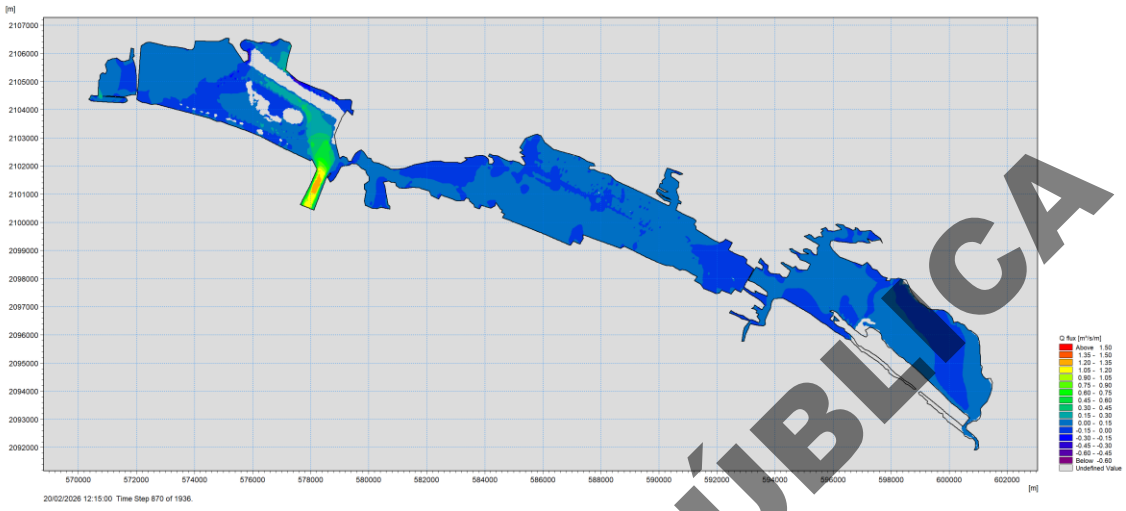


Figura IV. 162. Gasto en la Fase 1 del proyecto en condiciones de escurrimiento.

En la Fase 2, el gasto confirma la consolidación de un patrón de transporte modificado dentro del sistema, debido a las zonas de dragado, caracterizado por una canalización (Figura IV. 163). A diferencia de la condición base, donde el flujo se distribuye de manera más uniforme, en este escenario se observa una concentración del transporte en trayectorias preferenciales, con incrementos locales en la intensidad del flujo y una disminución en las zonas adyacentes. Este comportamiento refleja una redistribución de la energía hidráulica sin una reducción significativa del transporte global, ya que el flujo continúa propagándose hacia los vasos interiores. La similitud con los resultados de la Fase 1 indica que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin efectos acumulativos asociados a la evolución del proyecto, con excepción de la intercepción del flujo del Vaso II al Vaso I, que se estudiara a detalle más adelante.

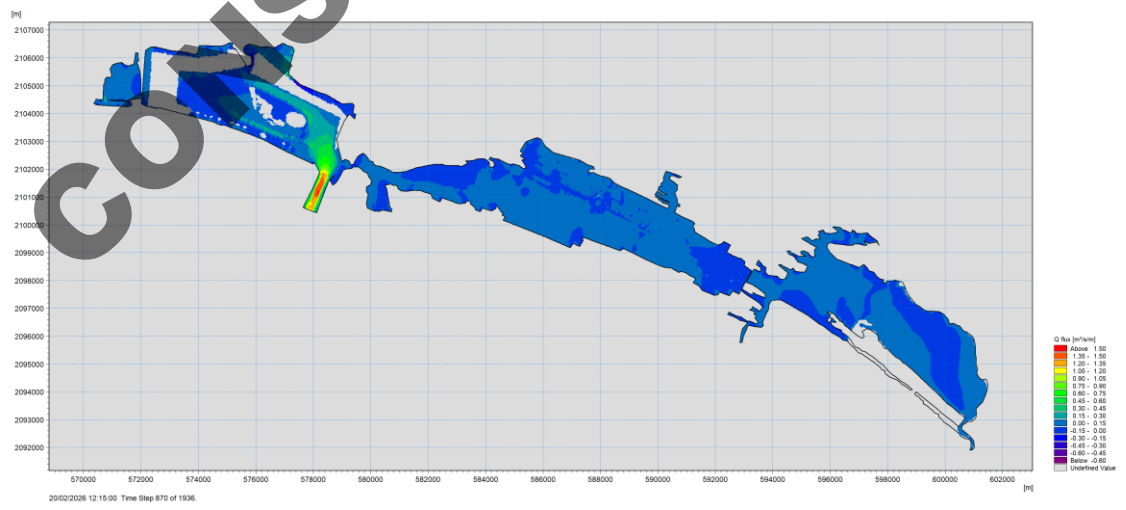


Figura IV. 163. Gasto en la Fase 2 del proyecto en condiciones de escurrimiento.

CONSULTA PÚBLICA

El análisis integral de los escenarios evaluados hasta este momento indica que las modificaciones inducidas por el proyecto se limitan a cambios locales en el Vaso II, sin evidencia de propagación hacia los vasos interiores.

IV.3.8.9 Tiempos de residencia

El Tiempo de Residencia es un parámetro fundamental en el análisis hidrodinámico, ya que representa el tiempo promedio que una masa de agua permanece dentro del sistema antes de ser renovada o intercambiada con el medio exterior. Este valor o tiempo integra los efectos de los distintos forzamientos hidrodinámicos, como la marea, el viento y los aportes continentales (escurrimientos), así como las características geomorfológicas del sistema, incluyendo las características del lecho, la conectividad entre cuerpos de agua y su capacidad de almacenamiento.

En sistemas costeros poco profundos, como el de la laguna Cuyutlán, en términos de la eficiencia del intercambio hidráulico, el tiempo de residencia está asociado con una alta renovación de agua en áreas donde hay una fuerte fuerza de marea y buena conexión con el mar. De manera contraria, tiempos de residencia altos reflejan un estado hidrodinámico de baja energía donde no se produce intercambio y a menudo predomina un proceso de almacenamiento o alta evaporación.

El rango en el tiempo de residencia permite identificar gradientes de renovación en el sistema, así como puntos críticos (los lugares donde la circulación se reduce; estos suelen estar asociados con sitios interiores o geomorfológicamente restringidos donde se pierde energía de flujo y se disipa el efecto de forzamiento externo). Estas zonas pueden llevar a un aumento en la acumulación de sustancias; por lo tanto, la calidad del agua se ve afectada.

Por otro lado, el tiempo de residencia es un indicador importante de la susceptibilidad del sistema a la eutrofización, hipoxia y acumulación de contaminantes: cuanto más alto sea, los nutrientes y la materia orgánica podrán diluirse muy rápidamente y peor será para los procesos ecológicos involucrados en el sistema.

IV.3.8.9.1 Época de estiaje

Con base en la metodología presentada en la sección correspondiente, se obtuvo el mapa de arribo de agua de mar a el interior de la Laguna Cuyutlán, para cada uno de los vasos. A continuación, se describen los resultados.

IV.3.8.9.1.1 Condiciones sin Proyecto

En la Figura IV. 164 se muestra el tiempo de arribo a cada uno de los vasos de agua de mar en temporada de secas (con la componente de agua de mar dominante, sin lámina de agua de lluvia y sin escurrimientos). En la zona de canales, en especial en el Canal Tepalcates y Ventanas, cada 0.3 días ocurre un nuevo arribo de agua proveniente del mar, lo que es consistente con la acción de los dos ciclos de marea que se tienen registrados. Al interior del Vaso I, el arribo es menor a un día y su influencia se transmite por el canal que conecta al vaso I y II. Al interior del Vaso II y la zona norte, el arribo sucede 1 y 3 días después de que el agua ingresa por el

CONSULTA PÚBLICA

canal Tepalcates. Para el Vaso III, en la zona de conexión el arribo sucede en menos de un día y este disminuye su tránsito hacia el centro del vaso, variando la velocidad de arribo desde los 3 hasta los 33 días al fondo del Vaso. Para el vaso IV, los arribos se ven disminuidos gracias a la interacción con el estero palo verde, pero dadas sus características, y variabilidad va desde los 30 días hasta un día en la zona de desemboque del estero palo verde.

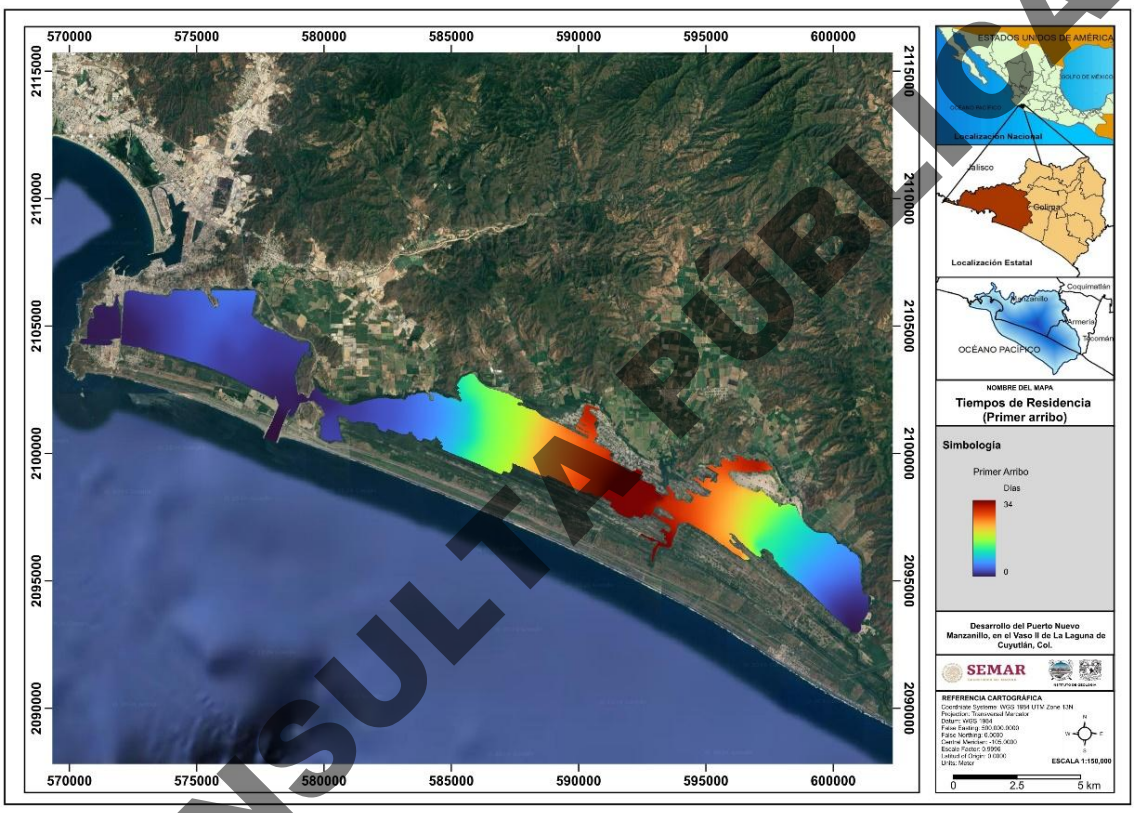


Figura IV. 164. Tiempo del primer arribo de agua de mar a cada uno de los 4 vasos sin proyecto.

Para el inicio del proceso de mezcla, Figura IV. 165, el agua de mar tenga influencia en las variaciones de concentración) solo se requieren 0.3 días en el canal Tepalcates y en la zona de ingreso del Vaso II, al igual que en el Canal Ventanas. Al interior del Vaso II y al fondo del Vaso I se requieren entre 4 a 5 días. Para el Vaso III, los tiempos requeridos para tener influencia del agua de mar en los valores de concentración son de 3 días para la zona cercana a la zona de intercambio con el Vaso II y de 86 días para las zonas con menor movilidad del Vaso III. Para el vaso IV la variabilidad se encuentra entre los 80 días cerca de la compuerta con el vaso III y de 3 días en la zona del estero Palo Verde.

CONSULTA PÚBLICA

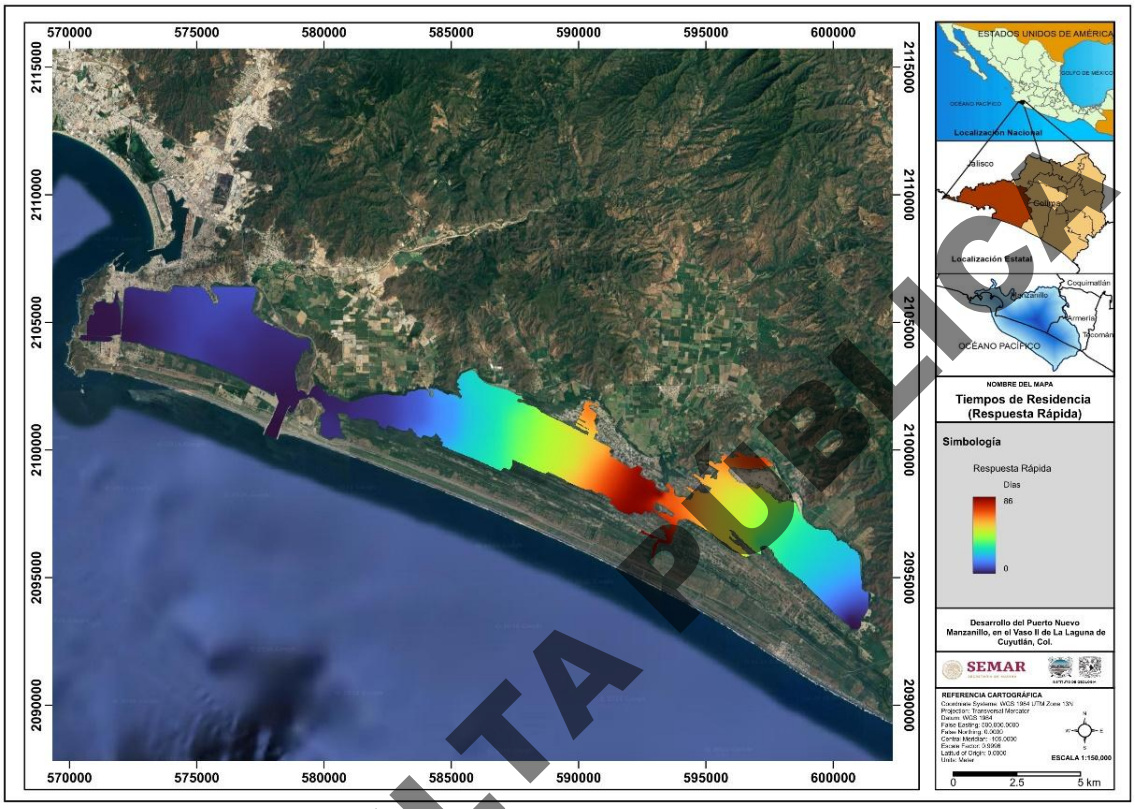


Figura IV. 165. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso sin proyecto.

Para el intercambio total de agua (Figura IV. 166), en los canales, el intercambio total es menor a 0.3 días, consistente con los gastos observados durante la modelación hidrodinámica. Para el Vaso I, el intercambio total varía de acuerdo, a la lejanía de las bocatomas, tardando entre los 2 y 4 días. Dos días para la zona del canal donde se encuentra la planta de CFE y 4 para el área reguladora. Para el Vaso II, los valores varían entre un día, cerca del canal Tepalcates, hasta los 20 días en la parte más interior y norte del vaso. Para el vaso III los tiempos de intercambio total son más lentos, entre los 15 días cerca de la zona de intercambio del vaso II, y hasta los 100 días en la zona más interna. En algunos sitios del vaso, la función exponencial es mayor que 100 días, sin embargo, este valor cambia con la entrada de la temporada de lluvias, la cual se estudiara en la siguiente sección. El intercambio en el vaso IV también sobrepasa los 100 en zonas aisladas días debido a la lejanía con el canal Tepalcates y el bajo gasto del estero Palo Verde.

CONSULTA PÚBLICA

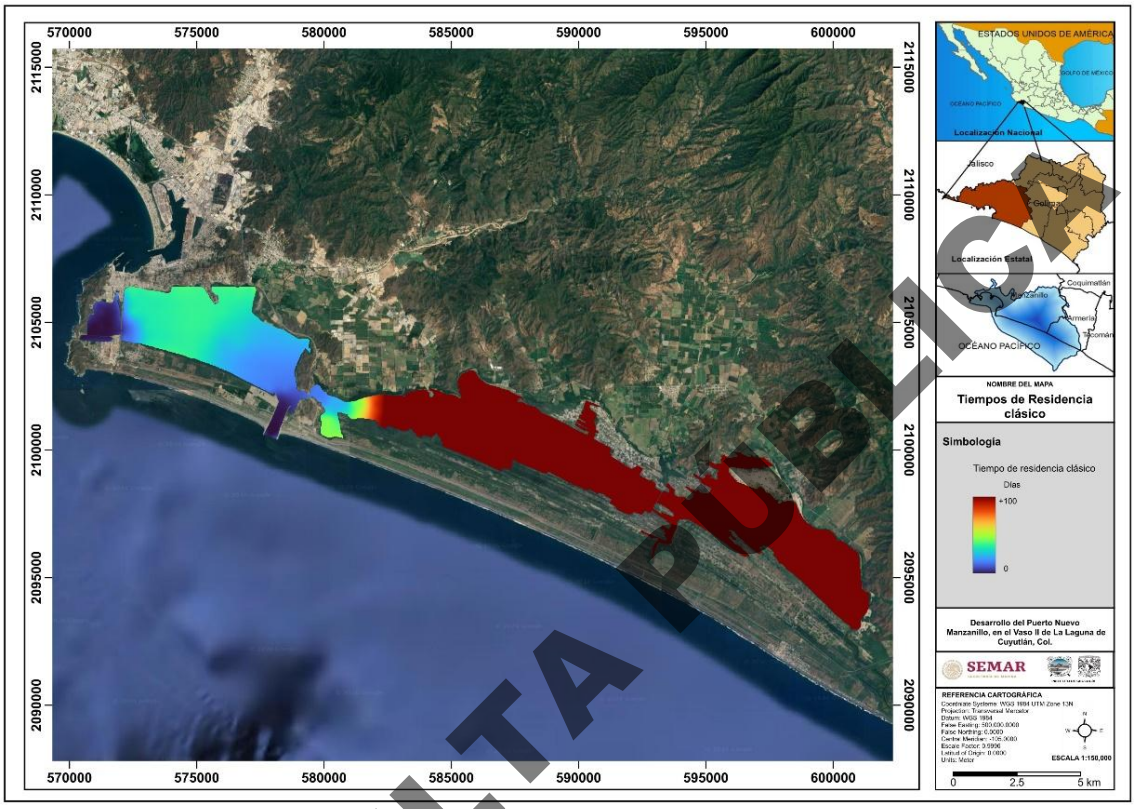


Figura IV. 166. Tiempo para la renovación completa de agua sin proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.9.1.2 Con Proyecto Fase 1

La primera etapa del proyecto se caracteriza por la ocupación de la sección noreste del Vaso II. La construcción de la plataforma aísla una sección longitudinal del fondo del vaso, incrementando el tiempo del primer arribo de agua de mar hasta en 25 días, debido a que, para que el agua de intercambio llegue a ese punto, el agua debe rodear toda la plataforma. Esta zona es la principal zona de afectada por la construcción de la fase 1 del proyecto. Para el Vaso III y IV, los tiempos del primer arribo incrementan entre 1 y 1.5 días, debido a que el cambio de almacenamiento de agua dentro del vaso II, no afecta en gran medida el volumen de descarga hacia el Vaso III y en subsecuencia hacia el vaso IV.

En la zona de canales, los tiempos se mantienen iguales, con un ligero incremento en los arribos del Vaso I desde el Vaso II debido a que el agua fluye con menor interferencia desde el Canal Tepalcates hacia el Vaso I

I

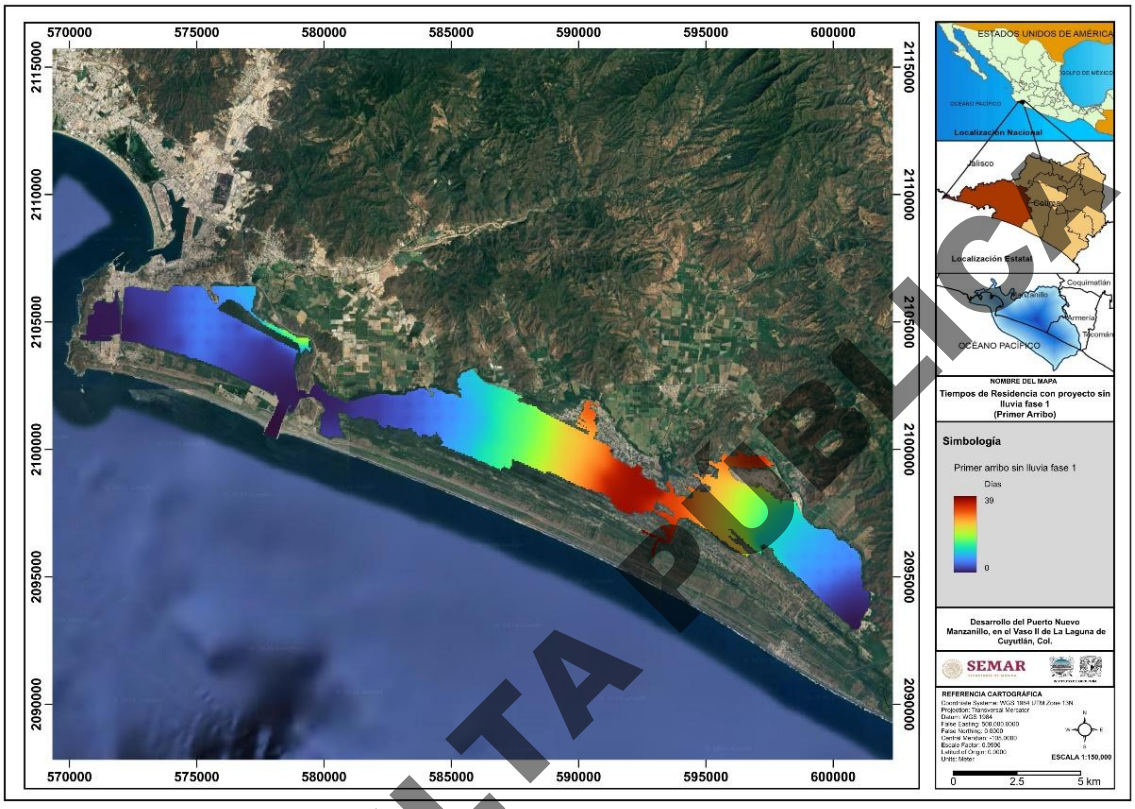


Figura IV. 167. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 1 del proyecto.

Para la etapa de mezcla, los tiempos de residencia se mantienen entre los 21 y 29 días por detrás de la plataforma de la Fase 1. Al interior del Vaso II los tiempos se mantienen entre los 4 y 5 días, si afectar los tiempos hacia el Vaso I.

Para el Vaso III y IV los y los tiempos se incrementan hacia la zona salinera entre 1 y 2.5 días.

CONSULTA PÚBLICA

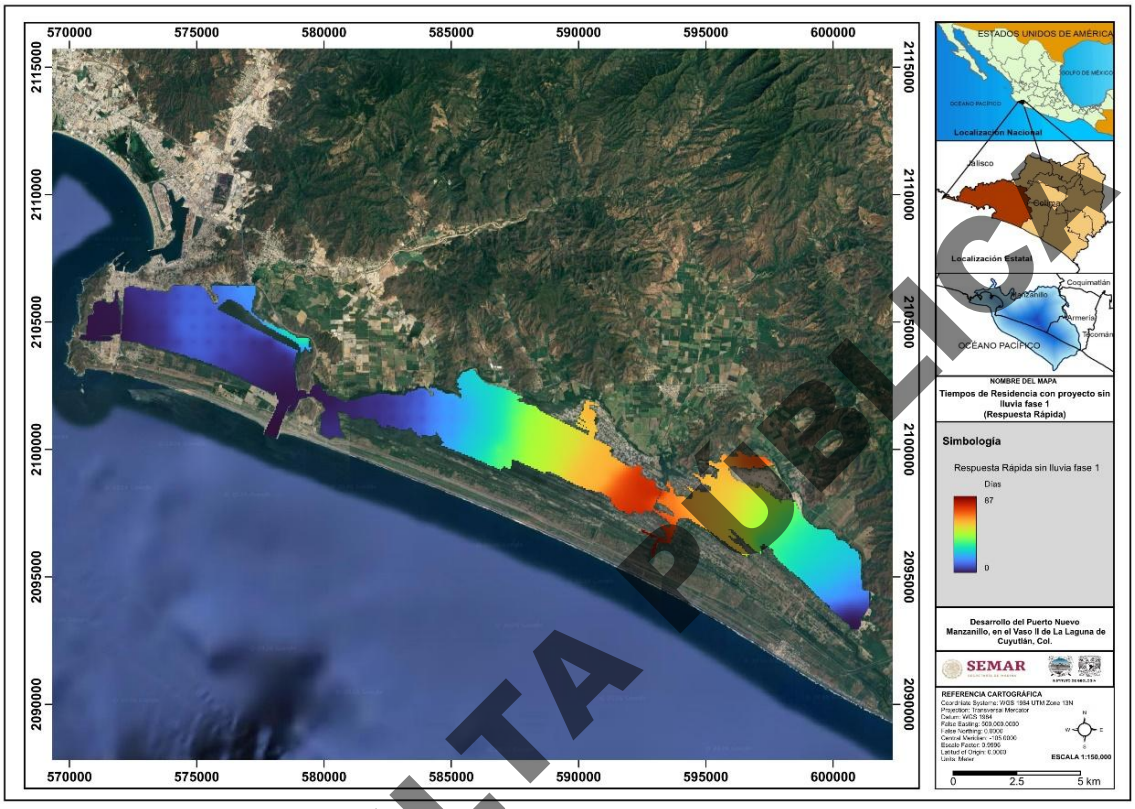


Figura IV. 168. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 1.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.9.1.3 Con Proyecto Fase 2

La segunda etapa del proyecto se caracteriza por la ocupación de toda la zona Oeste del Vaso II por una plataforma en forma de "L" invertida. Debido a ello, se interrumpe considerablemente los flujos del Vaso II al Vaso I, lo que ocasiona que los flujos dentro del Vaso I dependan mayormente del gasto que ingresa por el canal Ventanas, modificando sus tiempos de residencia entre 0.5 y 1 día. Debido al cambio de almacenamiento, en el vaso II, los tiempos de residencia dentro del cuerpo del Vaso los tiempos disminuyen entre 0.3 y 0.9 días. Por detrás de la plataforma de la Fase 1 los tiempos de arribo se mantienen entre los 1.5 y 2 días

Para el Vaso III los tiempos de arribo se mantienen entre un día y 33 días al fondo de este. Para el Vaso IV los tiempos de arribo se ven poco influenciados y se mantienen entre los 30 y 34 días para el ingreso de agua de mar y entre los 0.5 y 5 días para la zona de mezcla del estero Palo verde.

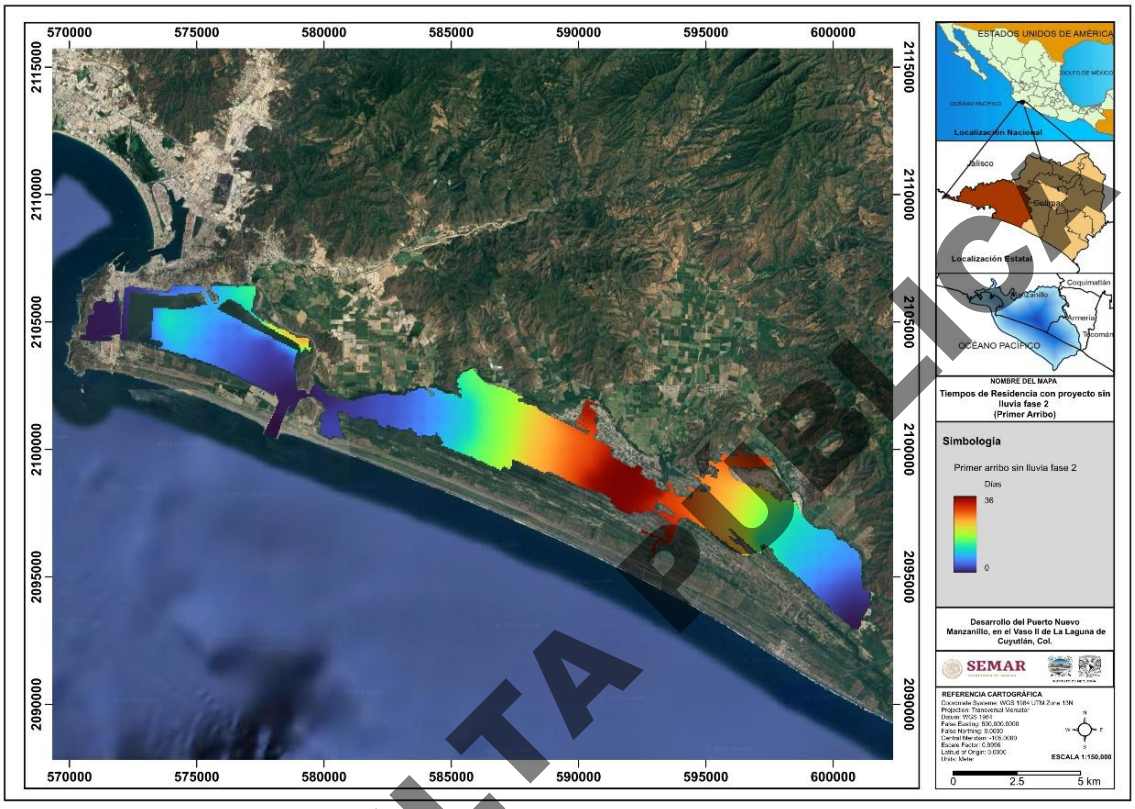


Figura IV. 169. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 2 del proyecto.

Para el inicio de los procesos de mezcla los tiempos de residencia se mantienen entre los 21 y 29 dias por detrás de la plataforma de la Fase 1. Al interior del Vaso II los tiempos aumentan entre 14 y 15 dias, debido al efecto de cierra hacia el Vaso I. A su vez en el Vaso I disminuyen en el orden de 0.5 días debido a que el agua del Vaso I se hace dependiente del agua que entra por el canal Ventanas y el gasto de la planta termoeléctrica.

Para el Vaso III y IV los y los tiempos disminuyen el orden de 4 a 5 dias debido a que el gasto al interior del Vaso III se ve favorecido por la pérdida de almacenamiento en el Vaso II.

CONSULTA PÚBLICA

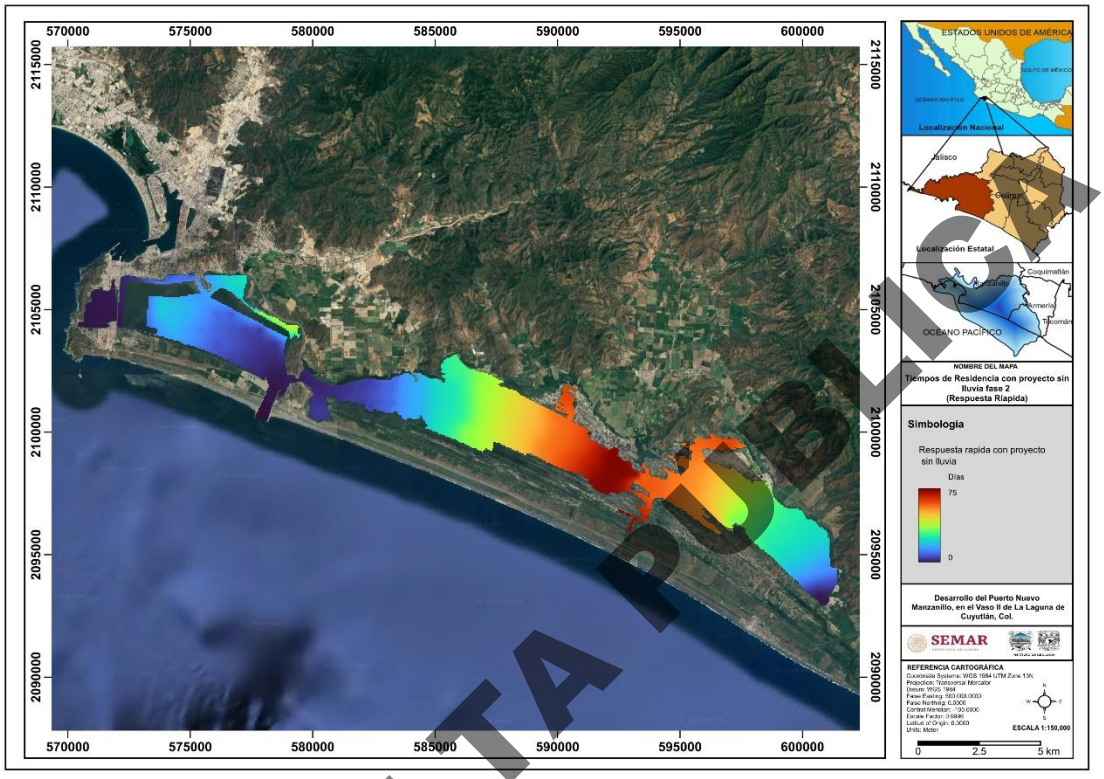


Figura IV. 170. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 2.

IV.3.8.9.2 Época de lluvias

Durante la temporada de lluvias, la hidrodinámica de los sistemas costeros se ve afectada por los aportes continentales del escurrimiento superficial. Esta fuerza adicional introduce importantes cantidades de agua dulce al sistema y cambia los patrones de circulación, los gradientes hidráulicos y, por lo tanto, los tiempos de residencia del agua.

El tiempo de residencia está directamente influenciado por el tamaño y la distribución de estos aportes. En condiciones de lluvia, el aumento del volumen de entrada puede ser favorable para la renovación del agua, particularmente en áreas cercanas a descargas continentales, donde el flujo tiende a intensificarse y dirigirse hacia la salida.

Pero este comportamiento no puede ser consistente en todo el sistema. El escurrimiento, la geometría de la laguna y la fuerza de las mareas redistribuyen el flujo para dar a cada área una eficiencia hidráulica diferente. De hecho, mientras que algunas áreas tienen un tiempo de residencia reducido debido al transporte, otras pueden ver aumentos debido a la disminución del flujo lateral o a los canales de la corriente en rutas preferenciales.

CONSULTA PÚBLICA

En este sentido, el análisis de los tiempos de residencia en la temporada de lluvias nos permite entender no solo la capacidad global de renovación del sistema, sino también los diferentes patrones espaciales que reflejan cambios en la conectividad hidráulica. Este análisis es necesario para entender cómo reacciona el sistema a diferentes condiciones hidrológicas y, en particular, para identificar áreas en las que los procesos de acumulación o baja renovación son posibles incluso con una mayor entrada de agua.

IV.3.8.9.2.1 Condiciones sin proyecto

Las variaciones en los tiempos de residencia durante la época de lluvias dependen de dos factores principales, las variaciones de marea en cada uno de los canales donde ingresa el agua de mar, y por el ingreso de agua dulce por la lámina de precipitación y los escurrimientos continentales siendo estos últimos más relevantes debido por el gasto y la velocidad de ingreso hacia el sistema.

Tomando únicamente los valores de marea (obtenidos entre octubre y noviembre de 2025) los tiempos de primer arribo no varían en gran magnitud, debido a que el sistema hidrodinámico se mantiene estable (no hay cambios batimétricos considerables y el forzamiento de marea sólo varia en el orden de pocos centímetros). Para la zona de canales, en especial en el Canal Tepalcates y ventanas, el arribo de agua de mar coincide con el periodo de marea, entre los 0.25 y 0.3 días como en temporada de secas. Al interior del Vaso I, el arribo es menor a un día como se observó anteriormente. Al interior del Vaso II los tiempos de arribo se mantienen. Para el Vaso III, en la zona de conexión el arribo sucede en menos de un día, pero los tiempos de arribo son más rápidos al fondo del vaso pasando de 33-34 días aproximadamente a 30-33 días, al igual que para el vaso IV en la zona de intercambio.

CONSULTA PÚBLICA

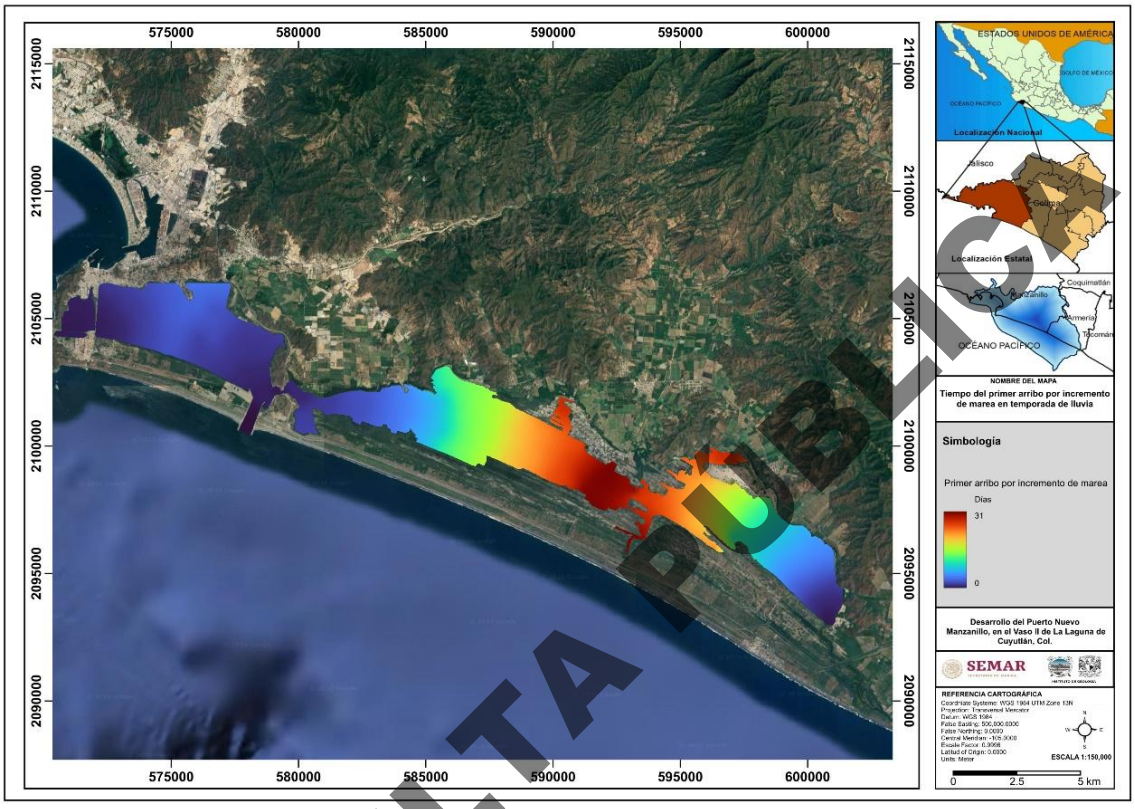


Figura IV. 171. Tiempo del primer arribo por incremento de marea en temporada de lluvia.

Para el inicio del proceso de mezcla, se observan pocas diferencias en el vaso I y II, donde se observan los mismos tiempos de entre 0.5 y 1 días para el Vaso I y de 0.5 días para el canal Tepalcates y entre 4 y 6 días para el interior del Vaso II. Las variaciones se observan al fonde del Vaso III y en el Vaso IV, pasando de los 84 - 80 días a 80 -77 días.

CONSULTA PÚBLICA

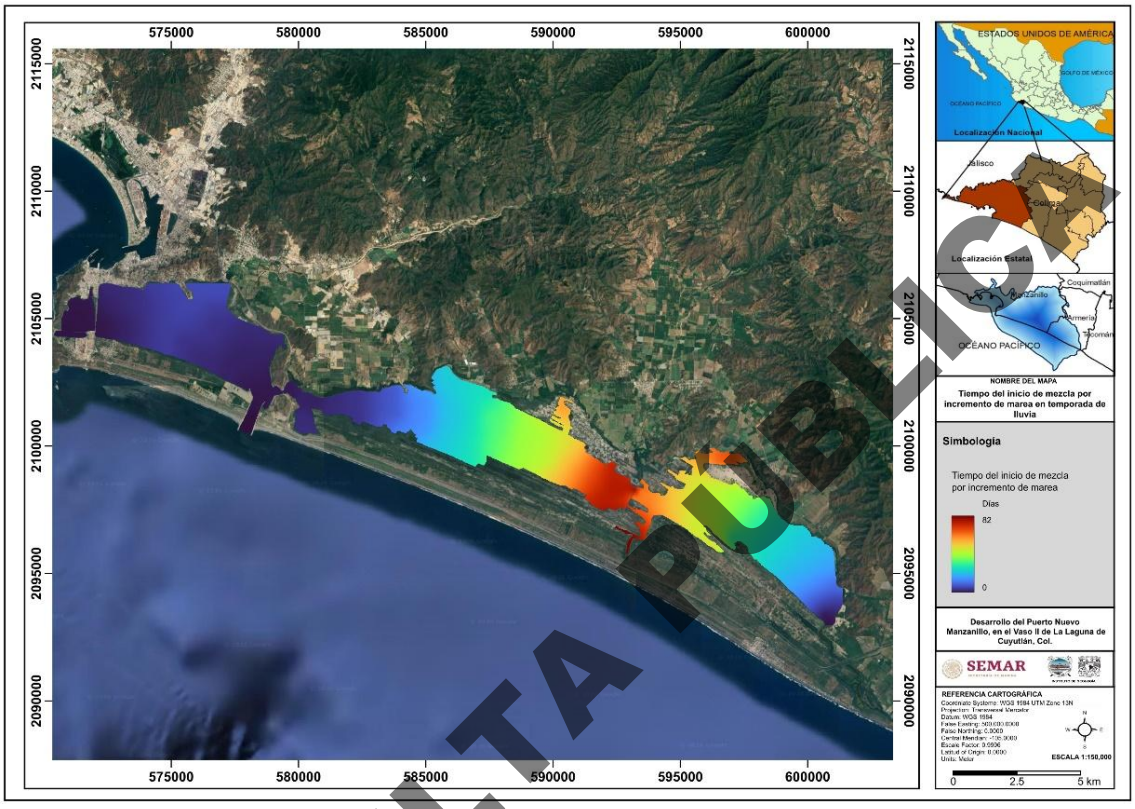


Figura IV. 172. Tiempo del inicio de mezcla por incremento de marea en temporada de lluvia.

Para una mejor interpretación de las afectaciones del proyecto a los tiempos de residencia en temporada de lluvias, se incluyeron a las condiciones de los escurrimientos de las dos principales cuencas hidrológicas. La del Arroyo Zacate dividida en dos entradas (Vaso II y Vaso III) y la del Arroyo Venustiano Caranza, se introdujeron escurrimientos con una duración de 3 horas con gastos de 300 m^3/s, distribuidos en Vaso II y III y en la zona salinera de 15 m^3/s con la misma duración.

IV.3.8.9.2.2 Proyecto Fase 1

Para la fase 1 del proyecto, los tiempos de residencia en el Vaso I se mantienen iguales que en condiciones sin proyecto, debido a la influencia del canal Ventanas y por qué la plataforma que corresponde a la Fase 1 no interrumpe los flujos del Vaso II al I y viceversa.

Debido a la descarga del el Arroyo Zacate, los tiempos de intercambio disminuyen al norte del Vaso II inmediatamente después de la descarga, para después estabilizarse entre los 2 y 5 días.

Los vasos con más cambios debido a los eventos de escurrimiento son los vasos III y IV. El Vaso III modifica sus tiempos de residencia debido a las descargas provenientes de la cuenca de El Colomo y Venustiano

CONSULTA PÚBLICA

Carranza. Hacia el centro los tiempos disminuyen entre 1 y 3 días, que es el tiempo en el agua dulce se disipa en el cuerpo del vaso. En el fondo del vaso cambia sus tiempos de arribo de los 30 días a los 9 dias gracias a las descargas del arroyo Venustiano Carranza, esta influencia se extiende hacia el vaso IV. Aunque debido a la magnitud de los gastos, continúan aisladas algunas zonas del vaso IV.

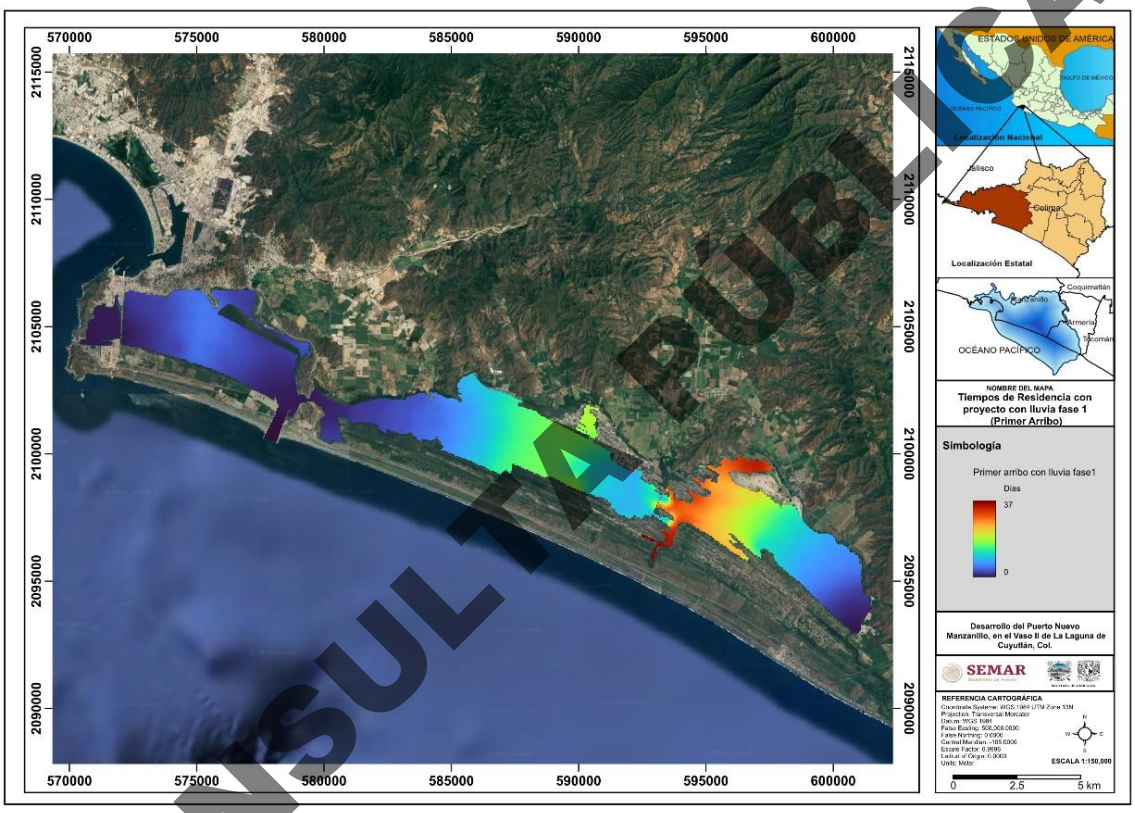


Figura IV. 173. Tiempo para el primer arribo. Fase 1

Para los cambios en los valores de concentración, el Vaso I y II se mantienen sin modificaciones ya que el canal Tepalcates y Ventanas son predominantes una vez que terminan los eventos de precipitación y descarga superficial.

Para el fondo del Vaso III, el agua dulce queda aislada cerca de la zona salinera, donde su influencia perdura entre 5 y 10 dias en los valores de concentración, para posteriormente, diluirse hacia el Vaso IV y sin tener influencia en las zonas aisladas donde los tiempos de arribo son mayores.

CONSULTA PÚBLICA

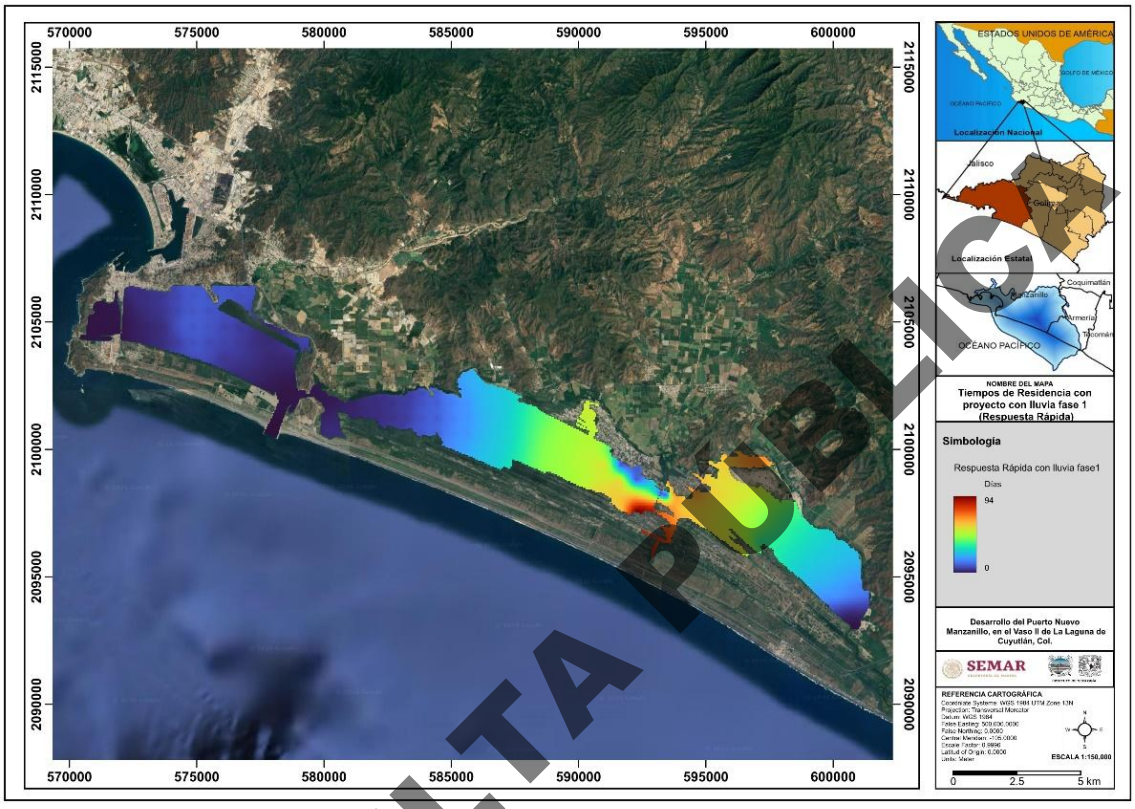


Figura IV. 174. Tiempo del inicio de mezcla Fase 1.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.9.2.3 Proyecto Fase 2

Para la Fase 2, los tiempos en el Vaso I son iguales a los de temporada de secas en Fase 2, ya qie los tiempos se modifican debido a el aislamiento que produce la plataforma. Los tiempos de arribo en el vaso I son cortos entre 1 y 0.5 dias ya que se pierde la influencia del Vaso II. Delante de la plataforma, los tiempos de residencia también aumentan considerablemente, entre 5 a 6 días más, comparados los tiempos con el proyecto en Fase 1 debido a la poca circulación, al igual que la zona por detrás de las plataformas. Hacia el Vaso III y el Vaso IV los valores se mantienen con pocas variaciones.

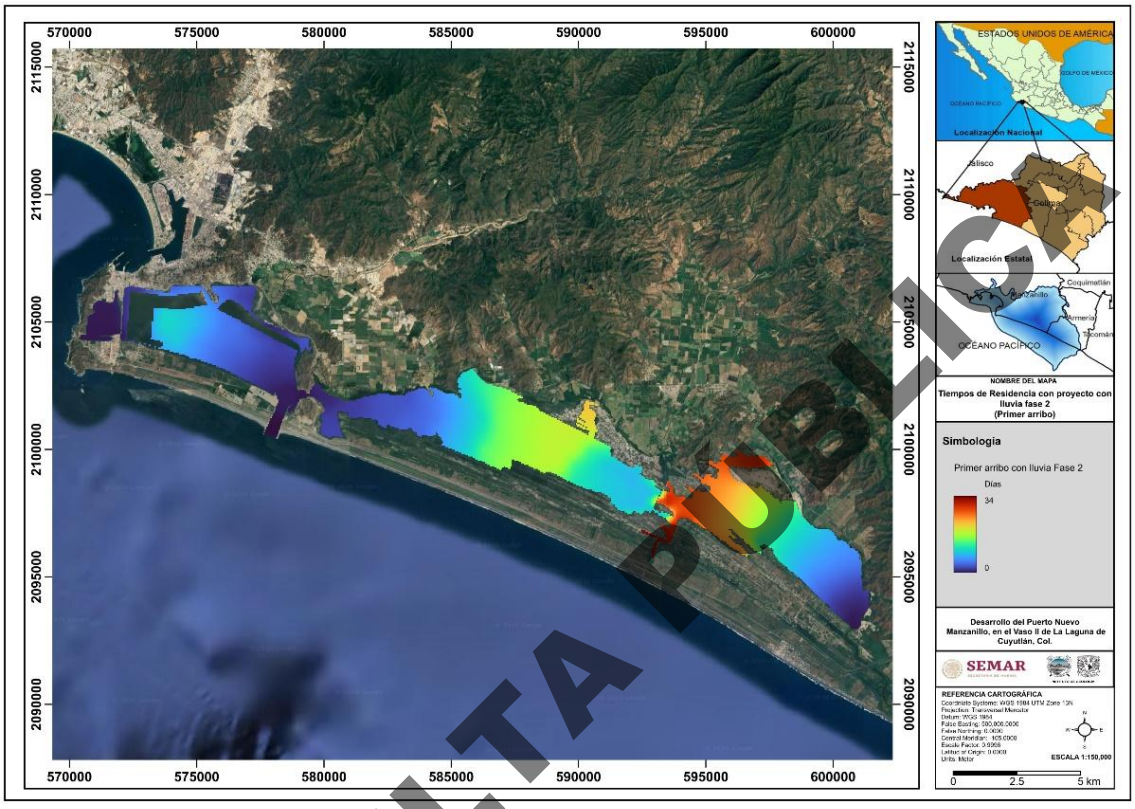


Figura IV. 175. Tiempo para el primer arribo con escurrimientos para la Fase 2.

Para la modificación de concentración, el Vaso I y II se mantienen sin cambios ya que la plataforma de la fase 2, aísla el paso del agua entre ambos vasos. El canal Tepalcates se vuelve predominante una vez que terminan los eventos de precipitación y descarga superficial y el Canal Ventanas domina completamente la hidrodinámica del Vaso I

Al igual que la Fase 1, en el fondo del Vaso III, el agua dulce queda aislada cerca de la zona salinera, donde su influencia perdura entre 5 y 10 dias en los valores de concentración, para posteriormente, diluirse hacia el Vaso IV y sin tener influencia en las zonas aisladas donde los tiempos de arribo son mayores.

CONSULTA PÚBLICA

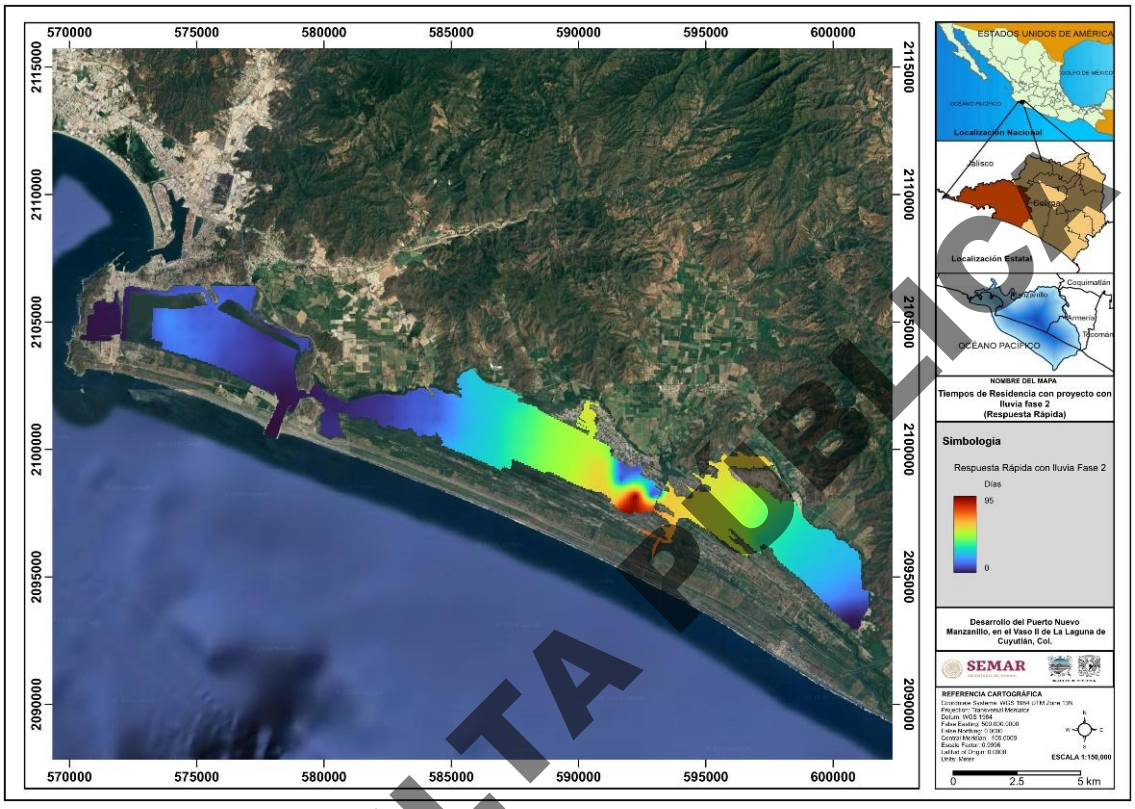


Figura IV. 176. Tiempo para el inicio de mezcla con escurrimientos para la Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

Con base a los TR calculados se construyó una capa para identificar los cambios en los TR para cada una de las etapas. En la Figura IV. 177 y Figura IV. 178 se muestra un mapa tipo semáforo. En Rojo las zonas que modifican sus tiempos de residencia a tiempos mayores, en amarillo zonas que permanecen sin cambio y en verde zonas con menor tiempo. En particular, para la fase 1, los tiempos de residencia que se incrementan se localizar por detrás de la plataforma de la fase 1. Para la fase 2, los tiempos de residencia incrementan por detrás de ambas plataformas y al frente de la plataforma 2. Estos aumentos, como se describió anteriormente varían entre los 2 y 5 días. Para el Vaso III y IV los TR mejoran marginalmente, debido al aumento en la velocidad y gasto en el canal Tepalcates, aunque el incremento es de a 1 a 2% respectivamente.

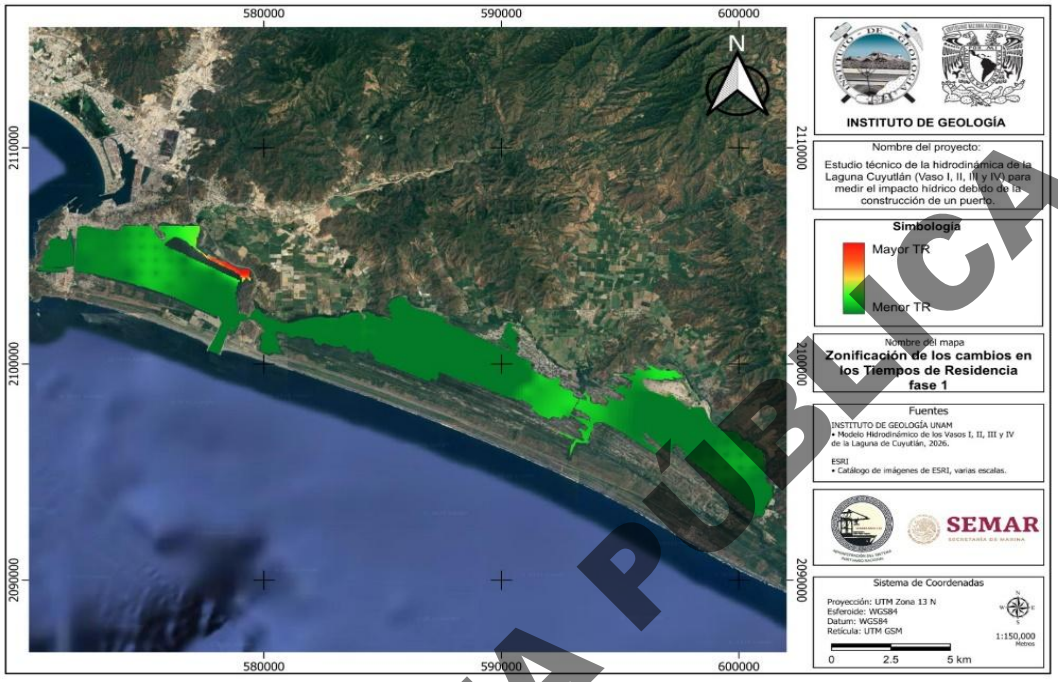


Figura IV. 177. Cambios en los TR con Fase 1 del proyecto.

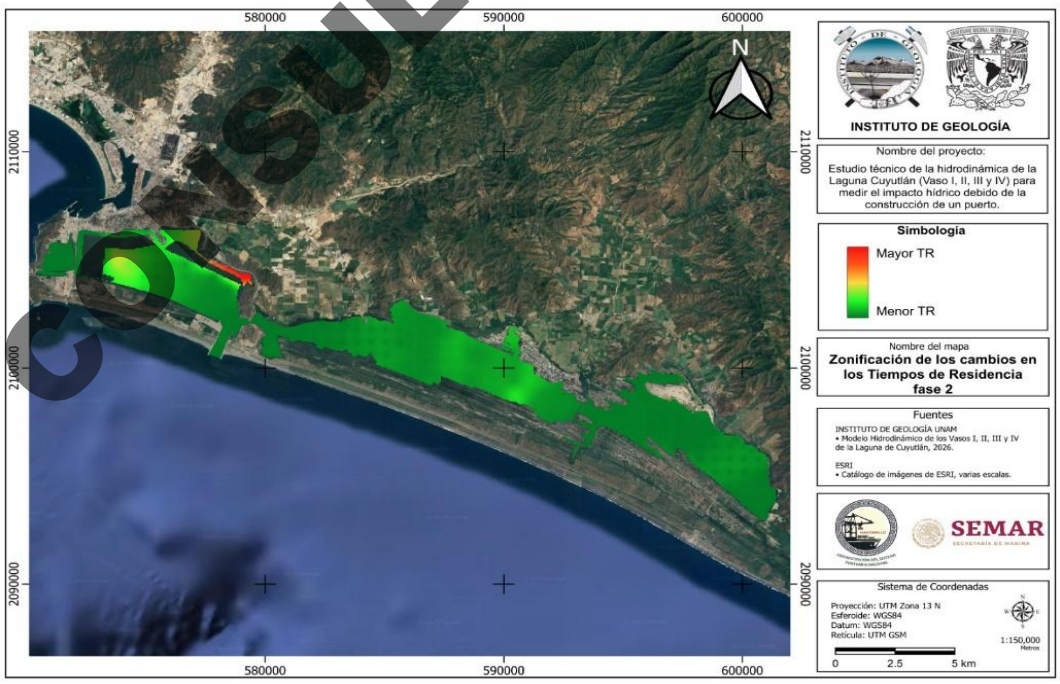


Figura IV. 178. Cambios en los TR con Fase 2 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.10 Comparación entre escenarios

IV.3.8.10.1 Cambio Climático

El cambio climático es uno de los mayores problemas globales del siglo XXI y tiene importantes implicaciones para la naturaleza y los seres humanos. Según el Informe de Síntesis del Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2023), hay evidencia inequívoca de que las actividades humanas, principalmente a través de la emisión de gases de efecto invernadero, han llevado a un calentamiento continuo del sistema climático. La temperatura media de la superficie global ha alcanzado alrededor de 1.1°C por encima de los niveles preindustriales en tiempos recientes (Figura IV. 179), y ha aumentado a un ritmo sin precedentes en al menos los últimos dos milenios.

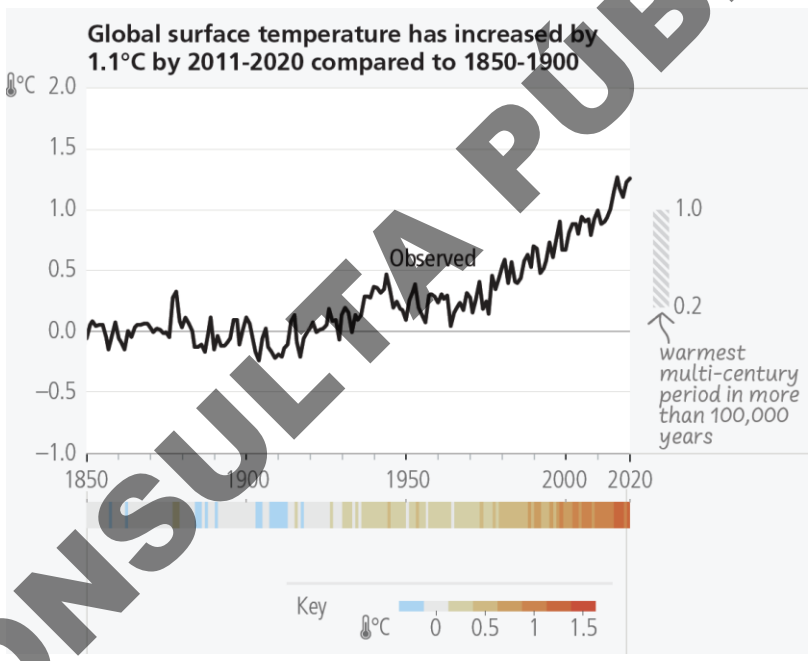


Figura IV. 179. Aumento de la temperatura global durante el último siglo (IPCC, 2023)

Este calentamiento ha resultado en cambios dramáticos en la atmósfera, los océanos, la criosfera (conjunto de componentes de la Tierra donde el agua se encuentra en estado sólido) y los ecosistemas terrestres (por ejemplo, olas de calor, lluvias intensas, sequías, ciclones tropicales). Además, ha habido un aumento sostenido en el nivel medio del mar a medida que el océano se expande y los glaciares y las capas de hielo se derriten, y esta tendencia se ha intensificado en las últimas décadas.

En las áreas costeras, estos cambios son particularmente importantes ya que los sistemas son muy sensibles a los cambios en el nivel del mar, la energía de las olas, el viento y los aportes continentales. Los sistemas de lagunas costeras, como cuerpos de agua poco profundos con diferentes conexiones al océano, responden a

CONSULTA PÚBLICA

estos aportes de diversas maneras (por ejemplo, patrones de circulación, tiempos de residencia y procesos de intercambio hidráulico) y, por lo tanto, son sensibles a ellos, en el océano y el entorno oceánico. El aumento del nivel del mar conduce a la intrusión marina, y el aumento de eventos extremos lleva a una mayor variabilidad hidrodinámica y niveles de energía más altos en el sistema.

El cambio climático también está asociado con cambios en los ciclos hidrológicos regionales, donde la intensidad y distribución de las precipitaciones también se vieron afectadas. Hay una creciente frecuencia de eventos de lluvias intensas, lo que resulta en mayores aportes de escorrentía superficial a los sistemas de lagunas y también afecta los gradientes de densidad, la estratificación y la renovación del agua. Estos cambios pueden llevar a una mayor eficiencia de renovación en áreas cercanas a los aportes continentales y a un tiempo de residencia más prolongado en áreas de baja circulación.

El IPCC también dice que, aunque no hay evidencia clara de un aumento en la frecuencia total de ciclones tropicales, hay un aumento en el porcentaje de eventos de alta intensidad (categoría 3 a 5) acompañado de un aumento en los eventos de precipitación. Esto significa que los impactos hidrodinámicos en los sistemas costeros serán más severos y podrían afectar la estabilidad geomorfológica, el transporte de sedimentos y la calidad del agua.

En términos de impactos, el cambio climático ya ha causado grandes daños a los ecosistemas a través de la pérdida de biodiversidad, impactos en la seguridad hídrica y alimentaria, y daños a la infraestructura. En particular, las áreas costeras han presenciado una severa pérdida de humedales y ecosistemas naturales, que siguen siendo cruciales para la hidrodinámica y la protección contra eventos extremos. Los impactos no están distribuidos de manera uniforme, y las regiones más afectadas son aquellas con menor capacidad de adaptación y mayor exposición al riesgo climático.

En el contexto del cambio climático, las proyecciones desarrolladas por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mediante los escenarios RCP (Representative Concentration Pathways) y SSP (Shared Socioeconomic Pathways) basados en concentraciones de gases de efecto invernadero, permiten evaluar posibles trayectorias futuras del clima en función de distintos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para el modelo hidrodinámico, se analizan los escenarios SSP1-2.6 (bajas emisiones), SSP2-4.5 (intermedio) y SSP5-8.5 (altas emisiones), los cuales abarcan un rango representativo de condiciones futuras hacia los horizontes de 2050 y 2100.

Las proyecciones de temperatura para la región del Pacífico mexicano indican un incremento progresivo moderado en todos los escenarios. Para mediados de siglo (2041–2060), se estiman aumentos de entre 1.2 y 2.5 °C bajo escenarios intermedios, mientras que hacia finales del siglo (2081–2100), los incrementos podrían alcanzar entre 2.5 y 5.0 °C bajo escenarios de altas emisiones. Este aumento térmico tendrá implicaciones directas sobre la dinámica de la Laguna de Cuyutlán, particularmente en el incremento de la evaporación, y la modificación de la estratificación térmica del agua en el océano, afectando procesos biogeoquímicos y la productividad del sistema (IPCC, 2023).

En la Figura IV. 180 se muestra la variación de la temperatura máxima en las 3 estaciones que se encuentran cerca de los 4 vasos de la Laguna Cuyutlán. Puede observarse un ligero incremento en las temperaturas

CONSULTA PÚBLICA

máximas, en especial en la estación Cuyutlán, con valores registrados mayores a los 41° C los cuales no se presentaban antes de 2015.

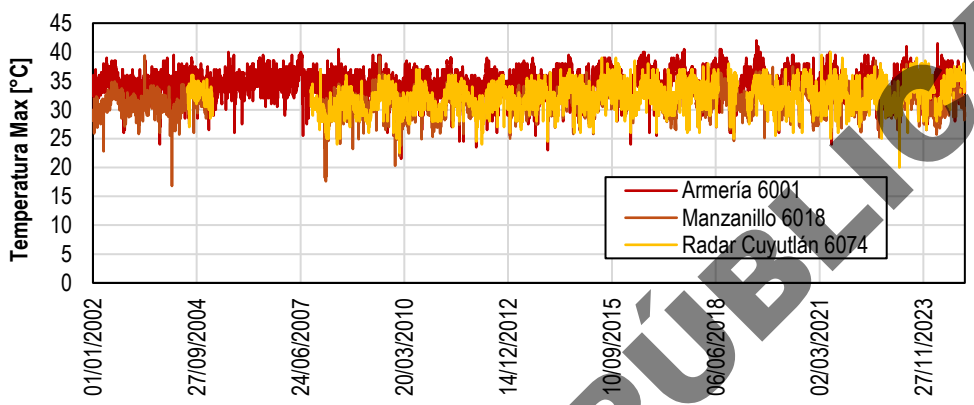


Figura IV. 180. Variación de la temperatura máxima en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán.

En cuanto a la precipitación, los modelos climáticos globales (CMIP5 y CMIP6) coinciden en señalar una tendencia hacia una mayor variabilidad hidrológica en el occidente de México. Esto se traduce en una disminución de la precipitación media anual, estimada entre -10% y -20% bajo escenarios intermedios y altos, acompañada de un incremento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos de lluvia. Este patrón implica que, aunque los eventos de precipitación intensa podrían aumentar la escorrentía superficial de manera puntual, la recarga hídrica efectiva tendería a disminuir, reduciendo los aportes de agua dulce hacia el sistema lagunar y favoreciendo condiciones de mayor salinidad.

En la Figura IV. 181, se muestran los valores de precipitación mensual en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán, en general, hay una gran variabilidad en los valores de precipitación, ya que existen tanto aumentos como disminuciones, sin embargo, de manera general, destaca un déficit de precipitación, primero, durante los años de 2015, 2016 y 2018 y posteriormente, se observa una caída desde el año 2021 al 2024..

CONSULTA PÚBLICA

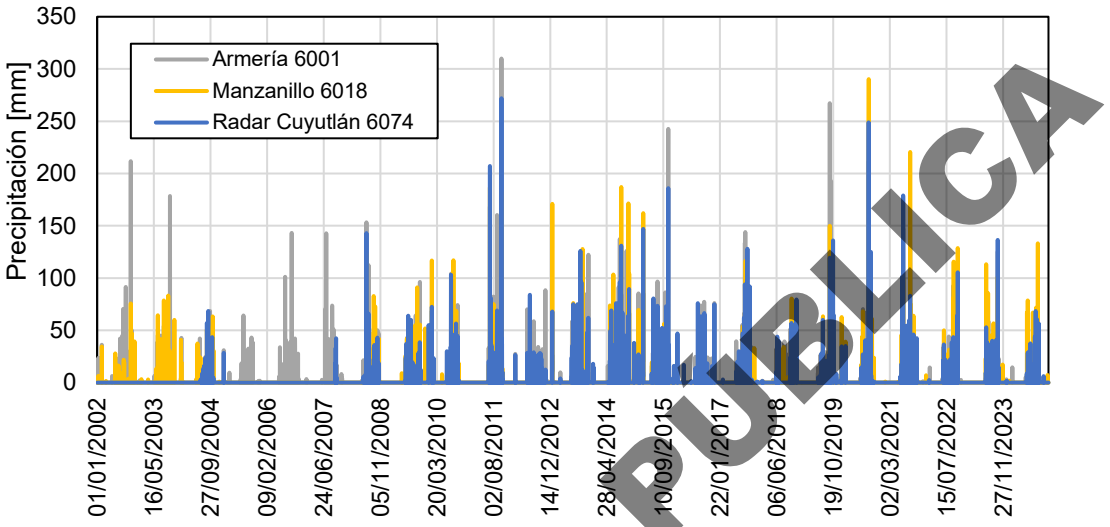


Figura IV. 181. Precipitación mensual acumulada en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

Por otro lado, el ascenso del nivel medio del mar constituye uno de los factores de mayor relevancia para la zona de estudio. De acuerdo con el IPCC (2021), el nivel del mar podría incrementarse entre 0.20 y 0.35 m hacia 2050 bajo escenarios intermedios, y entre 0.45 y más de 1.0 m hacia 2100 bajo escenarios de altas emisiones (SSP5-8.5). En el Pacífico mexicano, registros mareográficos han evidenciado tendencias históricas de aumento del nivel del mar del orden de 2 a 3 mm/año, lo que sugiere una aceleración consistente con las proyecciones globales (CICESE, 2019). En este contexto, la Laguna de Cuyutlán, debido a su baja elevación y conexión con el Océano Pacífico, es altamente susceptible a procesos de inundación permanente, intrusión salina y modificación de su configuración geomorfológica.

Asimismo, el cambio climático está asociado con un incremento en la intensidad de los ciclones tropicales, particularmente en términos de precipitación extrema y marejadas ciclónicas. Si bien no existe consenso sobre un aumento en la frecuencia total de ciclones, sí se proyecta un incremento en la proporción de eventos de alta intensidad (categorías 4 y 5), lo cual representa un riesgo significativo para zonas costeras como Manzanillo, históricamente impactadas por huracanes del Pacífico oriental (Knutson et al., 2020).

Bajo estos escenarios, la Laguna de Cuyutlán experimentará una serie de transformaciones hidrológicas y ecológicas. En términos hidrogeoquímicos, se prevé un incremento en la salinidad debido a la combinación de mayor evaporación, reducción de aportes continentales y mayor intrusión marina. Esto favorecerá la evolución del sistema hacia condiciones hipersalinas, con predominancia de facies químicas tipo Na-Cl, lo cual puede ser evidenciado mediante diagramas hidrogeoquímicos como el de Piper. En términos hidrodinámicos, el aumento

del nivel del mar modificará los gradientes hidráulicos y los patrones de circulación, incrementando los tiempos de residencia y favoreciendo procesos de estratificación salina.

El análisis de escenarios permite identificar que, bajo condiciones de bajas emisiones (SSP1-2.6), los impactos serían moderados y potencialmente manejables mediante estrategias de adaptación basadas en ecosistemas. Sin embargo, bajo escenarios intermedios y altos (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), la Laguna de Cuyutlán podría experimentar cambios estructurales significativos donde se tenga alteración de su funcionamiento hidrológico, con implicaciones directas para la biodiversidad y las actividades económicas de las comunidades locales.

Con base a esta información, se recalculó el balance hidrológico, en los tres diferentes escenarios de aumentos de temperatura para los periodos 2041–2060 y hacia finales del siglo (2081–2100).

El primer escenario, considera un aumento de 0.5°C, que englobaría el incremento bajo condiciones de bajas emisiones (SSP1-2.6) hacia 2041–2060.

El segundo y tercer escenario corresponden al aumento de 2°C y 4 °C respectivamente y correspondientes bajo escenarios intermedios y altos (SSP2-4.5 y SSP5-8.5)

El incremento de temperatura se introdujo en la ecuación general de Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración potencial (ETp)

$$ETp = (0.408 * \Delta * (Rn - G) + \gamma * (900 / (\Delta T + 273)) * u2 * (es - ea)) / (\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u2)) \quad (4)$$

Donde:

ΔT Es el gradiente de temperatura de cada escenario.

En la Tabla 4 y 5 se muestra el resultado del cálculo de la disminución de agua que puede apartar cada cuenca que rodea a la Laguna Cuyutlán debido al aumento de temperatura para tres diferentes escenarios (SSP1-2.6, SSP2-4.5 y SSP5-8.5) y con una disminución del 10% de la precipitación anual

Tabla IV. 22 . Desarrollo del volumen perdido por cuenca hacia la Laguna de Cuyutlán en escenarios de cambio climático. Disminución del volumen por menos días con precipitación (10%).

Subcuenca		A. Zacate	A. ASB 1	A. ASB 2	A. ASB 3	A. Rosa Morada	A. Calera	A. Agua Blanca	A, Cuastecomates	A. El Zalate	A. Higuerillas	A. Michel
Área	[km²]	148	2.46	2.85	6.86	8.27	3.61	79.8	9.9	3.52	4	8.7
Vaso a la que drena		II	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
Volumen anual [hm3]		44.67	0.95	1.10	2.65	3.20	1.39	30.83	3.83	1.36	1.55	3.36
Pérdida por aumento de temperatura [hm3]	Escenario 1	1.65	0.04	0.04	0.10	0.12	0.05	1.14	0.14	0.05	0.06	0.12
	Escenario 2	4.14	0.09	0.10	0.25	0.30	0.13	2.86	0.35	0.13	0.14	0.31
	Escenario 3	7.45	0.16	0.18	0.44	0.53	0.23	5.14	0.64	0.23	0.26	0.56

CONSULTA PÚBLICA

Pérdida por precipitación	10%	4.47	0.10	0.11	0.27	0.32	0.14	3.08	0.38	0.14	0.15	0.34
Total por escenario [hm3]	Escenario 1	38.55	0.82	0.95	2.29	2.76	1.20	26.61	3.30	1.17	1.33	2.90
	Escenario 2	36.07	0.77	0.89	2.14	2.58	1.13	24.90	3.09	1.10	1.25	2.71
	Escenario 3	32.76	0.70	0.81	1.94	2.34	1.02	22.61	2.81	1.00	1.13	2.47

Tabla IV. 23. Desarrollo del volumen perdido por cuenca hacia la Laguna de Cuyutlán en escenarios de cambio climático. Disminución del volumen por menos días con precipitación (20%)

Subcuenca		A. Zacate	A. ASB 1	A. ASB 2	A. ASB 3	A. Rosa Morada	A. Calera	A. Agua Blanca	A, Cuastecomates	A. El Zalate	A. Higuerillas	A. Michel
Área	[km²]	148	2.46	2.85	6.86	8.27	3.61	79.8	9.9	3.52	4	8.7
Vaso a la que drena		II	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
Volumen anual [hm3]		44.67	0.95	1.10	2.65	3.20	1.39	30.83	3.83	1.36	1.55	3.36
Pérdida por aumento de temperatura [hm3]	Escenario 1	1.65	0.04	0.04	0.10	0.12	0.05	1.14	0.14	0.05	0.06	0.12
	Escenario 2	4.14	0.09	0.10	0.25	0.30	0.13	2.86	0.35	0.13	0.14	0.31
	Escenario 3	7.45	0.16	0.18	0.44	0.53	0.23	5.14	0.64	0.23	0.26	0.56
Pérdida por precipitación	20%	8.93	0.19	0.22	0.53	0.64	0.28	6.17	0.77	0.27	0.31	0.67
Total por escenario [hm3]	Escenario 1	34.08	0.73	0.84	2.02	2.44	1.06	23.53	2.92	1.04	1.18	2.56
	Escenario 2	31.60	0.67	0.78	1.88	2.26	0.99	21.81	2.71	0.96	1.09	2.38
	Escenario 3	28.29	0.60	0.70	1.68	2.02	0.88	19.53	2.42	0.86	0.98	2.13

Puede observarse que, en escenarios críticos, la pérdida de agua que potencialmente llega a la Laguna Cuyutlán (incluyendo las zonas de cultivo) puede ser de hasta del 36%. Para escenarios conservadores la pérdida es entre el 23% y 29%. Esto es de vital importancia ya que no solo es un valor representativo de un escenario futuro, si no una condición frecuente si las temporadas de secas se vuelven frecuentes y extendidas a través de periodos de varios años. Estos porcentajes se pueden agravar aún más con las pérdidas de vegetación, cambios de uso de suelo, una mayor intercepción del flujo por cultivo, construcción de viviendas e infraestructura.

IV.3.8.10.2 Incremento del nivel de mar

Se consideró un aumento del nivel del mar de aproximadamente 0.25 m (SSP5-2.5) para escenarios a mediano plazo, de 0.50 m para un escenario medio (SSP5-8.5), de 1.0 metro para un escenario alto (SSP5-8.5) y de 1.5 como escenario extremo para finales de este siglo. Bajo el escenario SSP5-8.5, el sistema podría experimentar

CONSULTA PÚBLICA

cambios importantes de impacto en su funcionamiento hidrológico (IPCC, 2021) por lo que a continuación se analizan a detalle y se comparan cada escenario a través del modelo hidrodinámico.

IV.3.8.10.2.1 Variación del Nivel

En la Figura IV. 182 y Figura IV. 183 se muestra el comparativo del nivel del mar a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2 respectivamente.

Bajo condiciones actuales y con incrementos de hasta +0.25 m, el sistema presenta un comportamiento amortiguado, caracterizado por un gradiente hidráulico bien definido y una disipación progresiva de la energía desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos. En el Vaso II los gradientes con el aumento de nivel de 0.25 se forma un gradiente al interior del orden de 0.08 y 0.12 m lo que incremente la movilidad, pero sin ser diferente a lo observado en el escenario base

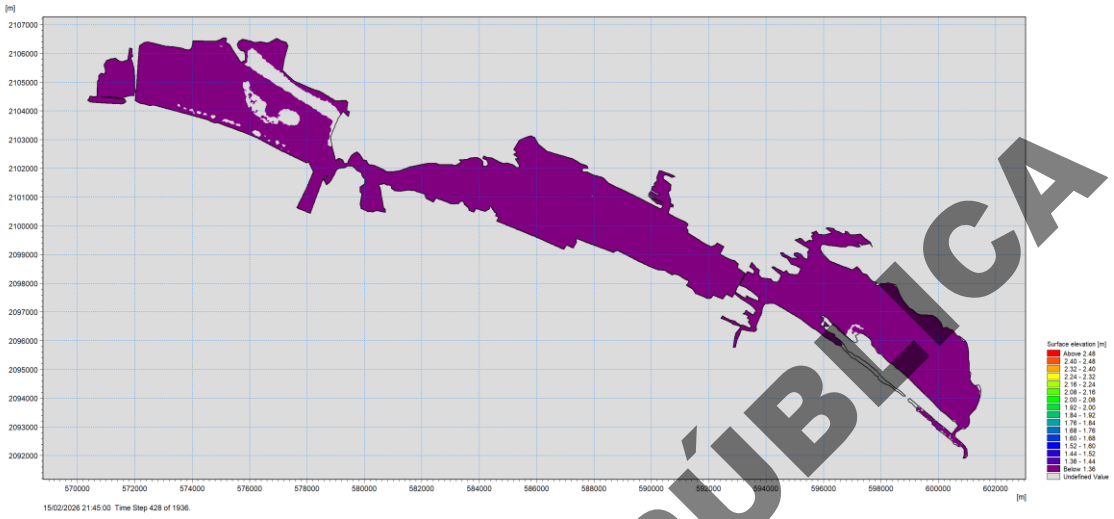
Conforme se incrementa el nivel del mar, se observa una mayor propagación de la señal hidráulica hacia el interior del sistema, lo que se traduce en un incremento en la conectividad entre los vasos y una reducción en la capacidad de disipación de la energía. Este comportamiento se acentúa en escenarios intermedios (0.5 y 1 m), donde los vasos internos comienzan a responder de manera más directa a los forzantes oceánicos.

En el escenario extremo, se identifica una condición de alta conectividad hidráulica, en la cual gran parte del sistema responde de manera integrada al incremento del nivel del mar. Esta condición favorece la propagación de niveles elevados hacia zonas internas, incrementando la extensión de áreas potencialmente inundables y reduciendo la capacidad natural de amortiguamiento del sistema.

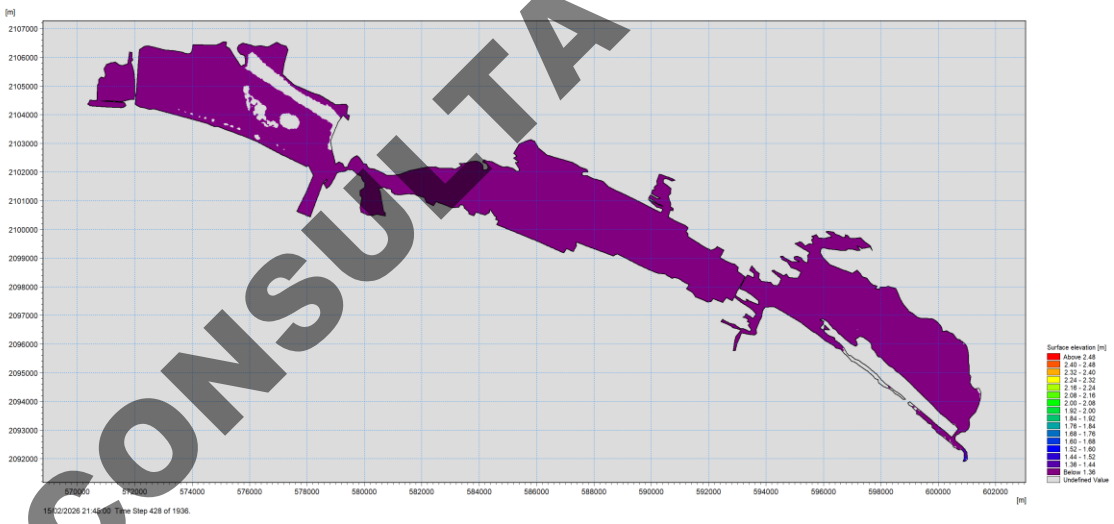
No obstante, incluso bajo estas condiciones, el sistema mantiene un gradiente hidráulico que permite la disipación de la energía, lo que evidencia que conserva parcialmente su capacidad de regulación frente a forzantes extremos tanto para la Fase 1 y la Fase 2.

En conjunto, los resultados indican que la laguna presenta una sensibilidad creciente ante escenarios de incremento del nivel del mar, particularmente en términos de propagación hidráulica e inundación. Sin embargo, esta respuesta está controlada principalmente por la dinámica de intercambio marino, lo que refuerza el carácter dominante de los forzantes oceánicos en el comportamiento del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

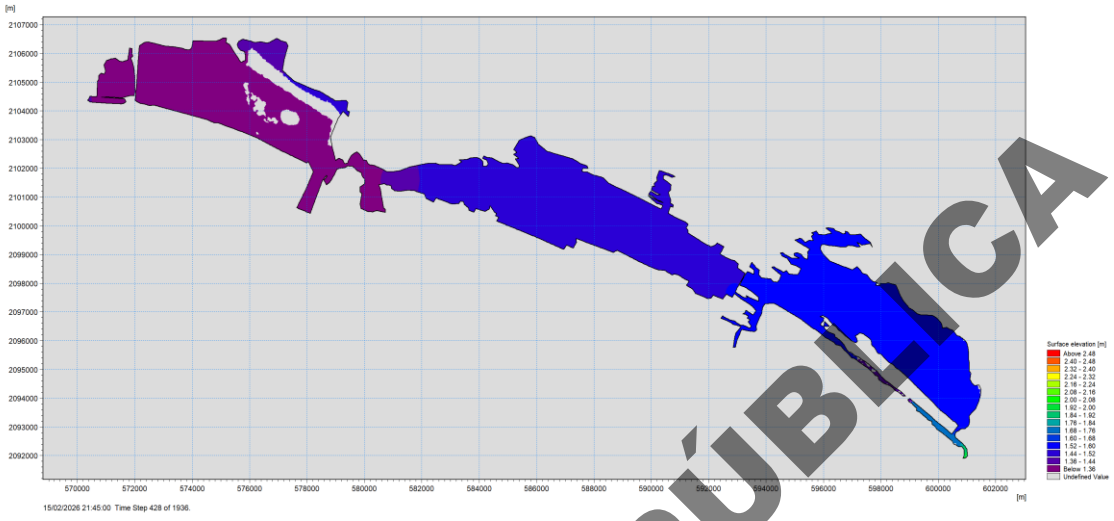


a) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.25 m. Fase 1.

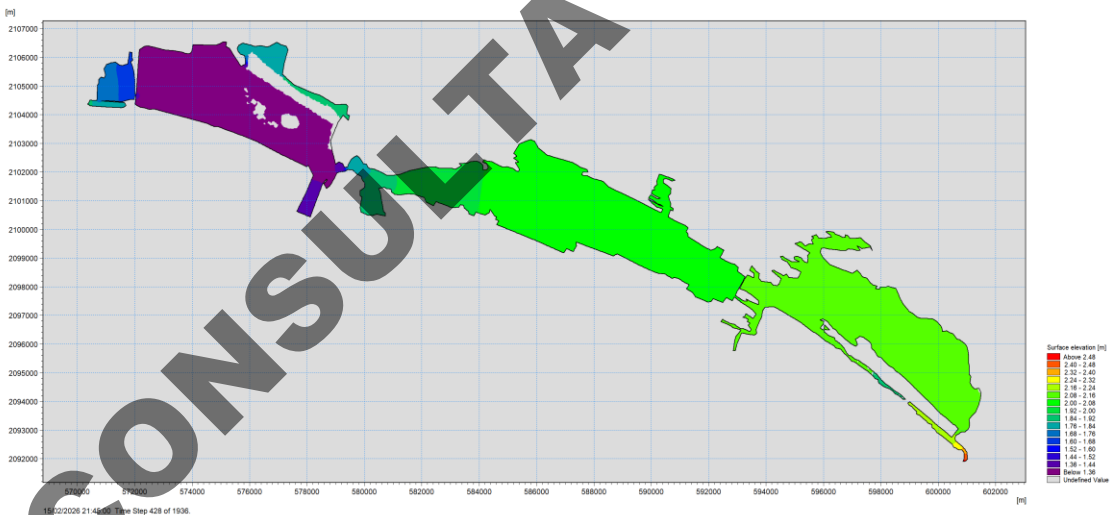


b) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1.

CONSULTA PÚBLICA



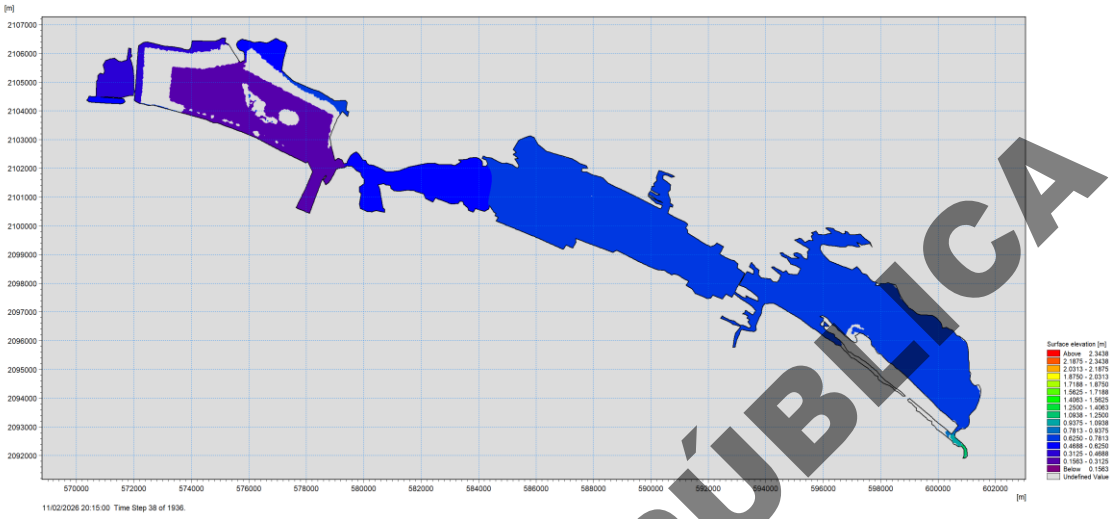
c) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1.



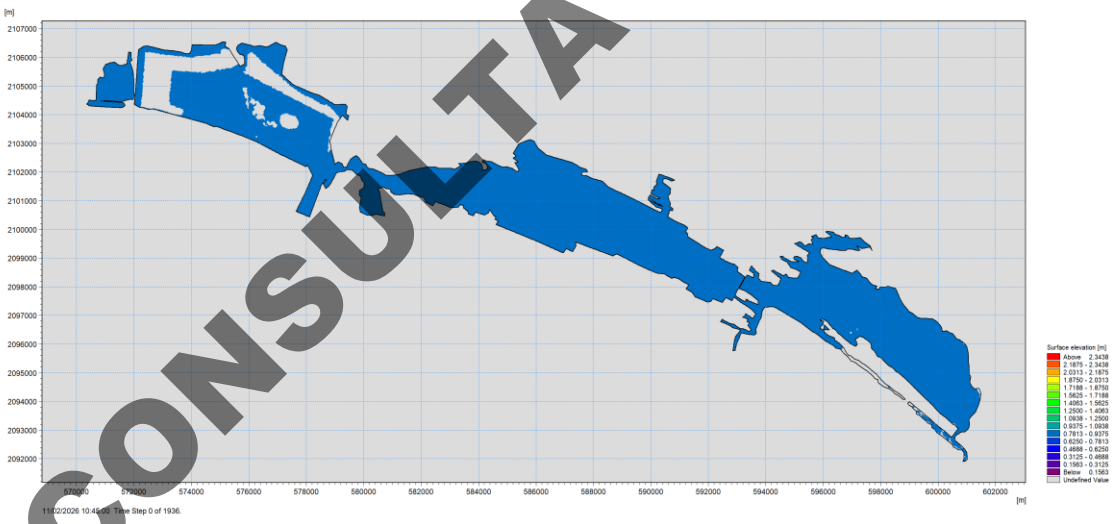
d) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1.

Figura IV. 182. Comparación del nivel del mar con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.

CONSULTA PÚBLICA

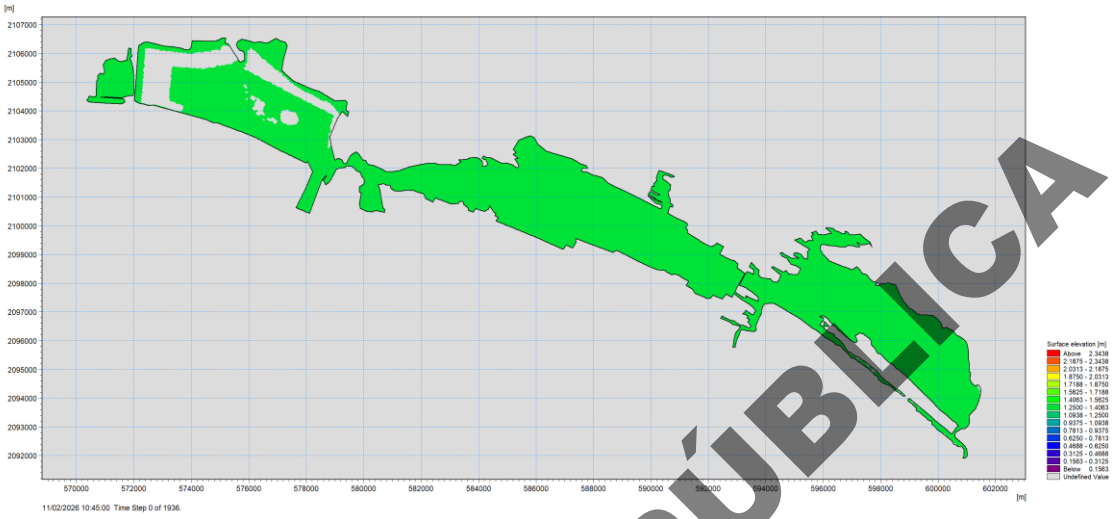


a) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2.

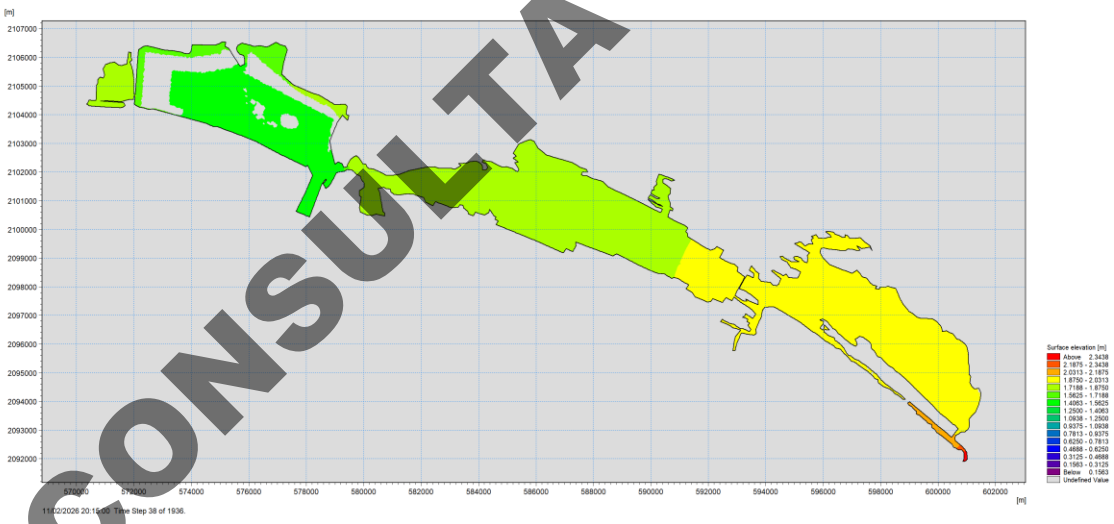


b) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA



c) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2.



d) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2.

Figura IV. 183. Comparación del nivel del mar con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

Para la Fase 2, se muestra la evolución de los niveles en serie de tiempo. Se observa que la componente de marea se mantiene, independientemente del incremento de nivel de mar, por tal motivo, el comportamiento marial hacia el interior en otras partes de la laguna se mantiene. Tampoco se observa un efecto acumulativo en los gradientes debido a la segunda plataforma, la diferencia radica en que no se fuerza el flujo hacia el vaso

CONSULTA PÚBLICA

I desde el Vaso II, si no que este se amortigua a atreves de los drenes, dando una condición más uniforme en ese extremo del Vaso II. Los resultados para puntos en el interior se presentan en el Anexo 2.

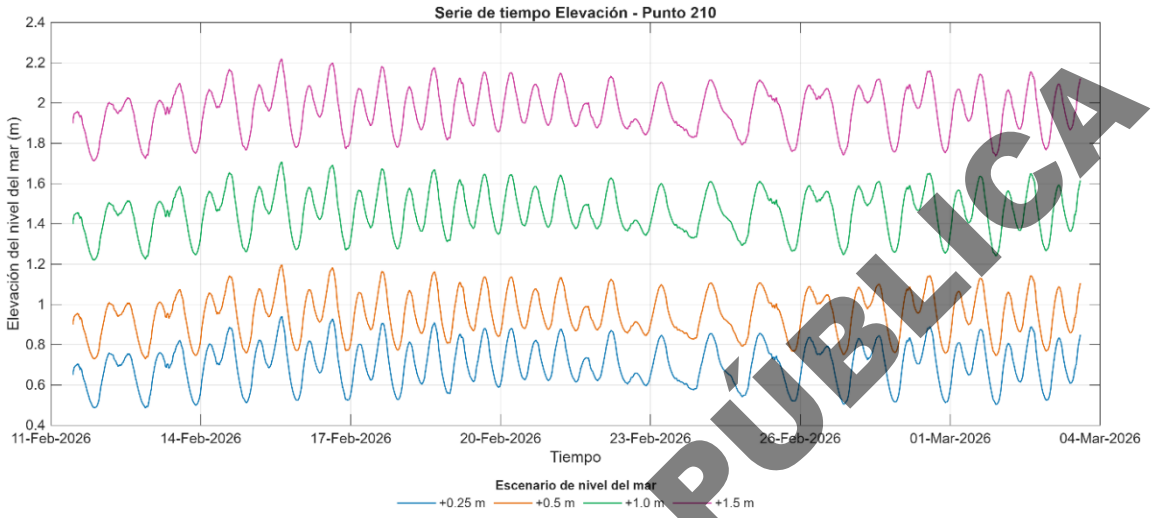


Figura IV. 184. Variación temporal del nivel entre el Vaso II-III, Fase 2.

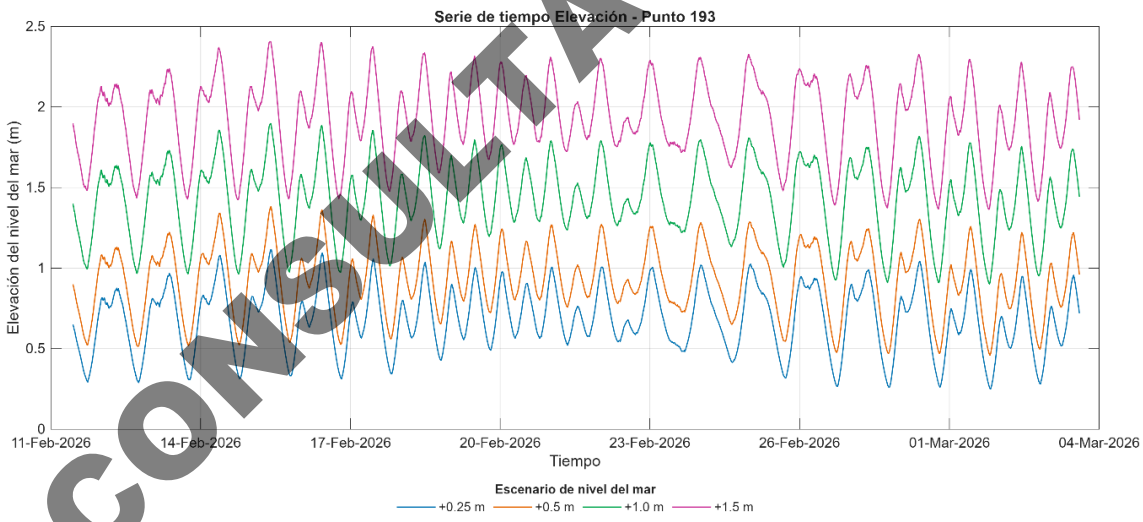


Figura IV. 185. Variación temporal del nivel entre el Vaso I-II, Fase 2.

Con base a la información de la modelacion anterior, se realizó un mapa de zonas susceptibles por el incremento de nivel del mar. Se tomo en cuenta la altura de la marea más alta y el aumento debido a fenómenos de tormenta. Si bien el nivel no representa un nivel permanente de espejo de agua, si representa las zonas donde es más probable que el agua alcance su nivel máximo en caso de fenómenos meteorológicos extremos. Como puede observar (Figura IV. 186), con un incremento de 0.25 cm se ve afectada toda la zona salinera, y las zonas bajas del Vaso I y II, por lo que un aumento de nivel requerirá de nueva infraestructura hidráulica

CONSULTA PÚBLICA

capas de drenar el agua, en especial en la zona económica del vaso III y IV. Para el vaso II, la zona inundable es la actual cuenca de desahogo de arroyo Zacate donde actualmente se encuentra una zona importante de depósito sedimentario.

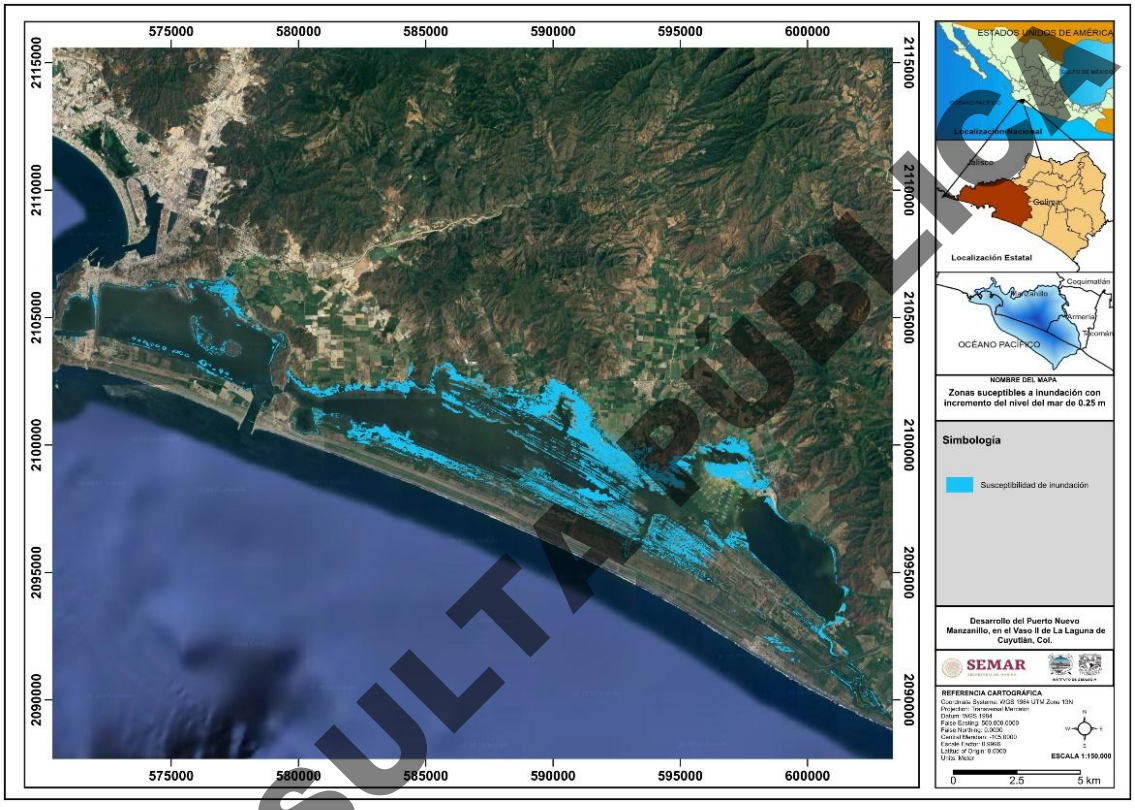


Figura IV. 186. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.25 m.

En la Figura IV. 187 se muestran las zonas susceptibles a un aumento de medio metro, puede observarse que las zonas susceptibles abarcan gran parte de la barra que separa la laguna con el mar, además de la zona norte de las salineras. En el vaso II se observan zonas de afectación al norte de donde se construirá la plataforma de la fase 1 y parte de la península de punta grande.

CONSULTA PÚBLICA

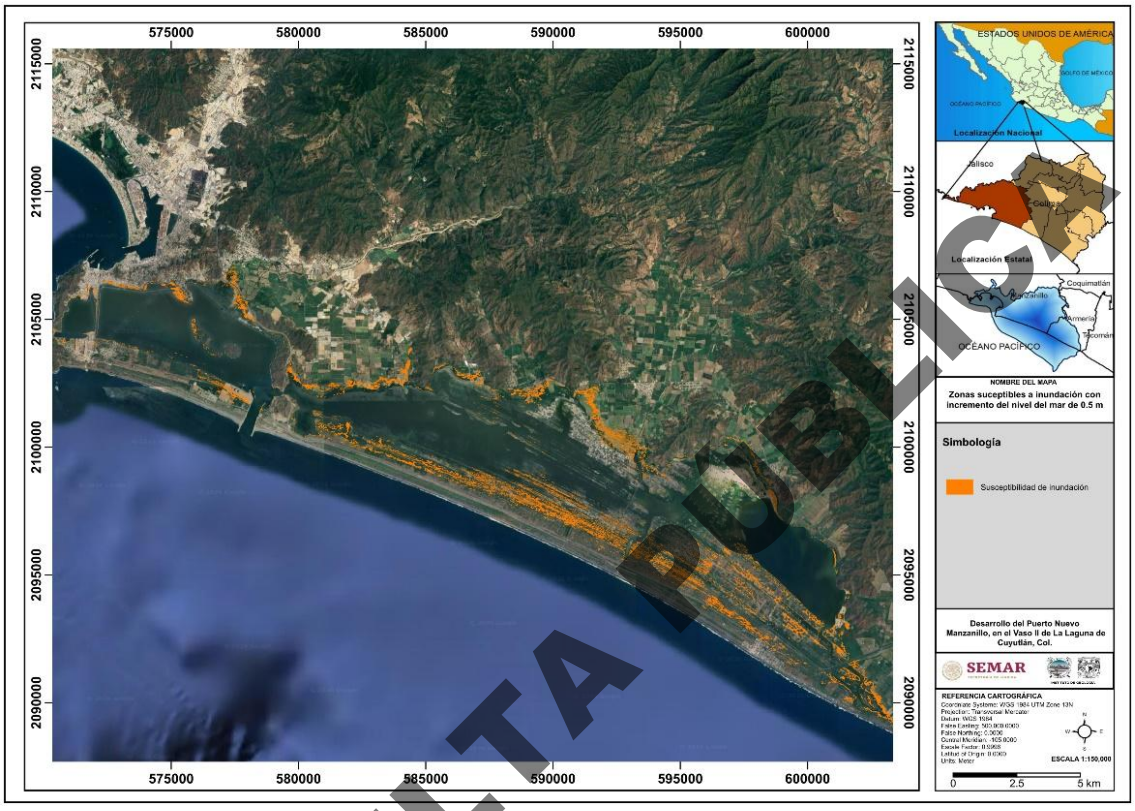


Figura IV. 187. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.50 m.

En la Figura IV. 188 se muestran las zonas susceptibles a un aumento de un metro correspondiente al SSP5-8.5 con un horizonte al 2100. La zona con mayor ganancia respecto al nivel de la laguna es la zona de la barra entre el Vaso III y IV y la línea de costa, y zonas de cultivo costa adentro en el vaso III y II, además de infraestructura actual como por ejemplo la terminal de gas de KMS.

CONSULTA PÚBLICA

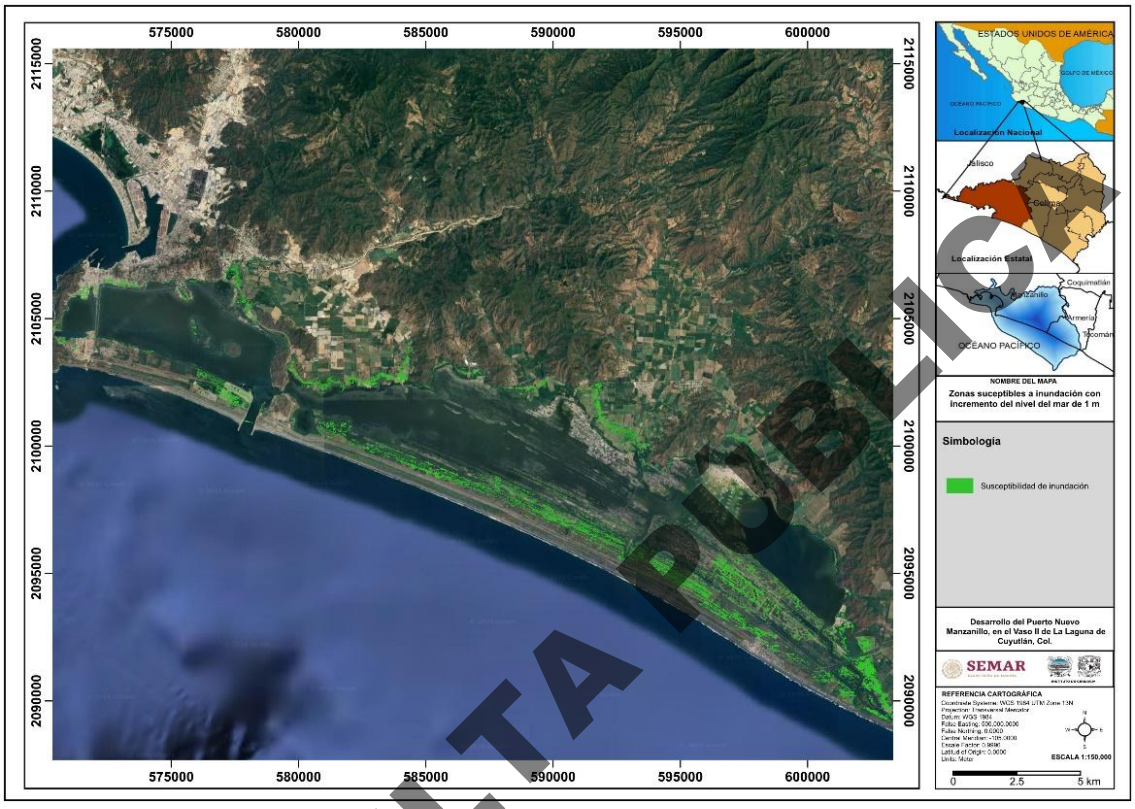


Figura IV. 188. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.0 m.

En la Figura IV. 189 se muestran un escenario extremo de 1.5 m. La zona con mayor ganancia respecto al nivel de la laguna es la zona de la barra entre el Vaso III y IV y zonas donde se encuentra infraestructura en el Vaso II. En el Anexo 3 se presenta un análisis más detallado de las zonas de inundación actuales y su respectiva metodología de cálculo.

CONSULTA PÚBLICA

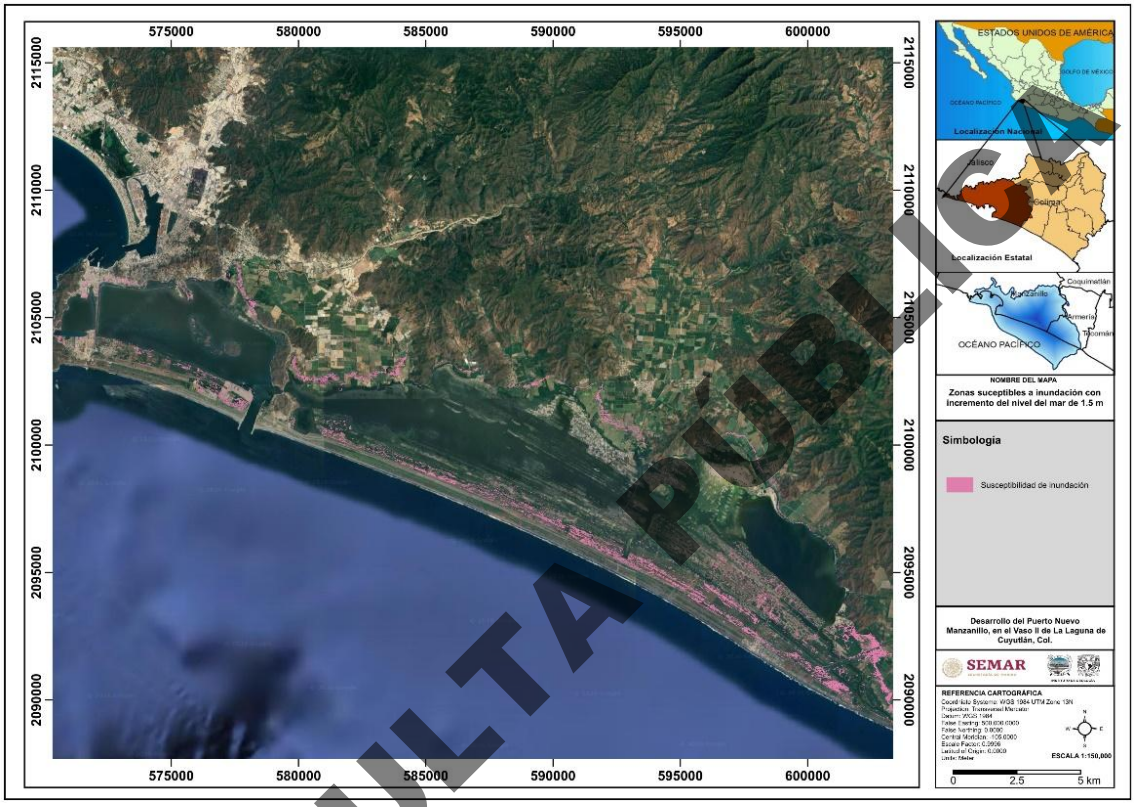


Figura IV. 189. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.5 m.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 190 y Figura IV. 191 se muestra el comparativo de la velocidad (U) a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2 respectivamente.

Para el escenario 1 en ambas fases, el sistema muestra un régimen de velocidad principalmente moderado como el caso actual, con valores en gran medida homogéneos principalmente en los vasos interiores, esto es debido a que los eventos de marea actuales se encuentran en el rango de los 0.25 m en eventos de marea alta. Sin embargo, se aprecia que las velocidades máximas que se encuentran en la región de conexión marina y en los estrechamientos hidráulicos aumentan pocos cm/s, lo que significa que el sistema tiene un gradiente bien definido, así como una disipación progresiva de energía, debido a la relación entre la profundidad en la longitud de los vasos.

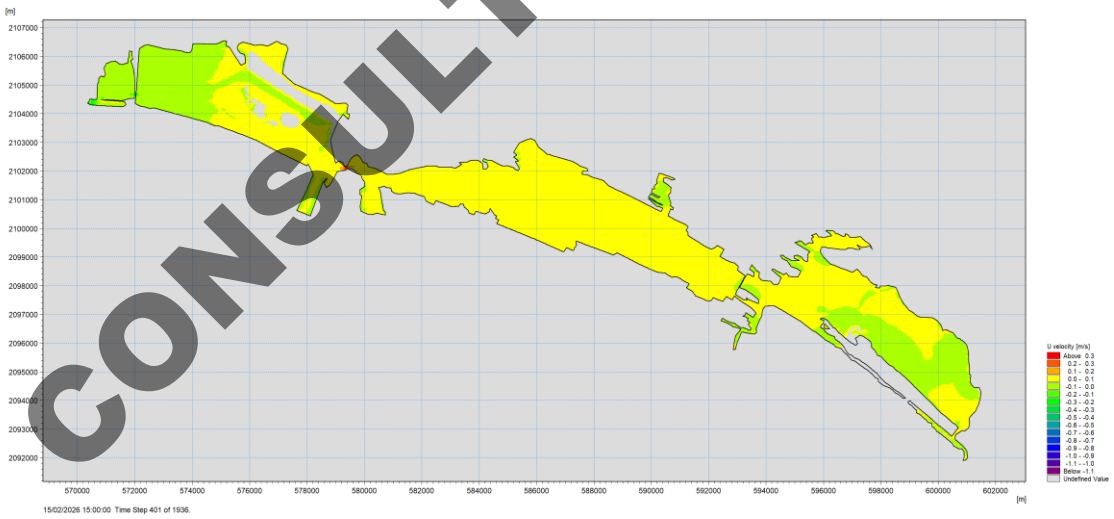
Para el escenario 2, se observa un ligero aumento en las velocidades en los vasos internos, para ambas fases, asociada a un mayor forzamiento por el canal que conecta el Vaso II y III. Mientras que la zona de entrada marina también se observa velocidades más altas debido al gradiente que se forma por el aumento de nivel. Los otros vasos se mueven hacia una disposición relativamente uniforme en todo el sistema, indicando una reorganización de la energía hidráulica alrededor del sistema y la disminución del contraste.

La tendencia se aumenta en el escenario 3 con aumentos de velocidad evidentes en las cuencas III y IV siendo más pronunciadas del orden de entre 0.025 a 0.05 m/s. La energía del sistema se concentra aún más en las zonas de conexión, y las zonas de entrada de agua de mar del Vaso II y I que se caracterizan por tener más dinamismo. Esto también sugiere que progresivamente se gana más en la capacidad de transporte de flujo del sistema, y se observa un aumento en la conectividad hidráulica y una disipación de energía menos localizada.

En el escenario 4, el cambio de comportamiento es mucho más pronunciado, por un aumento generalizado en la velocidad de todo el sistema. En esta perspectiva, las zonas de alta velocidad fluyen desde el área de conexión marina hacia los vasos centrales y reducen en gran medida las áreas de baja energía. Esta tendencia refleja una mayor intensidad de flujo y capacidad de transporte de energía a través del sistema lagunar. Los cuatro escenarios tienen una evolución no lineal de la dinámica de velocidad.

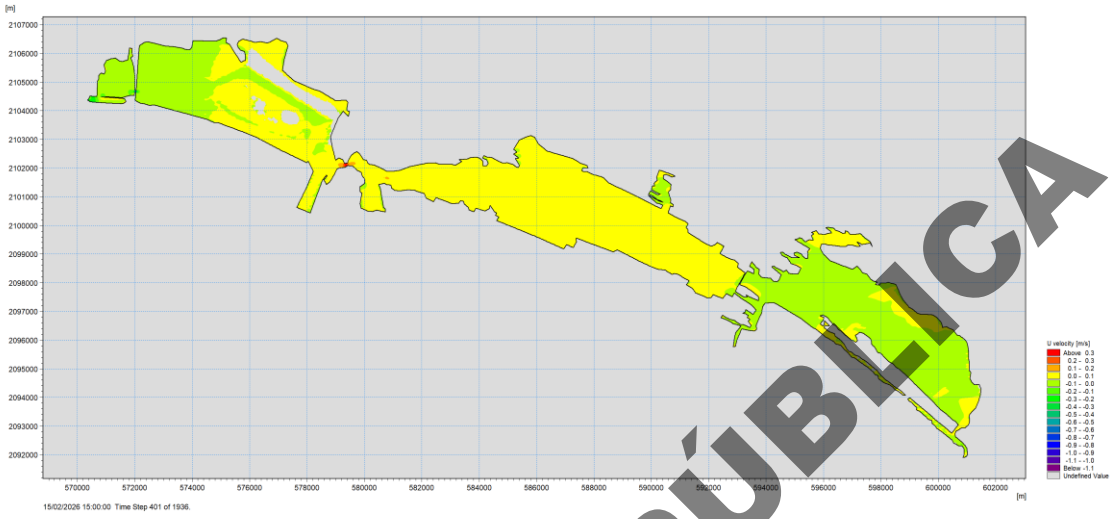
Mientras que los escenarios bajo e intermedio muestran una tendencia hacia la homogeneización y una buena distribución de las velocidades dentro de las zonas internas, en los casos extremos se muestra un aumento significativo en la energía hidráulica en todo el sistema.

En comparación con las condiciones normales, esta característica es consistente con la respuesta del sistema lagunar a diferentes niveles de forzamiento (las condiciones normales favorecen una disipación gradual de energía, mientras que un evento extremo promueve una propagación de flujo más eficiente y un aumento en la intensidad de la corriente).

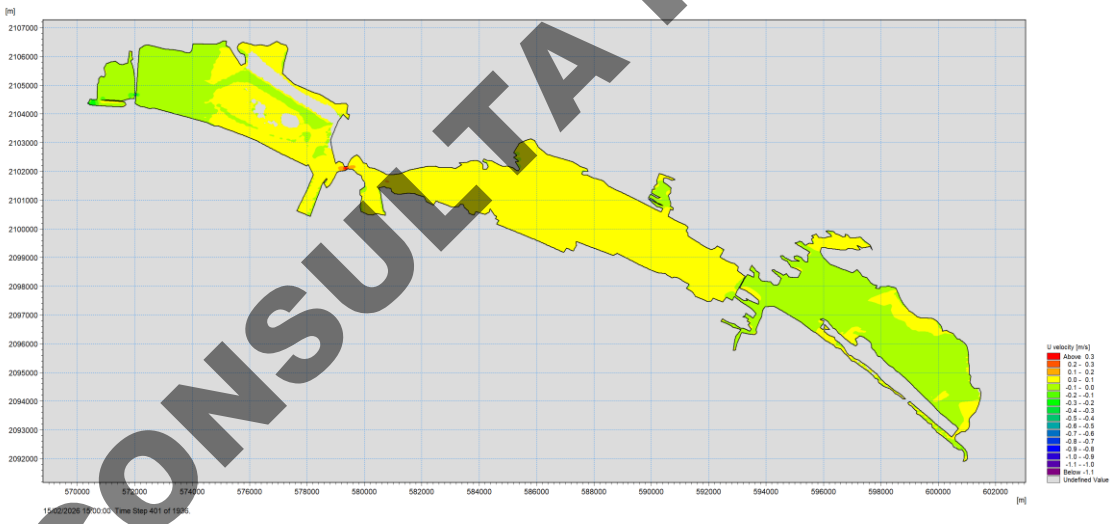


a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA

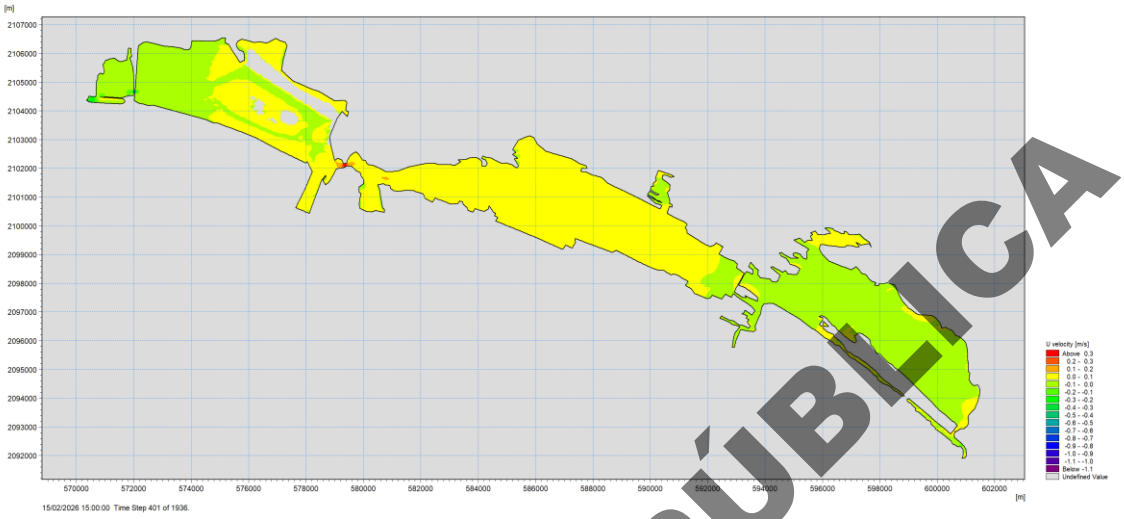


b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1



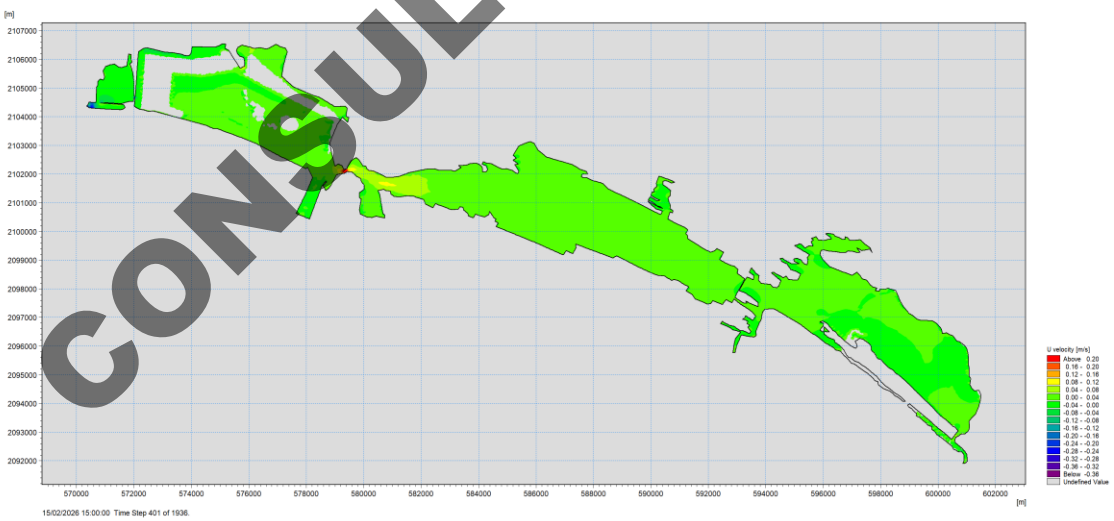
c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



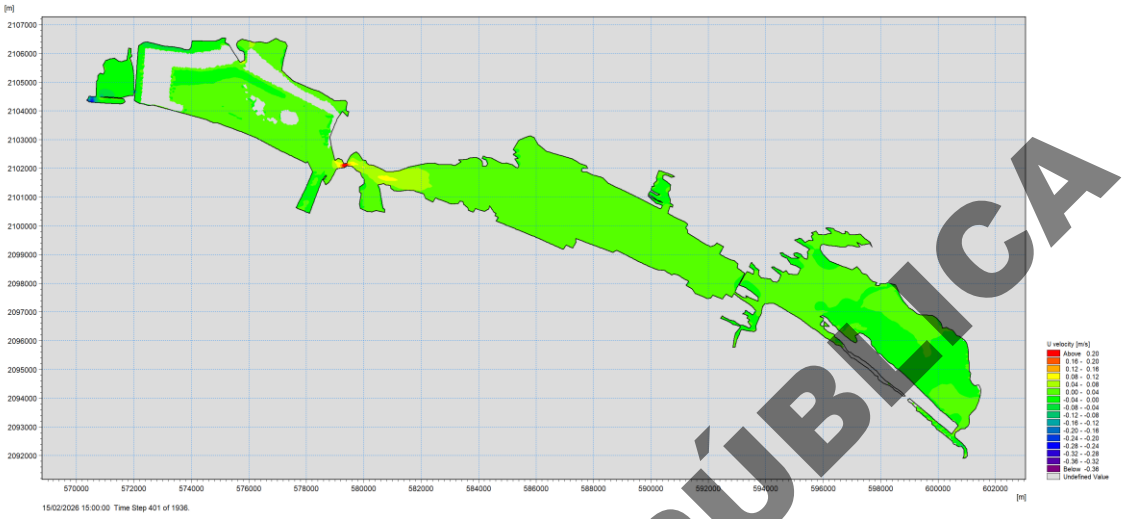
d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1

Figura IV. 190. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.

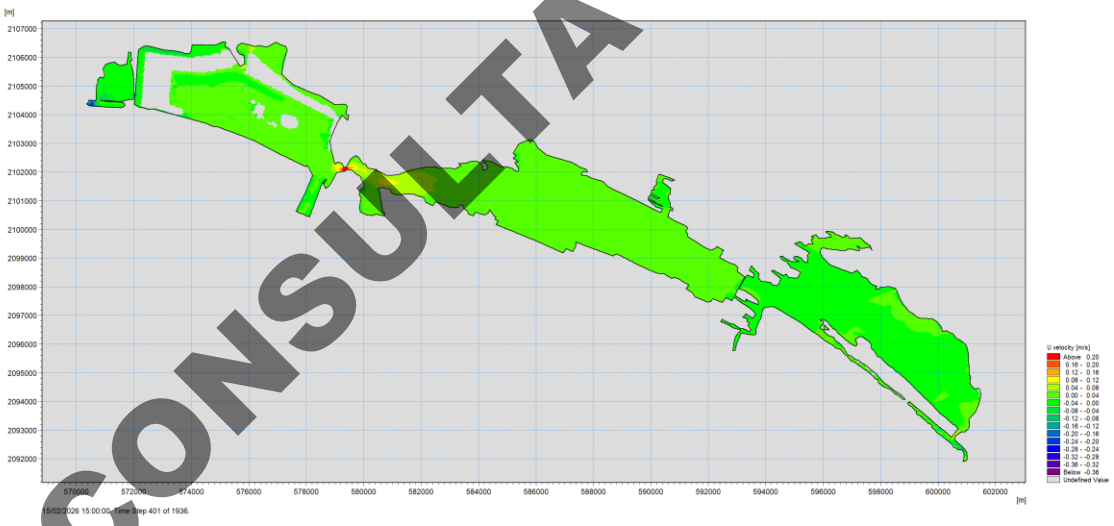


a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2

CONSULTA PÚBLICA

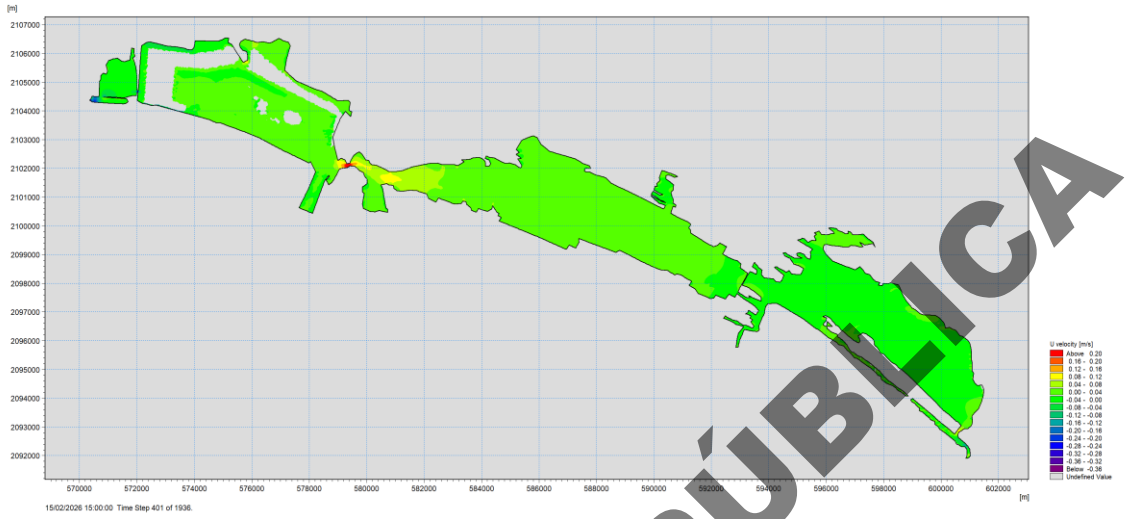


b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2



c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2

CONSULTA PÚBLICA



d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2

Figura IV. 191. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

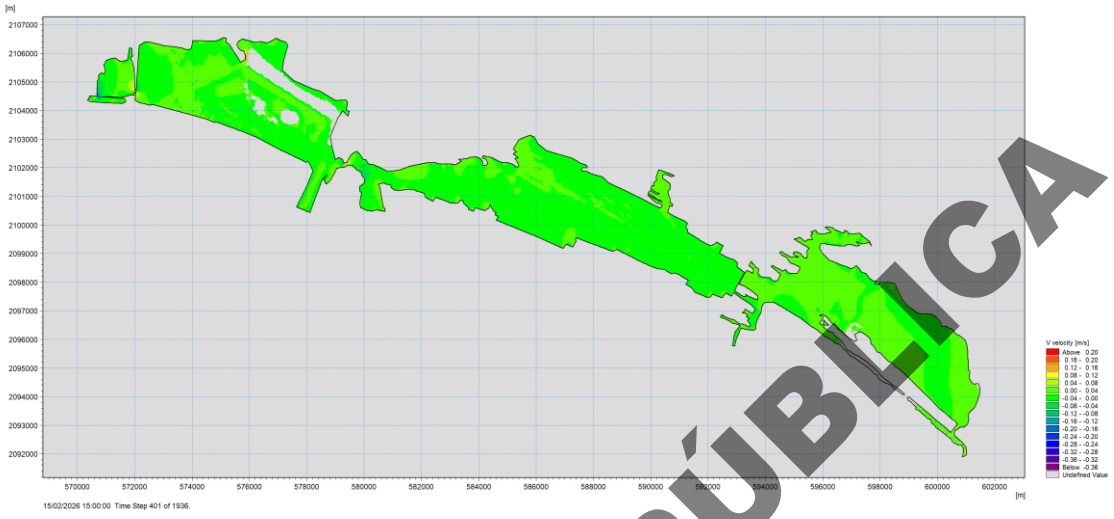
CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 192 y Figura IV. 193 se muestra el comparativo de la velocidad (V) a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2 respectivamente.

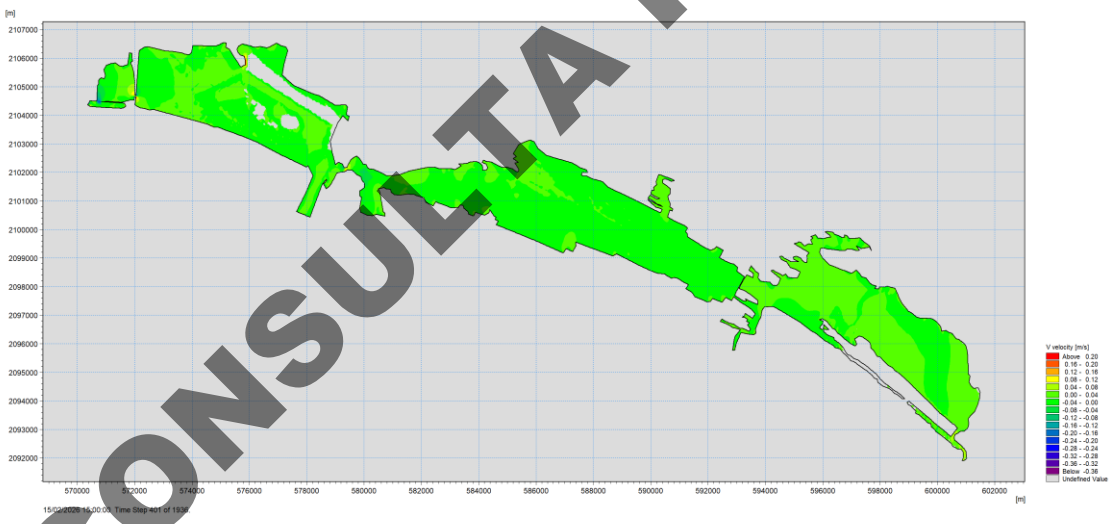
El análisis en los distintos escenarios evaluados se observa que el sistema lagunar mantiene valores predominantemente bajos al menos para los dos primeros dos escenarios y una distribución espacial homogénea, independientemente del nivel de forzamiento hasta los 0.5 m. En condiciones base, el flujo presenta una marcada dominancia longitudinal (U), con una contribución transversal limitada (V) y sin evidencia de patrones significativos de recirculación.

En escenarios intermedios, se observan ligeras variaciones locales en la componente transversal, principalmente en zonas de transición entre vasos y por detrás de la plataforma de la Fase 1; sin embargo, estas no modifican la dirección dominante del flujo ni generan estructuras de circulación lateral relevantes. En el escenario de mayor energía, correspondiente a condiciones extremas, se identifica un incremento en la intensidad del flujo, pero sin un cambio significativo en la componente transversal.

Los resultados indican que la dinámica del sistema está controlada principalmente por el flujo longitudinal, manteniéndose una baja influencia de la componente transversal incluso bajo condiciones de forzamiento elevado.

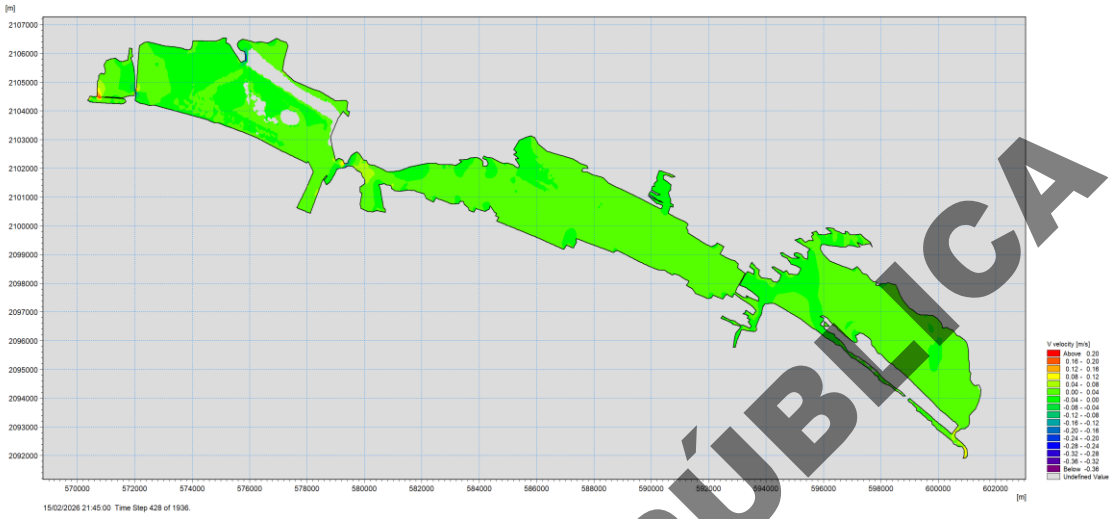


a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 1

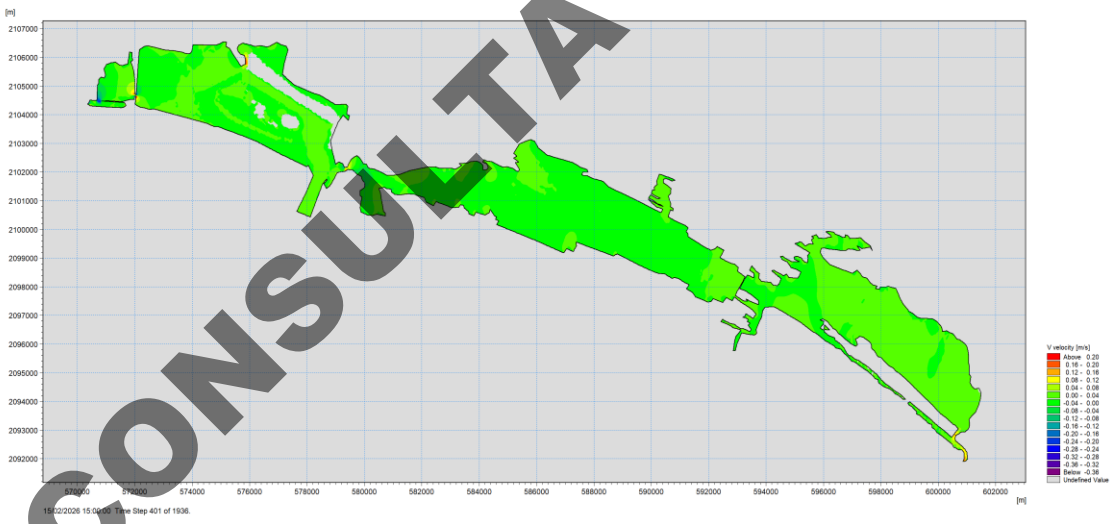


b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



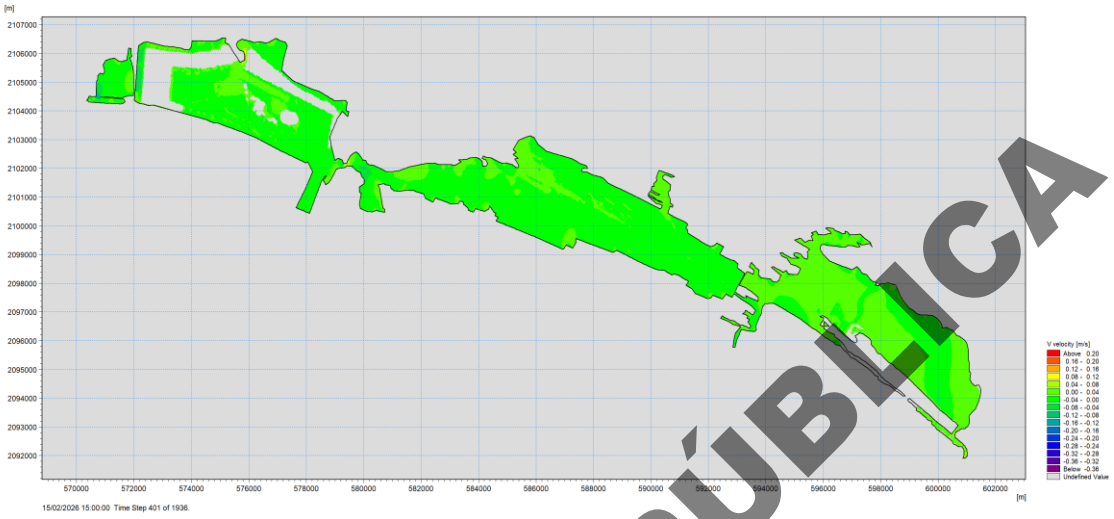
c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1



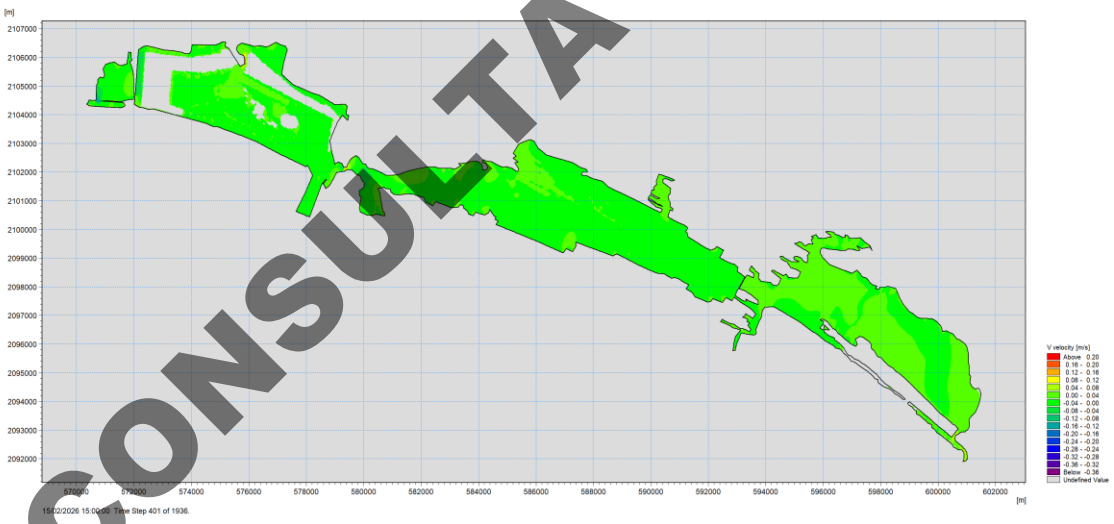
d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1

Figura IV. 192. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.

CONSULTA PÚBLICA

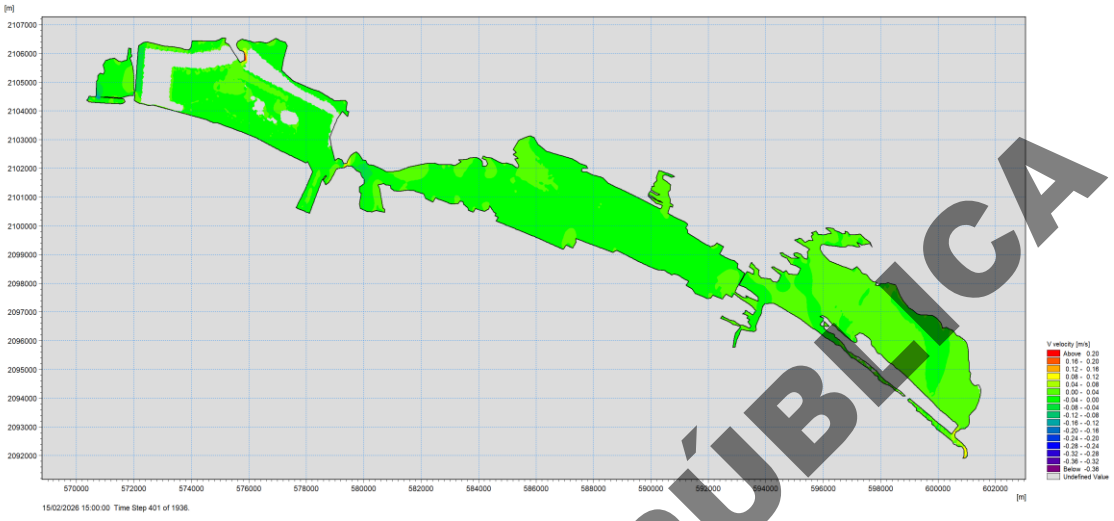


a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2

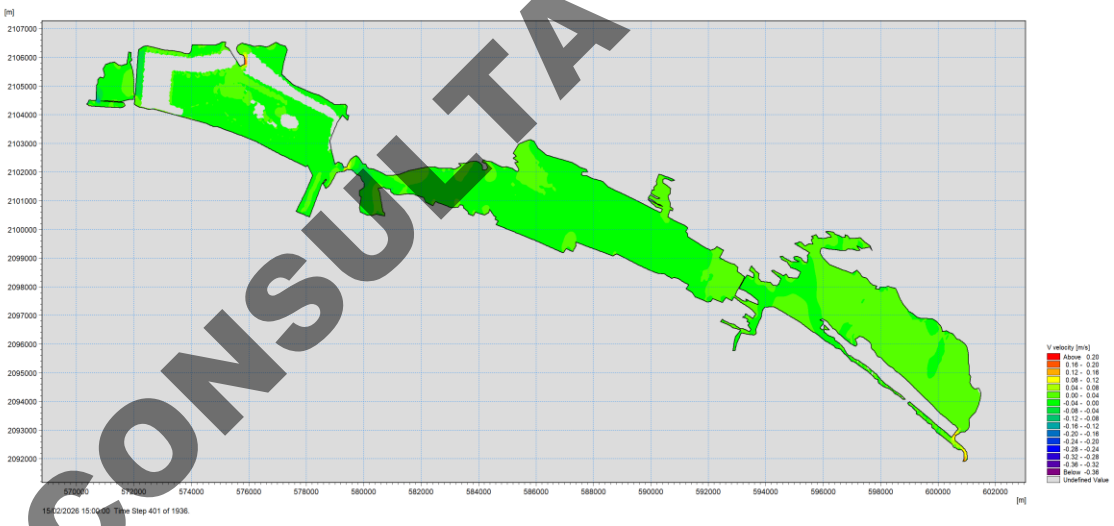


b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2

CONSULTA PÚBLICA



c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2



d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2

Figura IV. 193. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

En general, los resultados muestran que la dinámica del sistema está claramente dominada por la componente longitudinal (U), principalmente para los vasos interiores, la cual controla la magnitud de las velocidades y la distribución de la energía a lo largo del eje principal de la laguna. Por el contrario, la componente transversal (V) presenta valores significativamente menores y una variabilidad espacial limitada, solo en zonas particulares

CONSULTA PÚBLICA

como la zona de salida de drenes, el forzamiento en la zona de bombeo de CFE y en el Canal Tepalcates. lo que indica que, al aumentar el nivel del mar, es la componente longitudinal la que aumenta de forma constante.

En escenarios intermedios (escenarios 1 y 2), se observa un aumento progresivo de las velocidades en los vasos internos, acompañada de una mayor homogeneidad en la distribución del flujo, que puede analizarse con mayor claridad en la serie de tiempo genera, principalmente en las zonas de intercambio (Figura IV. 194 y Figura IV. 195). Este comportamiento sugiere una redistribución de la energía hidráulica por el aumento en los gradientes locales, sin que se presenten cambios significativos en la dirección dominante del flujo. La componente transversal, aunque muestra ligeras variaciones, no genera patrones de recirculación ni desviaciones laterales relevantes, manteniéndose subordinada a la dinámica longitudinal.

Para el escenario extremo el aumento en la velocidad es evidente, donde se alcanzan velocidades máximas de 0.15 m/s, generando un mayor gradiente y movilidad hacia el Vaso III. Para la interconexión del Vaso I y II, el aumento de la velocidad se ve amortiguado por la plataforma de la fase 2, donde los drenes atenúan las velocidades de intercambio. Los resultados para puntos en el interior se presentan en el Anexo 2.

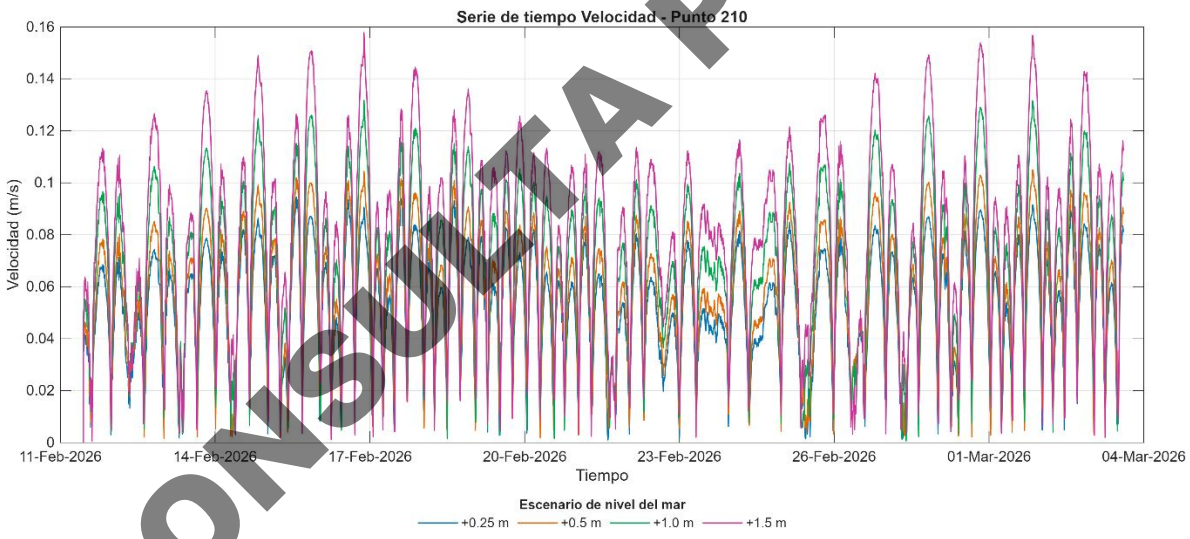


Figura IV. 194. Variación temporal de la velocidad entre el Vaso II-III, Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

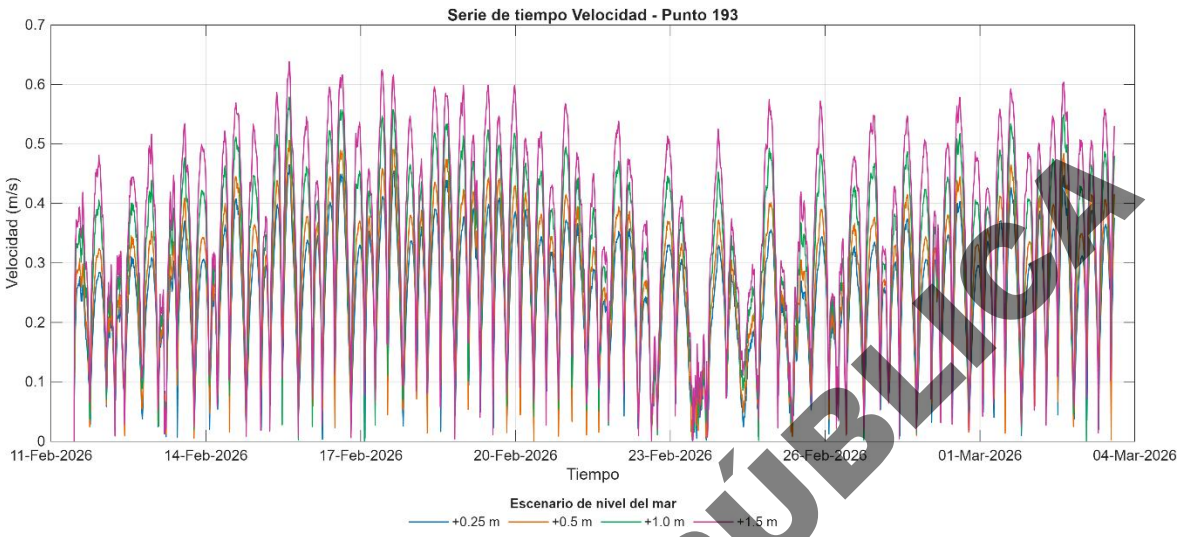


Figura IV. 195. Variación temporal de la velocidad entre el Vaso I-II, Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

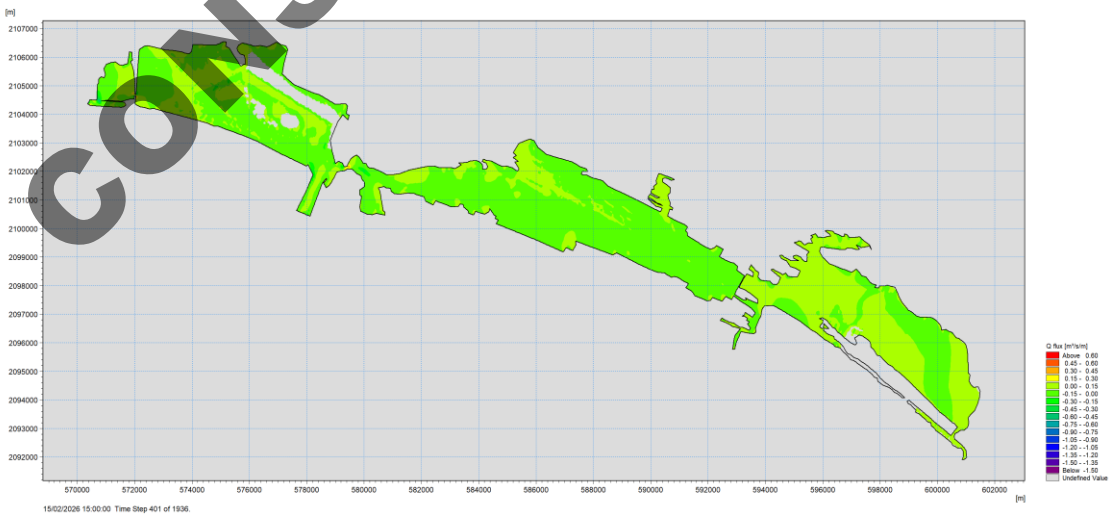
En la Figura IV. 196 y Figura IV. 197 se muestra el comparativo de los gastos o caudales dentro de la laguna a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2.

En el escenario 1, el sistema presenta un flujo continuo con un gradiente hidráulico claramente definido desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos como en el escenario base, esto es debido que el sistema actualmente puede soportar estos incrementos a causa de mareas altas. Los mayores valores en tota la laguna, como es de esperarse, para ambas fases, se concentran en el canal de entrada y en las conexiones entre vasos, mientras que hacia los extremos del sistema se observa una disminución progresiva del flujo, lo que indica la disipación natural de la energía la cual ya se ha mencionado.

En el escenario 2, se observa un aumento gradual en el gasto, principalmente en la zona de conexión entre el vaso I y II para la fase 1, y del vaso II al III para ambas fases del proyecto. El un aumento es de aproximadamente 0.06 $m^3/s/m$ que representa un 17% más que el gasto base. El gradiente hidráulico se disipa al interior de los vasos interiores, permitiendo que el flujo se propague con mayor eficiencia. Aunque la zona de conexión marina continúa siendo el principal punto de control del sistema, los vasos III y IV comienzan a mostrar una mayor participación en la dinámica del flujo, reduciendo su grado de aislamiento.

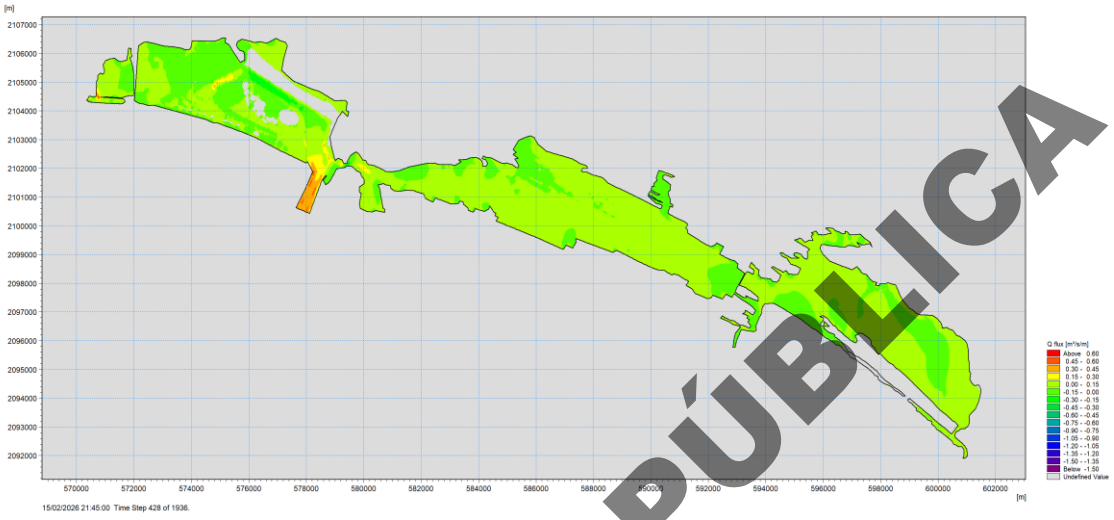
En el escenario 3, la tendencia del aumento de gasto se maximiza, dando lugar a un sistema hidráulicamente más integrado. El gasto se distribuye de manera prácticamente homogénea en todo el sistema, con diferencias espaciales mínimas. Las conexiones entre vasos adquieren mayor relevancia por los conductos de intercambio, favoreciendo la continuidad del flujo y disminuyendo la compartimentación interna, especialmente hacia el Vaso III, ya que hacia el vaso IV la hidrodinámica sigue siendo regida por la sección de la represa. En este escenario, el sistema comienza a comportarse como una unidad más continua

En el caso extremo, el sistema alcanza una máxima conectividad hidráulica, con gastos de intercambio de más del 40%. El gasto presenta un incremento generalizado, manteniendo una distribución altamente uniforme en todo el sistema. Las diferencias espaciales se reducen al mínimo y se forman zonas de tránsito con mayor frecuente ya que el flujo se transmite de manera más eficiente a lo largo de todos los vasos.

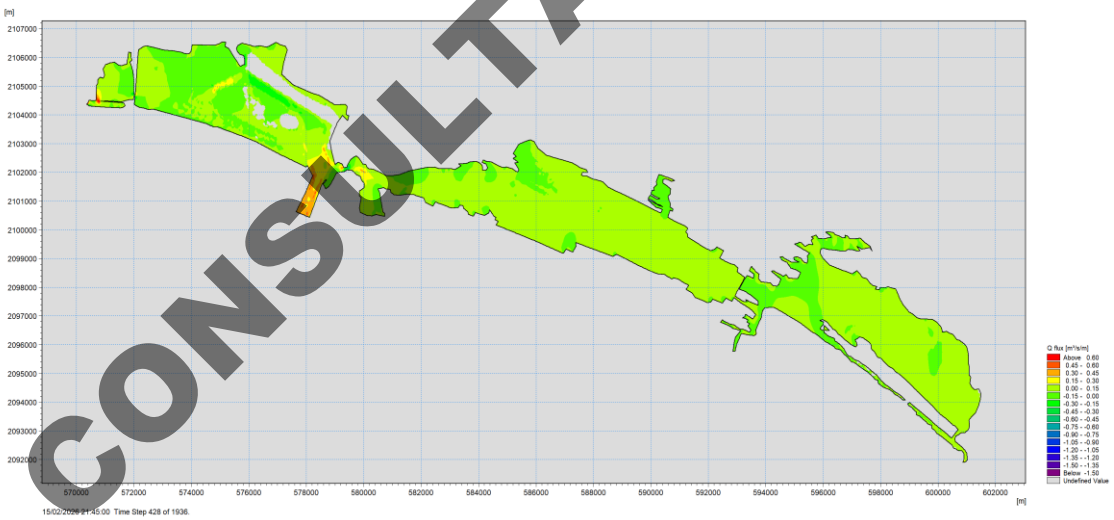


CONSULTA PÚBLICA

a) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 1

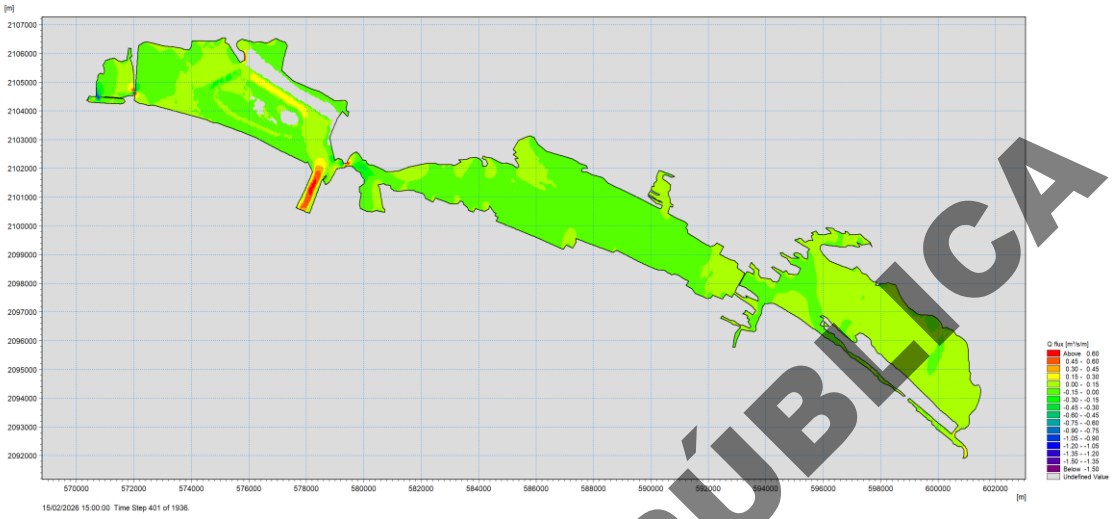


b) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1



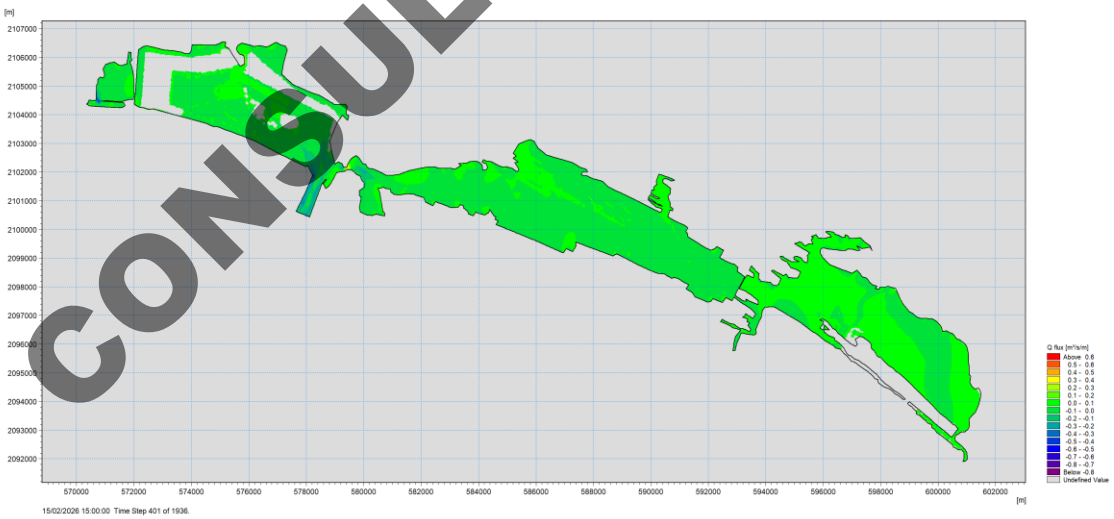
c) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



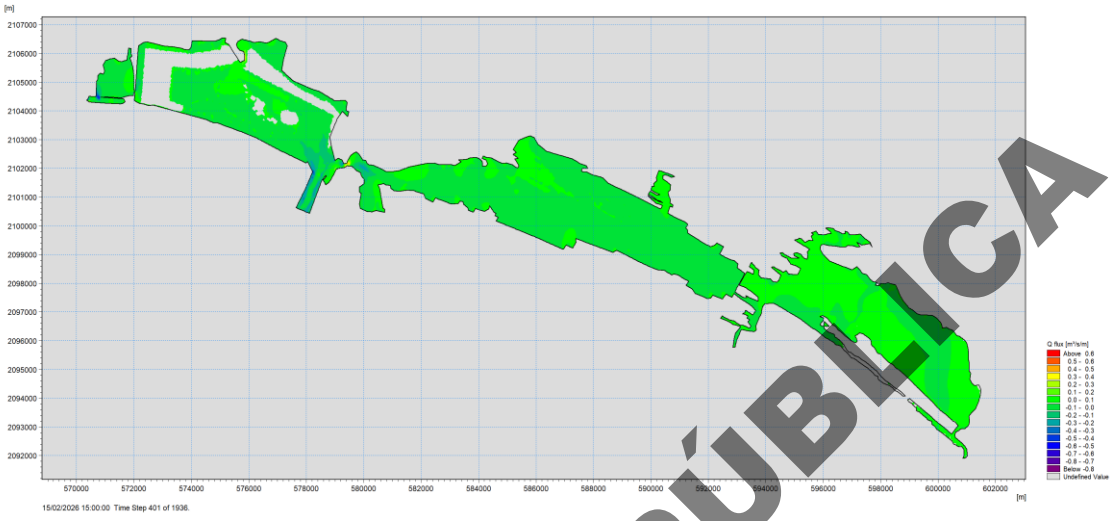
d) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1

Figura IV. 196. Comparación de los gastos con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.

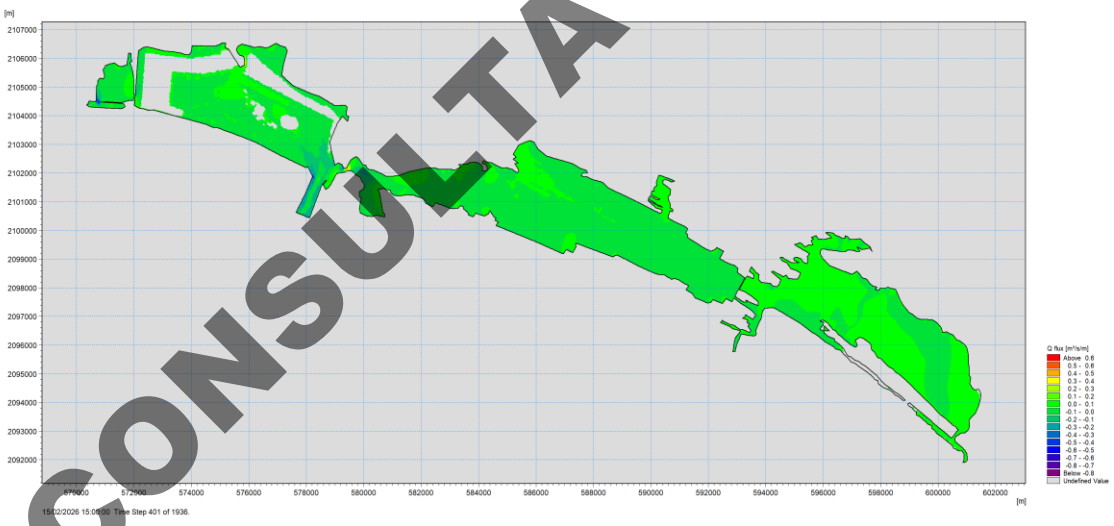


a) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2

CONSULTA PÚBLICA

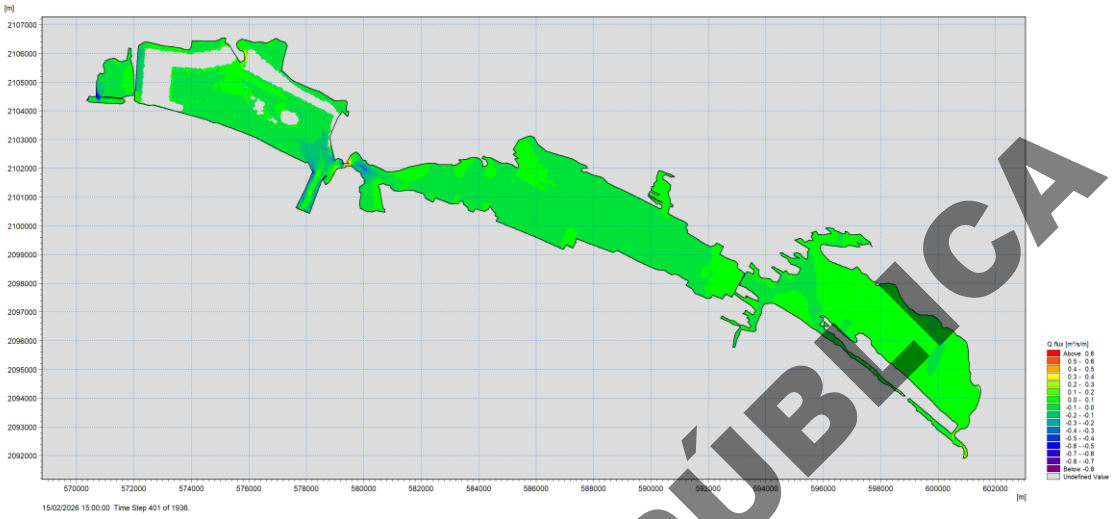


b) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2



c) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2

CONSULTA PÚBLICA



d) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2

Figura IV. 197. Comparación de los gastos con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

Las variaciones de gastos se observan de mejor manera en el comportamiento de series de tiempo. En la Figura IV. 198 se muestra las variaciones de nivel en la zona de intercambio entre el Vaso II y el Vaso III para la fase 2. Se observa que el aumento en el nivel del mar tiene mayor relevancia en la cantidad de agua de intercambio que pueden tener los vasos interiores, mejorando el flujo y el intercambio y aminorando la sedimentación, sin embargo, un aumento de nivel también genera una mayor probabilidad de inundación en las zonas bajas y en la rivera del manglar.

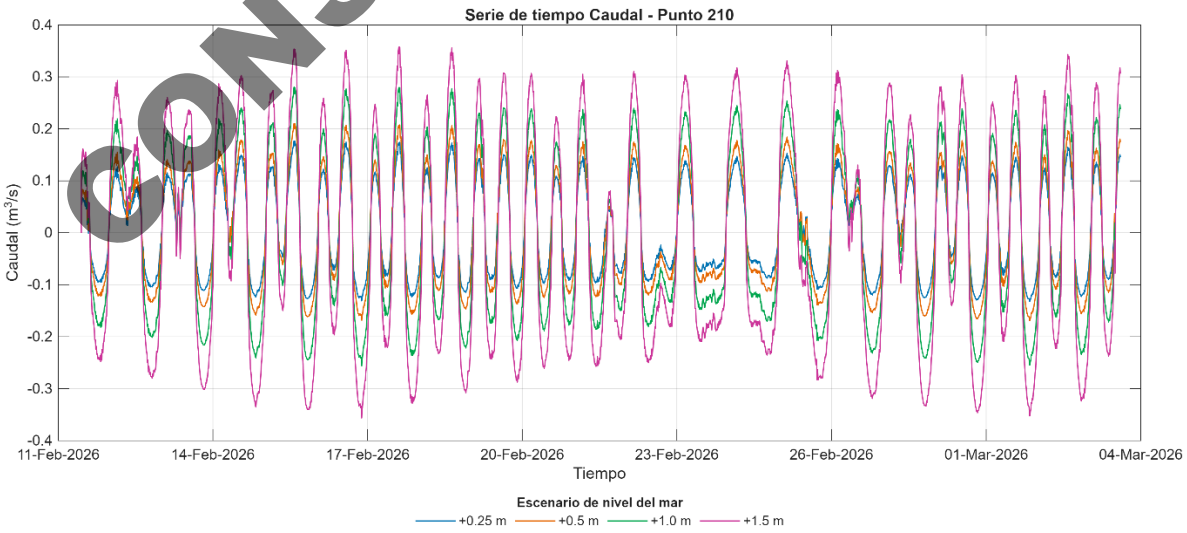


Figura IV. 198. Variación temporal de los gastos entre el Vaso II-III, Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA

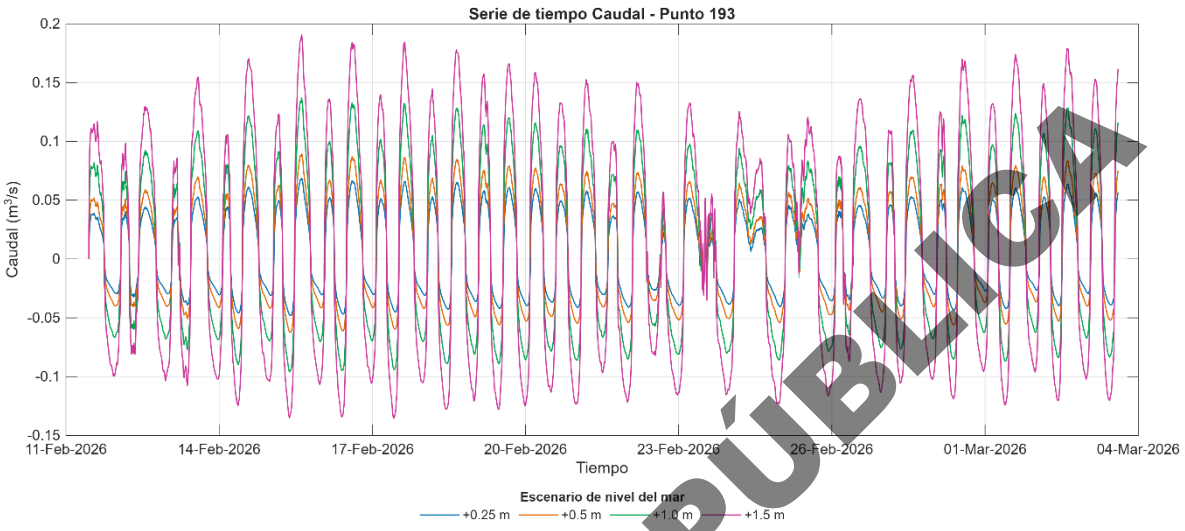


Figura IV. 199. Comparación de los gastos entre del el Vaso I-II, Fase 2.

El análisis conjunto de la elevación de la superficie libre, las componentes de velocidad (U y V) y la distribución de los gastos hidráulicos permite establecer una interpretación integral del funcionamiento hidrodinámico del sistema lagunar de Cuyutlán bajo distintos escenarios de forzamiento.

En general, el sistema continúa con la dinámica dominada por el intercambio marino, el cual controla la propagación de niveles, la distribución de la energía hidráulica y la conectividad entre los distintos vasos. La respuesta del sistema ante incrementos en el nivel del mar muestra una evolución progresiva caracterizada por cambios en la magnitud de las variables hidrodinámicas, sin que se modifique la estructura fundamental del flujo.

Bajo condiciones base, el sistema se comporta como un sistema parcialmente compartimentado, donde existe un gradiente hidráulico bien definido desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos. Este gradiente favorece la disipación progresiva de la energía, generando una diferenciación funcional entre zonas dinámicas (vasos I y II) y zonas de menor renovación (vasos III y IV). Las velocidades longitudinales presentan valores moderados, mientras que la componente transversal es limitada, lo que indica un flujo predominantemente canalizado y alineado con la geometría del sistema.

En escenarios intermedios de incremento del nivel del mar, se observa una reducción progresiva de los gradientes hidráulicos y una mayor propagación de la señal hidrodinámica hacia los vasos internos. Este comportamiento se refleja en una distribución más homogénea de los gastos y en una ligera disminución de las velocidades en las zonas internas, lo que indica una redistribución de la energía hidráulica. A pesar de estos cambios, la dirección dominante del flujo se mantiene, sin evidencia de recirculaciones o patrones complejos de circulación lateral, lo que confirma el control geométrico del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

En el escenario de mayor forzamiento, el sistema alcanza una condición de máxima conectividad hidráulica, donde los distintos vasos responden de manera integrada al incremento del nivel del mar. Se observa un aumento significativo en las velocidades longitudinales y en los gastos, lo que indica una mayor capacidad de transporte de energía y masa a lo largo del sistema. Sin embargo, la componente transversal continúa siendo limitada, lo que implica que el flujo mantiene su carácter predominantemente longitudinal y no desarrolla estructuras hidráulicas complejas o inestables.

Desde el punto de vista hidro sedimentológico, esta dinámica implica que el sistema alterna entre condiciones deposicionales en escenarios normales e intermedios, donde predominan velocidades bajas en los vasos internos, y condiciones de transporte activo durante eventos extremos, donde el incremento de las velocidades favorece la resuspensión y redistribución de sedimentos. Este comportamiento es característico de sistemas lagunares costeros dominados por forzantes oceánicos, donde la variabilidad temporal regula el equilibrio entre erosión y sedimentación.

Los resultados indican que el sistema lagunar presenta un comportamiento hidrodinámico estable, en el cual los cambios inducidos por el incremento del nivel del mar se manifiestan principalmente como variaciones en la intensidad del flujo y en la conectividad hidráulica, sin generar modificaciones en la estructura fundamental del sistema. Sin embargo, desde el punto de vista topográfico, el incremento de nivel del mar inundaría diversas zonas bajas actualmente ocupadas por mangle y diversos tipos de vegetación que se verían afectados por el aumento de tiempo de inundación.

Se concluye que el sistema posee una capacidad natural de adaptación a variaciones en el nivel del mar, respondiendo mediante ajustes en la distribución del flujo y en los patrones de transporte, sin comprometer su integridad funcional. Este comportamiento sugiere que los cambios hidrodinámicos inducidos por el proyecto se mantendrán dentro del rango de variabilidad natural del sistema, sin embargo, genera que las zonas bajas alrededor de cada vaso sean mayormente vulnerables.

IV.3.8.10.3 Marea de Tormenta y Huracanes

Los sistemas como la Laguna de Cuyutlán experimentan fuerzas hidrodinámicas variables que pueden intensificarse significativamente durante eventos climáticos extremos como tormentas tropicales o huracanes.

Como resultado, el aumento del nivel del mar, el incremento de la velocidad del viento y las variaciones en la presión atmosférica contribuyen a lo que se llama una marea de tormenta durante esos eventos. Una marea de tormenta es un aumento anormal del nivel del agua en comparación con las condiciones normales de marea, lo que resulta en una mayor intrusión de agua de mar en los sistemas de lagunas.

Este fenómeno tiene el potencial de modificar en gran medida los patrones de circulación y el intercambio hidráulico entre diferentes vasos, aunque como se mostró anteriormente, el sistema lagunar es altamente adaptativo. El análisis, sirve para examinar la respuesta del sistema de lagunas a condiciones extremas como la marea de tormenta junto con las condiciones de viento, evaluando los medios propuestos de mitigación como los drenes hidráulicos.

Para la simulación de datos de tormenta se utilizó la información disponible del huracán Jova (Figura IV. 200), que se desarrolló a partir de una perturbación tropical que se formó inicialmente el 5 de octubre. La perturbación

CONSULTA PÚBLICA

se convirtió en una depresión tropical a primeras horas del 6 de octubre, para posteriormente fortalecerse hasta convertirse en la tormenta tropical Jova más tarde ese mismo día. Si bien Jova se convirtió en huracán categoría 3, en las costas de Jalisco, las características del Huracán en las costas de Manzanillo fueron de tormenta, alcanzado un aumento de nivel del mar por arriba de los 50 cm respecto al nivel promedio del mar en la región del pacífico y con vientos máximos de 50 m/s en la zona de manzanillo.

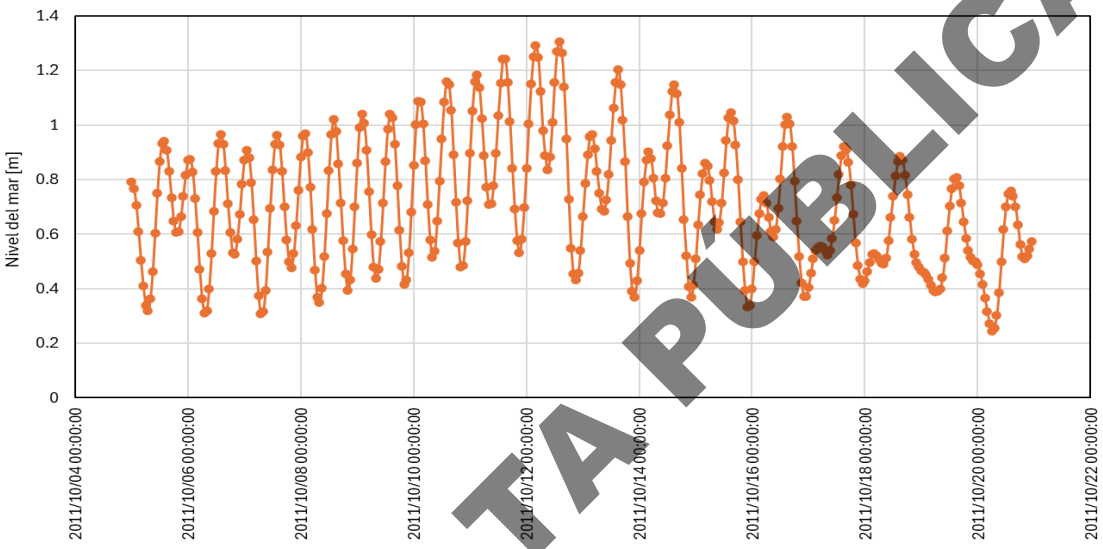


Figura IV. 200. Serie de tiempo del nivel del mar durante el huracán Jova utilizado para la simulación

Respecto a las direcciones del viento durante este huracán Jova predominan entre los 64° hasta los 90° norte, de entre los 29° hasta los 40° noreste y del 290° hasta los 320° sureste aproximadamente (Figura IV. 201).

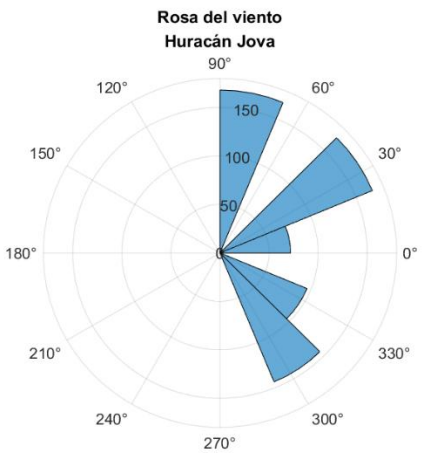


Figura IV. 201. Rosa de viento del Huracán Jova.

CONSULTA PÚBLICA

Con respecto a la velocidad del viento, se cuentan con los datos de la caracterización de este, en donde la velocidad va aumentando gradualmente hasta que llega el 10 de octubre, donde llega a una velocidad máxima de 55 m/s (en la zona de manzanillo), posteriormente comienza a disminuir, pero el registro se corta hasta los 12 de octubre (Figura IV. 202).

La dirección del viento como perfil tiene un comportamiento escalonado, comenzando alrededor de los 300°, posterior al 8 de octubre no hay registro y para el día siguiente y hasta el 12 de octubre las direcciones se encuentran por debajo de los 100° Figura IV. 202).

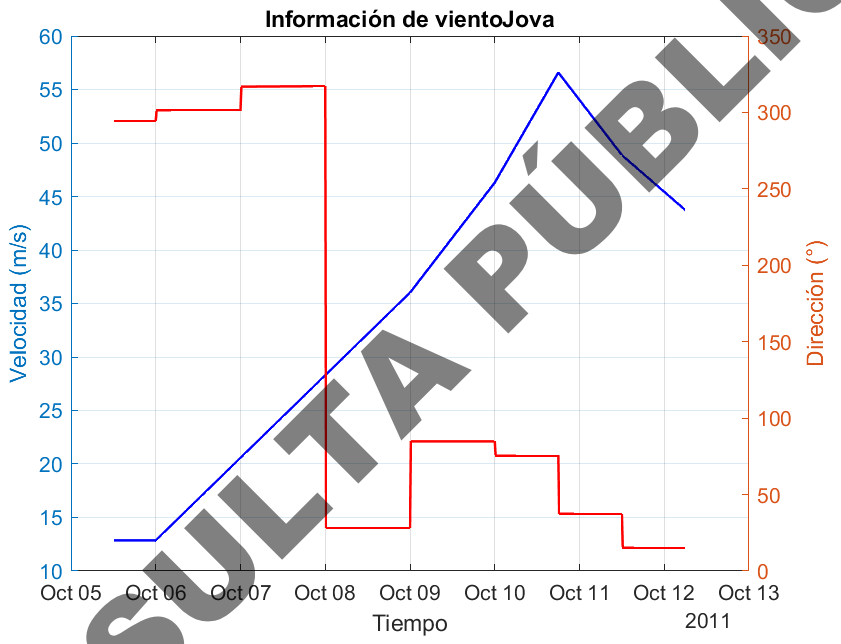


Figura IV. 202. Información de viento del Huracán Jova.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.10.3.1 Variación del nivel

Bajo condiciones de marea y viento de tormenta, el sistema lagunar presenta una distribución independiente para cada vaso (Figura IV. 203), ya que las conexiones se restringen por la geometría de cada una. Este comportamiento indica que, además del forzamiento mareal, el viento induce una redistribución del agua que genera gradientes hidráulicos perpendiculares la dirección del viento provocando acumulaciones locales para cada vaso. La propagación del nivel no es completamente uniforme, lo que evidencia la influencia de la geometría del sistema y la existencia de cierto grado de compartimentación hidráulica. La elevación de la superficie libre presenta un rango aproximado de 0.60 a 1.40 m debido a la marea de tormenta y el empuje del viento, con valores predominantes entre 0.80 y 1.20 m en alrededor del 65–75% del área del sistema. Se identifican zonas con elevaciones superiores a 1.20 m (≈15–20% del área), principalmente en el Vaso IV y sectores centrales, lo que indica acumulaciones inducidas por el viento, debido a que el sistema ene l Vaso IV se encuentra más confinado que el resto de los vasos. Las zonas con valores menores a 0.80 m representan

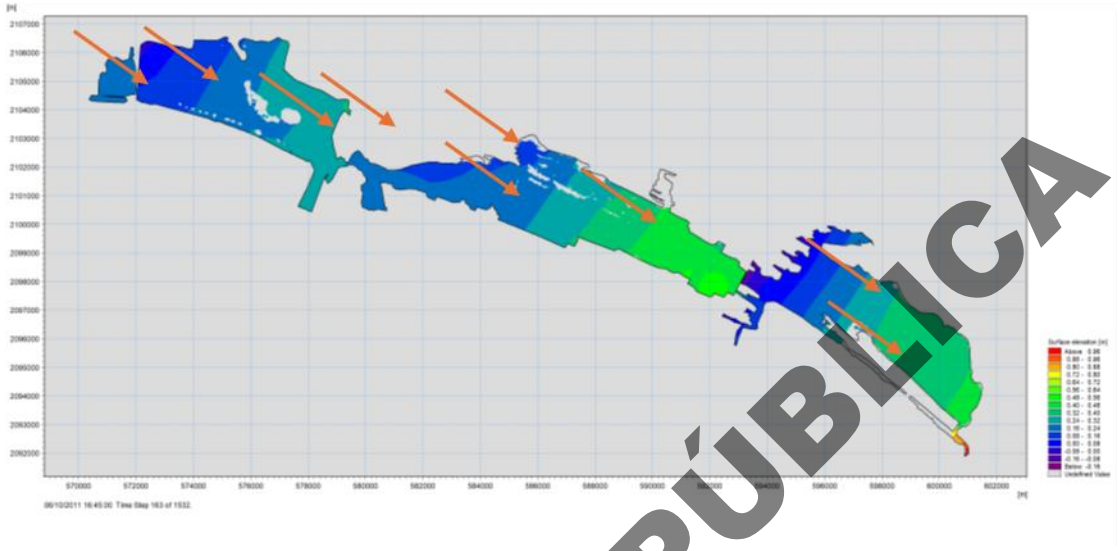
aproximadamente 10–15% del área, localizadas hacia la zona de conexión marina, ya que esta zona se encuentra encajonada por las obras de los canales.

El proyecto en su fase 1 (Figura IV. 203b) genera una modificación en la distribución espacial de la elevación de la superficie libre en el Vaso II, caracterizada por una menor continuidad hidráulica y aumentando en la presencia de acumulaciones localizadas, especialmente al norte de la plataforma. En comparación con la condición base, se observa una propagación más uniforme en el vaso II, debido a la ocupación de la plataforma, manteniendo las condiciones de los demás vasos como la condición base, lo que sugiere un forzamiento en el confinamiento hidráulico independiente de cada vaso. Aunque las zonas de mayor elevación se mantienen, estas presentan una menor intensidad relativa, indicando una atenuación de los picos locales. Este comportamiento sugiere que el proyecto no afecta la redistribución del flujo en los vasos interiores, únicamente en la variación de nivel dentro del vaso II debido a la disminución de área, en consecuencia, de limitar el área por la construcción de la plataforma. El rango de elevaciones se mantiene en 0.70 a 1.30 m (ligero aumento de 0.1 m), con una mayor concentración en el intervalo de 0.90 a 1.10 m (≈70–80% del área). Las zonas con valores superiores a 1.20 m disminuyen a aproximadamente 10–15% del área, mientras que la variabilidad espacial se reduce en aproximadamente 20–30% respecto a la condición base debido a la ocupación de la superficie de la fase 1.

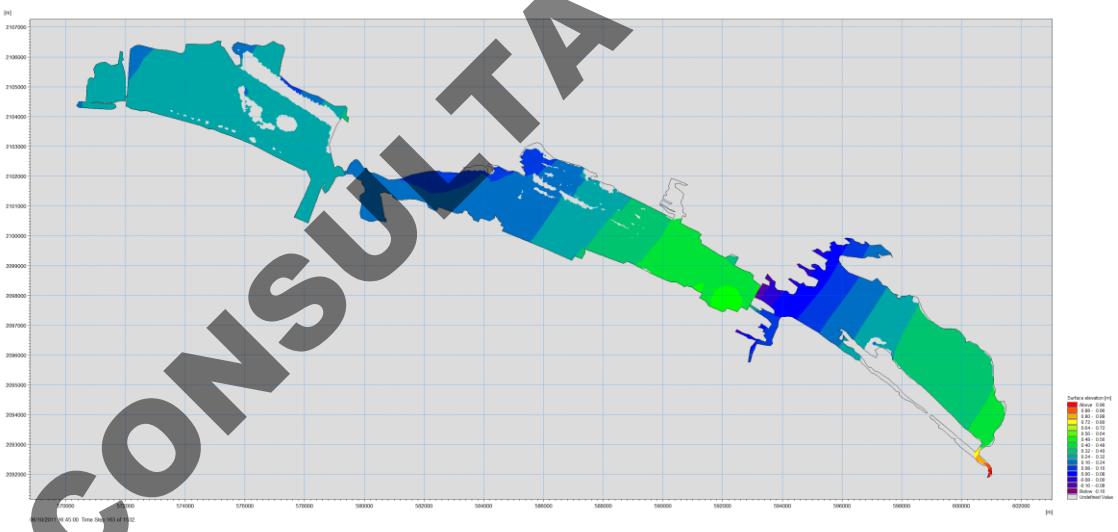
En la fase 2 (Figura IV. 203c), esta tendencia se acentúa, alcanzándose una condición de menor integración hidráulica en la que el sistema responde con un ligero aumento de gradiente (0.08 m) debido al forzamiento de tormenta. La elevación se distribuye principalmente en el rango de 0.90 a 1.10 m en más del 80–85% del sistema, con valores extremos (>1.20 m) restringidos a menos del 10% del área. La diferencia espacial máxima entre zonas se reduce a aproximadamente 0.20–0.30 m, lo que indica una disminución del gradiente hidráulico del orden de 30–40% respecto a la condición base.

En conjunto, los resultados indican que el proyecto no incrementa el riesgo hidráulico del sistema en los vasos interiores y tampoco en el vaso I bajo condiciones de tormenta, sino únicamente ve afectado su redistribución en el mismo y aislando algunas zonas que se reconectan con los drenajes.

CONSULTA PÚBLICA

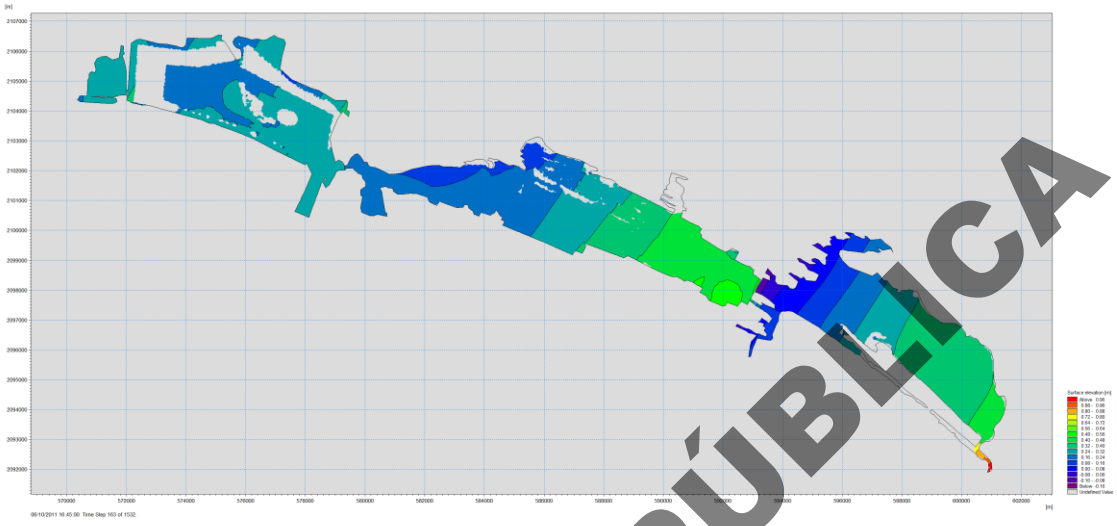


a) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova.



b) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA

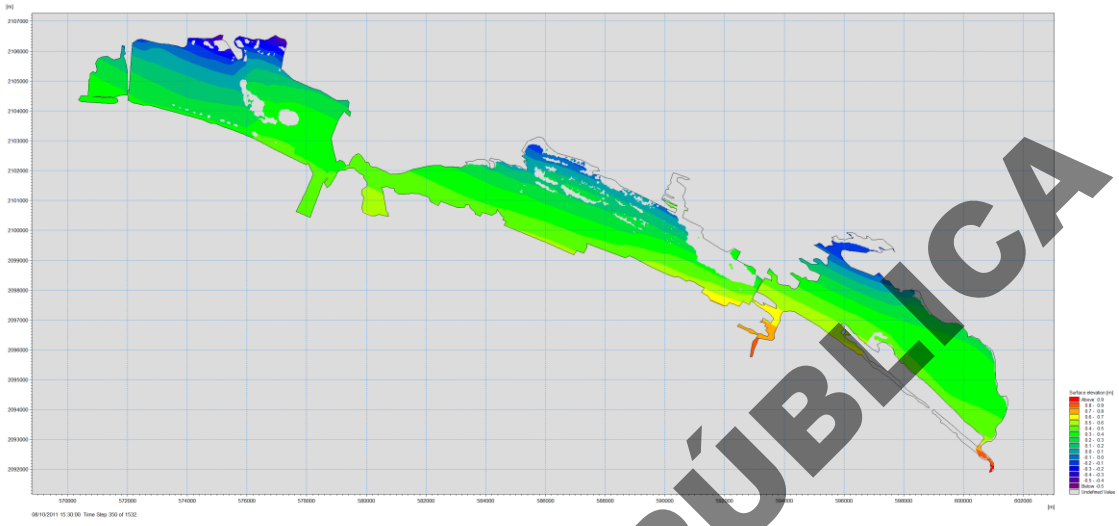


c) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova. Fase 2

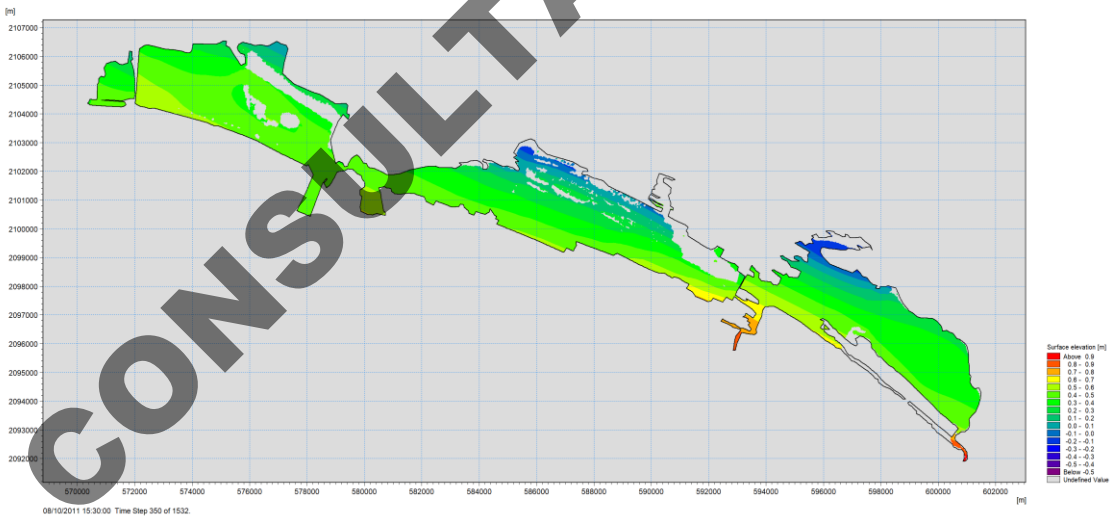
Figura IV. 203. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

La respuesta del sistema tambien dependerá fuertemente de la dirección del viento, su intensidad y la duración de la condición. En la Figura IV. 204 se muestra una configuración distinta debido a un cambio de dirección del viento. Un caso de un viento perpendicular a la línea de costa como el que se muestra en la imagen se detallara en la siguiente sección.

CONSULTA PÚBLICA

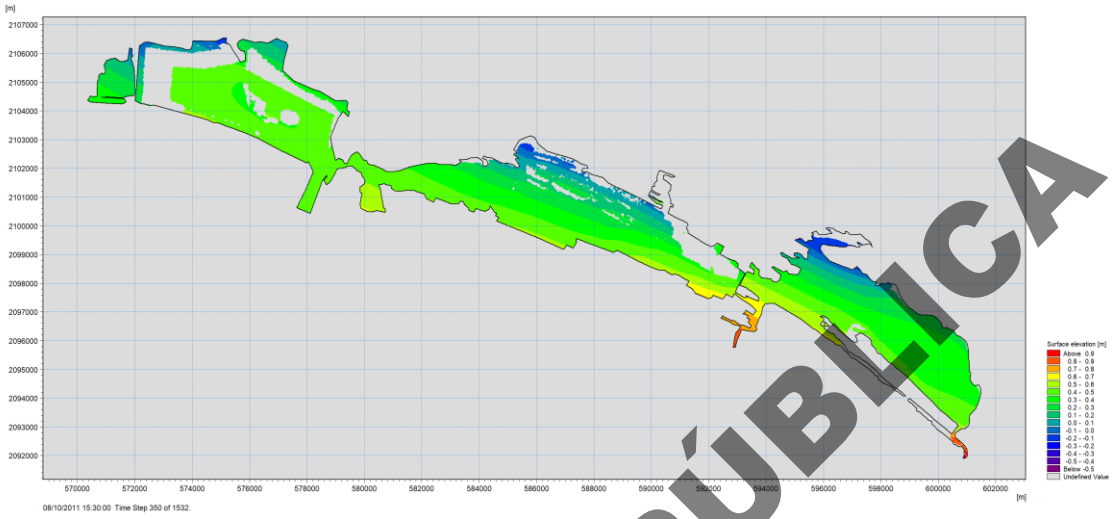


a) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova con viento en dirección contraria.



b) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova con viento en dirección contraria. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



c) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova con viento en dirección contraria. Fase 2

Figura IV. 204. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

IV.3.8.10.3.2 Velocidad V

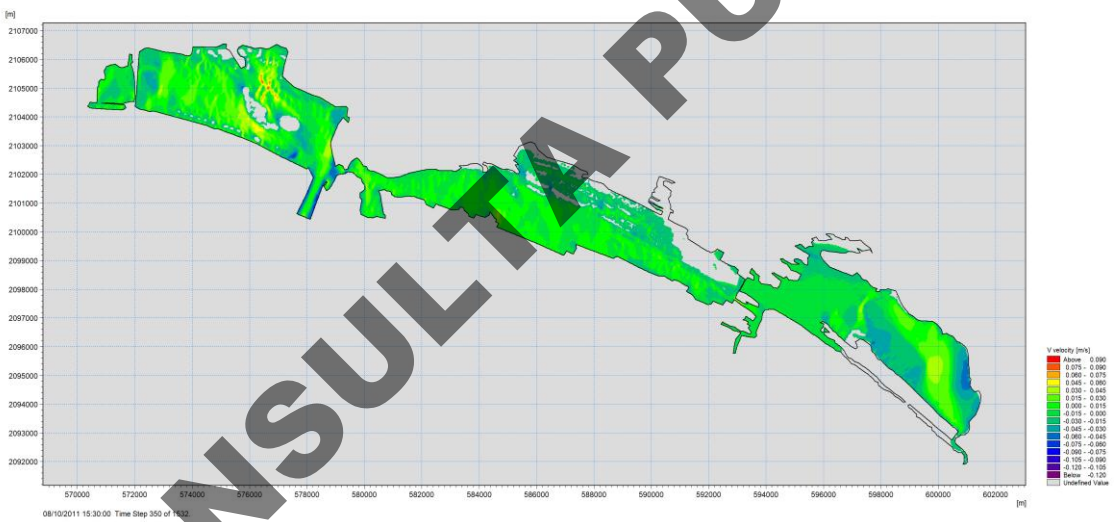
Bajo condiciones de tormenta, la componente transversal de la velocidad (V) presenta un incremento significativo en su variabilidad espacial (debido principalmente a la dirección del viento), evidenciando la influencia del viento en la dinámica del sistema lagunar. La componente presenta valores en el rango de ±0.05 a ±0.20 m/s, con zonas localizadas donde se alcanzan valores de hasta ±0.25 m/s en aproximadamente 20–30% del área, reflejando la influencia del viento. A diferencia de condiciones normales de flujo, se identifican zonas con flujo lateral activo, debido al viento, así como áreas de convergencia y divergencia que generan redistribuciones locales del agua, como se puede ver en el vaso II (Figura IV. 205). Estas condiciones favorecen la acumulación en zonas específicas del sistema, contribuyendo a la formación de gradientes hidráulicos irregulares (estas irregularidades pueden ser las causantes de los bancos o isletas formados en los vasos interiores). Este comportamiento refleja una respuesta compleja del sistema ante forzamientos extremos, donde la componente transversal adquiere un papel relevante en la distribución del flujo (si y solo si el flujo es como el mostrado en este caso de estudio).

En el escenario correspondiente a la fase 1 del proyecto (Figura IV. 205b) el rango se mantiene en ±0.05 a ±0.20 m/s, pero la extensión de zonas con valores >±0.20 m/s se reduce a aproximadamente 15–20% del área, lo que indica una disminución en la variabilidad lateral del orden de 15–25%., lo que muestra una redistribución más estructurada en el vaso II en comparación con la condición base, debido a la ocupación de la plataforma frente a las islas cocodrilo. Aunque el flujo lateral inducido por el viento se mantiene, se observa una reducción en la dispersión irregular y una mayor concentración del flujo en zonas específicas, particularmente en los canales de conexión, esto debido a la geometría y disposición de los Canales con respecto a la dirección del

CONSULTA PÚBLICA

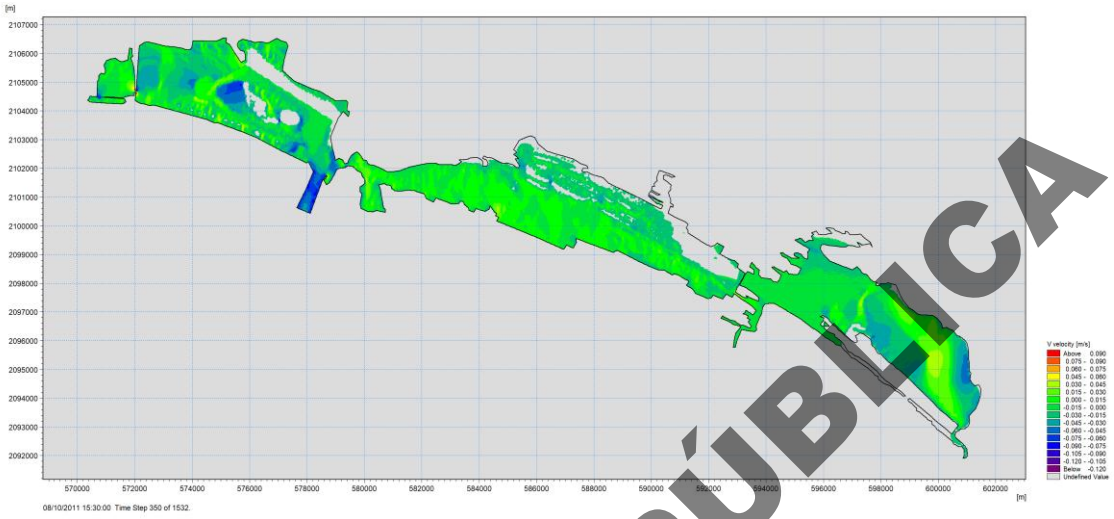
viento. Este comportamiento indica una canalización parcial del flujo, lo que favorece una disminución en la extensión de las zonas de convergencia y, por ende, en la formación de acumulaciones localizadas. En conjunto, el sistema presenta una respuesta más ordenada frente al forzamiento de tormenta.

En el escenario correspondiente a la fase 2 (Figura IV. 205c), muestra una organización más definida en comparación con los escenarios previos en el vaso II y es debido a la construcción de la segunda plataforma. Lo que evita que el flujo sea menos turbulento, aunque el flujo lateral inducido por el viento continúa presente. El flujo tiende a concentrarse en las zonas de conexión y canales debido al forzamiento del viento a las zonas de conexión, lo que favorece una canalización más eficiente y una disminución en la dispersión lateral. Esta condición reduce la extensión de las zonas de convergencia y contribuye a una mejor redistribución del agua en el sistema lagunar. En la fase 2, los valores se concentran mayormente en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en alrededor del 70–80% del sistema, mientras que las zonas con valores extremos (>±0.20 m/s) se reducen a menos del 10–15% del área, evidenciando una disminución de la variabilidad lateral del orden de 30–40% respecto a la condición base.

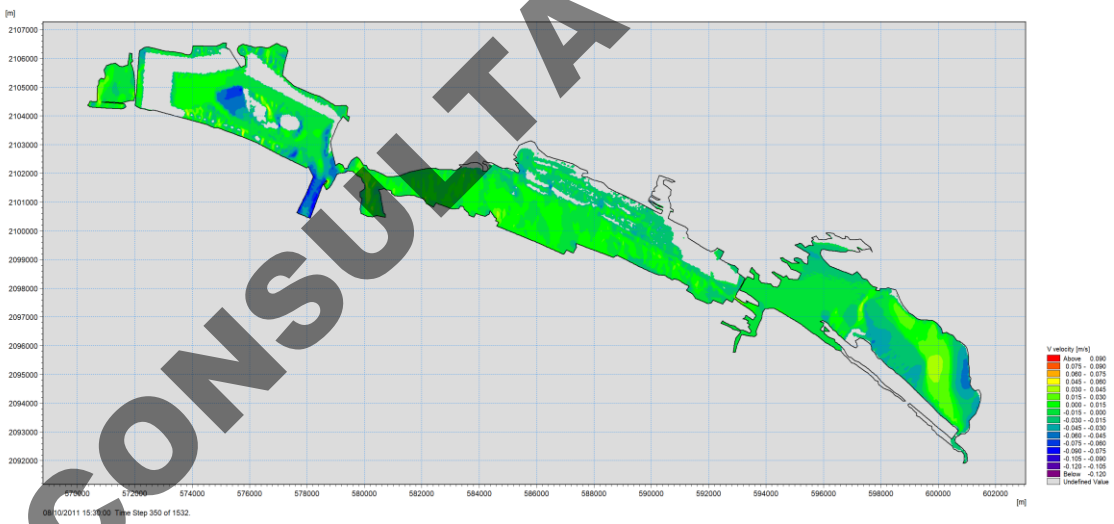


a) Variación de la velocidad V para la tormenta Jova.

CONSULTA PÚBLICA



b) Variación de la velocidad V para la tormenta Jova. Fase 1



c) Variación de la velocidad V para la tormenta Jova. Fase 2

Figura IV. 205. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

Se presenta valores en un rango aproximado de ±0.05 a ±0.20 m/s, con zonas localizadas donde se alcanzan valores cercanos a ±0.25 m/s, principalmente en regiones de transición. Estas zonas representan aproximadamente el 20–30% del área total, indicando una influencia significativa del viento en la redistribución lateral.

CONSULTA PÚBLICA

En la fase 1, el rango de velocidades se mantiene similar (±0.05 a ±0.20 m/s), pero la extensión de zonas con valores extremos se reduce a aproximadamente 15–20% del área, lo que indica una disminución en la dispersión lateral.

En la fase 2, los valores se concentran mayormente en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s, con una reducción adicional de zonas con valores altos (<10–15% del área), lo que evidencia una disminución en la variabilidad lateral y una mayor organización del flujo.

IV.3.8.10.3.3 Velocidad U

Bajo condiciones de tormenta, la componente longitudinal de la velocidad (U) presenta valores moderados a lo largo del sistema lagunar, debido al ángulo del viento, con incrementos localizados en zonas de conexión y estrechamientos hidráulicos. No se identifican concentraciones extensas de alta velocidad, lo que indica que la energía del sistema se distribuye de manera progresiva. En los vasos internos, las velocidades disminuyen, favoreciendo condiciones de menor dinamismo. Este comportamiento sugiere que, aun bajo forzamientos extremos, el sistema mantiene una estructura hidráulica estable en términos longitudinales, sin evidencias de incremento crítico en la intensidad del flujo. Se presentan valores predominantemente en el rango aproximado de 0.10 a 0.30 m/s en la mayor parte del sistema lagunar (>70% del área), con incrementos localizados en zonas de conexión hidráulica donde los valores pueden alcanzar aproximadamente 0.30–0.40 m/s. En los vasos internos (III y IV), se identifican áreas con velocidades menores a 0.10–0.15 m/s, lo que indica condiciones de menor dinamismo.

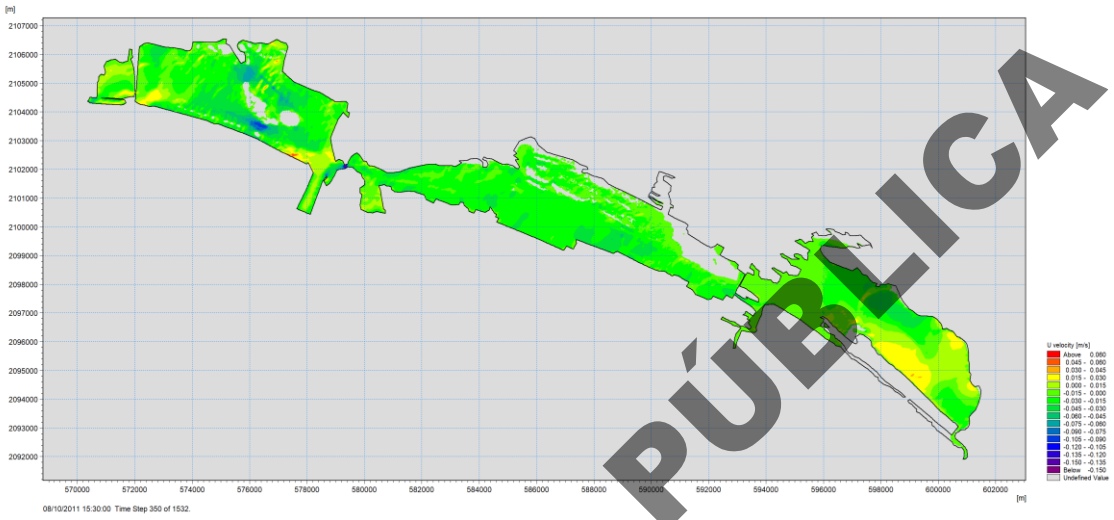
En el escenario correspondiente a la fase 1, la componente longitudinal muestra un incremento generalizado en comparación con la condición base, acompañado de una distribución más homogénea en todo el sistema lagunar. Este comportamiento indica una mayor propagación de la energía hidráulica y una reducción en las zonas de baja velocidad, particularmente en los vasos internos. A pesar del incremento en la intensidad del flujo, no se identifican concentraciones críticas de alta velocidad, lo que sugiere que el aumento es controlado y no implica un riesgo significativo de erosión a escala regional (no con esta dirección de viento ya que favorece las estructuras lagunares en vasos interiores). Se observa un incremento generalizado de las velocidades, con valores predominantes en el rango de 0.20 a 0.40 m/s en aproximadamente el 80% del sistema. Las zonas de baja velocidad (<0.15 m/s) se reducen significativamente en extensión (<15% del área total), indicando una mayor activación hidráulica de los vasos internos. Las zonas de mayor velocidad (>0.40 m/s) permanecen limitadas a menos del 5% del área, concentradas en conexiones y estrechamientos

En el escenario correspondiente a la fase 2, la velocidad presenta una distribución uniforme en todo el sistema lagunar, con valores moderados que reflejan una propagación eficiente de la energía hidráulica. En comparación con los escenarios previos, se observa una reducción en la variabilidad espacial y una disminución de las zonas de baja velocidad, lo que indica una mayor integración del sistema. A pesar del incremento en la intensidad del flujo, no se identifican concentraciones críticas de alta velocidad, lo que sugiere que el sistema mantiene condiciones estables sin riesgo significativo de erosión.

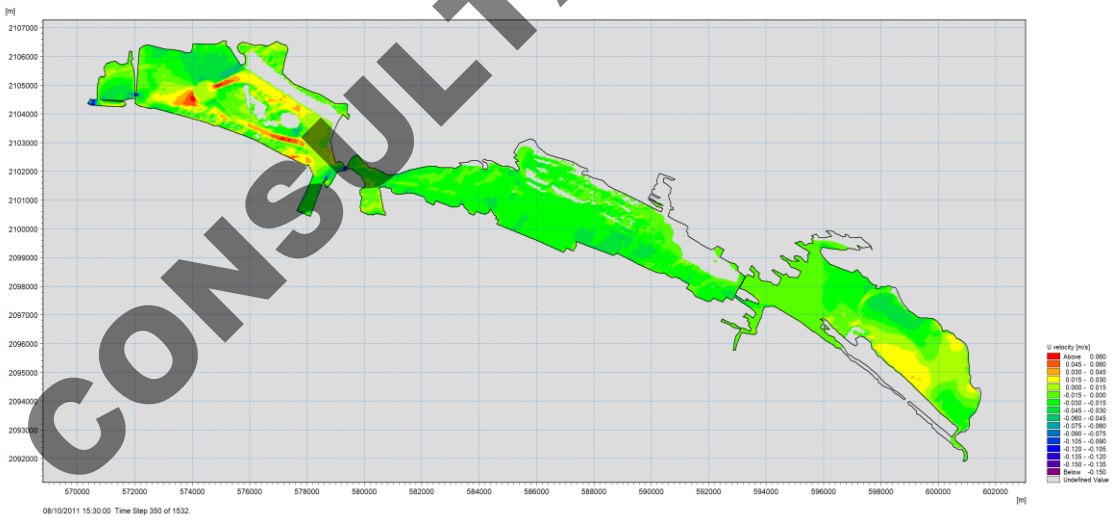
En la fase 2, las velocidades se estabilizan en un rango predominante de 0.25 a 0.45 m/s, con una distribución más uniforme en todo el sistema. Las zonas de baja velocidad (<0.15 m/s) prácticamente desaparecen (<5%

CONSULTA PÚBLICA

del área), mientras que las velocidades mayores a 0.50 m/s siguen siendo puntuales y restringidas a zonas de control hidráulico (<5%). Esto indica que el incremento de la velocidad es generalizado, pero no concentrado.

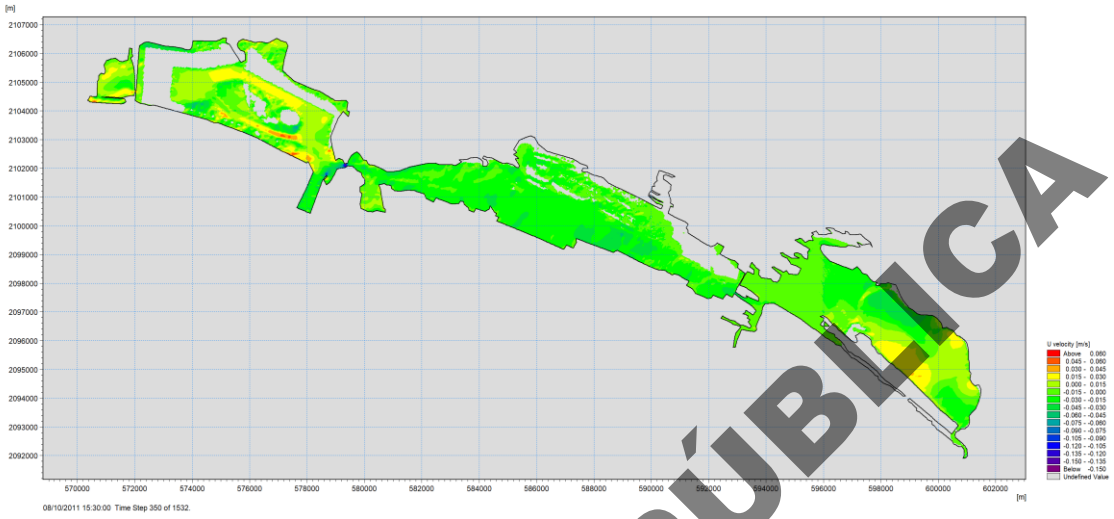


a) Variación de la velocidad U para la tormenta Jova.



b) Variación de la velocidad U para la tormenta Jova. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



c) Variación de la velocidad U para la tormenta Jova. Fase 2

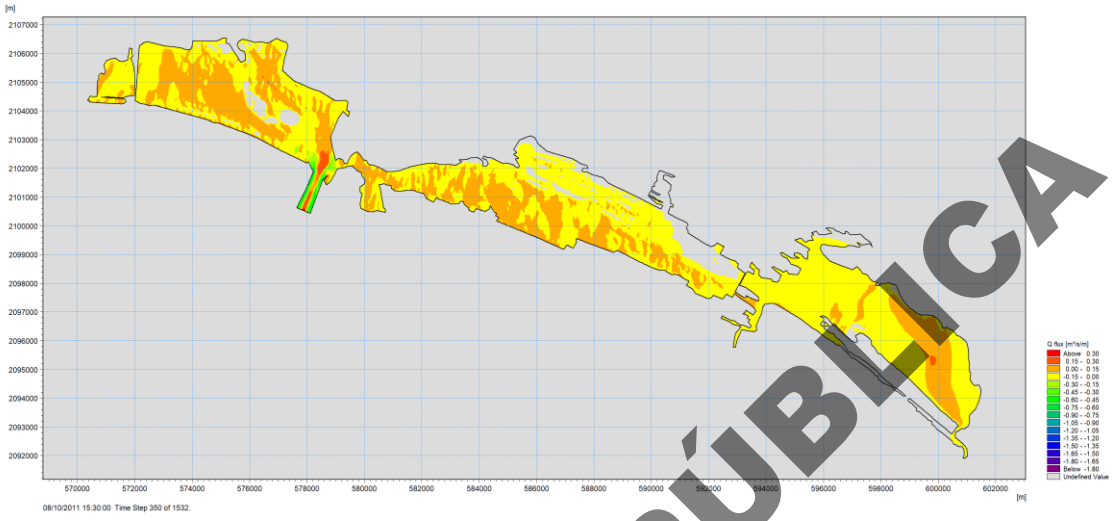
Figura IV. 206 Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

El proyecto incrementa y redistribuye la energía hidráulica del sistema bajo condiciones de tormenta, mejorando su eficiencia sin generar concentraciones críticas de velocidad ni condiciones de inestabilidad.

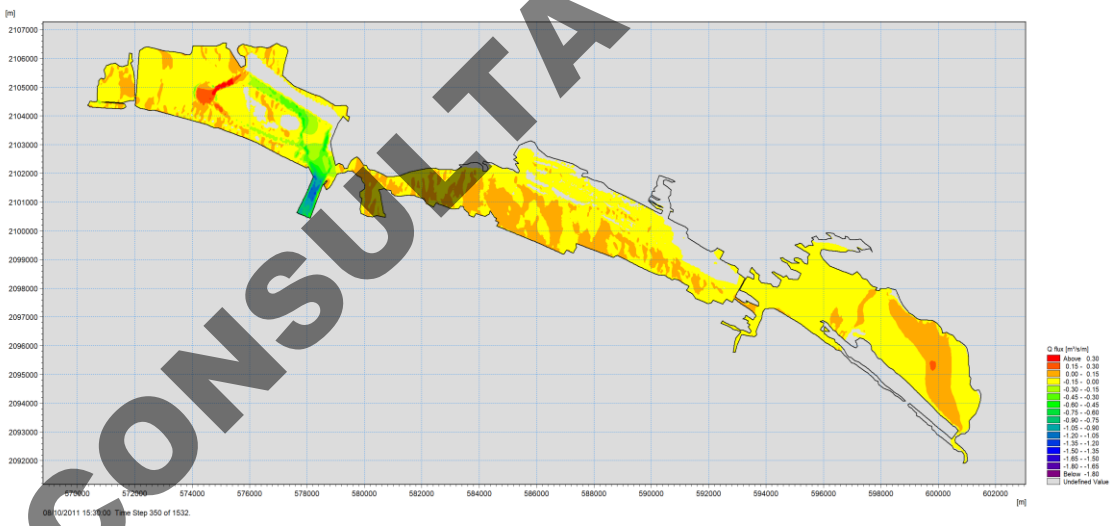
IV.3.8.10.3.4 Gasto

El gasto presenta una menor variabilidad, ya que por balance el sistema recibe parcialmente la misma cantidad de agua, solo la variabilidad por el aumento del nivel del mar que se estudió con anterioridad.

CONSULTA PÚBLICA

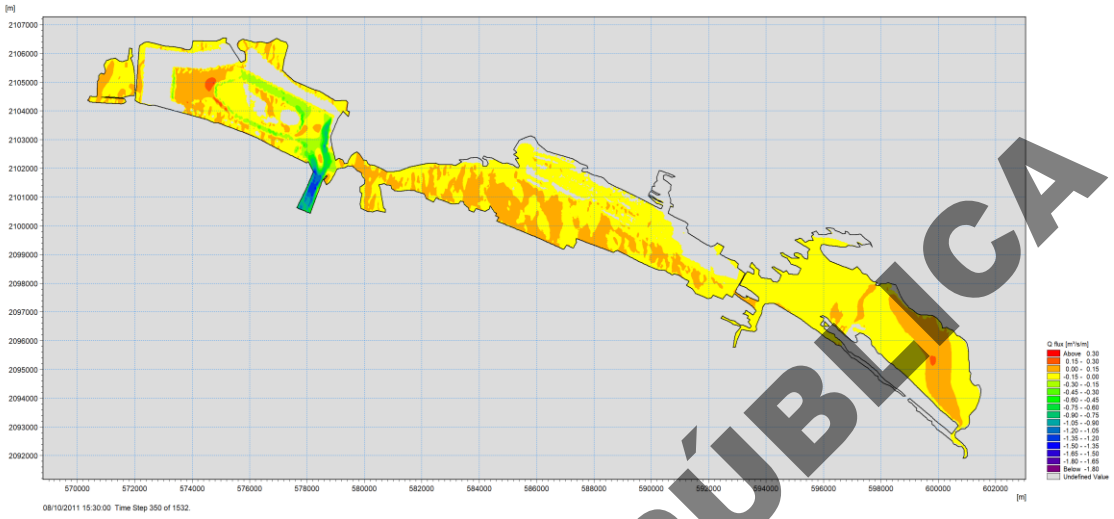


a) Variación de los gastos para la tormenta Jova.



b) Variación de los gastos para la tormenta Jova. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



c) Variación de los gastos para la tormenta Jova. Fase 2

Figura IV. 207. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

Para la simulación de datos de Huracán se utilizó la información disponible del huracán Kenna del 2002. Para el huracán Kenna las mareas rondaron desde los -0.4 m.s.n.m. hasta los 0.4 m.s.n.m. De manera similar que, con Jova, los registros de ambas entradas de mar a los vasos son bastante similares, siendo nuevamente la entrada al vaso dos la que presenta elevaciones ligeramente superiores.

CONSULTA PÚBLICA

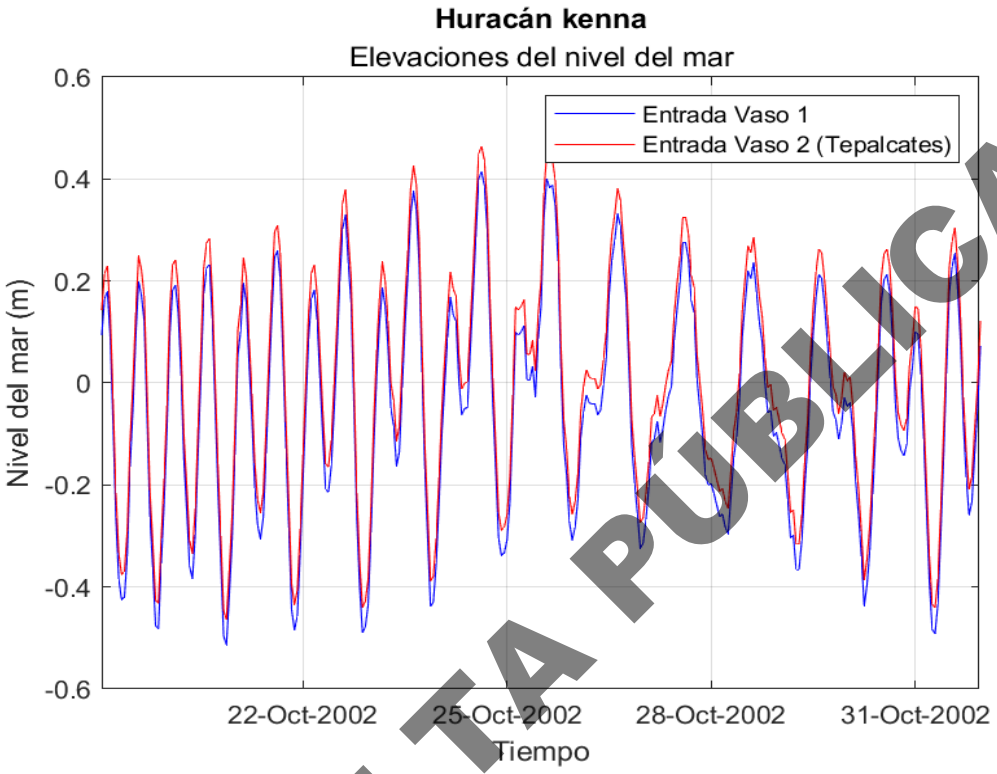


Figura IV. 208. Serie de tiempo de marea durante el huracán Kenna

CONSULTA PÚBLICA

Respecto a las direcciones del viento, la que más dominó fue entre los 290° y 320° sureste, posteriormente la dirección entre los 20° y 33° noreste y como tercera dominante se encuentran los grados entre 270° y 290° sureste (Figura IV. 209).

La velocidad del viento durante el huracán Kenna tiene un pico menos claro que el de Juliette, ya que del 19 al 22 de octubre se formó un pequeño aumento de la velocidad que llega a los 20 m/s, posteriormente la velocidad sigue aumentando rápidamente hasta alcanzar el máximo de 75 m/s el día 25 de octubre. Posteriormente, la velocidad disminuye rápidamente hasta llegar a los cero m/s para el 26 de octubre (Figura IV. 209).

La dirección vista de manera planar se mantiene oscilando entre los 300° durante todo el periodo del huracán, alcanzando los 350° y 240° aproximadamente (Figura IV. 210).

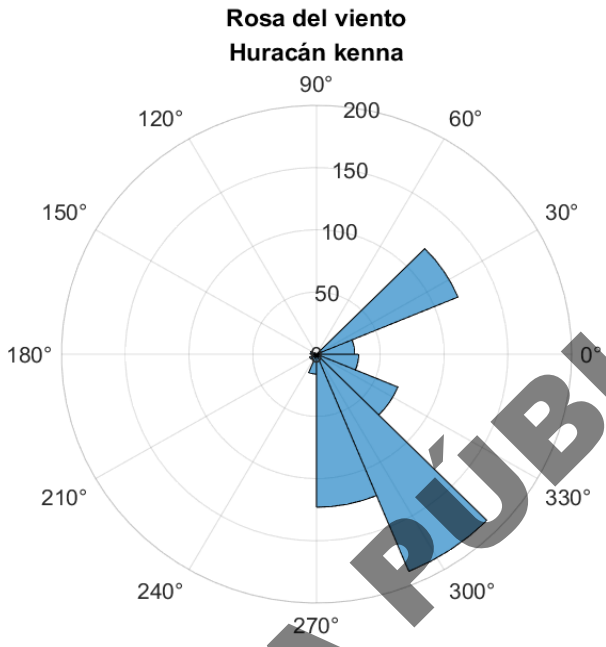


Figura IV. 209. Rosa de viento del huracán Kenna

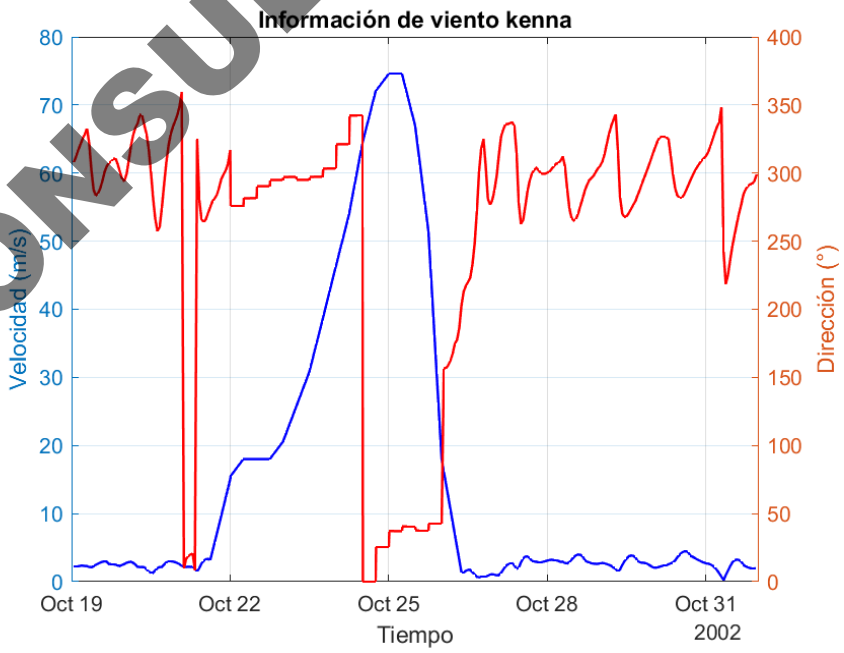


Figura IV. 210. Información de viento del Huracán Kenna.

CONSULTA PÚBLICA

Para observar un comportamiento con mayor impacto, también se simuló un intervalo con las rachas de viento de 85 Km/h en dirección perpendicular a la línea de costa, con el objetivo de analizar las velocidades y alturas máximas en la zona de muelles.

IV.3.8.10.3.5 Huracán Kena

En el escenario correspondiente a un evento de tormenta con una dirección de viento perpendicular a la línea de costa, la distribución de la elevación de la superficie libre muestra un cambio significativo en el patrón espacial respecto al escenario previamente analizado. Los niveles máximos se localizan en la zona occidental del sistema lagunar, alcanzando valores del orden de 1.30 a 1.50 m, mientras que hacia la zona oriental se observan valores menores, en el rango de 0.80 a 1.00 m. Este comportamiento genera un gradiente hidráulico más pronunciado, del orden de 0.40 a 0.60 m, indicando un forzamiento direccional más intenso. En la zona profunda del vaso II se alcanzan los 1.35 m de altura.

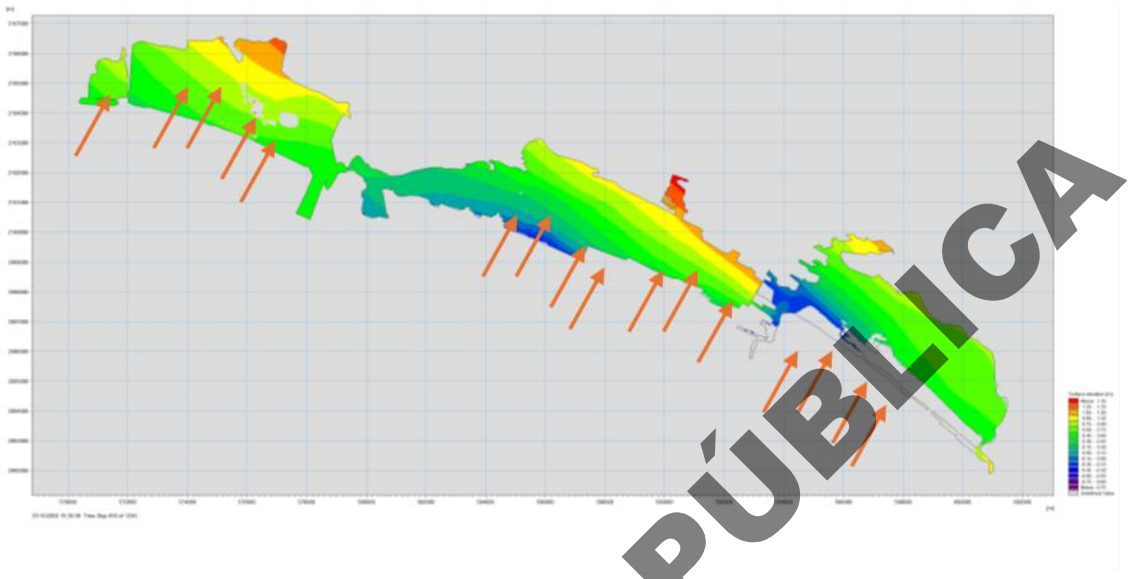
La redistribución de las zonas de acumulación evidencia que la respuesta del sistema depende de la dirección del viento y de su magnitud, ya que el oleaje desplaza el agua a las áreas de mayor elevación de un extremo del sistema a otro. Este comportamiento confirma la naturaleza dinámica del sistema, en el que la localización de las zonas críticas no es fija, sino que depende de las condiciones de forzamiento.

En el escenario correspondiente a la fase 1, se observa una reducción en los valores máximos de elevación del nivel del agua en el Vaso II, por la pérdida de superficie libre, pasando de aproximadamente 1.30–1.50 m en la condición base a valores del orden de 1.20–1.40 m. Asimismo, la distribución espacial en los demás vasos es uniforme, con un predominio de niveles entre 1.00 y 1.20 m en cerca del 75–80% del sistema, correspondientes a los vasos interiores.

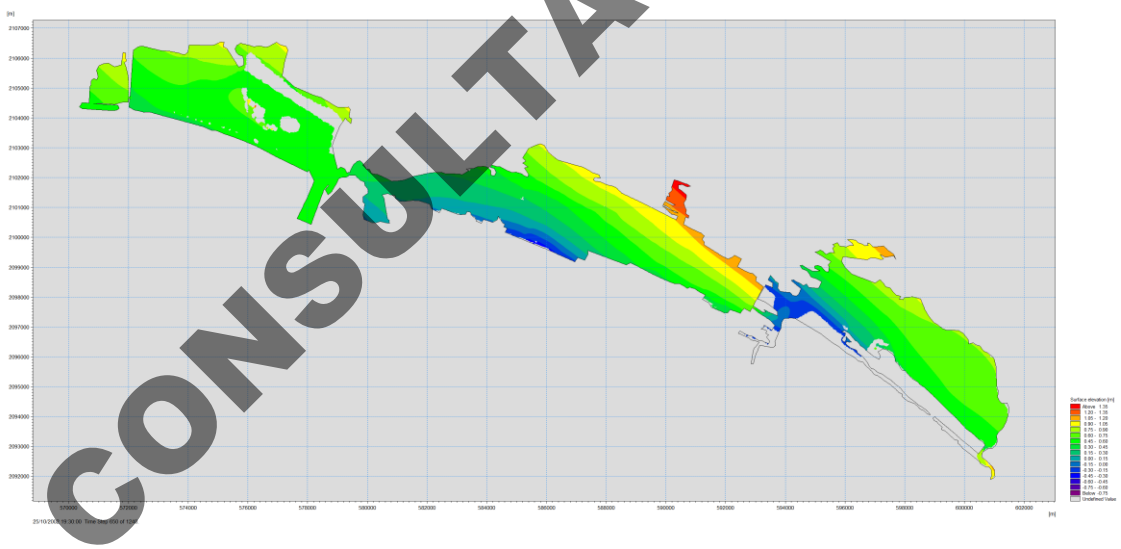
El gradiente hidráulico se reduce en aproximadamente 15–25% en el vaso II por la reducción de la plataforma, lo que indica una menor acumulación localizada y una mayor propagación del nivel hacia las zonas previamente deprimidas. Este comportamiento evidencia que el proyecto favorece la redistribución del flujo por tener menos superficie que permita la propagación y amplitud de las ondas, incluso bajo condiciones de forzamiento con dirección franca hacia tierra adentro, contribuyendo a una mayor estabilidad del sistema.

En el escenario correspondiente a la fase 2, se observa una reducción adicional en los valores máximos de elevación del nivel del agua, alcanzando rangos de aproximadamente 1.15 a 1.35 m, en comparación con valores de hasta 1.50 m en la condición base. La distribución espacial en vasos interiores continua en la misma magnitud predominando alturas entre 1.00 y 1.20 m lo que representa cerca del 80–85% del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

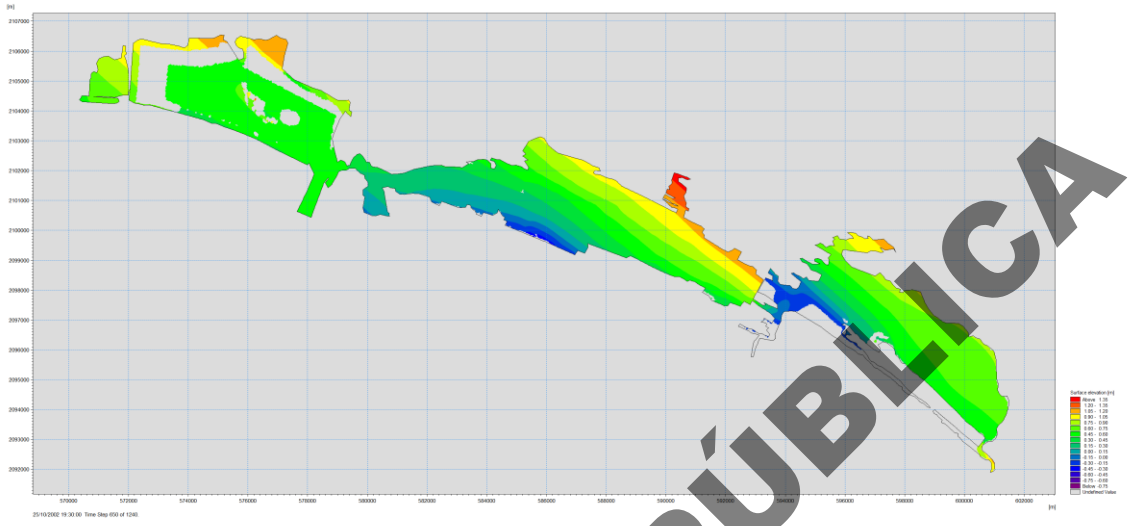


a) Comportamiento de nivel bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.



b) Comportamiento de nivel bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1

CONSULTA PÚBLICA



c) Comportamiento de nivel bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura IV. 211. Información de viento del Huracán Kenna.

En los tiempos de simulación se observa que las zonas de acumulación no son permanentes, sino que dependen de la dirección del viento, lo que indica un sistema dinámico y adaptable, especialmente en las zonas bajas, además, el proyecto muestra un comportamiento consistente bajo distintas direcciones de viento, reduciendo acumulaciones y homogenizando el nivel del agua en el vaso II.

Los resultados obtenidos para distintos escenarios de tormenta y huracán con direcciones de viento contrastantes demuestran que el sistema lagunar responde de mediante la redistribución del nivel del agua, reduciendo gradientes y acumulaciones locales.

IV.3.8.10.3.6 .Velocidad V. Huracán Kena

Bajo el escenario de huracán, la componente de velocidad (V) presenta valores predominantes en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en aproximadamente el 60–70% del sistema (aumentando considerablemente a condiciones normales), con zonas donde se alcanzan valores de hasta ±0.25 m/s en cerca del 20–30% del área, especialmente en el Vaso II y III. En comparación con el escenario previamente analizado, la distribución espacial de la velocidad lateral es más uniforme y menos concentrada debido a la dirección del viento, lo que indica una menor formación de zonas de convergencia intensa. Este comportamiento sugiere que, aunque el flujo lateral inducido por el viento se mantiene, su impacto en la generación de acumulaciones locales es menor debido a su dispersión espacial. Sin embargo, esta dirección favorece zonas de inundación costa dentro, donde se encuentra la zona de cultivo y salineras.

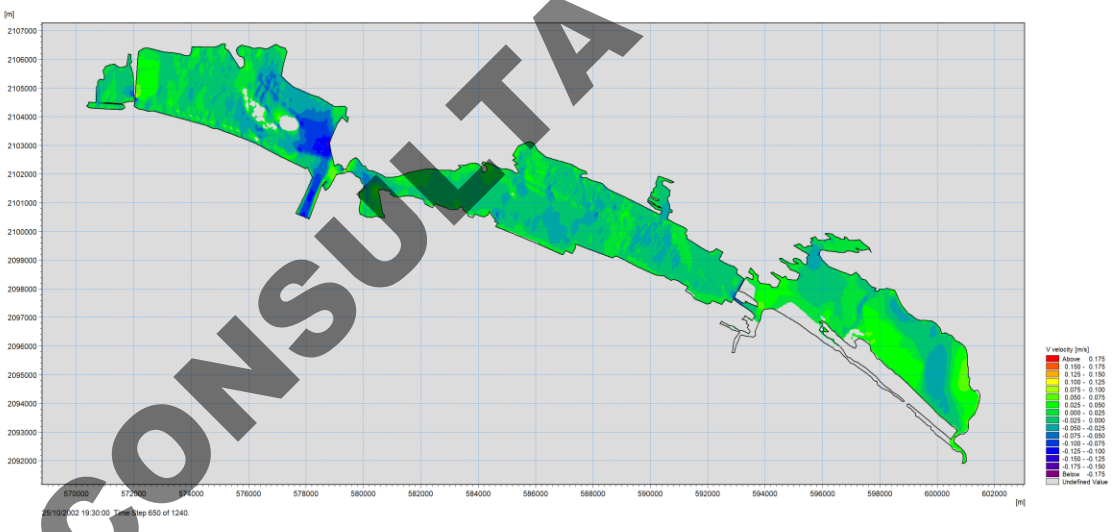
CONSULTA PÚBLICA

Para la fase 1, la velocidad (V) muestra una reducción en la extensión de zonas con valores elevados del Vaso II debido a la construcción de la plataforma. Los valores predominantes se sitúan en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en aproximadamente el 70–75%, mientras que las zonas con valores superiores a ±0.20 m/s se reducen a menos del 10–15% del área y estas se localizan en las zonas bajas del Vaso III y IV, lo que representa una disminución del orden de 30–40% respecto a la condición base, ya que en el vaso II las velocidades disminuyen.

Este comportamiento indica una mayor organización del flujo lateral y una disminución en la dispersión espacial en el vaso, producto de la construcción de la plataforma.

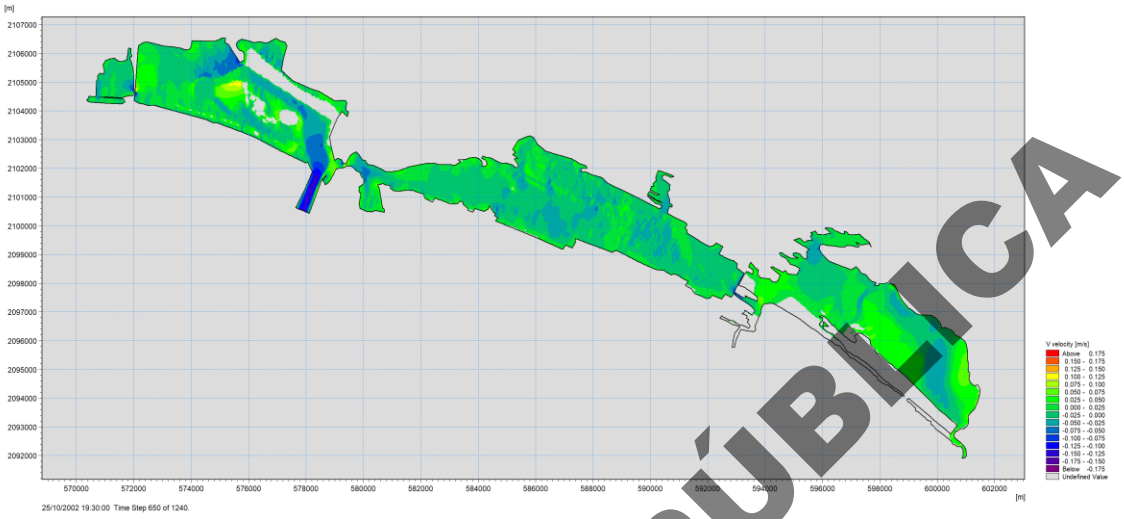
En el escenario de la fase 2 la velocidad (V) muestra una reducción significativa en la extensión de zonas con valores elevados por detrás de la plataforma de la fase 1 y al noreste de la plataforma de la fase 2. Los valores predominantes de velocidad se sitúan en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en aproximadamente el 75–80% del sistema, debido a lo homogéneas de las velocidades en los vasos III y IV,

En comparación con la condición base, se observa una reducción total de la variabilidad lateral del orden de 50–60%en el Vaso II debido a la pérdida de superficie libre por la construcción de las dos plataformas, lo que indica una disminución significativa en la dispersión del flujo y en la formación de zonas de convergencia

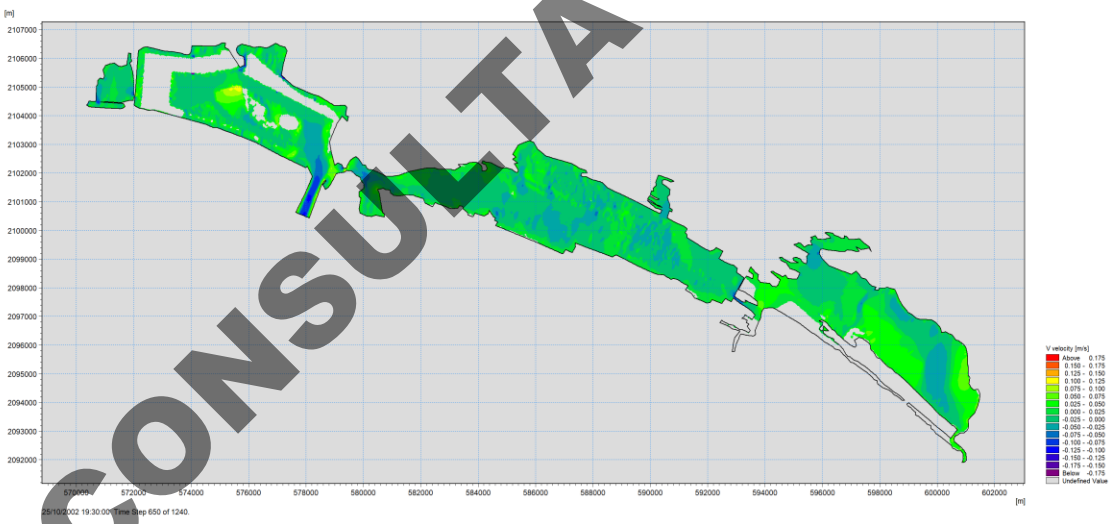


a) Comportamiento de la velocidad V bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.

CONSULTA PÚBLICA



b) Comportamiento de la velocidad V bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento de la velocidad V bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura IV. 212. Información de viento del Huracán Kenna.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.10.3.7 Velocidad U. Huracán Kena

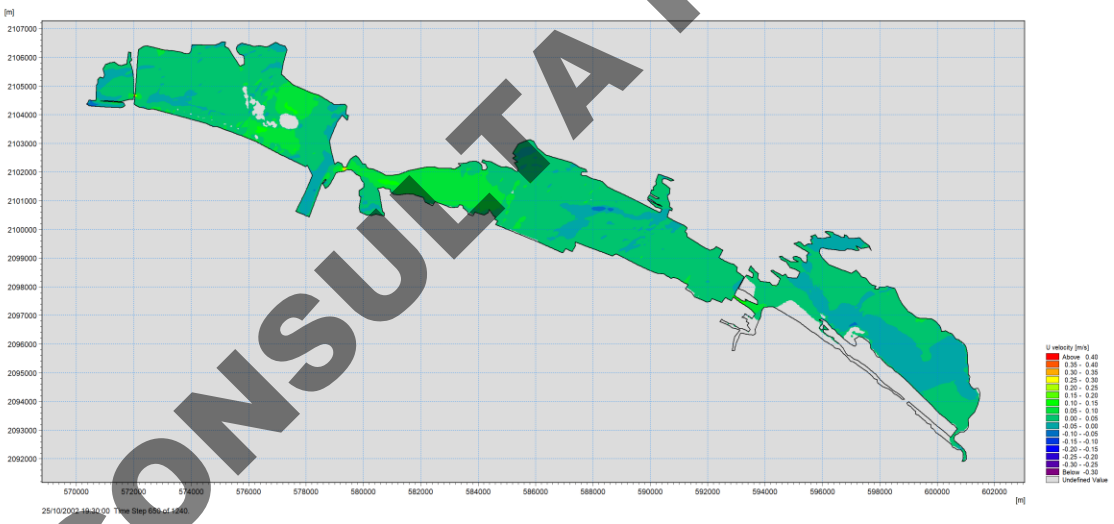
En el escenario de huracán Kenna, la componente longitudinal de la velocidad (U) presenta valores predominantemente en el rango de 0.15 a 0.30 m/s en aproximadamente el 75–85% del sistema, con zonas donde se alcanzan valores de hasta 0.30–0.40 m/s en cerca del 10–15% del área, que corresponde a la línea

de costa en dirección al continente. Las velocidades superiores a 0.40 m/s se restringen a menos del 5% del sistema, sin formar concentraciones extensas, ya que se forman en las zonas de canalización como en la zona norte de las salineras del Vaso IV.

En comparación con el escenario previamente analizado, se observa una menor variabilidad espacial y una distribución más uniforme del flujo, lo que indica una menor intensidad del forzamiento longitudinal y una mayor estabilidad hidráulica en la laguna, pero es consecuencia de la dirección de simulación.

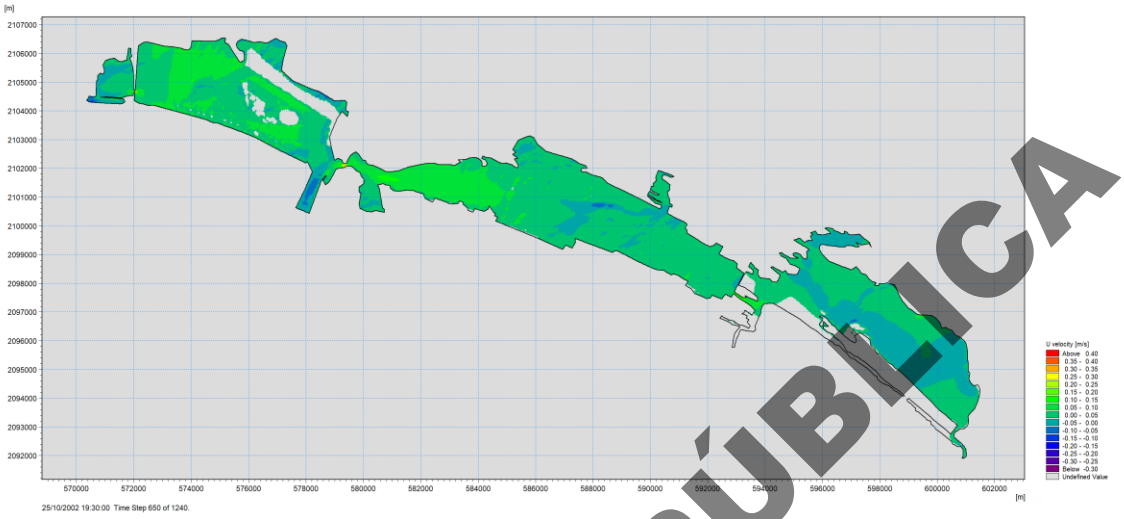
Con la Fase 1, la velocidad (U) presenta valores predominantemente en el rango de 0.15 a 0.30 m/s en aproximadamente el 75–85% del sistema (Vaso I, III y secciones del Vaso II), con zonas donde se alcanzan valores de hasta 0.30–0.40 m/s en cerca del 10–15% del área, que ya no se localizan en el vaso II. Las velocidades superiores a 0.40 m/s se restringen a menos del 5% del sistema como en el caso anterior.

En la fase 2 la componente longitudinal (U) presenta valores predominantes en el rango de 0.25 a 0.45 m/s en aproximadamente el 80–90% del sistema, siendo más altos que en el escenario anterior, debido a la pérdida de flujo hacia el vaso I. El resto del sistema se comporta de manera similar que a las etapas anteriores.

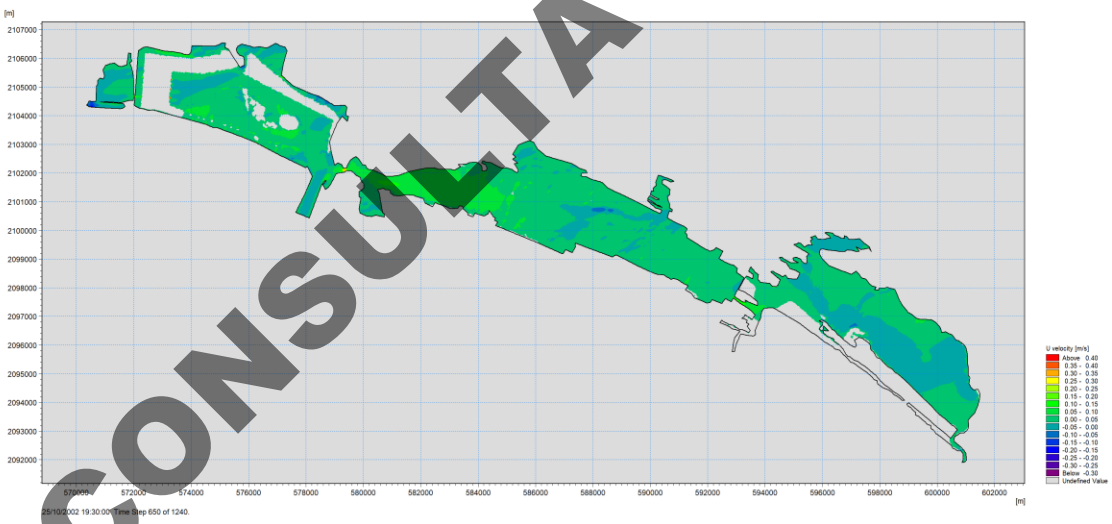


a) Comportamiento de la velocidad U bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.

CONSULTA PÚBLICA



b) Comportamiento de la velocidad U bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento de la velocidad U bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura IV. 213. Información de viento del Huracán Kenna.

En general, el incremento de la velocidad longitudinal por el huracán con vientos perpendiculares a la laguna se mantiene dentro de rangos controlados (<0.55 m/s en más del 95% del sistema), sin generar condiciones de erosión significativa.

CONSULTA PÚBLICA

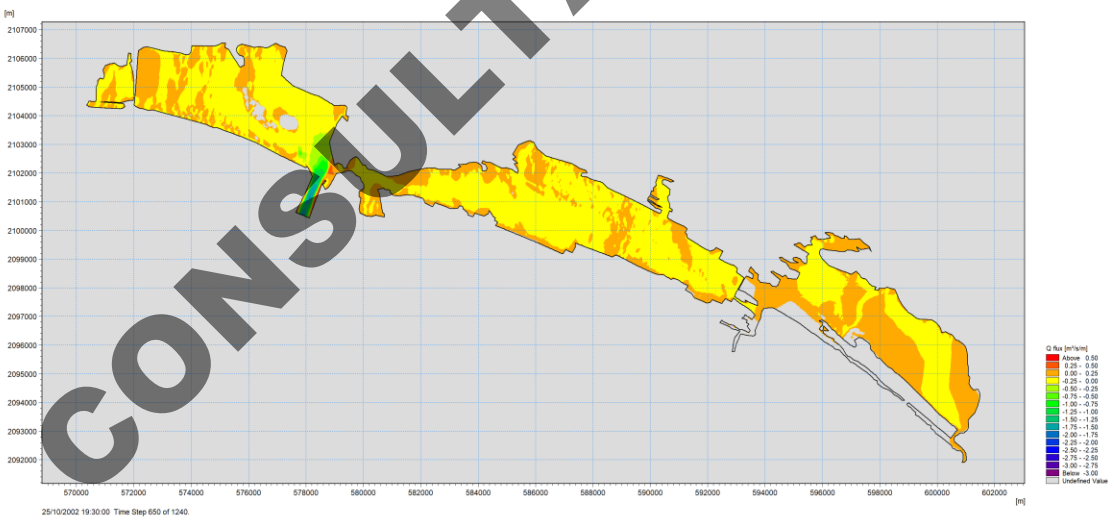
IV.3.8.10.3.8 Gastos. Huracán Kena

Bajo el escenario de Huracán, el gasto o caudal presenta valores predominantemente en el rango de 0.20 a 0.50 m³/s en aproximadamente el 70–80% del área de la laguna con excepción de la zona de canales y en la zona de dragado por la profundidad, con incrementos localizados de hasta 0.50–0.60 m³/s/m en zonas de conexión hidráulica. Las zonas con valores menores a 0.20 m³/s representan cerca del 10–15% del área, principalmente en regiones internas en el vaso III y vaso IV.

El gradiente espacial del gasto es relativamente bajo, del orden de 0.20–0.40 m³/s/m, lo que indica una buena conectividad del sistema y una distribución uniforme del flujo en la mayoría de los vasos. No se identifican concentraciones extensas de gasto elevado, lo que sugiere la ausencia de flujos dominantes o canalizaciones intensas.

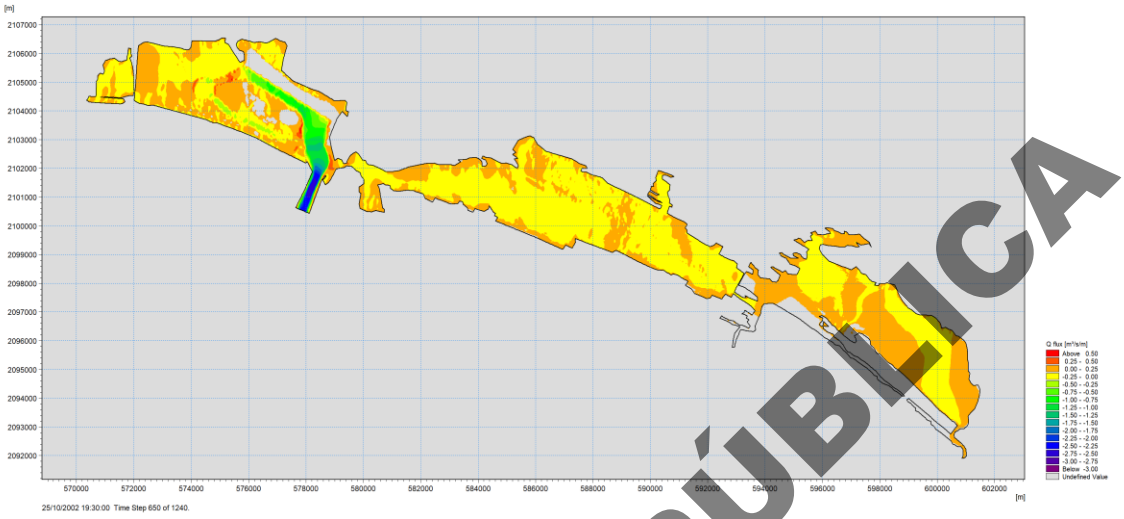
Para la fase 1, el gasto hidráulico presenta valores predominantemente en el rango de 0.20 a 0.50 m³/s en aproximadamente el 70–80% (como en la fase sin proyecto), debido a que en condiciones de huracán el balance volumétrico del sistema de entrada y salida se mantiene igual en todas las fases.

Esta condición se mantiene en la fase 2 del proyecto, aunque el gasto se presenta un poco más distribución y más uniforme en el vaso II en comparación con la fase 1, con valores predominantes en el rango de 0.30 a 0.60 m³/s en aproximadamente el 80–90%.

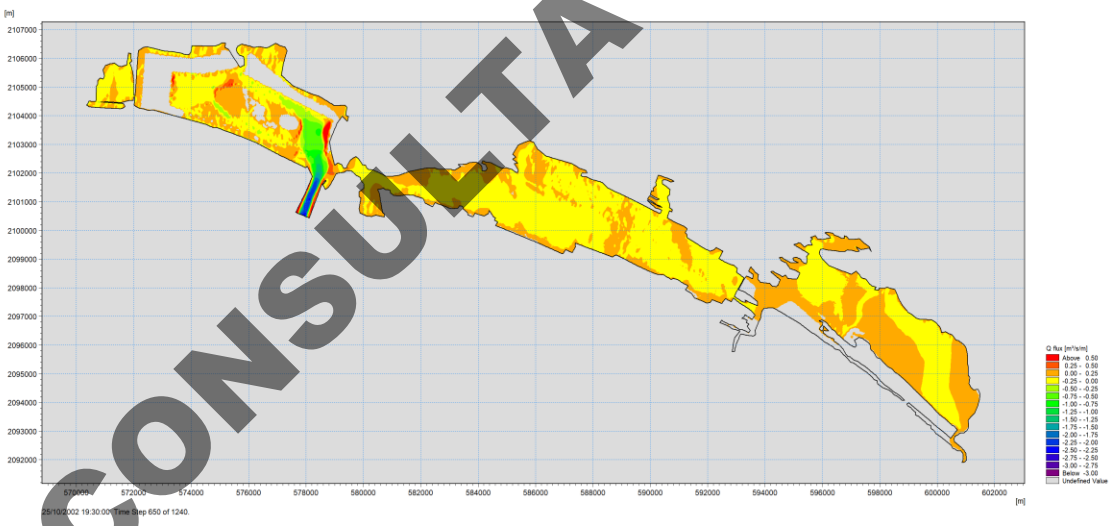


a) Comportamiento del gasto bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.

CONSULTA PÚBLICA



b) Comportamiento del gasto bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento del gasto bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura IV. 214. Información de viento del Huracán Kenna.

Los resultados muestran que, bajo condiciones futuras y cambio climático, el sistema de lagunas exhibe una respuesta hidrodinámica consistente principalmente debido a la influencia marina. Hay una posible reducción de hasta un 36% en las contribuciones continentales en escenarios críticos, desde una perspectiva hidrológica, lo que lleva a una mayor evapotranspiración y menos precipitación. Esto sugiere un aumento en la salinidad y

CONSULTA PÚBLICA

una posterior disminución de la recarga de agua para los sistemas, pero solo en términos de cambio hidrodinámico, no por efectos causados por el proyecto sino más bien por procesos regionales derivados del cambio climático.

En cuanto al aumento del nivel del mar, los resultados de la modelación hidrodinámica demuestran que el sistema reacciona con una mejor conexión hidráulica y redistribución de energía para preservar su estructura operativa. Incluso en el extremo, cuando el nivel del mar sube alrededor de 1.5 m, la laguna mantiene su gradiente hidráulico, lo que permite la disipación de energía sin establecer condiciones de inestabilidad y no excede las capacidades de diseño actuales, aunque se debe evaluar la frecuencia de eventos extremos (velocidad del viento >70 km/h).

El sistema se caracteriza por un aumento progresivo de la energía a medida que aumentan los niveles del mar, lo que promueve el intercambio hidráulico entre las cuencas en términos de componentes de velocidad y flujos. Sin embargo, tales aumentos no ocurren por encima de los rangos óptimos típicos de la dinámica del sistema y, por lo tanto, no se traducen en concentraciones de flujo críticas o factores de riesgo.

De manera similar, para tormentas y huracanes, el sistema exhibe una respuesta dinámica importante pero estable, que es impulsada por la reorganización del agua tanto por las características del viento como por la dirección del viento y no por acumulaciones permanentes o cambios en la capacidad de disipación hidráulica de la superficie del agua causada por el proyecto.

Desde este punto de vista, la instalación del proyecto no añade riesgo de exposición del sistema a escenarios de cambio climático. En cambio, la adición de un diseño de mitigación como drenajes hidráulicos asegura la conectividad entre la cuenca del Arroyo Zacate hacia el vaso II. Por lo tanto, se asume que la Laguna de Cuyutlán tiene una capacidad inherente para responder a un cambio climático esperado y el proyecto propuesto se mantiene dentro de los límites regionales para la variabilidad hidrodinámica del sistema; que no generará efectos negativos acumulativos o sinérgicos sobre su estabilidad.

Como tal, el enfoque del proyecto es compatible con escenarios de cambio climático en el futuro, no aumenta el riesgo hidrodinámico o ambiental del sistema y preserva la funcionalidad y flexibilidad del ecosistema de la laguna. La respuesta del sistema bajo diferentes condiciones (hidrodinámica, escurrimientos, eventos extremos y cambio climático) es consistente y no muestra interacción entre impactos que amplifique sus efectos. En este sentido, no se identifican impactos acumulativos ni sinérgicos que comprometan la estabilidad del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.11 Transporte de sedimentos y erosión

Los sistemas de lagunas costeras presentan un mecanismo sedimentario complejo, dictado por fuerzas hidrodinámicas (mareas, oleaje y viento), aportes externos de sedimentos (a causa de escurrimientos costa dentro o actividades antropogénicas) y las propiedades propias del sedimento. La respuesta sedimentaria a las interacciones entre los procesos hidrodinámicos está gobernada por las características físicas de los sedimentos, que se clasifican principalmente en dos grupos: sedimentos no cohesivos (arenas) y sedimentos cohesivos (limos y arcillas). Cada uno de estos grupos responde de manera diferente a las condiciones de flujo

(velocidad y características mecánicas del oleaje y marea), que gobiernan los patrones de transporte, deposición y resuspensión dentro del sistema

Los sedimentos no cohesivos, como las arenas, se movilizan principalmente como carga de fondo o en suspensión bajo condiciones de alta energía hidráulica o gradiente, dependiendo directamente de la magnitud de las velocidades del flujo y del esfuerzo cortante en el lecho. En general, estos materiales requieren velocidades relativamente elevadas para su movilización, típicamente mayores a 0.30–0.50 m/s (Sternberg, 1967, 1971), por lo que su transporte se asocia a zonas de conexión, canales o eventos de alta energía. Los sedimentos finos (limos y arcillas), presentan un comportamiento cohesivo que les permite mantenerse en suspensión bajo velocidades relativamente bajas (0.050–0.30 m/s), siendo altamente sensibles a la turbulencia y a la presencia de flujos laterales. Estos materiales tienden a depositarse en zonas de baja energía hidráulica, mientras que pueden ser resuspendidos fácilmente ante incrementos moderados en la velocidad.

Debido a sus características inherentes, los sedimentos finos están altamente correlacionada con la energía de los entornos hidrodinámicos y la baja velocidad del flujo. Por ejemplo, en entornos de lagunas poco profundas como la de Cuyutlán, los sedimentos finos se depositan en localidades de baja energía hidráulica (áreas internas, protegidas o regiones de convergencia de flujo). En contraste, cuando las velocidades de flujo superan niveles críticos específicos, estos sedimentos pueden ser resuspendidos y reintegrados en la columna de agua, aumentando la concentración de sólidos en suspensión (SSC, por sus siglas en inglés). Por lo tanto, la dinámica de los sedimentos finos está dictada por el equilibrio entre los procesos de deposición y resuspensión, que pueden alterarse debido a cambios hidrodinámicos, naturales (como tormentas o cambios en la dirección del viento) o debido a acciones antropogénicas, como obras hidráulicas y alteración de la conectividad del sistema.

Asimismo, demasiado sedimento en el fondo podría cambiar la forma del sistema, reducir la profundidad efectiva e interferir con la circulación. Por lo tanto, la evaluación de los sedimentos finos debe preocuparse por la amalgama de la hidrodinámica con la respuesta dinámica de las características del flujo (velocidades, niveles y descarga) a los procesos sedimentarios.

La interacción de esta relación se determina en el estudio actual a través de la modelización numérica, que permite la representación espacial y temporal de la distribución y la correlación de los sedimentos en suspensión con el entorno hidráulico del sistema.

El módulo de sedimentos cohesivos del modelo hidrodinámico MIKE 21 fue adoptado en este estudio para simular el transporte de sedimentos en concentración en suspensión (SSC), y del proceso de deposición y resuspensión basado en esfuerzos cortantes y las propiedades de los materiales.

Esta estructura establece la medición del comportamiento del sistema bajo diferentes entornos, donde las condiciones de referencia y la implementación del proyecto ocurrieron en diferentes fases del proyecto. Además, se consideraron diferentes vientos durante los escenarios de tormenta para evaluar la sensibilidad del sistema sedimentario a los cambios en la forzante hidrodinámica.

Esto permite establecer si las zonas de deposición y resuspensión son zonas estacionarias, persistentes o dinámicas que responden a las condiciones ambientales. Con este propósito, esta sección intenta estudiar la naturaleza del sedimento del sistema a través del transporte, deposición y resuspensión de sedimentos, y también determina el impacto inducido por la implementación del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Se espera que el análisis ayude a determinar si el proyecto induce alteraciones a gran escala en la dinámica sedimentaria y, por lo tanto, si tales alteraciones son indicativas de un evento ambiental neto.

La dinámica de sedimentos fue evaluada mediante el módulo de transporte de sedimentos cohesivos y no cohesivos del modelo hidrodinámico MIKE 21, el cual permite simular de manera acoplada los procesos de advección, dispersión, deposición y resuspensión de sedimentos en suspensión.

El modelo resuelve la ecuación de transporte de sedimentos, considerando la interacción entre el campo de velocidades (U y V), el nivel del agua y las propiedades del sedimento. La concentración de sedimentos en suspensión (SSC, por sus siglas en inglés) se calcula como una variable dependiente del tiempo y el espacio, expresada en unidades de masa por volumen (kg/m³).

El transporte de sedimentos se representa mediante dos procesos principales:

- Advección, asociada al movimiento del flujo, controlado por las velocidades hidrodinámicas.
- Difusión turbulenta, que representa la dispersión del sedimento debido a la turbulencia del mismo flujo.

Adicionalmente, el modelo incorpora procesos de intercambio con el lecho, definidos por:

- Deposición, que ocurre cuando las velocidades y el esfuerzo cortante disminuyen por debajo de un valor crítico, permitiendo que las partículas se asienten en el fondo.
- Resuspensión, que ocurre cuando el esfuerzo cortante del flujo supera un umbral crítico, provocando que el sedimento depositado se reincorpore a la columna de agua.

En el caso de sedimentos cohesivos (limos y arcillas), el modelo considera propiedades específicas como la cohesión del material y la velocidad de caída de las partículas, lo que permite representar procesos como la floculación y la sedimentación diferencial.

El modelo fue ejecutado bajo las mismas condiciones hidrodinámicas previamente analizadas, y se modelo un intervalo de periodo de secas y una temporada de lluvias, considerando los forzamientos de marea y viento considerando las distintas fases del proyecto (condición base, fase 1 y fase 2), lo que permitió evaluar de manera consistente la respuesta sedimentaria del sistema ante cambios en la energía hidráulica y la conectividad.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.11.1 Concentración de sedimentos en suspensión (SSC)

La concentración de sedimentos suspendidos (SSC) indica la cantidad de material en la columna de agua expresada en kg/m³, representando los procesos de transporte, deposición y resuspensión dentro del sistema. Un valor más bajo de SSC corresponde a la ocurrencia de condiciones de deposición con baja energía hidráulica; mientras que, un valor más alto indica procesos activos de resuspensión debido a aumentos en la velocidad del flujo y el esfuerzo cortante.

En sistemas lagunares someros, valores intermedios de SSC (0.5–2.0 kg/m³) son comunes y reflejan un equilibrio dinámico entre deposición y transporte. Por el contrario, concentraciones elevadas (>2–3 kg/m³) pueden asociarse a zonas de mayor energía hidráulica o a procesos de convergencia del flujo, particularmente en presencia de componentes laterales significativas o canalización. Sin embargo, al no conocer la distribución

exacta de SSC en toda la laguna y con el objetivo de simular la dispersión real de los sedimentos, a causa de las entradas en temporada de lluvias y la interacción con los canales, se inició con una cantidad de fracción sobre estimada, como se muestra en la Figura IV. 215.

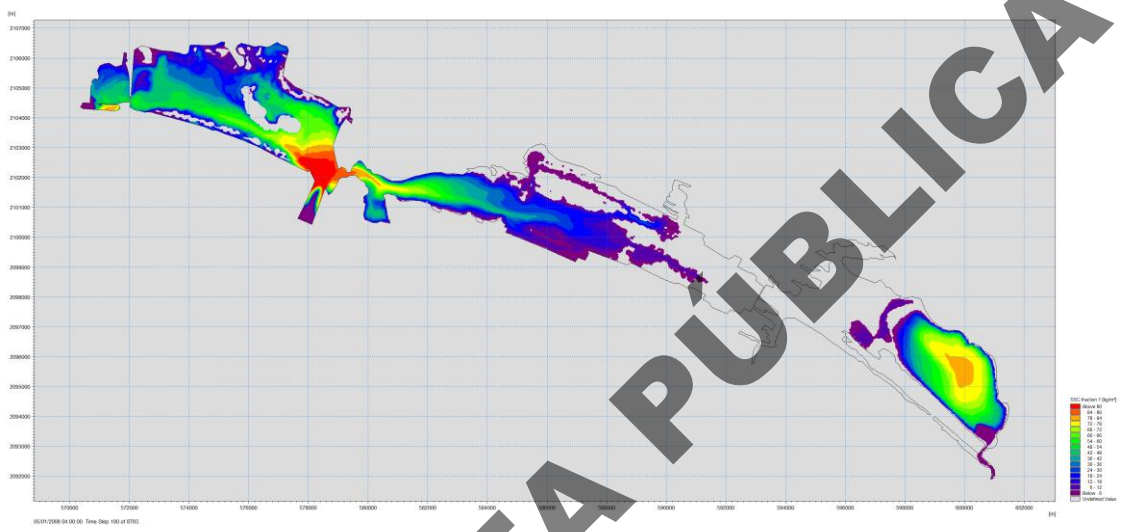


Figura IV. 215. Condiciones iniciales para la concentración de sedimentos en suspensión.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 216 se presenta la distribución de sedimentos en suspensión en la condición base. Se observa un patrón espacial diferenciado, con predominio de concentraciones bajas en la mayor parte de la laguna, especialmente en el Vaso III y IV debido a las bajas velocidades. Aproximadamente el 60–70% del área presenta valores de 0.1 a 0.5 kg/m³, lo que indica condiciones favorables para la deposición de sedimentos finos, como ocurre lejos de las áreas no influenciadas por la entrada de los canales Ventanas y Tepalcates y como se puede observar en condiciones de campo.

Al interior del Vaso I y II, se identifican SSC intermedios del orden de 0.5 a 0.9 kg/m³, asociadas a procesos activos de transporte (por la influencia de los canales). En la zona de interconexión entre el Vaso I al II y del Vaso II y III se presentan SSC cercanas a 1.0 kg/m³, lo que indica procesos localizados de resuspensión asociados a niveles de energía hidráulica variables.

Por lo tanto, en el vaso I y II el comportamiento refleja un sistema con un gradiente sedimentario bien definido, donde coexisten zonas de deposición, transporte y resuspensión, en función de las condiciones hidrodinámicas.

En otras palabras, el fondo de cada vaso predomina la deposición (colores fríos), al centro, se encuentran zonas de transporte (color verde), como ocurre en las zonas de conexión y cerca de las bocas de los canales se localizas zonas de suspensión (gradiente de colores).

En el vaso III y el Vaso IV presentan condiciones propicias para la acumulación de sedimentos debido a la falta de flujo continuo y velocidades bajas. Al fondo del Vaso IV, se observan los valores máximos debido a que el sedimento no tiene salida hacia el mar y se acumula en la zona de mayor profundidad. Esta acumulación tambien genera que exista azolvamiento entre canales y hacia el estero Palo Verde.

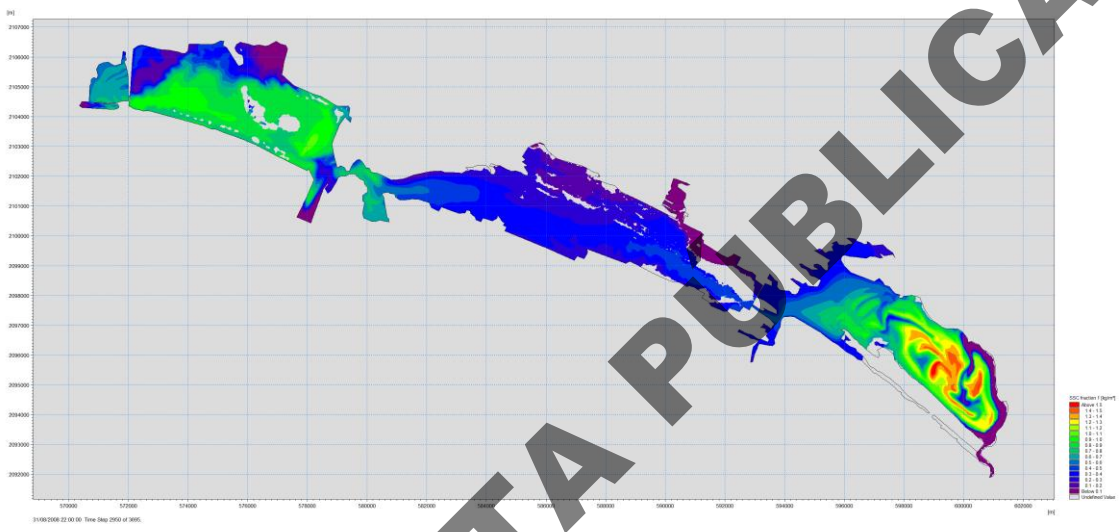


Figura IV. 216. Valores de SSC para la etapa sin proyecto.

Con la Fase 1 del proyecto se muestra un claro aumento en los sedimentos en suspensión en los canales de navegación y es debido a su profundidad y la lejanía del Canal tepalcates (Figura IV. 217). Los procesos de pleamar y bajamar generan una zona de recirculación, atrapando el sedimento en el extremo más oriente de los canales. Esta acumulación de sedimentos propicia que se forme toda una zona de resuspeción al fondo del vaso II, también aumentando la sedimentación en el Vaso I que en condiciones de bombeo por parte de la planta de CFE incrementara la tasa de sedimentación en la parte reguladora del Vaso I.

También se observa una zona de acumulación de sedimentos en la parte norte de la plataforma de la Fase 1, debido a la disminución de flujo. Esta zona deberá monitorearse ya que, los aportes y tasa de sedimentos dependerá de la carga de sedimentos finos provenientes del Arroyo Zacate (los cuales son variables dependiendo de los eventos de escurrimiento) y no de los depósitos finos dentro del Vaso II.

Hacia los vasos interiores, las condiciones se mantienen y dependen más de los aportes sedimentarios de la parte continentales del ingreso de sedimentos por la zona de interconexión.

CONSULTA PÚBLICA

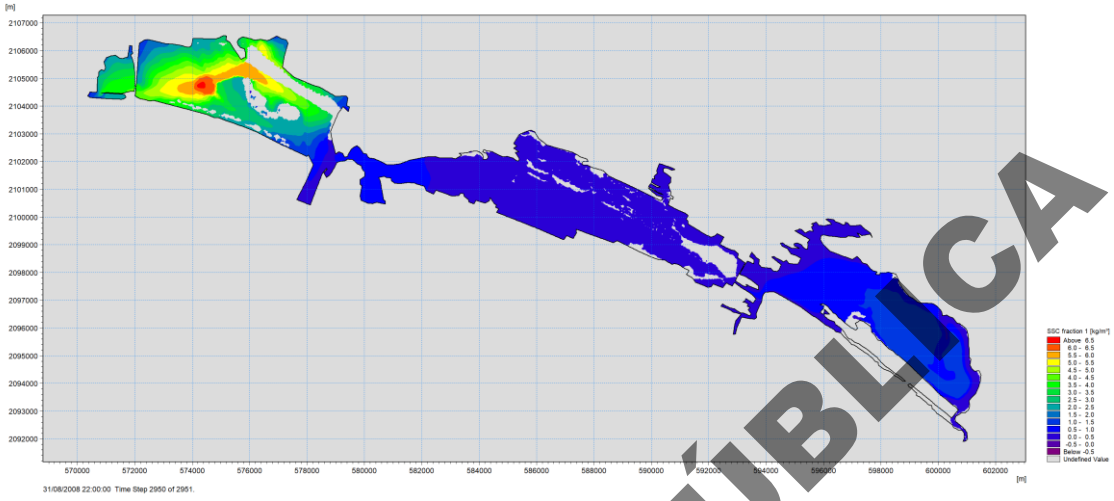


Figura IV. 217. Valores de SSC para la etapa con proyecto Fase 1.

Para la Fase 2 del proyecto se observa que el SSC incrementa en la zona de canales de navegación por la disminución del flujo directo entre el Vaso I y II, por la profundidad propia de los canales y por la construcción de la plataforma poniente. Aunque la simulación ser realizó con los drenes, se observa una clara recirculación a causa de los canales ya que los drenes únicamente conectan el flujo a la profundidad del Vaso I y no a la profundidad de los canales de navegación por lo que el sedimento no se moviliza por completo a otras áreas una vez que se encuentra dentro de los canales. Con respecto a los vasos interiores, no se observan modificaciones en los patrones de suspensión ni aumento en el transporte a causa de la construcción de las plataformas.

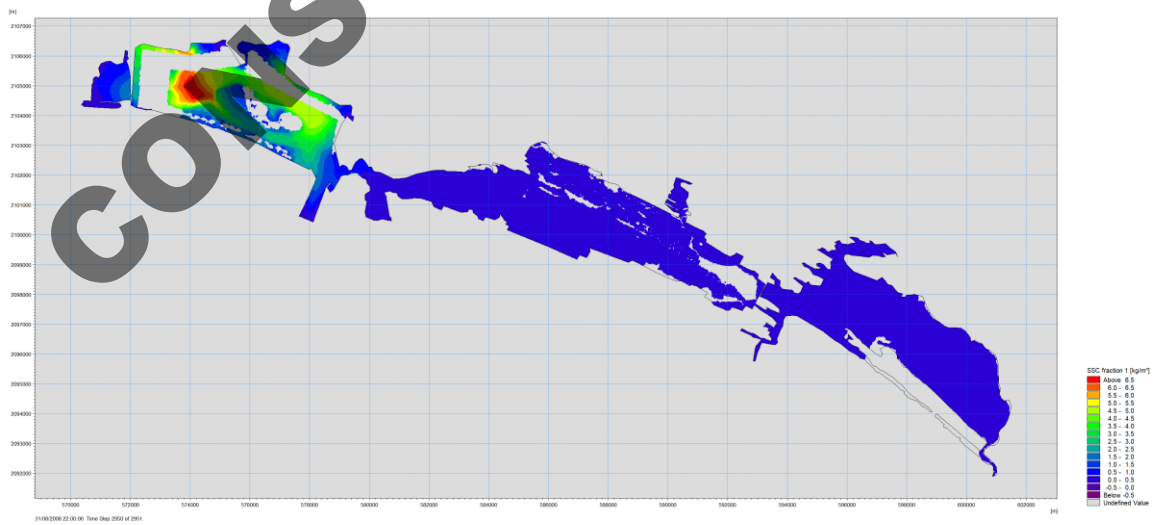


Figura IV. 218. Información de viento del Huracán Kenna.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.11.2 Acumulación de sedimentos

La distribución del espesor de sedimentos en la condición base muestra un patrón heterogéneo, con predominio de acumulación en el Vaso III, de aproximadamente 0.05 m en los 8 meses que duro la simulación (incluyendo la temporada de lluvias), indicando condiciones de baja energía y de retransporte dominante.

En el Vaso I, se identifican espesores intermedios del orden de 0.05 a 0.20 m, asociados a procesos de deposición moderada, producto de los sedimentos continentales. En el Vaso II se observan depósitos entre los 0.05 a los 0.40 m. Es la Zona más diferenciada debido a la influencia del Canal Tepalcates.

Este comportamiento indica la presencia de una zona de deposición preferencial, en los márgenes y en donde se encuentra el canal de navegación existente lo que se asociada a el transporte de sedimentos debido al canal y a la influencia del Arroyo Zacate.

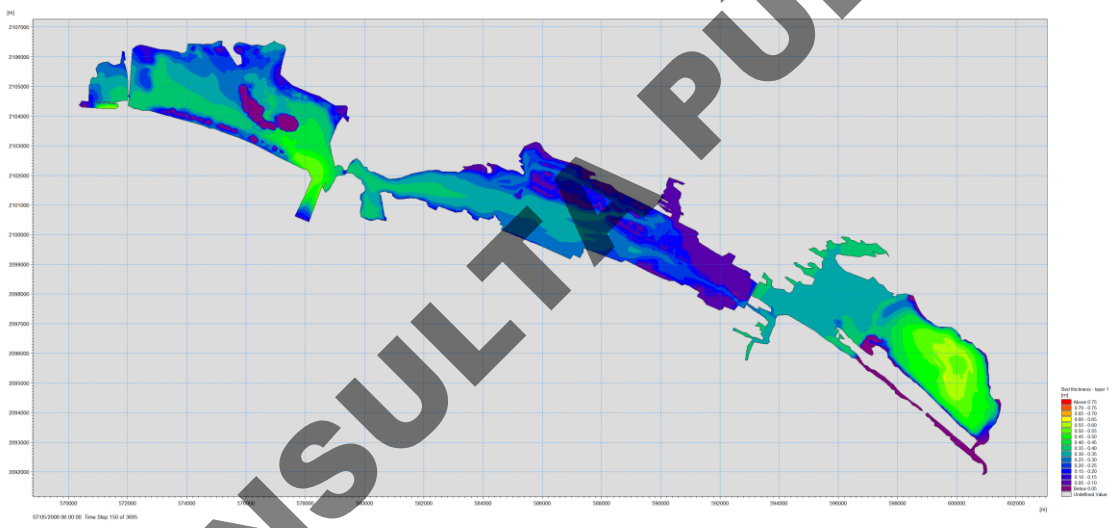


Figura IV. 219. Acumulación de los sedimentos

Actualmente la laguna ya presenta una zona activa de azolvamiento en condición base que corresponde al fondo del Vaso III y el Vaso IV y está asociada a limitaciones en la conectividad hidráulica.

En el escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto, la distribución del espesor de sedimentos muestra una redistribución espacial en el Vaso II, aumentando la tasa de sedimentación delante de la plataforma en el orden de unos centímetros (entre 5 y 10) en comparación con la condición base. La sedimentación al interior de los vasos III y IV no se ven afectadas.

La zona de mayor acumulación se presenta en los canales de Navegación en el Vaso II, debido a loa profundidad de los canales y a la interrupción de flujos continentales, lo que indica una reorganización de los

CONSULTA PÚBLICA

sedimentos de manera local. Por otro lado, se observa un incremento moderado en el espesor de sedimentos en el Vaso I, asociado a una redistribución del material fino derivada de cambios en la dinámica del flujo.

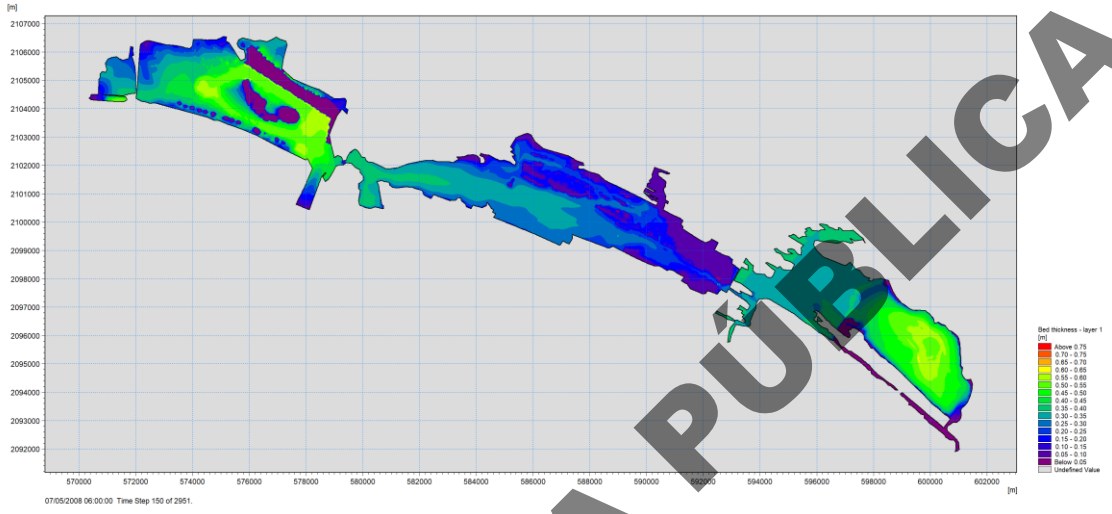


Figura IV. 220. Información de viento del Huracán Kenna.

En el escenario correspondiente a la fase 2 del proyecto, la distribución del espesor de sedimentos en el Vaso II debido a la interrupción del flujo hacia el Vaso I, con acumulaciones entre los 0.2 y 0.4 m de acumulación. En el Vaso III y IV se continúan observando espesores de 0.05 m, lo que indica una dominancia de condiciones de retransporte.

Se observa, además, que, aunque los drenes se encuentran activos para permitir el flujo entre el Vaso I y el Vaso II hay una acumulación de sedimentos en el Vaso I debido a que no existe un recambio continúo debido a la plataforma de la Fase II y el bombeo continuo de la planta de CFE. Este punto deberá monitorearse pues la simulación de las condiciones iniciales al momento de construir la fase 2 del proyecto no serán equivalentes a las actuales.

CONSULTA PÚBLICA

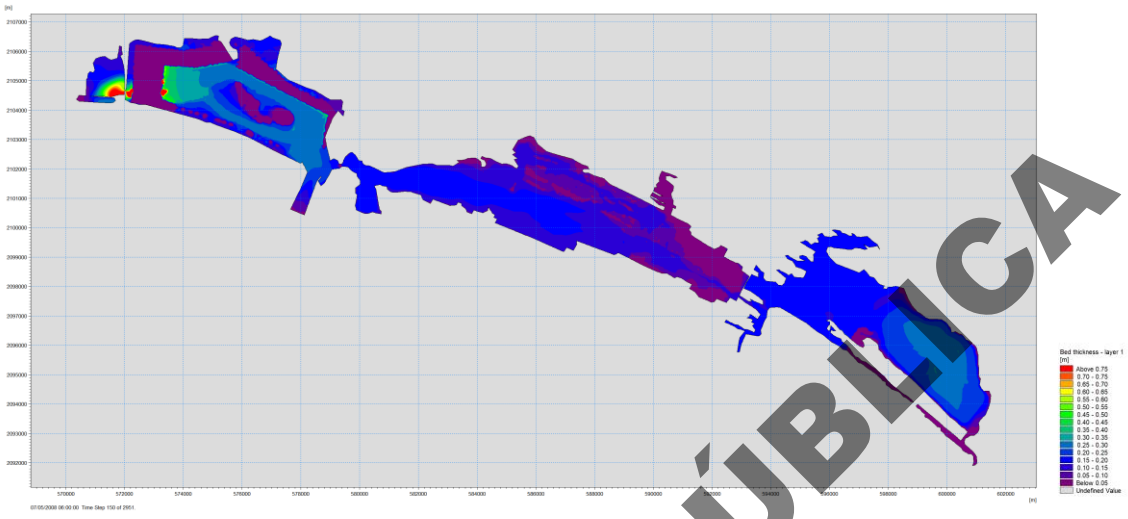


Figura IV. 221. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.

La construcción del proyecto genera modificaciones en la distribución de sedimentos, concentradas principalmente en el Vaso II. En la Fase 1, los cambios son localizados y asociados a recirculaciones y disminución de velocidades, provocados por la plataforma, en especial al norte de esta, donde existe una interrupción del flujo de la zona de depósito del Arroyo Zacate y el Vaso III, mientras que en la Fase 2 se observa una mayor retención de sedimentos finos debido a la reducción de la conectividad hidráulica hacia el Vaso I y la profundidad de los canales de navegación.

La implementación de drenes hidráulicos ayuda a restablecer la conectividad del sistema, mejorar la distribución del flujo y reducir la acumulación localizada de sedimentos, sin embargo, no compensa la tasa de sedimentación en los canales de navegación donde la velocidad estima de sedimentación se encuentra entre los 0.4 cm y los 4 cm anuales, dependiendo directamente de los aportes que puedan llegar del Arroyo Zacate en temporada de lluvias. Para realizar la planeación se recomienda una tasa de azolve promedio (observada en el vaso II) de 15 cm anuales, valor que deberá sobre estimarse en caso de presentarse un año con lluvias extraordinarias que causen un flujo de sedimentos mayor proveniente del arroyo Zacate.

IV.3.8.11.3 Erosión

La cantidad de erosión en los sistemas de lagunas poco profundas está directamente relacionada con la interacción de las velocidades de flujo, el esfuerzo cortante del lecho y las propiedades del sedimento. Especialmente, los sedimentos finos (limos y arcillas) presentan umbrales de resuspensión crítica relativamente bajos, por lo que pequeños aumentos en la energía hidráulica pueden promover mecanismos de movilización de material.

CONSULTA PÚBLICA

Los procesos hidrodinámicos que pueden generar erosión en la Laguna de Cuyutlán estan más influenciados por la estructura geométrica del sistema que por la velocidad de flujo, ya que el bajo nivel y la amplia superficie de los vasos amortigua la velocidad del agua. Esto resulta en regiones o secciones concentradas de mayor energía que corresponden a zonas de conexión hidráulica, canales de navegación y caminos de flujo preferenciales donde es posible generar erosión.

Bajo condiciones base, las velocidades de flujo son generalmente menores a 0.1 m/s, reflejando condiciones de estabilidad del lecho en la mayor parte del sistema. Velocidades más altas corresponden a las velocidades alcanzadas en las zonas de conexión y en canales Ventanas y Tepalcates. En las zonas de intercambio de agua de mar se observan procesos de resuspensión localizados, pero tales procesos no resultan en una erosión continua sino en un equilibrio dinámico entre deposición y transporte. En particular los canales se encuentran en zonas donde la erosión está controlada, debido que ambos canales de entrada de agua de mar se encuentran protegidos por infraestructura para el control de oleaje. En el caso de la conexión entre el Vaso II y Vaso III, la zona de intercambio se encuentra localizada sobre el macizo rocoso, lo que genera poca erosión sobre el lecho permitiendo que el aumento de velocidades no socave el fondo de la conexión. Hacia el interior del vaso III, los sedimentos y la corriente si han generado un incremento en la profundidad debido a la erosión, que se puede observar en la batimetría, sin embargo, la energía de la corriente es rápidamente disipada por la geometría del vaso III.

En la Figura IV. 222 se muestra el mapa de velocidades máximas alcanzadas en condiciones estables sin proyecto de pleamar y bajamar. Se observa que las velocidades máximas se alcanzan en las zonas de ingreso y salida de agua de mar y en las conexiones, seguido de las zonas de transición entre las zonas de conexión y los canales. Para el resto de los vasos las velocidades son estables y se interpreta como un sistema en equilibrio hidrodinámico.

CONSULTA PÚBLICA

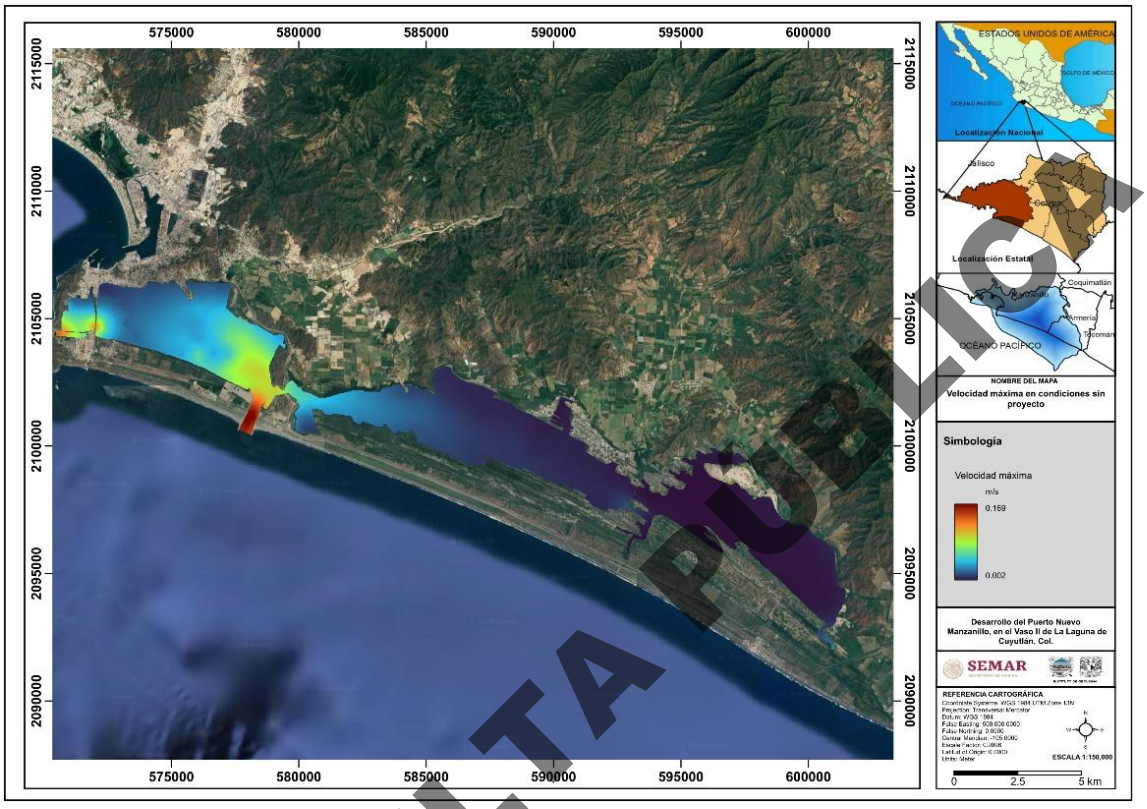


Figura IV. 222. Velocidades máximas en condiciones base.

Para la Fase 1 del proyecto, las velocidades máximas se alcanzan, al igual que en la condición base, en las zonas de canales y de conexión, pasando de 0.169 m/s a 0.195 m/s en el caso del Canal Tepalcates. La presencia de la plataforma redistribuye el flujo generando que al interior del vaso las velocidades se desaceleren a la entra del vaso I y II

CONSULTA PUBLICA

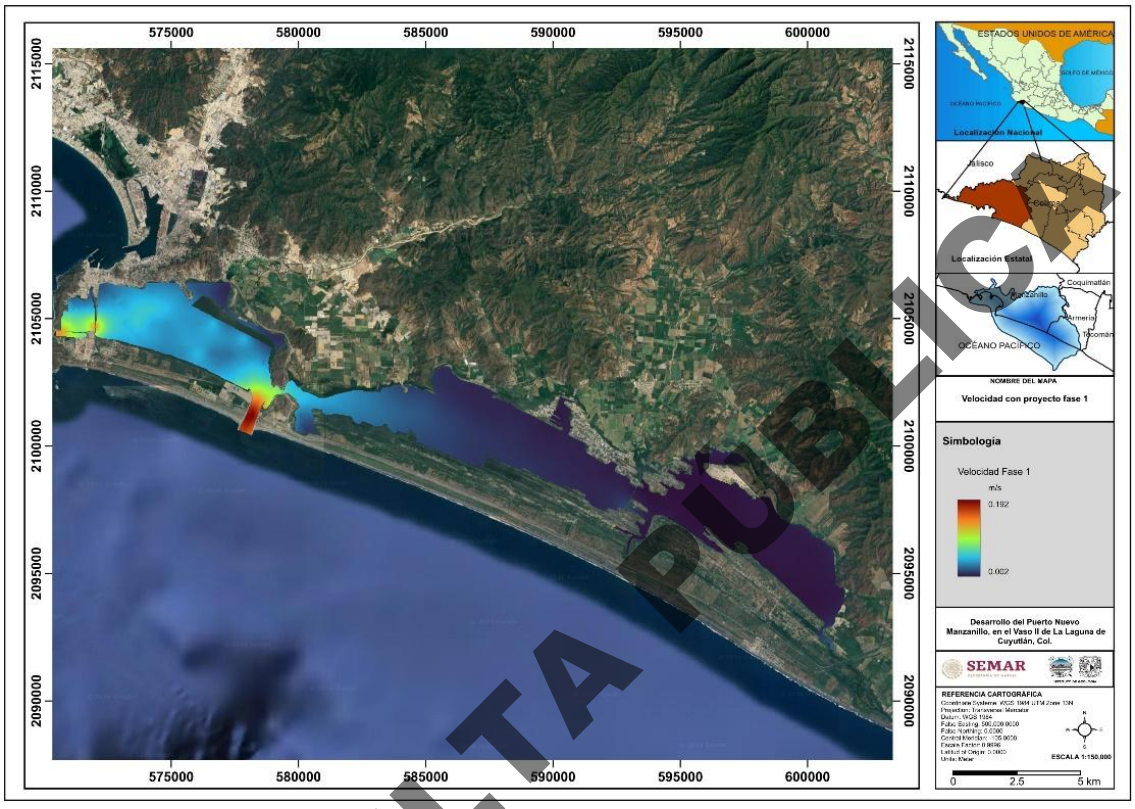


Figura IV. 223. Velocidades máximas en condición de la fase 1

Para identificar zonas de erosión, se realizó la diferencia entre las velocidades máximas de la condición sin proyecto y las velocidades máximas en la Fase 1, obteniéndose un mapa de diferencias que indican las zonas donde se incrementa o disminuye la velocidad. En Rojo, los valores negativos, indican un aumento de la velocidad a causa del proyecto, lo que genera zonas propensas a la de erosión, aunque las velocidades no rebasan los 0.4 m/s. El incremento de velocidades se centra en la salida del canal tepalcates y el fondo del vaso II, en ambos sitios, las velocidades máximas se alcanzan cuando el mar se repliega debido a la perdida de almacenamiento el agua que acelera la velocidad dentro del vaso cuando el agua de mar se retira. En color verde se muestran las velocidades menores, en este caso, la principal zona que se ralentiza es la zona de ingreso de agua de mar debido a la construcción de la plataforma. También por detrás de la plataforma se favorece la deposición de sedimentos provenientes del continente, debido a que se disminuye del flujo. Hacia la península punta grande tambien se observa un aumento de velocidades que puede agravarse en episodios de lluvia intenso como se mostró en la sección de circulación. En valores amarillos y naranja se presenta las zonas sin cambios sustanciales en la velocidad máxima.

CONSULTA PÚBLICA

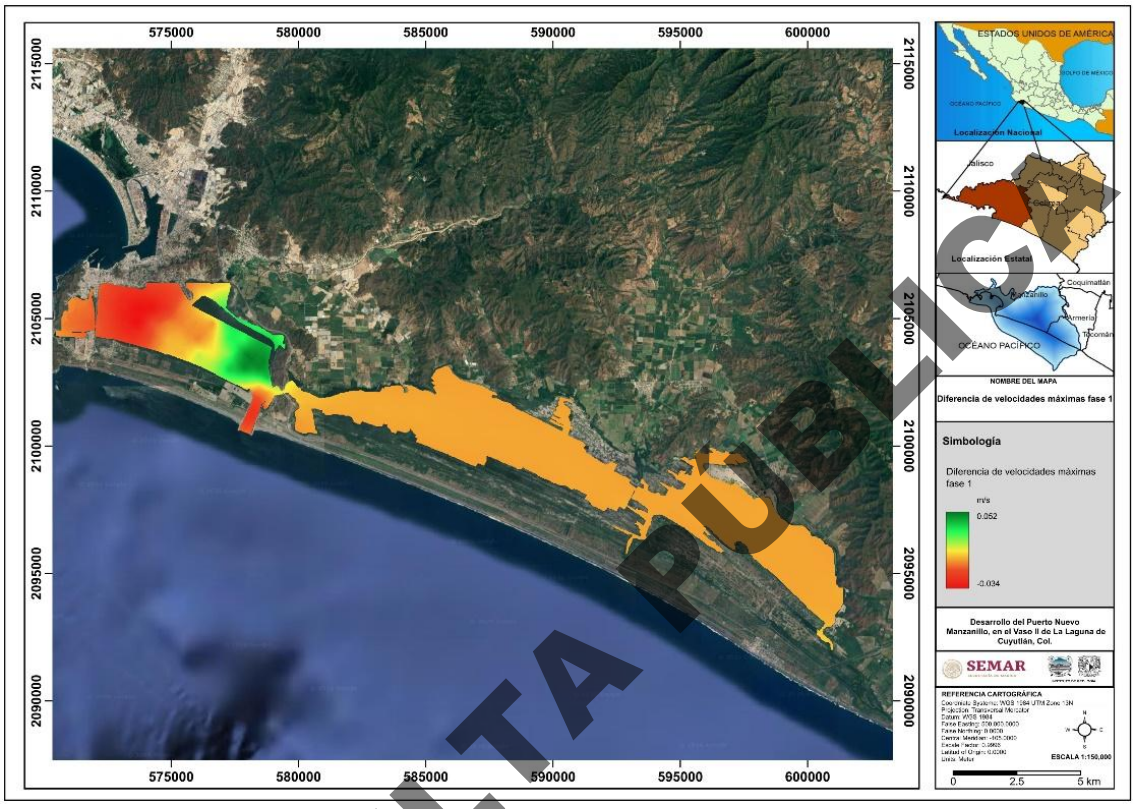


Figura IV. 224. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 1 del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 2, la reorganización del flujo es mayor, resultando en zonas que exhiben un patrón dual, incluyendo zonas que favorecen flujos más rápidos y espacios de baja y alta energía detrás de las infraestructuras. En las primeras, la erosión es más probable debido a la resuspensión local, y en las segundas, es más probable la acumulación de sedimentos. Este patrón sugiere que el sistema se compensa mediante la transferencia interna de sedimentos, sin erosión a gran escala ni deterioro del lecho. La mayoría de los valores máximos de velocidad observados en el rango de flujo para el sistema estaban dentro de rangos moderados (<0.05–0.06 m/s en la mayoría de los casos) que limitan la capacidad del flujo para lograr una erosión mayor de sedimentos cohesivos.

Los procesos erosivos son, por lo tanto, localizados, efímeros y regulados por la hidrodinámica. Así, en eventos de escorrentía, en el contexto principalmente del Arroyo Zacate específicamente, un aumento a corto plazo de la energía del sistema puede resultar en resuspensión en la descarga y caminos de flujo. No obstante, estos procesos son de corta duración y no causan cambios permanentes en la morfología del lecho.

En la Figura IV. 225 se muestra que las zonas de velocidad máxima para la Fase 2.

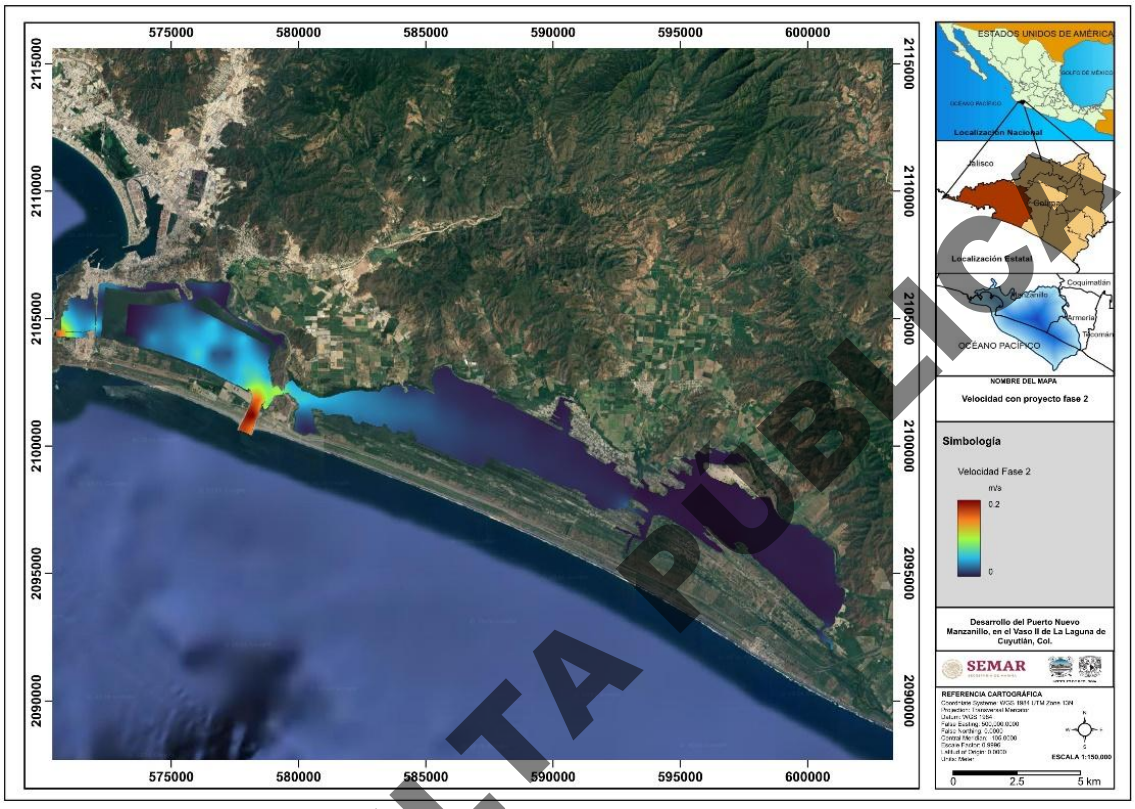


Figura IV. 225. Velocidades máximas en condición de la fase 2.

Para identificar las zonas propensas a la erosión, en la Figura IV. 226 se muestra la diferencia entre las velocidades máximas de la condición base y la Fase 2 del proyecto. Derivado de la construcción de la plataforma de la fase 2, se observa que, por detrás de ella, se incrementa la velocidad debido a la canalización de la zona., sin embargo, no se observan velocidades mayores a los 0.03 m/s. Otra zona donde se incrementa la velocidad es la zona de canales, principalmente en procesos de bajamar, debido a la pérdida de almacenamiento del vaso 2.

CONSULTA PÚBLICA

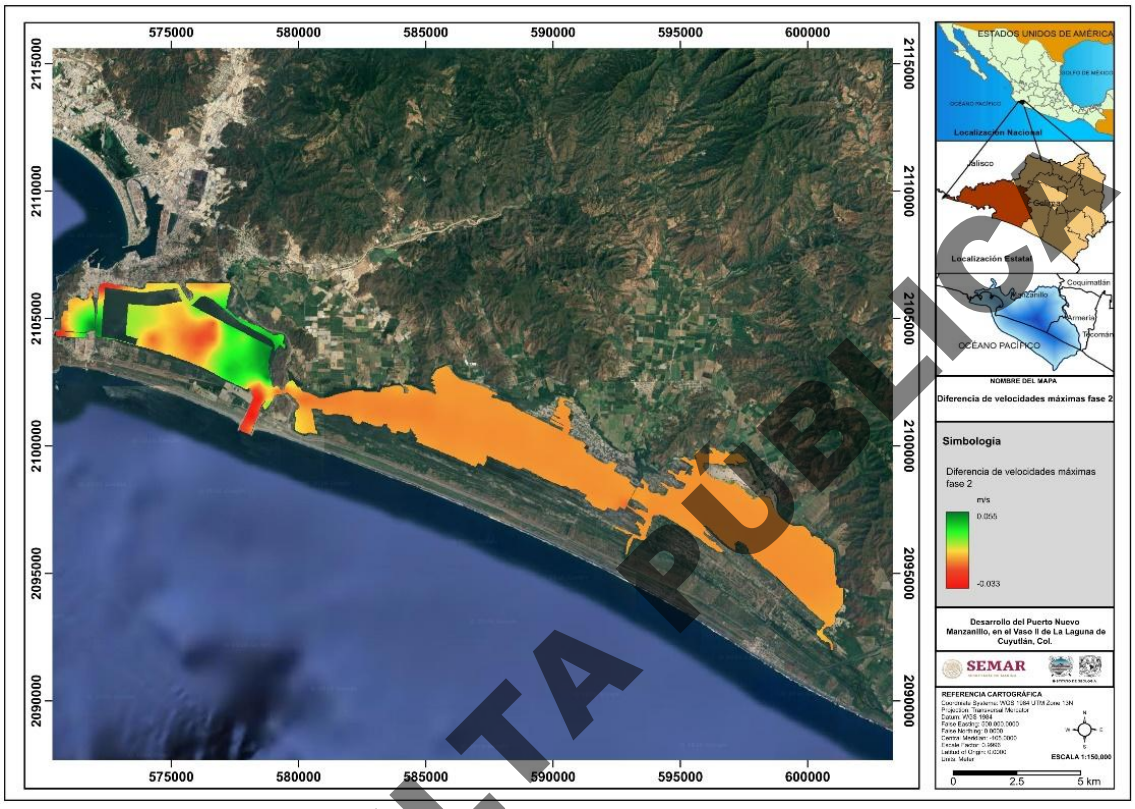


Figura IV. 226. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 2 del proyecto.

Finalmente, en la Figura IV. 227 se muestra el mapa de velocidades que se observan durante el aumento de velocidad del viendo durante un huracán. Como se mostró anteriormente, la acumulación y el flujo de agua dependerá directamente de la dirección del viento que produzca la tormenta o el huracán. Sin embargo, es posible predecir el patrón debido a que, las zonas más profundas, como canales y vías de navegación son menos susceptibles a la movilidad de agua en la superficie que las zonas con un tirante menor a un metro. En el caso ilustrado se muestra que el Vaso III y IV son los vasos con mayor susceptibilidad a la erosión en caso de vientos fuertes. La zona de acumulación de sedimentos dependerá de la dirección del viento, sin embargo, es claro que durante condiciones de tormenta los vasos III i IV sufren importantes procesos de resuspención y acomodo de sedimentos, que dan forma a los islotes y pequeñas islas que identifican algunas zonas de estos vasos.

CONSULTA PUBLICA

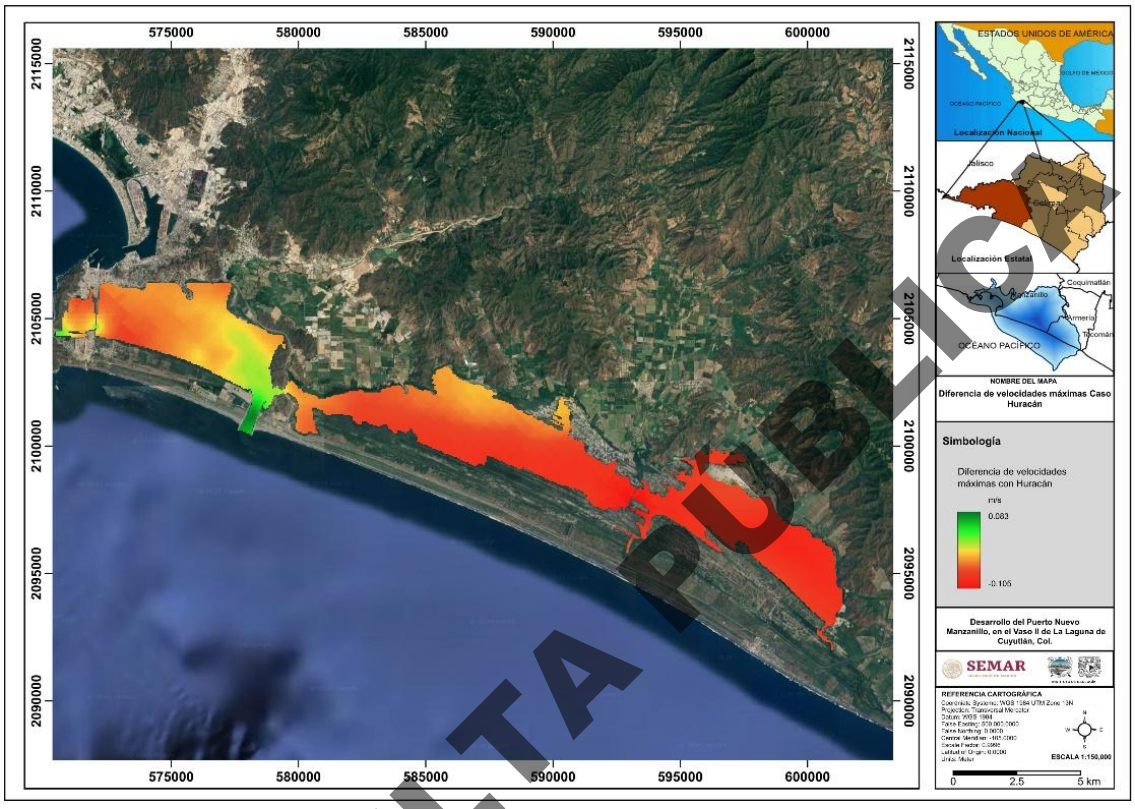


Figura IV. 227. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.

El análisis de la acumulación de sedimentos indica que el sistema presenta zonas naturales de deposición, principalmente en los vasos interiores. Los cambios inducidos por el proyecto se limitan al Vaso II, donde se identifica una mayor retención de sedimentos finos; sin embargo, estos efectos son de carácter local y no representan un proceso de azolvamiento progresivo del sistema general y sólo se debe monitorear la acumulación de sedimentos dentro de los canales de navegación. La implementación de drenes mejora la conectividad hidráulica y reduce la acumulación localizada, evitando la generación de condiciones de azolvamiento a escala regional.

IV.3.8.12 Patrones de circulación del frente Costero

En la Figura IV. 228 se muestra el campo de vectores de oleaje para la condición sin proyecto, en la parte superior se muestra la altura de ola para el dominio de cómputo y en la parte inferior un acercamiento a la aproximación del oleaje al Canal Tepalcates y Vaso II; en la figura se muestra el instante correspondiente a una altura de ola propagada en la frontera es de 0.85 m proveniente del OSO (292.5° con respecto al norte), el oleaje en el frente del Canal Tepalcates pierde 12% de la energía. Se muestra el acercamiento a la propagación del oleaje en el vaso II; el oleaje que logra penetrar a la zona central del Canal Tepalcates lo hace con el 30% de la energía con que inicia en la frontera, en la dársena de ciaboga, el oleaje ha perdido el 80% de la energía,

CONSULTA PÚBLICA

y en la zona oriental del Vaso II, norte de la dársena, el oleaje arriba con menos del 6% de la energía del oleaje. Debido a la dirección de aproximación del oleaje, éste no penetra más allá del Canal Tepalcates, por lo que el oleaje normal no logra penetrar al Vaso II del sistema lagunar. En Figura IV. 228 se muestra las series de tiempo de altura de ola para la frontera en comparación con el Canal Tepalcates y la zona oriente del vaso II, como se muestra, el oleaje que penetra al Canal Tepalcates disminuye su altura en más de 50% con respecto a la frontera, y en el vaso II el oleaje es menor a 12 cm para el periodo de simulación.

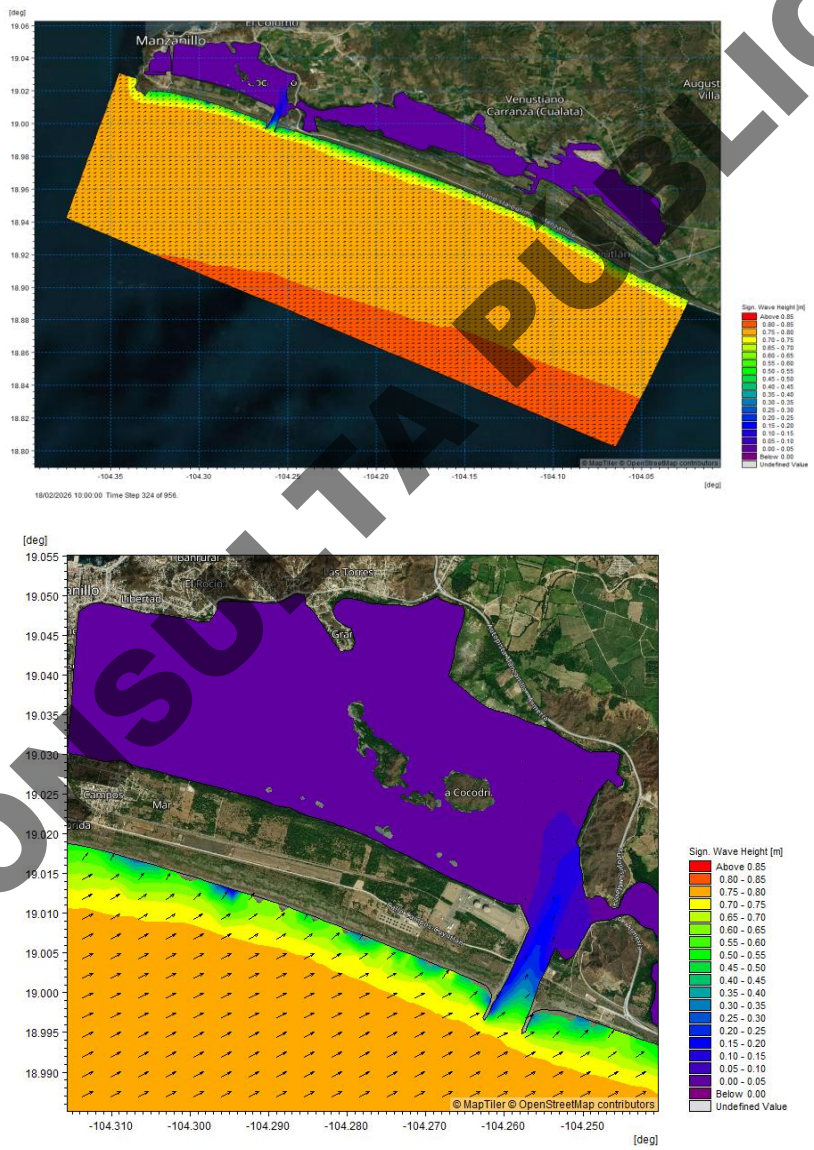


Figura IV. 228. Campo de altura de ola significante en condiciones actuales, se muestra en el panel superior el dominio de cómputo, y en el panel inferior un acercamiento al vaso II.

CONSULTA PÚBLICA

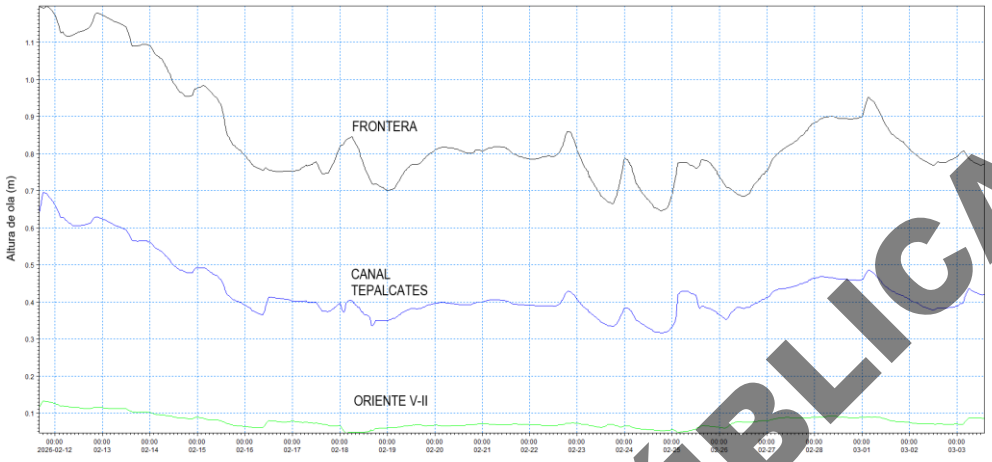


Figura IV. 229. Series de tiempo de oleaje en 3 puntos de interés.

En la Figura IV. 230, se muestra el campo de altura de ola significante para la condición de proyecto, este forzamiento formó parte del modelo acoplado de transporte de sedimento en planta y del modelo de dispersión de pluma de sedimentos; dado que el proyecto de ampliación del puerto se llevará a cabo en el Vaso II, el oleaje que arriba dicha zona es menor a 5 cm, como se muestra en la figura, la evolución del oleaje es similar a la condición actual. El oleaje parte de la frontera con una altura de ola de 0.85 m, una dirección de aproximación del WSW y un periodo de 6.38 segundos, el oleaje arriba a los morros de las escolleras con una altura de 0.75 m, con el mismo periodo que en la frontera y con una dirección 5° hacia el sur. El oleaje al noroeste de la dársena alcanza una altura menor a 5 cm debido a la dirección de aproximación del oleaje, lo que conlleva a experimentar los efectos de refracción y difracción dentro del Canal Tepalcates. Cabe mencionar que lo que se muestra es la altura de ola significante, como producto de la media aritmética del tercio de olas más altas simuladas en un periodo de tiempo, la altura de ola máxima alcanzada en el Canal Tela cates fue de 0.70 m, y en la dársena 0.35 m.

En la Figura IV. 231 se muestran los resultados de la propagación del oleaje para la condición de proyecto Etapa 2, como se mencionó anteriormente, el oleaje no penetra significativamente al vaso II, sin embargo, el oleaje forma parte del forzamiento en el transporte de sedimentos. En la Figura IV. 232 se muestra un acercamiento al Canal Tepalcates y vaso II, como se ve, el oleaje logra penetrar en línea recta hasta el punto 3, norte de la dársena, no obstante, como se muestra en la Figura IV. 233, el oleaje normal en los puntos 1, 2 y 3 es menor a 0.10 m, y el oleaje antes de la entrada del Canal Tepalcates inicia en 80 cm y baja a 40 cm.

CONSULTA PÚBLICA

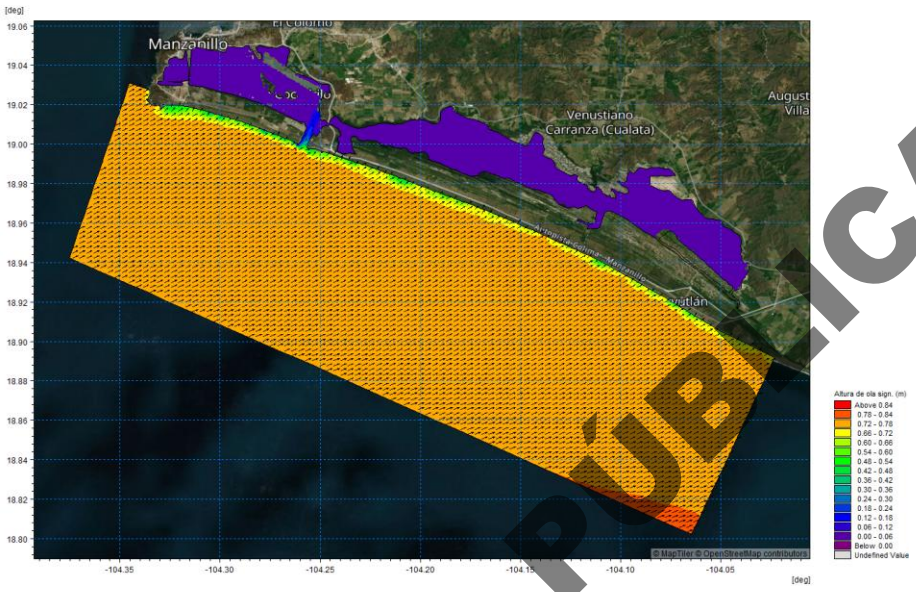


Figura IV. 230. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa 1, se muestra el dominio de cómputo.

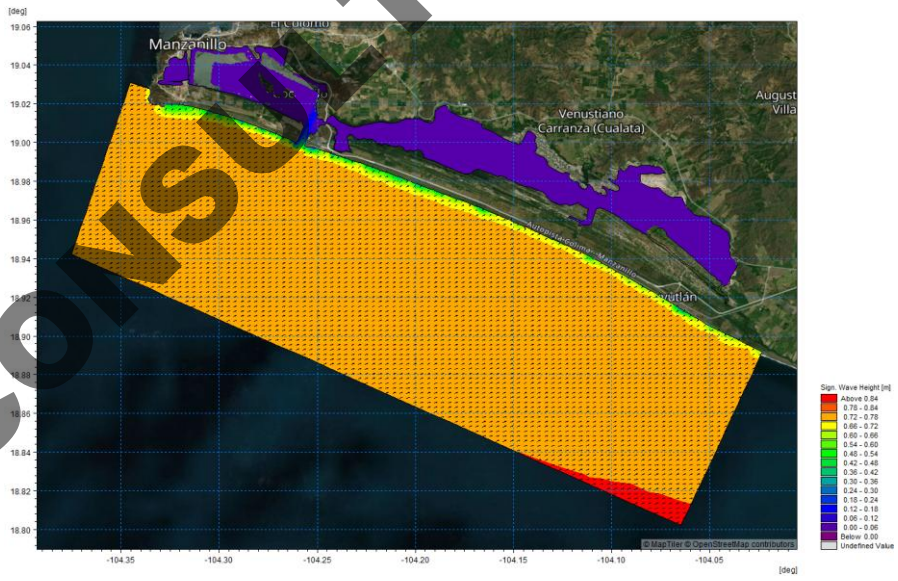


Figura IV. 231. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa 1, se muestra el dominio de cómputo.

CONSULTA PÚBLICA

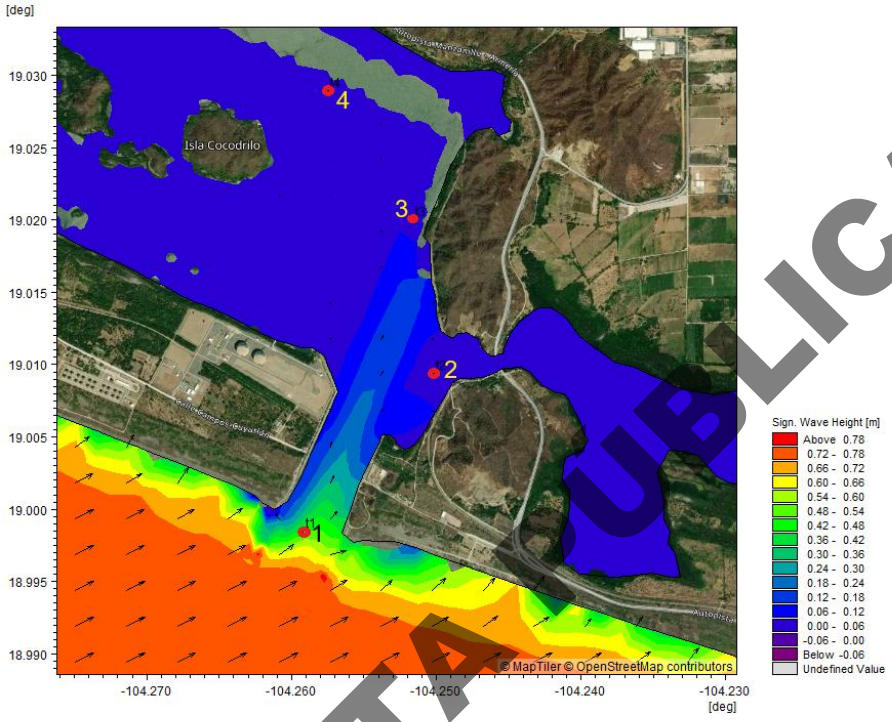


Figura IV. 232. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa II, en el panel superior se muestra el dominio de cómputo, y en el panel inferior un acercamiento al vaso II.

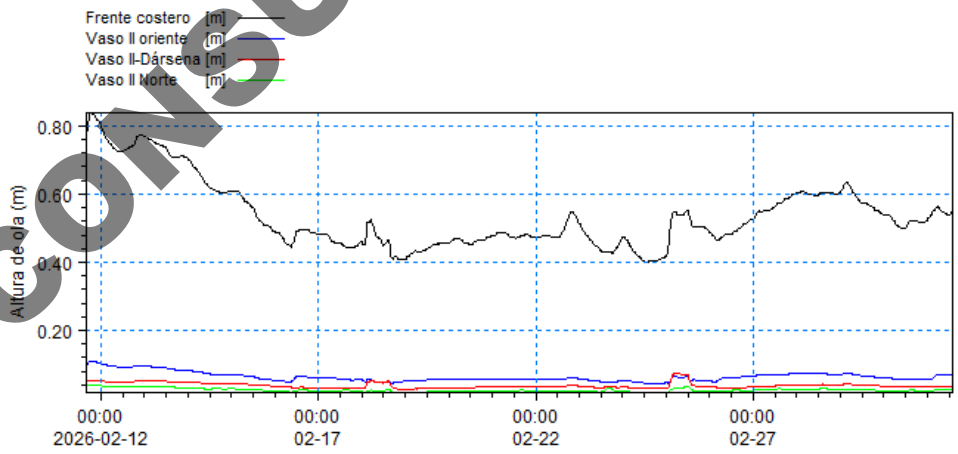


Figura IV. 233. Series de tiempo de oleaje en 4 puntos de interés, etapa II.

CONSULTA PÚBLICA

El modelo hidrodinámico acoplado costa fuera fue forzado por marea sintética, lo que significa que las corrientes serán probablemente menores a aquellas generadas por la suma de la marea sintética con la marea meteorológica y escurrimientos, es decir a datos medidos *in situ*, el tipo de marea en el sitio de estudio es micro mareal y la diferencia entre marea viva y muerta son 40 cm, debido a la distancia de los distintos vasos al canal de comunicación del sistema lagunar con el mar, a la morfología del sistema, a la baja profundidad y a la rugosidad del fondo, existe asimetría en la marea que penetra en la laguna, a medida que la zona a donde arriba la marea está más alejada es mayor la distorsión, generando un retraso de marea y un amortiguamiento de tal forma que en el vaso IV se tiene una amplitud de marea de centímetros, el nivel del agua en el vaso II responde directamente a la marea que penetra por el Canal Tepalcates. Como se muestra en la Figura IV. 234 cuando en el frente costero y vaso II se tiene una pleamar de 40 cm en la zona más profunda del vaso III se tiene una amplitud de marea de 15 cm, y en el vaso IV se tiene el mismo valor, pero en bajamar. En el vaso II la onda de marea presenta poco retraso y amortiguamiento con respecto a la marea en el frente costero, y debido a la influencia de la onda de marea que arriba a la zona occidental de dicho vaso proveniente del vaso I penetrando a través del Canal Ventanas, en algunas ocasiones inclusive se puede observar una mayor amplitud de dicha marea que en el frente costero, por algunos centímetros.

En el Vaso II se pueden observar dos canales de marea, al norte y sur de las islas, Figura IV. 235, durante la atapa de llenado, figura superior, las corrientes al norte y sur del vaso II alcanzan velocidades de 0.40 m/s y 0.25 m/s, respectivamente, y el flujo de corriente entre los vasos II y III puede alcanzar velocidades simuladas superiores a 0.80 m/s. Durante la vaciante de marea, panel inferior, dado que el sistema lagunar de Cuyutlán funciona más eficientemente durante este periodo, en el Canal Tepalcates se pueden tener velocidades mayores a 0.2 m/s, mientras que en la intersección entre los vasos II y III las velocidades generadas por la marea sintética pueden superar 0.80 m/s, pudiendo alcanzar valores medidos *in situ* de hasta 1.5 veces este valor; en el canal ubicado al sur de las islas del vaso II se presentan velocidades de 0.7 m/s, y en el canal ubicado al norte velocidades de 0.50 m/s. La zona occidental del vaso II presenta velocidades de 0.10 m/s. Las velocidades en la mayor parte de los Vasos III y IV son menores a 0.05 m/s.

En la Figura IV. 236 y Figura IV. 237 se presenta una comparativa de las corrientes en el frente costero del Canal Tepalcates (1), Centro del Canal Tepalcates (2), sur vaso II (3), conexión vaso II y III (4), vaso III (5) y vaso IV (6), en el Canal Tepalcates las velocidades máximas son de 0.20 m/s en mareas vivas y de 0.10 m/s en mareas muertas; en el sur del vaso 2 durante mareas vivas se alcanzan valores de 0.75 m/s, y en mareas muertas el valor durante pleamar es de 0.25 m/s; en la canal de conexión entre los vasos II y III se alcanzaron valores de 0.80 m/s en mareas vivas y hasta 0.20 m/s en mareas muertas. Frente al Canal Tepalcates la velocidad máxima del flujo de salida de la marea es de 0.20 m/s, y en los vasos III y IV las magnitudes de velocidad son menores a 0.10 m/s y 0.05 m/s, respectivamente.

CONSULTA PÚBLICA

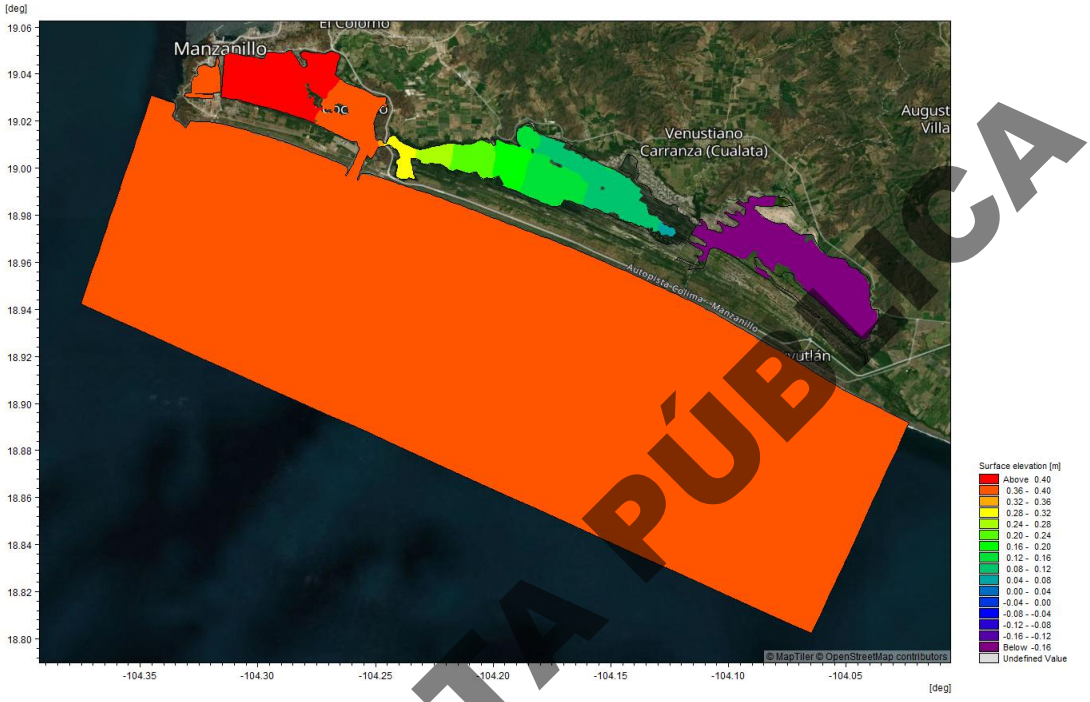


Figura IV. 234.. Nivel de superficie libre en condición actual.

CONSULTA PÚBLICA

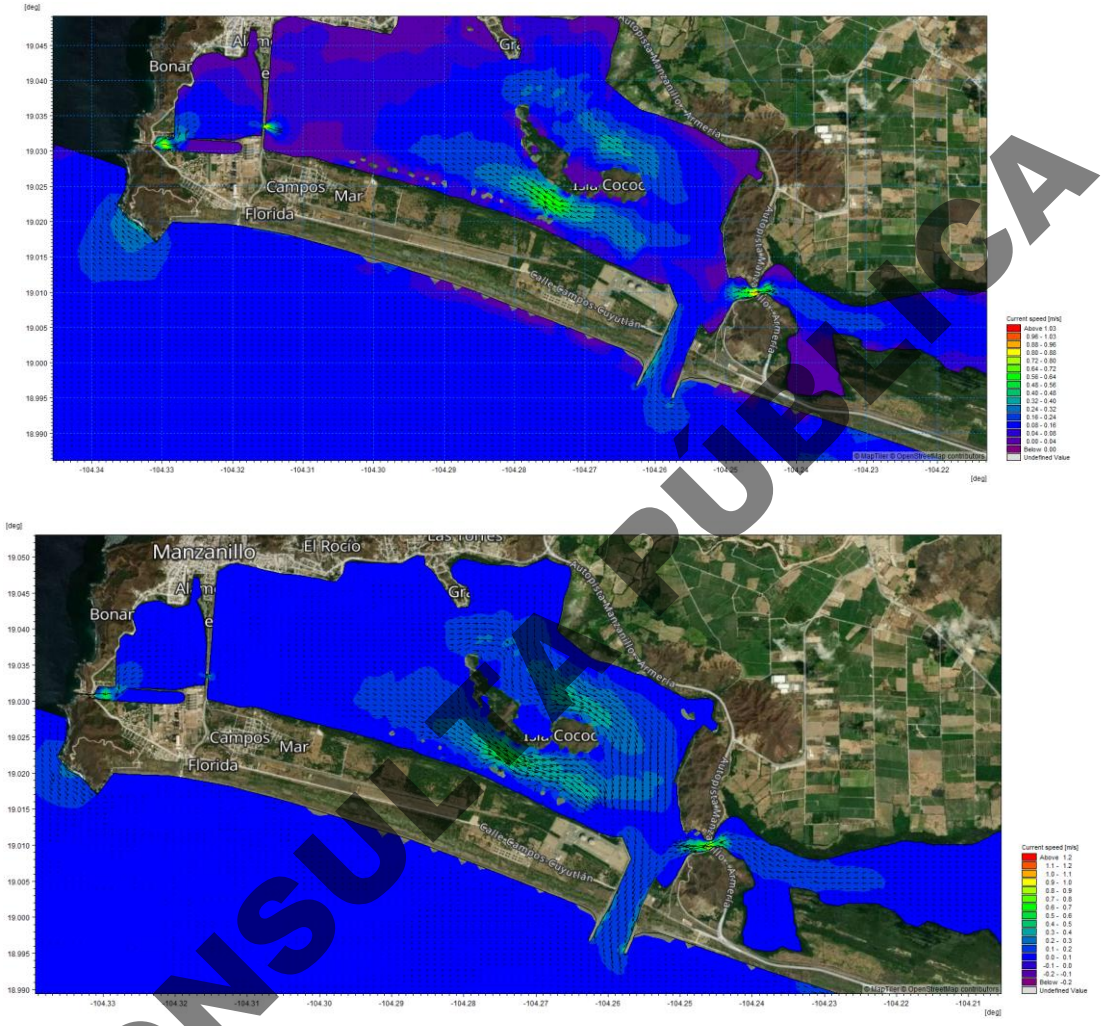


Figura IV. 235. Condición hidrodinámica para la condición actual, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante.

CONSULTA PÚBLICA

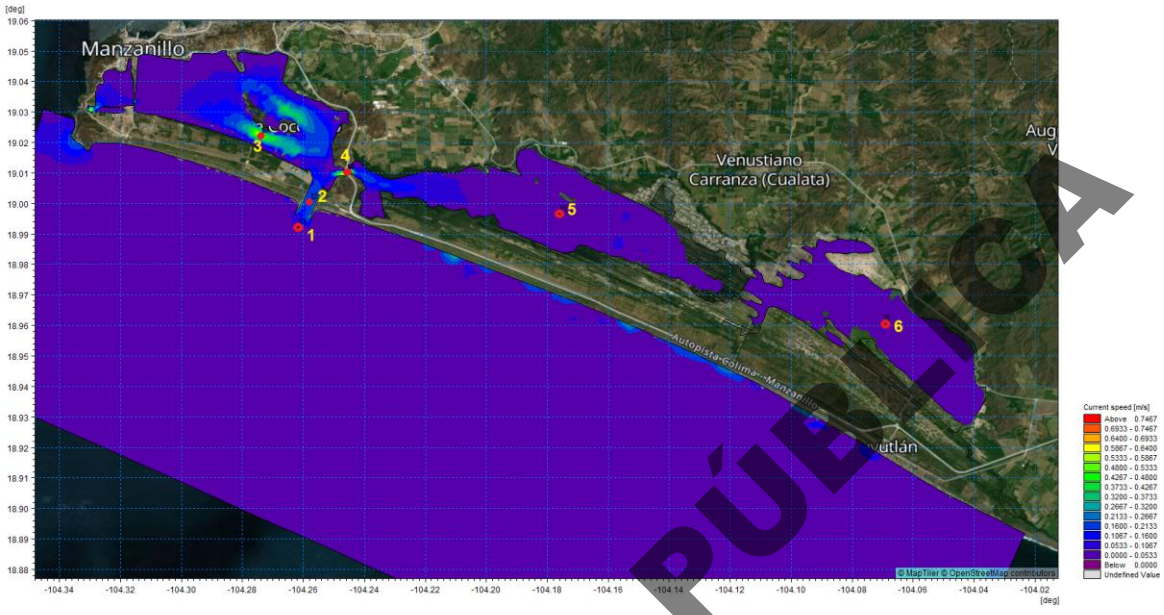


Figura IV. 236. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición actual.

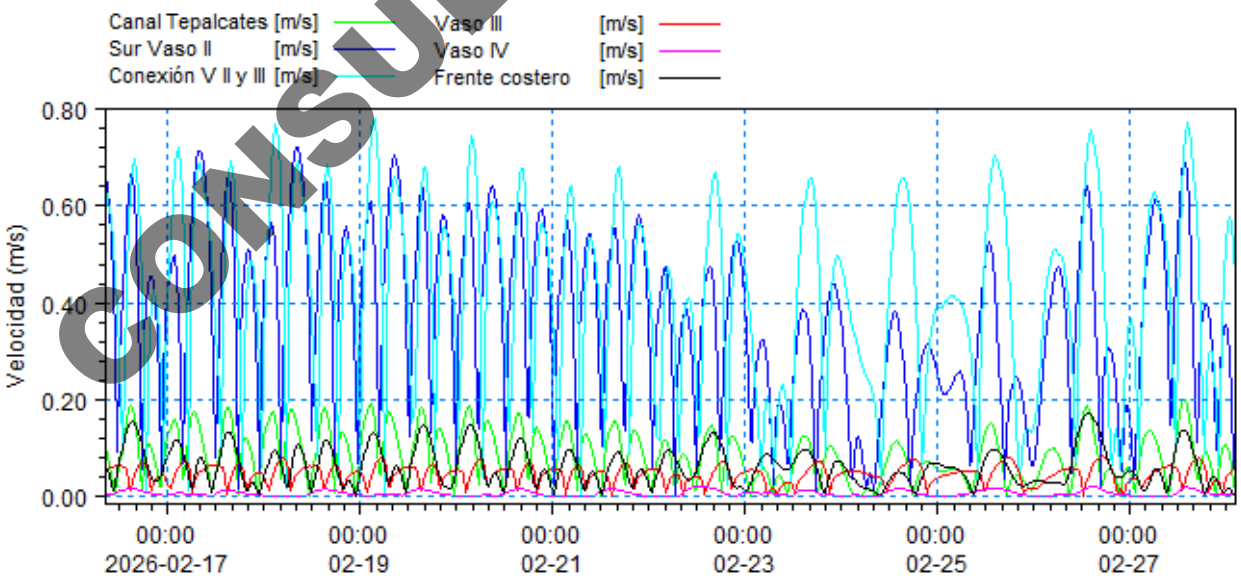


Figura IV. 237. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición actual.

CONSULTA PÚBLICA

Para las condiciones de proyecto Etapa I, la propagación de la onda de marea presenta una asimetría similar a las condiciones actuales: desfases de marea a medida que la onda que se aleja de la comunicación de la laguna con el mar, de horas en el vaso IV, acompañado de una reducción de la amplitud de marea, en más del 90% en el vaso IV, considerando que el efecto de la marea en dicho nivel del agua es relativamente menor, Figura IV. 238. Al profundizar los canales al norte y sur de las islas y conservar las áreas intermareales al occidente y noroeste del vaso II, la onda de marea presenta una reducción en las velocidades del flujo sobre los canales de marea y un incremento en las corrientes en las zonas intermareales, así como un incremento en las velocidades en la conexión ente los vasos II y III y en el Canal Tepalcates, Figura IV. 239. Dado que la dirección del flujo neto entre los vasos II y vaso I, va del vaso II al vaso I, se muestra un mayor desnivel entre ambos vasos. En el frente costero frente al Canal Tepalcates (1) y en el centro de este último (2), Figura IV. 240 y Figura IV. 241, el flujo se intensifica, con mayores velocidades alcanzando 0.50 m/s; en el sur del vaso II (3) las corrientes se reducen 50% con respecto a las corrientes en condiciones actuales, al occidente del vaso II (4) las velocidades se incrementan a más de 60 cm/s; al sur del vaso II (5) las velocidades disminuyen a valores máximos menores de 40 cm/s; en la conexión entre los vasos II y III (6), las corrientes las corrientes se intensifican hasta alcanzar valores de 1 m/s; las corrientes en los vasos III (7) y IV (8) permanecen sin cambios, menores a 10 cm/s en el primero y menores a 5 cm/s en el segundo.

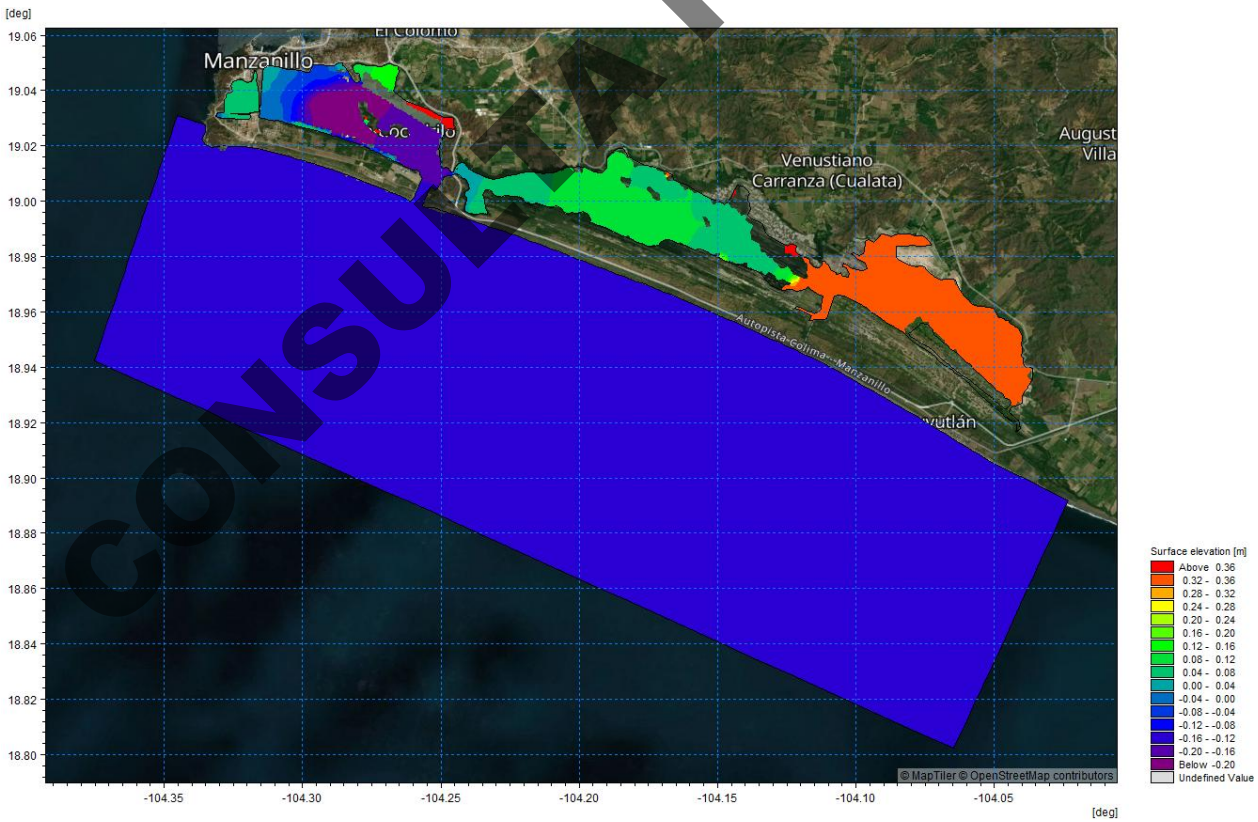


Figura IV. 238. Nivel de superficie libre en condición de proyecto Etapa 1.

CONSULTA PÚBLICA

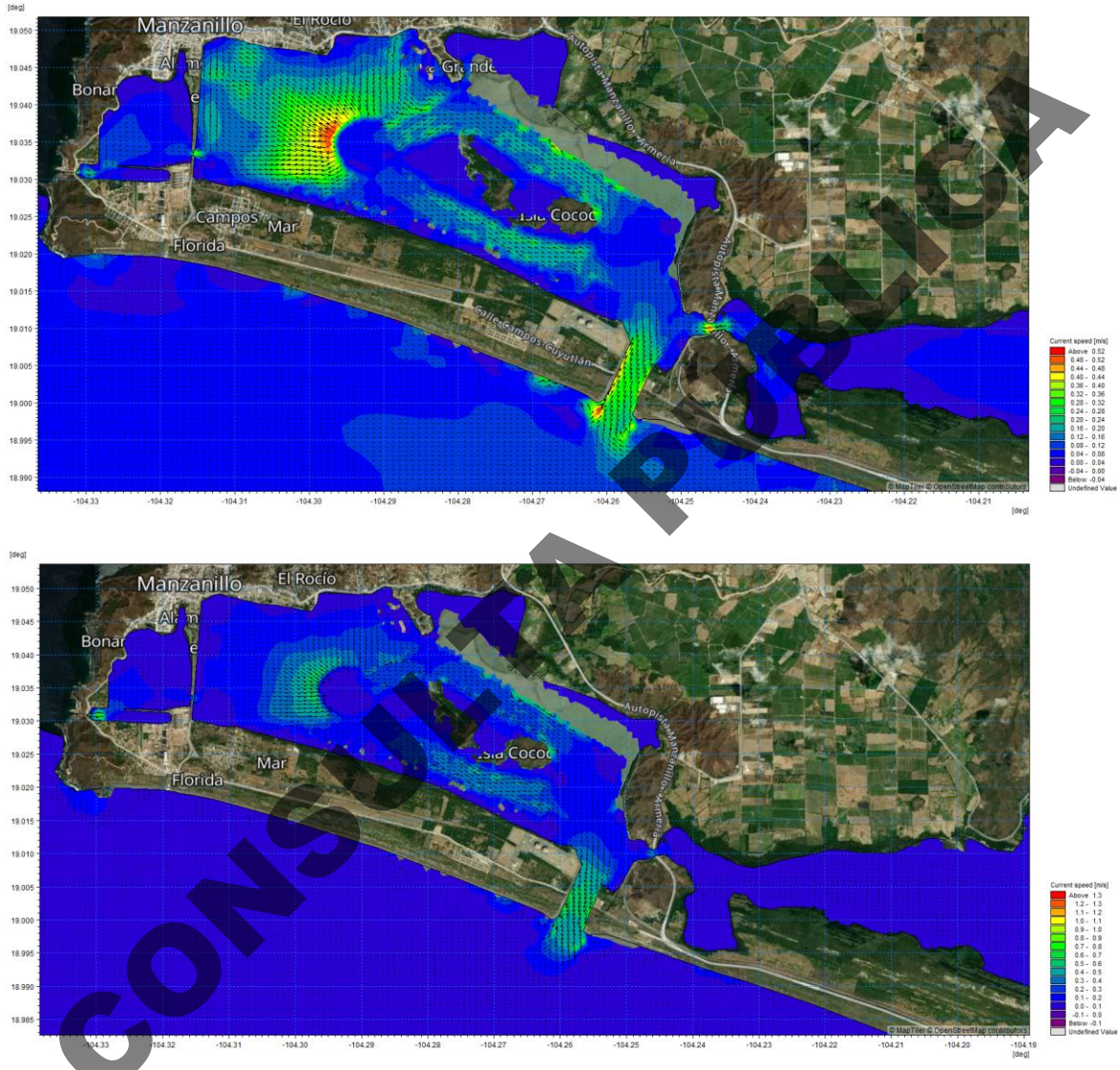


Figura IV. 239. Condición hidrodinámica para la condición de proyecto Etapa I, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 240. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I.

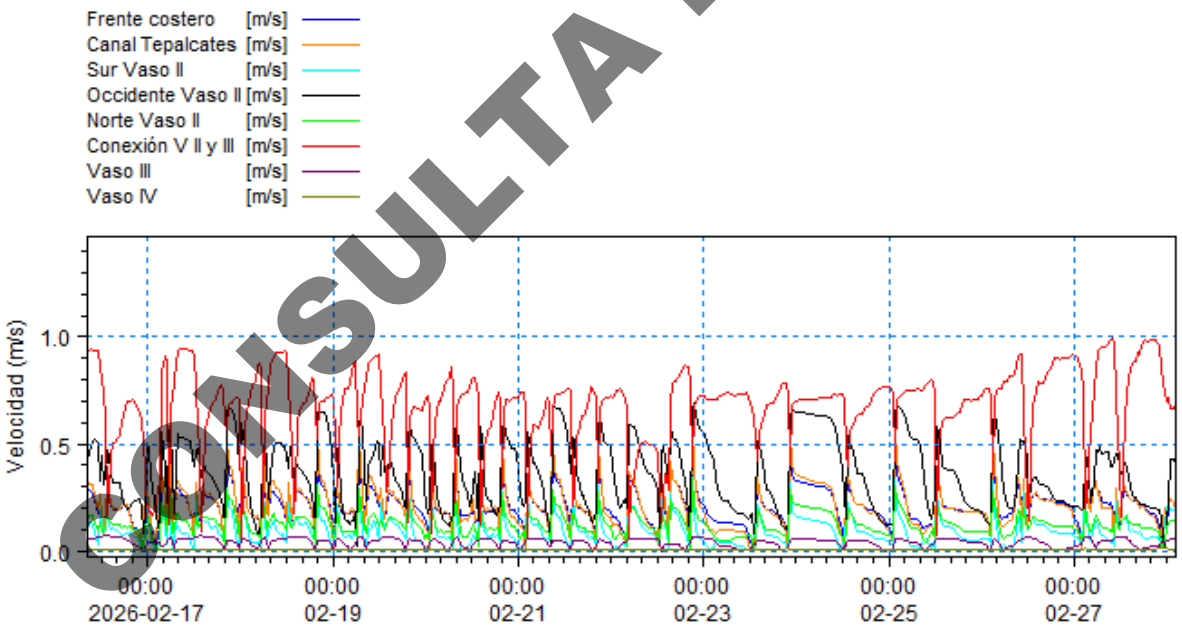


Figura IV. 241. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I, ordenados del 1 al 8.

La configuración de la Etapa II implica cambios significativos en las condiciones batimétricas del vaso II, la profundización de los canales al norte y sur del vaso II y la creación de un terraplén al nornoroeste y oeste del

CONSULTA PÚBLICA

vaso II, el amortiguamiento progresivo de la marea hacia el vaso III, no cambia; los desfases de marea y la disminución de la amplitud de la marea permanece sin cambios significativos. La reducción del área intermareal en el vaso II y el incremento de la profundidad alrededor de las islas generan cambios en las condiciones de flujo y reflujo de marea, aun cuando el rango de marea permanece. El poco efecto de la marea sobre la variación del nivel del mar en el vaso IV permanece. El centro y oriente del vaso II se mantiene en comunicación con el vaso I a través del cordón batimétrico que rodea el perímetro del occidente del vaso II, en esta zona el nivel del mar es mayor, Figura IV. 242.

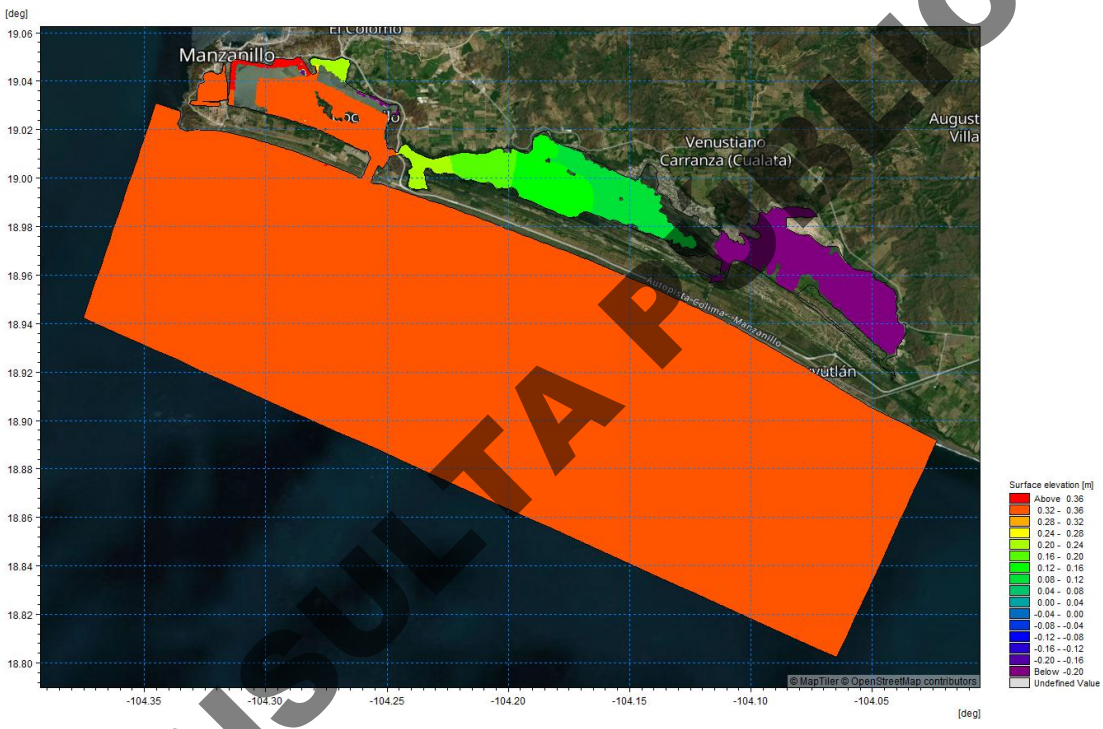


Figura IV. 242. Nivel de superficie libre en condición de proyecto Etapa II.

La nueva configuración batimétrica del vaso II cambia las condiciones de la marea que penetra por el Canal Tepalcates; en condiciones normales, el sistema lagunar de Cuyutlán trabaja más eficientemente a reflujo, es decir, debido a las mayores velocidades durante la vaciante de marea tiende a exportar sedimentos, sin embargo, en condiciones de proyecto Etapa II, dicha diferencia de velocidades se reduce y en ocasiones cambia el régimen, siendo ligeramente mayores velocidades las velocidades de corriente durante la llenante Figura IV. 243 panel superior. Se debe diferenciar que lo anterior ocurre en un ciclo de marea una vez se ha implementado el proyecto en su Etapa II. De manera general, en estas nuevas condiciones los cambios más significativos son un incremento en las velocidades a la salida del sistema a través del Canal Tepalcates, debido a la nueva condición explicada a detalle anteriormente, las velocidades en el vaso II se reducen de manera general, y las corrientes que se dirigen hacia el vaso III se incrementan significativamente, esto debido al efecto de la reducción de las áreas intermareales, profundización de los canales en el vaso II, al cambio en la comunicación con el vaso III, Figura IV. 243 panel inferior.

CONSULTA PÚBLICA

Con respecto a las corrientes, tanto en el frente costero (1) como en el Canal Tepalcates (2) hay un ligero incremento en la condición de proyecto en la Etapa 2 con respecto a la Etapa 1, superando en algunas ocasiones 0.40 m/s, Figura IV. 244; al sur del vaso II (3) y norte del vaso II (5) la magnitud de la velocidad de corriente disminuye 50% en la Etapa II; al centro-occidente del vaso II (4) las velocidades disminuyen 80% con respecto a la Etapa 1; el flujo de corriente que comunica los vasos II y III (6) presenta un incremento en las velocidades llegando a superar 1.40 m/s en la Etapa 2, así como también, las variaciones en la velocidad responden en mayor medida a los cambios en el flujo de marea, siendo 35% menores en mareas vivas; las velocidades en el centro de los Vasos III (7) y IV (8) permanecen sin cambios significativos Figura IV. 245.



Figura IV. 243. Condición hidrodinámica para la condición de proyecto Etapa II, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 244. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I.

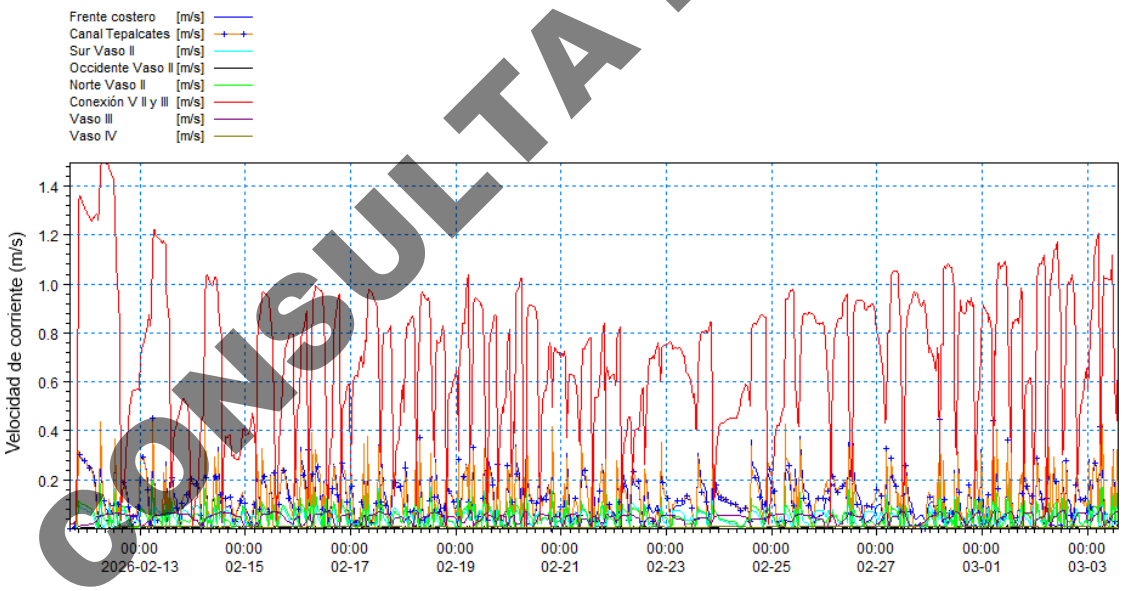


Figura IV. 245. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I, ordenados del 1 al 8.

IV.3.8.13 Transporte de sedimentos del frente Costero

El transporte de sedimentos en el sistema acoplado *sistema lagunar de Cuyutlán* fue realizado con el objetivo de calcular las zonas con el mayor potencial de erosión y azolve, en condiciones actuales y analizar los efectos del proyecto en los patrones de transporte, a continuación, se presenta la configuración del modelo de transporte y los resultados obtenidos.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 246 se muestran las tasas de transporte de sedimento para la condición actual, como se muestra en la figura el transporte neto en el frente costero ocurre hacia el sureste, con la mayor intensidad en la playa este, también se muestra el transporte generado al interior del canal de acceso, y al norte de la escollera sur hasta la entrada al Puerto, en esta aproximación del oleaje es evidente el transporte hacia el interior del canal. Las zonas con la mayor tasa de transporte son la playa en el frente costero por transporte litoral, y dentro del sistema lagunar en la conexión entre los Vasos II y III y al sur del Vaso II. Las zonas donde ocurre el mayor cambio en el fondo son en donde se registran las mayores tasas: en el frente costero en las playas ubicadas a lado de las escolleras; en el sistema lagunar, al oriente del Vaso II y en el estrangulamiento del flujo entre los Vasos II y III.

Recordando que el transporte el frente costero ocurre principalmente por el oleaje, ocurre por fondo, mientras que la marea es la que introduce y saca el sedimento en suspensión a través de las comunicaciones entre el sistema lagunar y el mar, y a lo largo del sistema lagunar; como se muestra en el vaso II, las mayores tasas de erosión ocurren en la zona intermareal al occidente del vaso II, y al centro y oriente del mismo se indica una acumulación de sedimento, mismo que es potencialmente expulsado hacia el exterior del sistema por el flujo de marea. Para la condición de proyecto en su Etapa 1, la diferencia mostrada en la condición actual, entre las zonas con potencial de erosión y azolve en el vaso II se intensifica y es acotada a la zona profundizada con acumulación, y a la zona que en esta etapa no fue alterada donde existe erosión, Figura IV. 247.

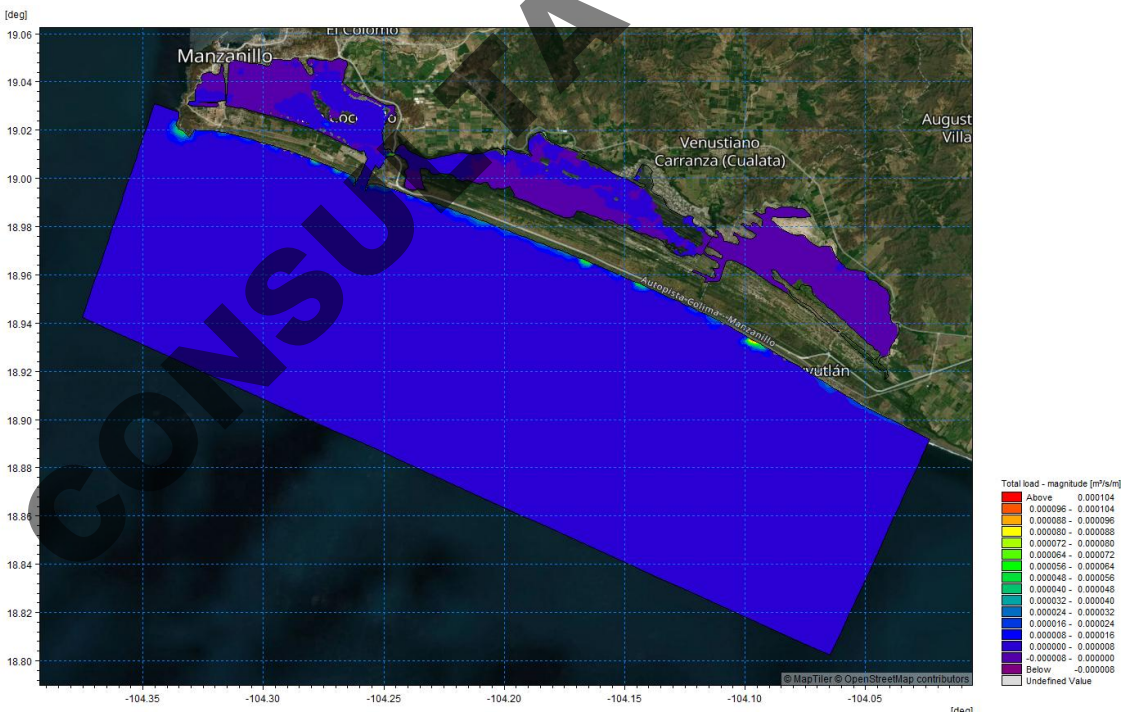


Figura IV. 246. Tasas de transporte de sedimento en condiciones actuales.

Para la Etapa 2, el vaso II presenta una tasa potencial de erosión en un orden de magnitud menor con respecto a la condición Etapa I, y acumulación en algunas zonas del centro del vaso II; recordando que las velocidades

CONSULTA PÚBLICA

al interior del vaso II son significativamente menores que en la Etapa 1 y condición actual, por lo que el sedimento acarreado de las zonas internas del vaso II hacia los nuevos canales probablemente permanecerá más tiempo en ellos, esto se compensará de alguna forma con el incremento de las velocidades en el Canal Tepalcate y frente costero, Figura IV. 248. El incremento en las velocidades en la conexión entre los vasos II y III, en la Etapa 2, implica un transporte de sedimento más eficiente desde y hacia el vaso III, con un transporte de sedimento desde la dársena hacia el vaso III, dicho sedimento que sea colocado al oriente del vaso II será expulsado de manera más eficiente por el reflujo de corriente de marea cuando el ciclo de marea se encuentre de pleamar a bajamar.

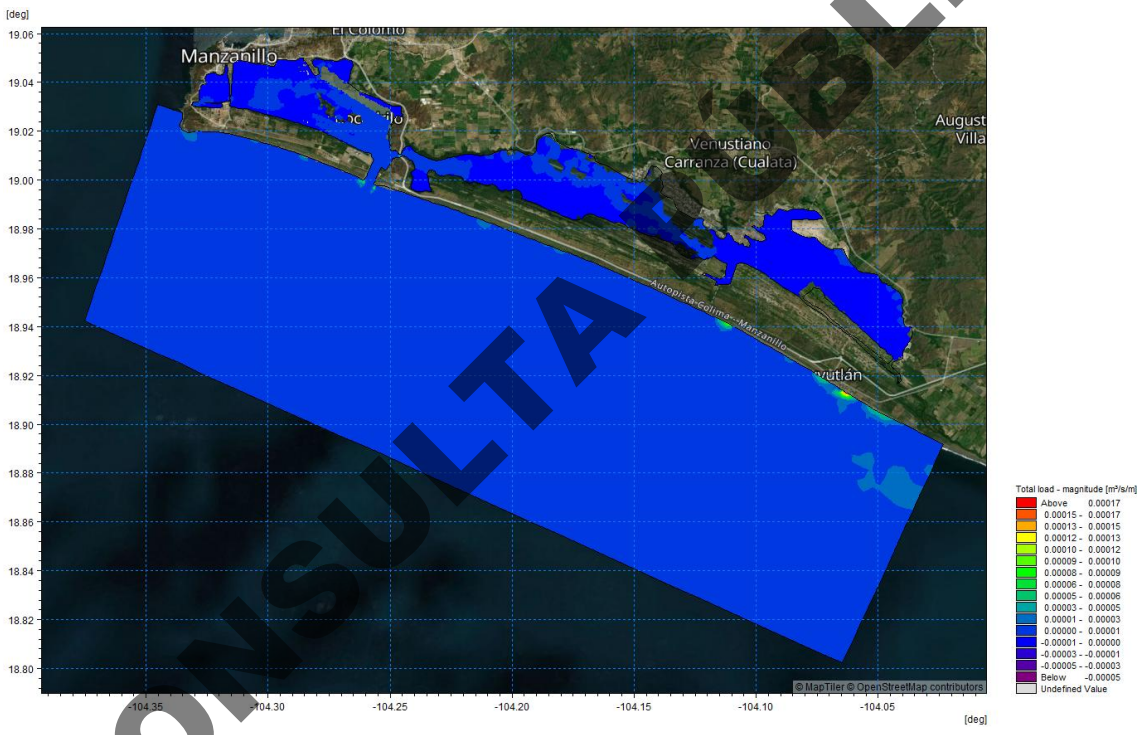


Figura IV. 247. Tasas de transporte de sedimento para las condiciones de proyecto Etapa 1.

CONSULTA PÚBLICA

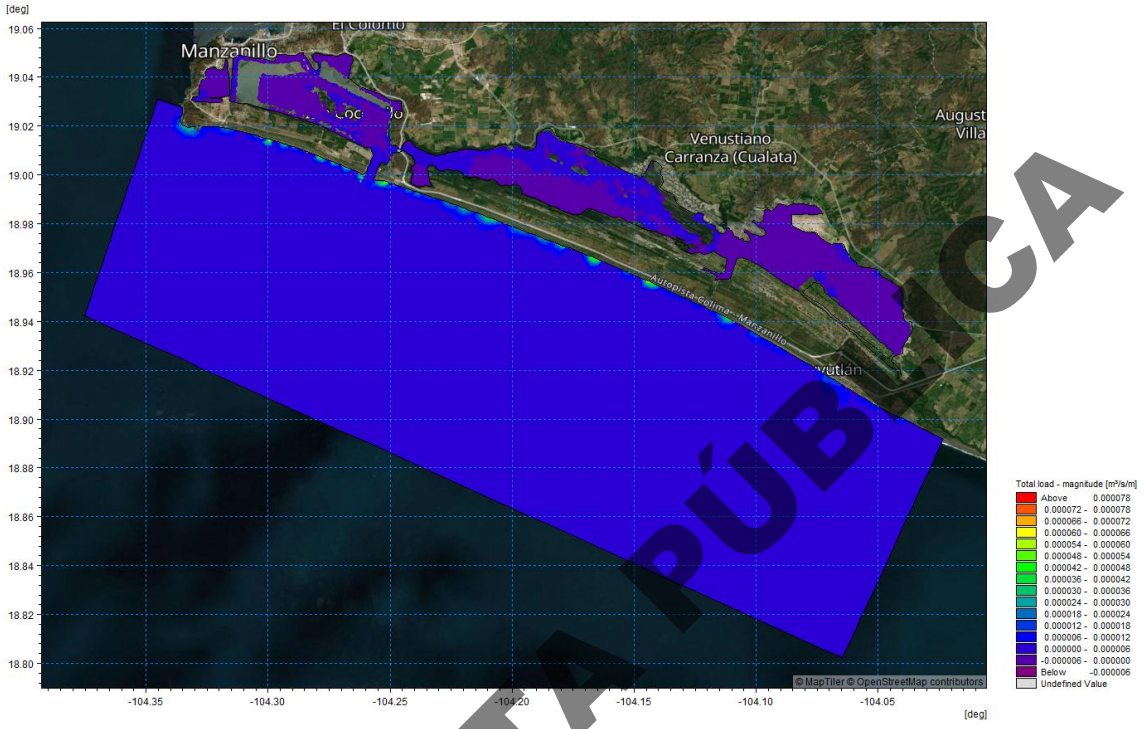


Figura IV. 248. Tasas de transporte de sedimento para las condiciones de proyecto Etapa 2.

IV.3.8.14 Dispersión de la pluma de sedimentos

La simulación numérica del vertido del material de dragado en el sitio ubicado en el frente costero del sistema laguna de Cuyutlán, fue simulado acoplando un modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos a un modelo hidrodinámico y de oleaje. A continuación, se describe la configuración del modelo y los resultados obtenidos para la condición actual y de proyecto.

En la Tabla IV. 24 se muestra la configuración del modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos.

Tabla IV. 24.Configuración del modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos.

Parámetro	Valor	Unidad
Condiciones de vertido de material		
Volumen de descarga por ciclo (3.08 horas)	10,000	m^3
Tiempo de vertido	15	minutos
Gasto de vertido total (agua - sedimento)	11.11	m^3/s
Jornada laboral diaria	24	horas
Periodo de dragado		
Características del sedimento a verter		
Densidad del sedimento fino (fracción)	2,686.11	kg/m^3

CONSULTA PÚBLICA

Velocidad de caída del sedimento fino	0.00001	m/s
Concentración para la floculación	0.01	kg/m^3
Relación sedimento – agua	30%-70%	%
Porcentaje el material fino (promedio, arcillas y limos)	28	%
Tamaño del sedimento d_{50} promedio	0.16	mm
Flujo másico	204	kg/s
Concentración	226	kg/m^3
Condiciones del fondo		
Ancho de capas 1, 2	1, 2	m
Densidad del material de fondo, capa 1	180	kg/m^3
Densidad del material de fondo, capa 2	430	kg/m^3
Concentración máxima permitida por erosión	1	kg/m^3
Velocidad de asentamiento	0.0005	m/s

Se simuló el vertimiento del material dragado en el sitio de tiro con coordenadas -104.266667 O, 18.943056 N, (Figura IV. 249), el periodo de simulación fue del 17 de febrero al 26 de febrero de 2026, el periodo de simulación inicia en mareas vivas, pasa por un periodo de mareas muertas y vuelve a mareas vivas, de tal forma que se abarcaran los periodos de mareas vivas máximas y mareas muertas mínimas.

El modelo de transporte de sedimentos finos fue forzado con marea, oleaje y viento. La concentración nativa del material en la columna de agua fue considerada de 0.0002 a 0.0004 kg/m^3; el objetivo de las simulaciones fue determinar la extensión de la pluma de sedimentos con base en la concentración del sedimento en la columna de agua y analizar si existe recirculación de sedimento al interior del sistema lagunar.



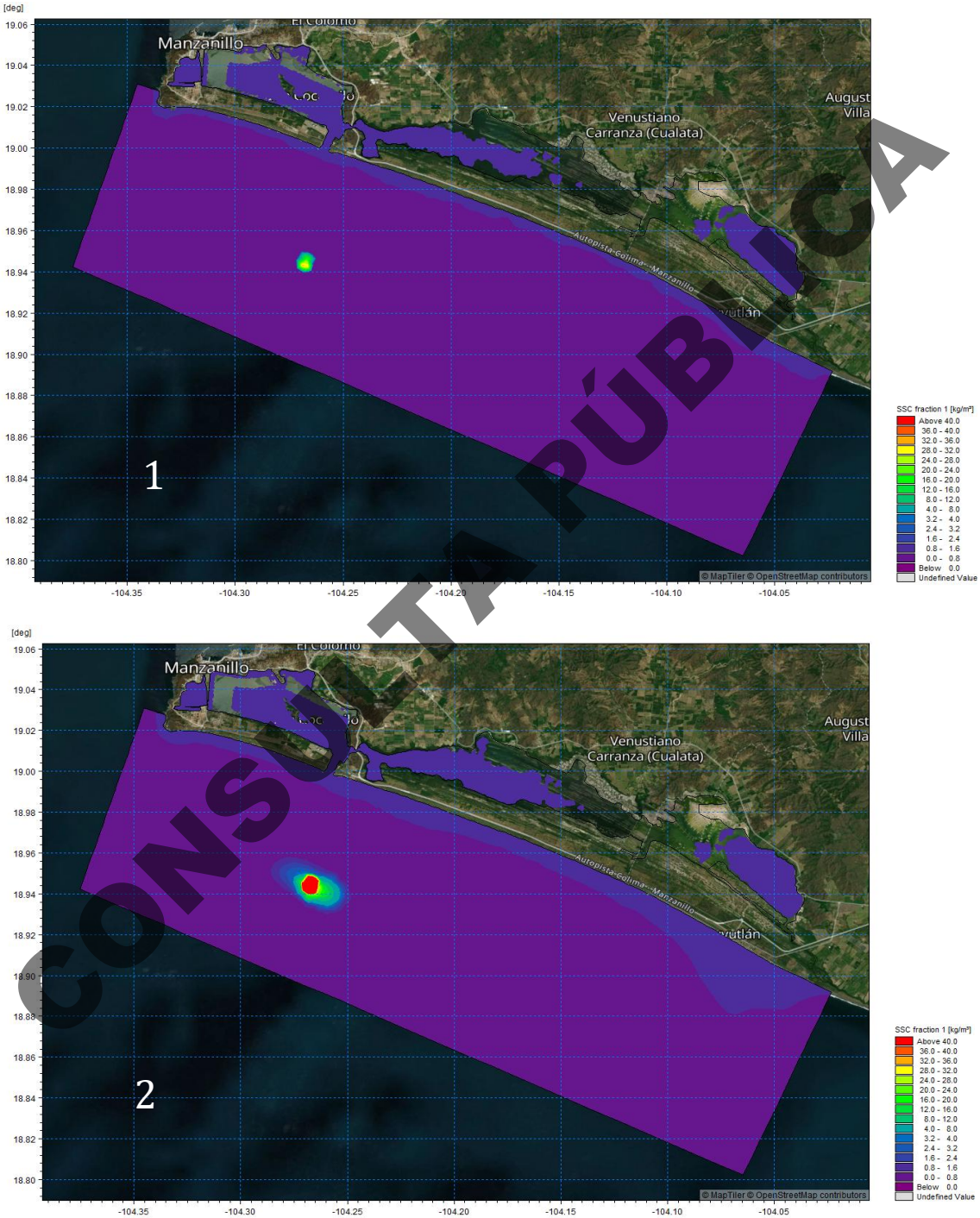
Figura IV. 249. Sitio de tiro, coordenadas -104.266667 O, 18.943056 N.

CONSULTA PÚBLICA

El material es vertido durante de 15 min., al cabo de ese tiempo la concentración se reduce por mezcla a un valor máximo de 1.14% de la concentración original, después de este valor la concentración disminuye paulatinamente. La máxima extensión de la pluma en mareas vivas fue de 4950 m con dirección al Sureste. Debido a la dirección predominante de las corrientes en el sitio de vertido ONO-ESE, la dispersión de la pluma sigue este patrón, presentando un movimiento resultante en dirección de la línea de costa Figura IV. 250 y Figura IV. 251.

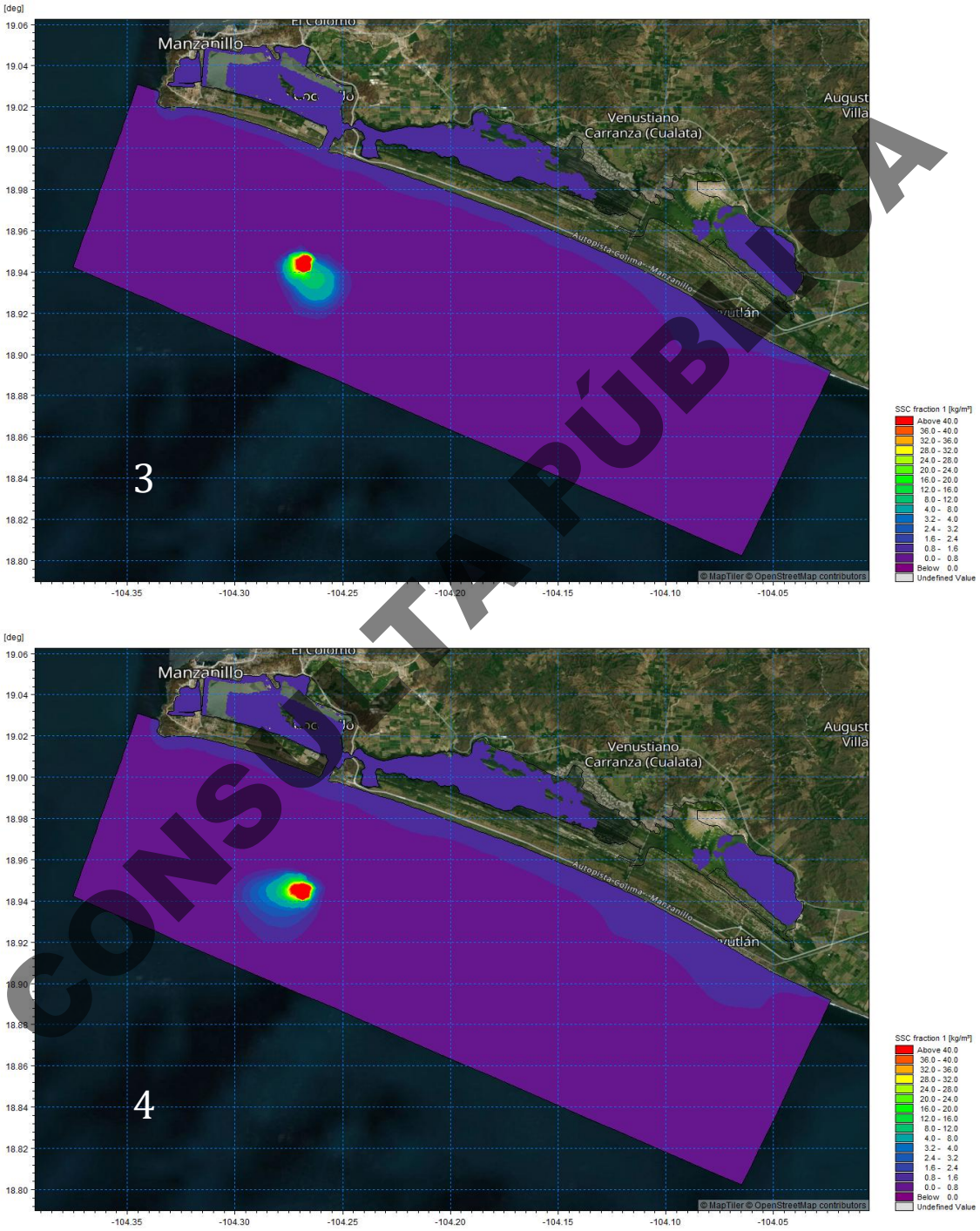
En la Figura IV. 250 (panel 1 y 2) se muestra la evolución de la pluma para diferentes tiempos durante mareas vivas, cuando ocurren las mayores velocidades; la barra de colores indica la concentración del material en kg/m^3, en rojo el máximo valor. En el panel 1 se indica el vertido una vez realizado, debido a la dilución se presentan valores de 30 kg/m^3; en el panel dos se muestra la pluma medio ciclo de marea después mostrando la dispersión de la pluma hacia el sureste principalmente. En la parte inferior (Figura IV. 251, panel 3), la pluma se encuentra completamente desarrollada, aprox. 5 km al sureste. En el panel 4 se muestra la pluma con dirección al suroeste, extendiéndose por más de 7 km. Cabe mencionar que el vertido se consideró constante por lo que esta evolución que se muestra ocurre entre vertidos, es decir, una vez que la concentración alcanza un valor muy bajo y la pluma ha viajado por varios cientos de metros, inicia de nuevo el vertido, y así sucesivamente. Se hizo una prueba para un número limitado de ciclos, y una vez terminado el vertido, la pluma alcanza casi en su totalidad valores cercanos a los valores nativos parametrizados de concentración, lo que ocurre en aproximadamente 4 ciclos de marea. Como se muestra, la pluma de sedimentos se desplaza hacia el sureste y suroeste principalmente, en dirección opuesta a la costa de Colima, y en los casos en los que se dirige hacia el sistema lagunar, sólo recorre unos kilómetros sin alcanzarla; debido a la ubicación del sitio de tiro clon respecto a la línea de costa, no existe peligro de que ocurra una recirculación, la pluma no alcanza el Canal Tepalcates.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 250. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas vivas, 1-2.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 251. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas vivas, 3-4.

En el periodo de mareas muertas las corrientes son las de menor magnitud y la amplitud de manera disminuye a más de 50% con respecto al periodo quincenal de mareas vivas; las concentraciones de material en la columna de agua permanecen más altas que en mareas vivas; de igual forma que en mareas vivas, debido a la dirección predominante de las corrientes en el sitio de vertido ONO-ESE, la dispersión de la pluma sigue este patrón, presentando un movimiento en dirección de la línea de costa.

En los 4 paneles de la Figura IV. 252 y Figura IV. 253 se muestra la evolución de la pluma para diferentes tiempos en mareas muertas, la amplitud de la marea en este periodo es 60% las mareas vivas, para efectos de análisis, se presentan los resultados para diferentes ciclos de marea. En el panel 1 se muestra el inicio del vertimiento, debido a la dilución se presentan valores de 112 kg/m^3 3 veces la concentración obtenida en el periodo de mareas vivas una vez habiendo acabado los 15 minutos del vertido de material; en el panel dos se muestra el estado de la pluma en un nuevo ciclo de marea mostrando la dispersión de la pluma hacia el sureste principalmente, para efectos de visualizar el desplazamiento máximo de la pluma al noroeste justo antes de iniciar nuevamente el ciclo (panel 1) con respecto al inicio de un nuevo ciclo de vertimiento (panel 2) habiendo pasado los 15 minutos de vertido, 2 km al sureste. En el panel 3 se muestra el máximo desarrollo de la pluma hacia el oeste, con concentraciones menores a 0.5 kg/m^3 a una distancia de 6 km hacia el oeste. En el panel 4 se muestra la pluma nuevamente con dirección al suroeste.

Cabe mencionar que la descarga del material fue constante, por ello se alcanzan dichas concentraciones. Se realizó un corte transversal en el panel 2, para conocer la dispersión de la pluma en el espacio y tiempo, en la condición de marea muerta cuando se tienen las menores amplitudes de marea y por ende las menores velocidades, Figura IV. 254; se muestra cómo a 1000 m la concentración baja a 35% de la concentración inicial una vez terminado el vertimiento a los 15 minutos (15 kg/m^3), a los 2 km disminuye a 3 kg/m^3, y a los 4 km se alcanza la concentración nativa. En la dispersión de la pluma en mareas muertas, interviene el oleaje y el viento en mayor media, ambos con una dirección predominante del SO.

CONSULTA PÚBLICA

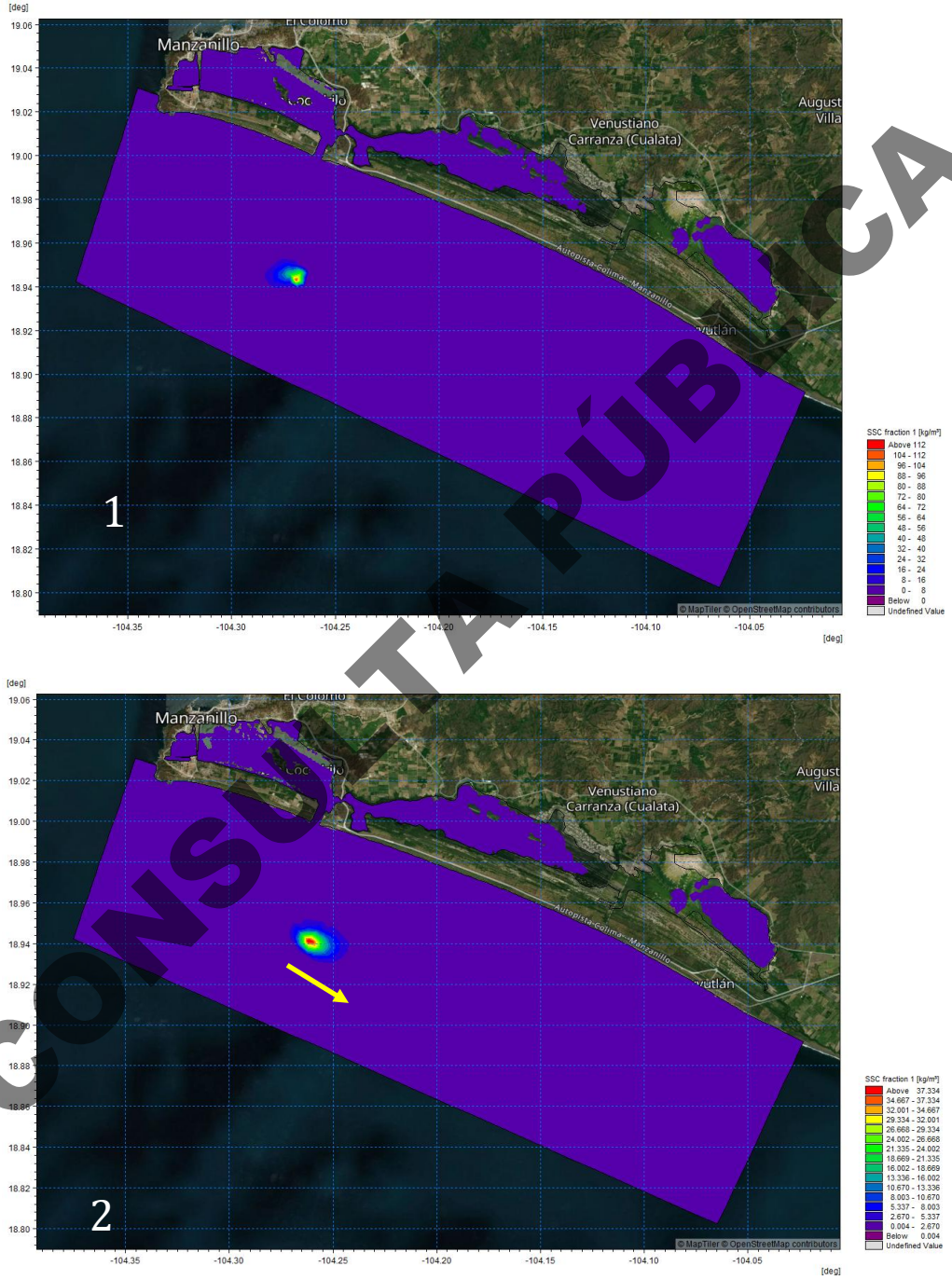


Figura IV. 252. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas muertas, 1-2.

CONSULTA PÚBLICA

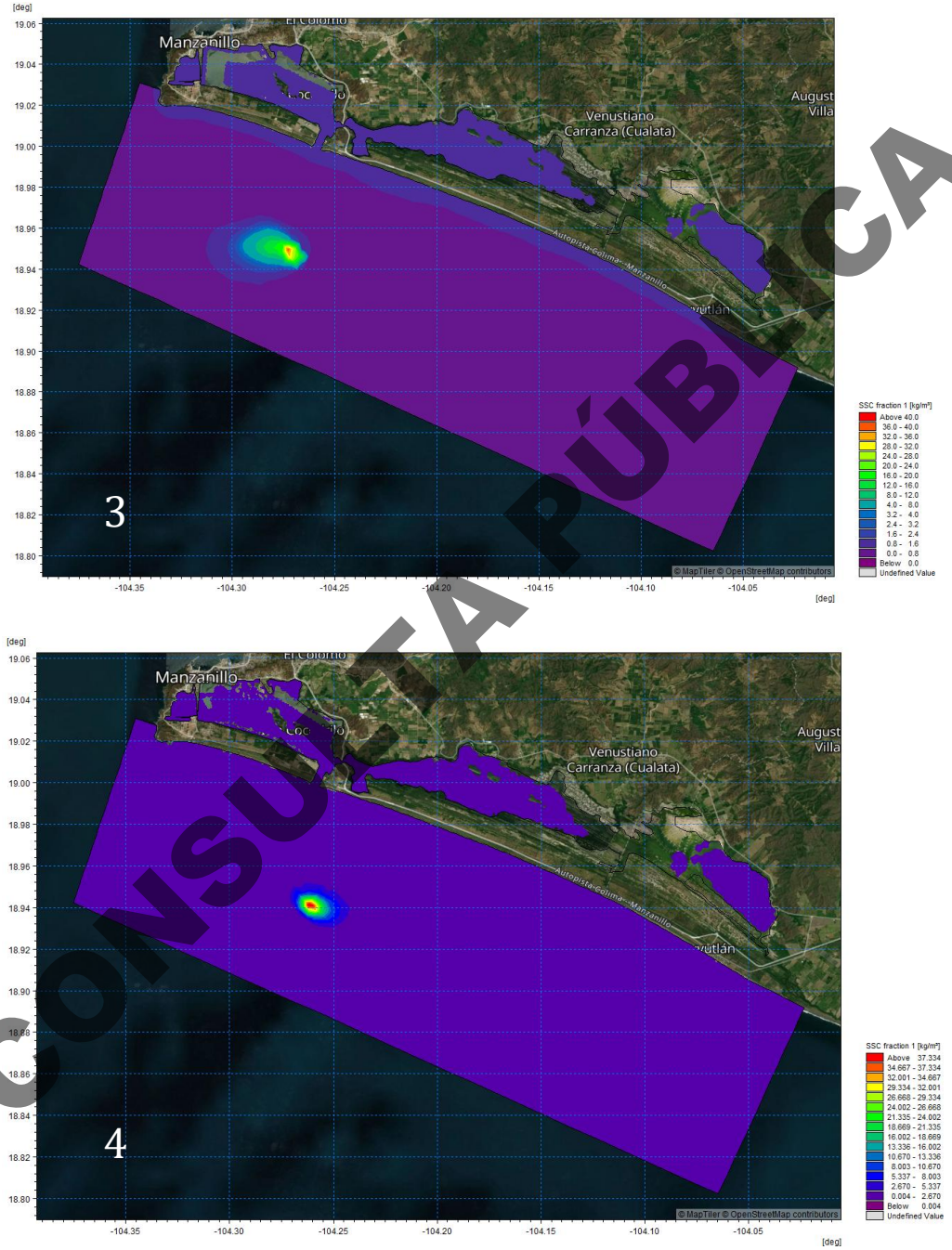


Figura IV. 253. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas muertas, 3-4.

CONSULTA PÚBLICA

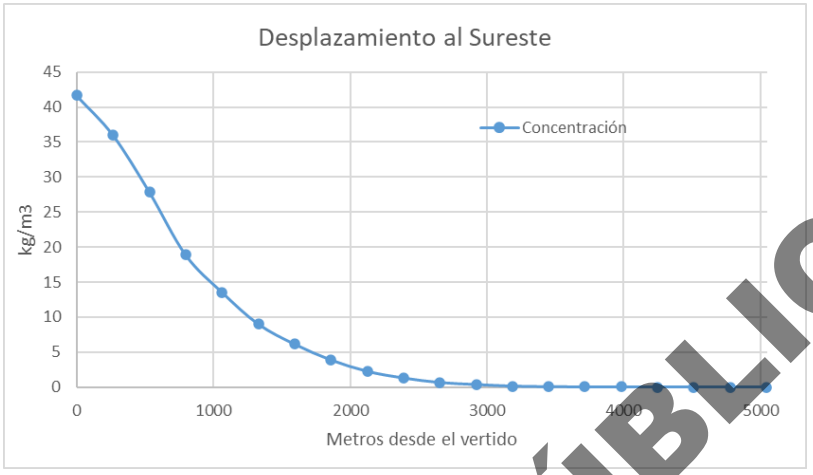


Figura IV. 254. Desplazamiento de la pluma para el caso del panel #2 (Figura 178) en mareas muertas.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.15 Análisis de Transporte de contaminantes por Corrientes en el Vaso II

Se simuló el transporte de un derrame de contaminantes conservativo en el vaso II por corrientes, con el objetivo de determinar el trayecto de las partículas se hicieron 3 rastreos en diferentes zonas del vaso II: 1) partiendo del borde de la dársena hacia el interior del vaso II y del mismo borde hacia el vaso III; 2) partiendo del centro de los canales ubicados al norte y sur de las islas; y 3) partiendo del centro y zona occidente del vaso II. En la Figura IV. 255 se muestra la dispersión de partículas para el inciso descrito anteriormente, partículas desde la dársena hacia los vasos II y III; en los dos péneles superiores se muestran los resultados de la simulación para mareas vivas y en los dos péneles inferiores para mareas muertas, en los dos péneles de la izquierda los resultados para marea entrante y la derecha para la vaciante de marea. En mareas vivas, con la marea entrando al sistema lagunar, flujo de marea, panel izquierdo superior, las corrientes del flujo entre los vasos II y III, alcanzan velocidades superiores a 1 m/s, mientras que al norte en del vaso II el flujo presenta velocidades de 0.40 m/s y al sur velocidades de 0.60 m/s.

Las velocidades en la dársena, donde termina el Canal Tepalcates al interior del sistema lagunar y el flujo se bifurca hacia los vasos II y III, son del orden de 0.15 m/s, como se muestra, las partículas que parten de esta zona logran ser transportadas durante la llenante en mareas vivas hasta la zona central del vaso II donde son depositadas; durante mareas muertas, panel inferior izq. el movimiento ocurre hasta algunas zonas del canal ubicado al sur de las islas, se muestra como el movimiento al norte es más limitado, debido al gradiente de velocidades entre ambos canales. Durante el reflujo de marea viva, las partículas son transportadas hacia el centro de la dársena, y de ahí hacia el Canal Tepalcates para su expulsión del sistema. Durante el reflujo en mareas muertas, las partículas se dirigen hacia la frontera de la dársena, y hacia el Canal Tepalcates.

En la Figura IV. 256 se muestra el movimiento de las partículas del contaminante partiendo del centro de los canales ubicados al norte y sur de las islas, para mareas vivas en los paneles superiores y mareas muertas en los inferiores, entrante a la izquierda y vaciante a la derecha; en mareas vivas cuando entra el flujo de marea logra generar un transporte hacia el norte del vaso II en las partículas que se ubican en el canal del norte y al

centro del mismo en las partículas que se ubican al sur; cuando ocurre el reflujo de marea en mareas vivas, panel superior derecho, las partículas son transportadas hacia el oriente del vaso II aproximándose en algunas líneas de flujo a la dársena. En mareas muertas el movimiento es más limitado, y las partículas sólo logran sobrepasar las islas hacia el centro del vado II. Y durante el reflujo de marea, el transporte es similar, las partículas son conducidas hacia la dársena, cabe mencionar que en esta zona las velocidades del flujo disminuyen considerablemente, lo que indica una ralentización hacia el exterior del sistema.

En la Figura IV. 257 se muestra el caso de estudio donde las partículas parten del centro y zona occidente del vaso II, panel superior mareas vivas, panel inferior mareas muertas, izquierda llenante de marea y derecha reflujo o vaciante de marea; debido a las bajas velocidades, las corrientes al oeste del vaso II presentan velocidades entre 0.10 y 0.15 m/s, y a la baja profundidad de la zona, profundidades menores a 2 m, las partículas ubicadas en el canal sur son trasportadas a la frontera entre la zona central y la zona occidental del vaso II, con desplazamientos limitados a 1 o dos km; en marea baja, el desplazamiento de las partículas ubicadas en dicho canal sur de las islas cubre un trayecto de más de 4 km en dirección al Canal Tepalcates, y de más de 2 km al norte, al norte y sur de la Isla de los Pájaros. En mareas muertas, el movimiento de las partículas es bajo, durante la llenante se mueven menos de 1 km hacia el noroeste, y durante el reflujo de marea las partículas se mueven menos de 2 km hacia el sureste.

Cuando se ejecuten los trabajos de dragado, si se realizan durante la llenante de marea, aproximadamente entre el 3% y el 30% del material producto de dragado compuesto por finos será colocado en la columna de agua debido a pérdidas al succionar el material, por desbordamiento, etc., cuando se drague el Canal Tepalcates el material será desplazado paulatinamente hacia el interior de los vasos II y III, por procesos de mezcla será diluido en la columna de agua y distribuido en la dársena y una parte en la zona inmediata interna del vaso III. A medida que se avance en el dragado hacia el interior del vaso II, la pluma de sedimento será desplazada hacia el interior de dicho vaso, y colocado paulatinamente en la zona occidental del vaso II, una parte permanecerá en suspensión en la columna de agua; cuando cambien de dirección las corrientes, por el reflujo de la marea, el sedimento suspendido será extraído del sistema lagunar por las corrientes de marea de manera paulatina, recordando que cada vez más, al avanzar el dragado hacia el occidente del vaso II, las corrientes serán cada vez menores, como se obtuvo en los resultados hidrodinámicos, con implicaciones en el tiempo de permanencia del material dentro del sistema.

Si el dragado del CT se hace durante la vaciante de marea, el flujo de marea extraerá de una manera más eficiente el sedimento en suspensión.

CONSULTA PÚBLICA

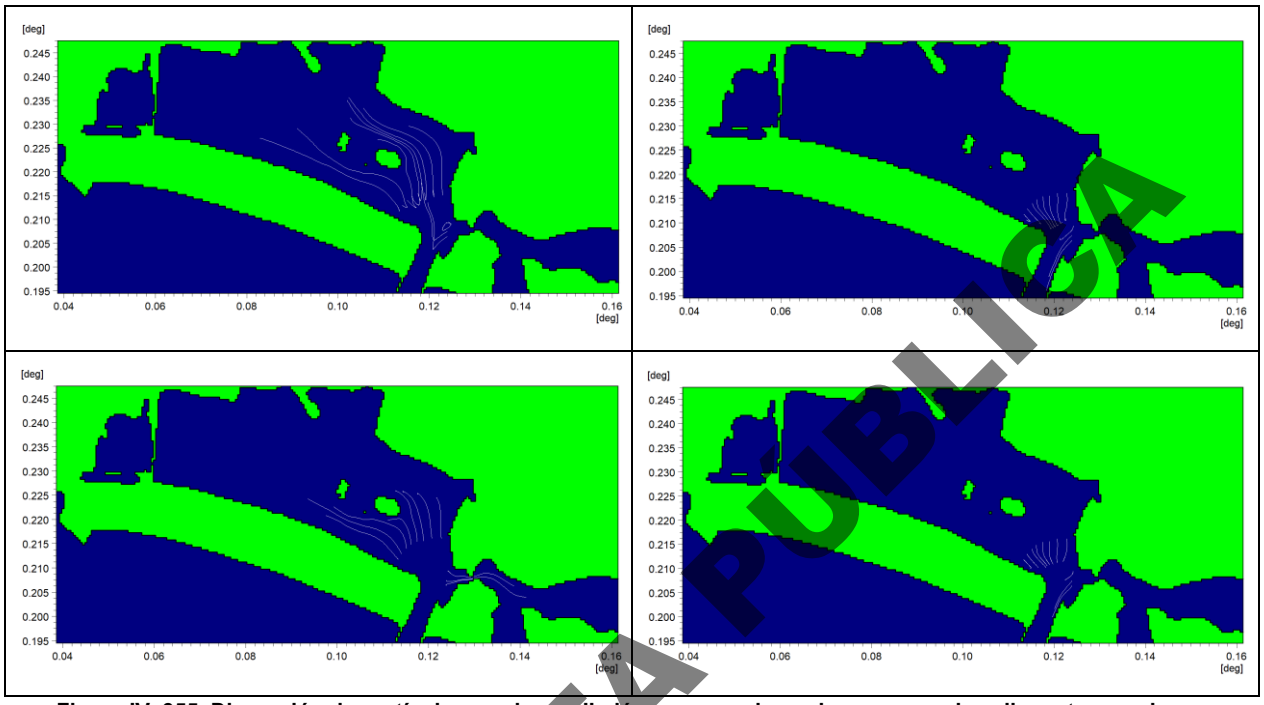
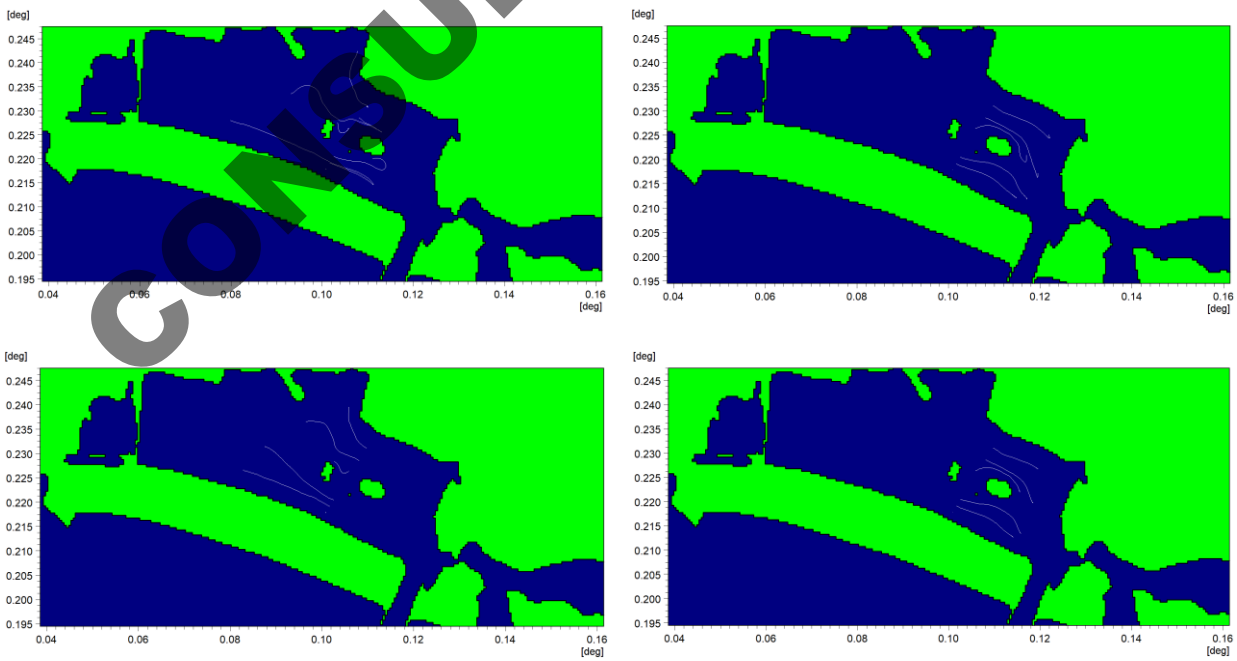


Figura IV. 255. Dispersión de partículas en el vaso II, dársena: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 256. Dispersión de partículas en el vaso II, canales norte y sur: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante.

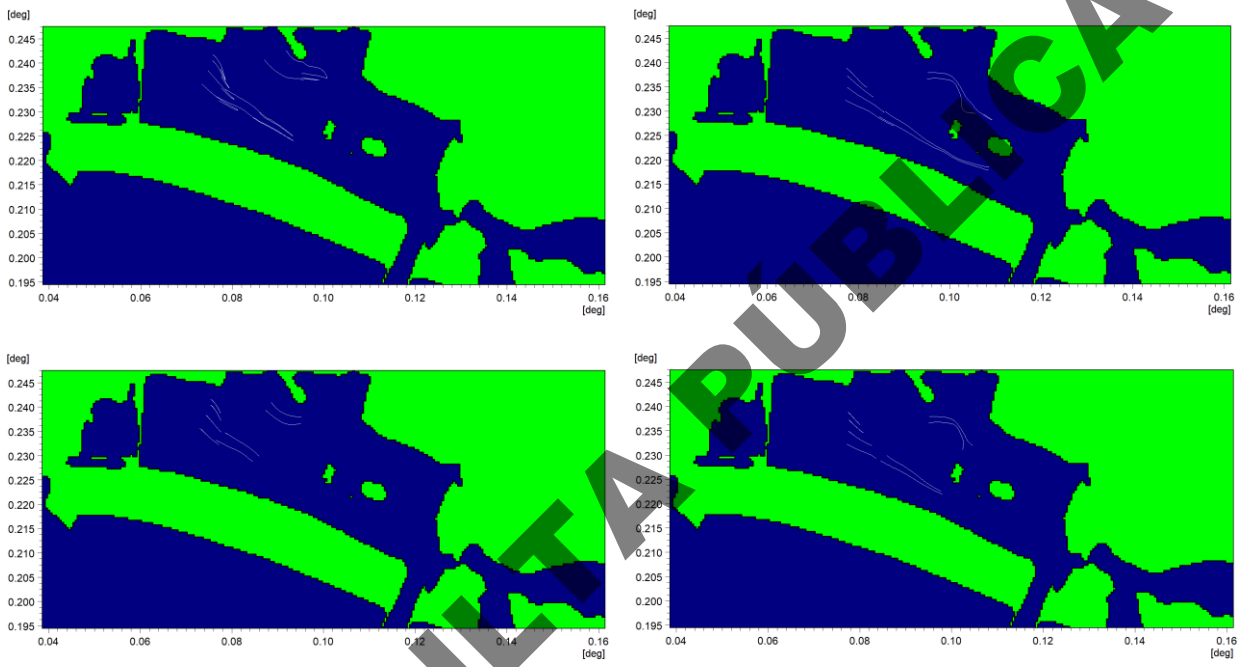


Figura IV. 257. Dispersión de partículas en el vaso II, centro y occidente: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.16 Simulación de tsunami

Con el objetivo de determinar la sobreelevación del nivel del mar en la zona de estudio por tsunami, se simuló numéricamente la generación de un tsunami local hipotético en el sistema acoplado laguna Cuyutlán – frente costero de Colima, utilizando como forzamiento el evento ocurrido el 9 de octubre de 1995 con hora de inicio de 09:35:53 a.m., con magnitud de momento sísmico Mw8.0, originado 10 km al sureste de Manzanillo y epicentro a 25 km de profundidad. Los sismos ocurridos en 1995 y 1932 generaron los tsunamis de mayor amplitud en Colima, Figura IV. 258. Un parámetro para estimar la posible ocurrencia de tsunami es el momento sísmico escalar (Moi), que es proporcional al área de ruptura y a la dislocación vertical de la falla, y es determinada de los registros de sismógrafos de banda ancha, para un Mo_i mayor a 10^{22} Newton-metro. Con un área de ruptura paralela a la Trinchera Mesoamericana de largo 160±20 km y de ancho 20 km, una inclinación del plano de falla a 11° hacia la costa, la superficie total se subdivide en segmentos con dislocación independiente; la deformación vertical cosísimica del lecho marino fue la condición inicial de la superficie del mar para simular el tsunami. Si se considera a la cota cero como la línea de costa (nivel medio del mar), la

inundación horizontal máxima será la que se alcance con la altura del run up que será el alcance máximo vertical que delimite el límite de la inundación, Figura IV. 259. Cabe mencionar que las características del tsunami que son utilizadas como base para la simulación, aun cuando parten de datos medidos, ciertos datos son parametrizados, entre ellos las dimensiones del plano de falla, la magnitud del momento sísmico y la dislocación sísmica, y sobre todo la ubicación del plano de factura, en este caso de estudio sobre la Trinchera Mesoamericana, estos parámetros influyen en la generación y propagación del tsunami, por ende en la altura máxima de la onda, la altura del *run up* o alcance y el tiempo de arribo inicial del tsunami, en este estudio se presentan los resultados de la primera ola.

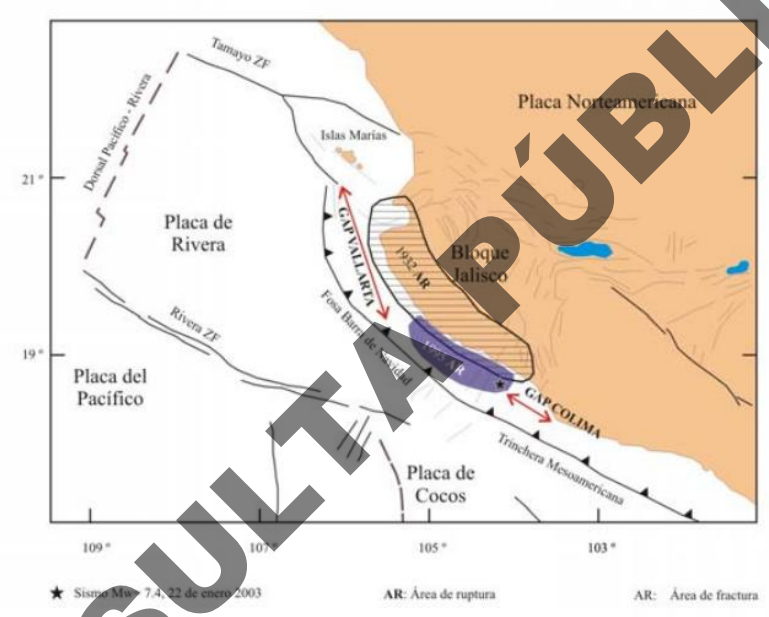


Figura IV. 258. Área de ruptura de los terremotos de 1932 y 1995 y brechas sísmicas existentes en la región, Trejo et al, 2015.

CONSULTA PÚBLICA

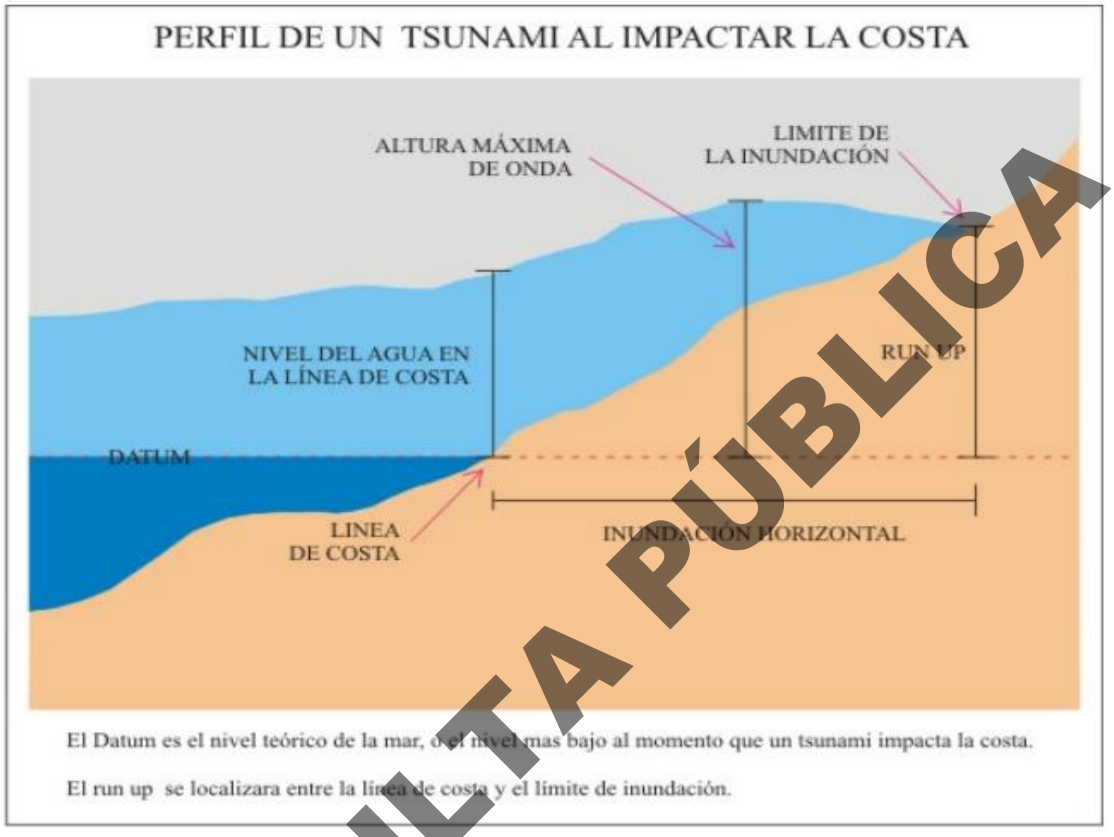


Figura IV. 259. Perfil de un tsunami al impactar la costa, UNESCO, Levin y Nosov, 2009.

Para simular el tsunami, la malla utilizada en el modelo acoplado de las simulaciones hidrodinámicas compuesta por elementos triangulares fue transformada a elementos rectangulares, y rotada para efecto de alinear las fronteras del dominio al plano x-y. El dominio de cómputo para la simulación numérica del tsunami lo conforma una malla de elementos rectangulares, compuesta por 1307666 nodos y 1305083 elementos rectangulares, con incrementos espaciales *x* y *y* de 0.0002 grados de arco en toda la malla (aprox. 22 m), Figura IV. 260.

CONSULTA PÚBLICA

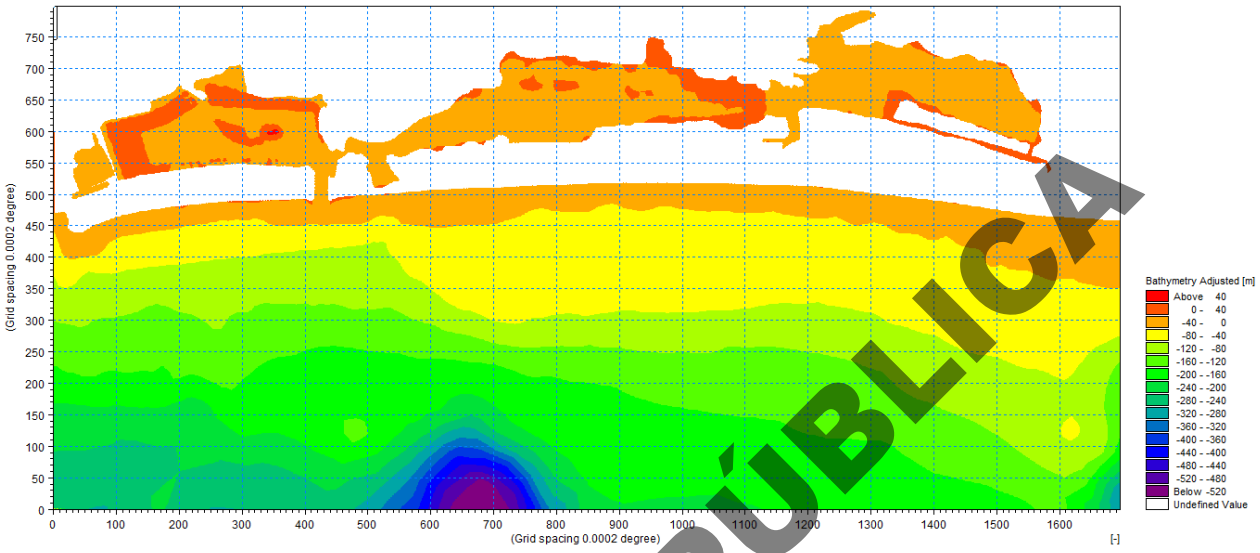


Figura IV. 260. Dominio de cómputo del sistema acoplado Laguna de Cuyutlán – frente costero para la simulación del tsunami.

La onda del tsunami alcanza 0.80 m en el frente marino del Canal Tepalcates, mientras que el tsunami genera una sobreelevación de la superficie libre mayor a 1.7 m en la costa, en las playas ubicadas al norte y sur del Canal Tepalcates, Figura IV. 261. La sobreelevación del nivel del mar al interior del Vaso II alcanza un valor de 0.30 m al norte de este, Figura IV. 262.

En la Figura IV. 263 se muestra la serie de tiempo de la sobreelevación del nivel del mar para el frente marino de las escolleras y para un punto ubicado en el canal norte del vaso II, en el frente costero se alcanza un valor de 0.80 m, antes de que la onda penetre a través del Canal Tepalcates, y una vez alcanzada la zona central del vaso II la onda llega a una altura máxima de la onda de 0.30 m. La altura del *run up* fue estimada en las simulaciones en un rango entre 1 m y 2 m.

CONSULTA PÚBLICA

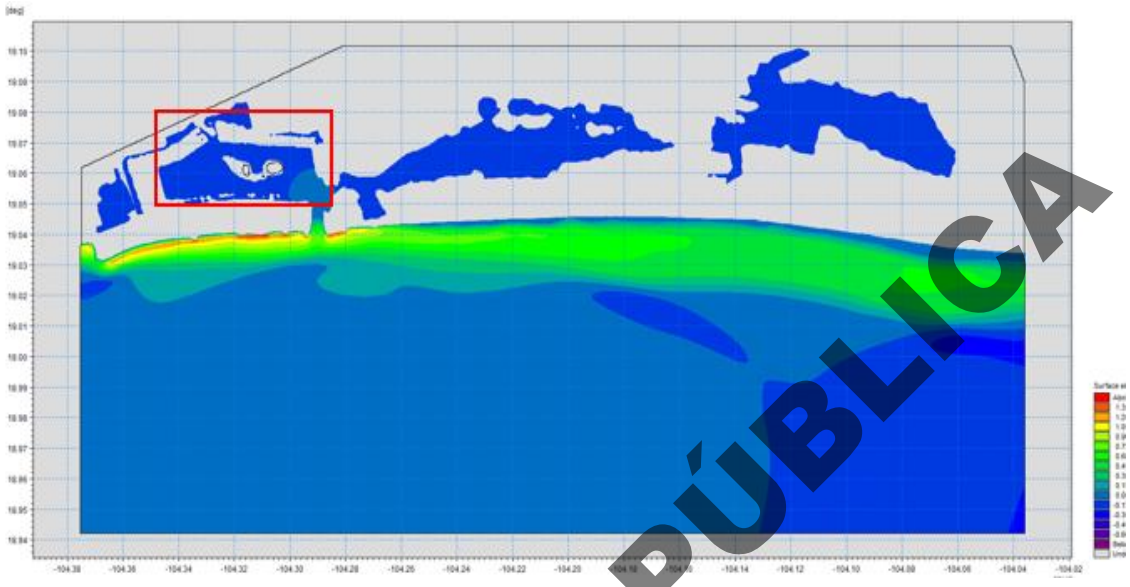


Figura IV. 261. Propagación de la onda de tsunami sobre el dominio

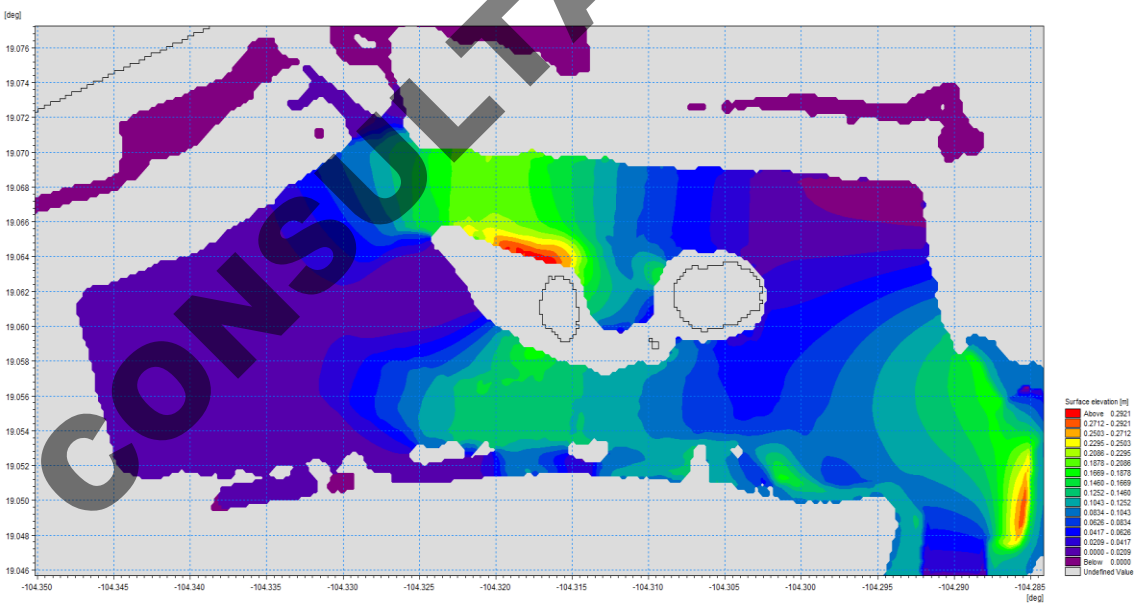


Figura IV. 262. Alcance máximo de la onda de tsunami al interior del vaso II.

CONSULTA PÚBLICA

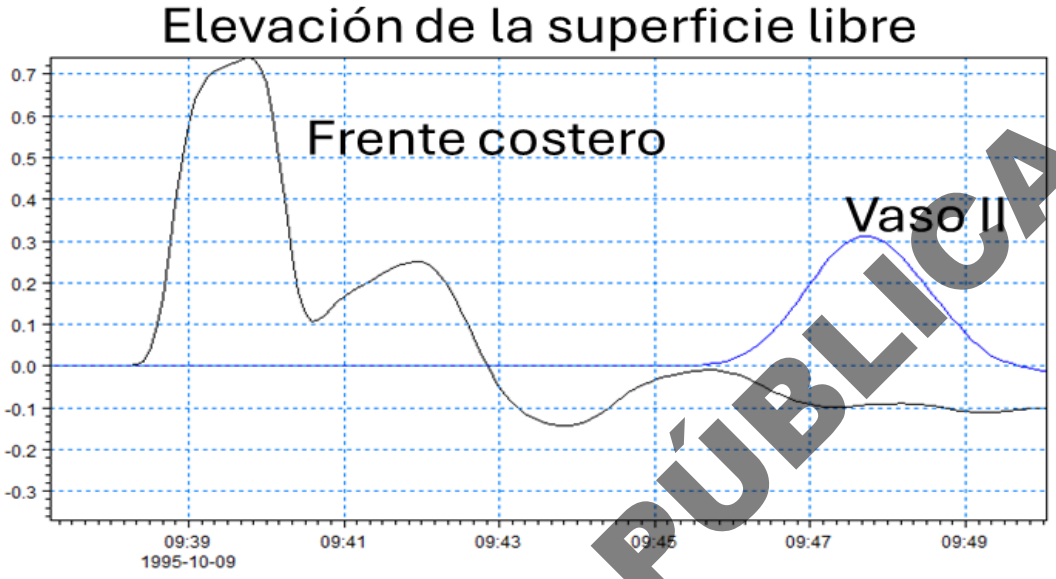


Figura IV. 263. Serie de tiempo de sobreelevación del nivel del mar generada por el tsunami.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.8.17 Simulación de Huracán

Se simuló el Huracán Patrica ocurrido del 20 al 24 de octubre de 2015 (Figura IV. 264), este huracán alcanzó la categoría 4-5 al arribar a la costa de Manzanillo, con una velocidad de viento máxima de 342.62 km/hr y de 240 km/hr al arribar a la costa; el modelo es forzado con campos de viento y presión generados durante el evento meteorológico. En la Figura IV. 265 se muestra un paso de tiempo del campo de viento introducido como forzamiento en el modelo de generación y propagación de oleaje.

En la Figura IV. 264 se muestra el campo de oleaje generado por el huracán Patricia en el sistema acoplado lagua Cuyutlán – frente costero, la ola se propaga desde la frontera con una altura inicial de 11 m, por efectos de perdida y transferencia de energía arriba al frente de las escolleras con una altura de ola de 9 m. Se extrajo la serie de tiempo de altura de ola desde el frente costero hasta el interior del vaso II para analizar la propagación de la onda, Figura IV. 266 y Figura IV. 267, la altura de ola máxima alcanzada en el frente costero antes de penetrar al Canal Tepalcates (FC) ha perdido 15% de la energía del oleaje inicial, en el punto ubicado antes de la conexión entre los vasos II y III (C) la altura de ola ha perdido más del 85% de la energía, altura de ola de 1.36 m, la altura de ola al oriente del vaso II (O-VII) es de 1.96 m y al altura de ola al noreste de las islas en el vaso II (NE-I-VII) es mayor a 2.2 m.

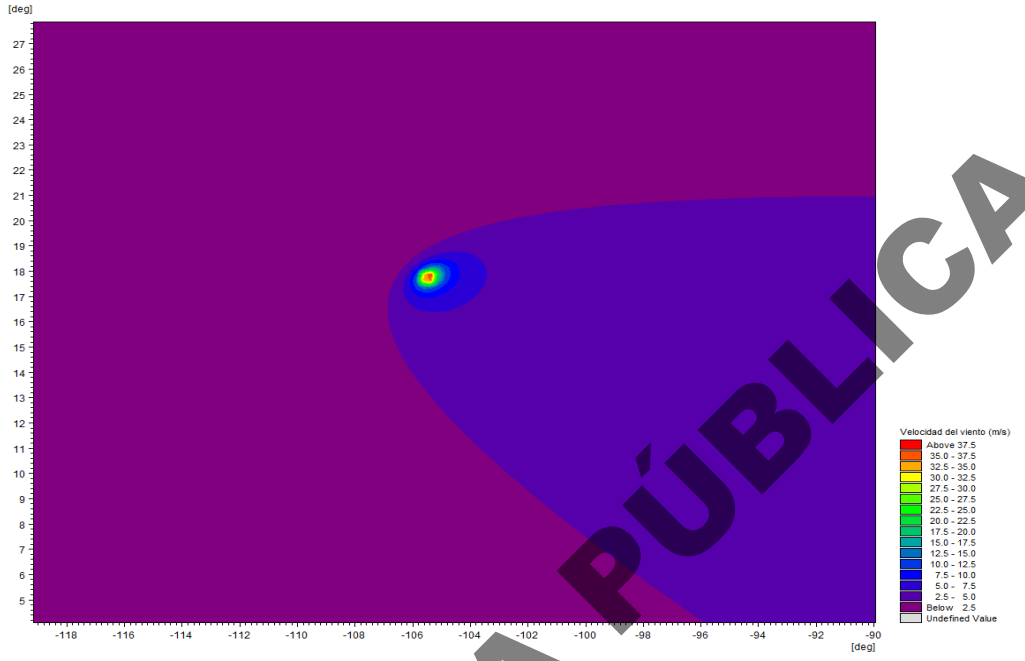


Figura IV. 264.Campo de viento de huracán.

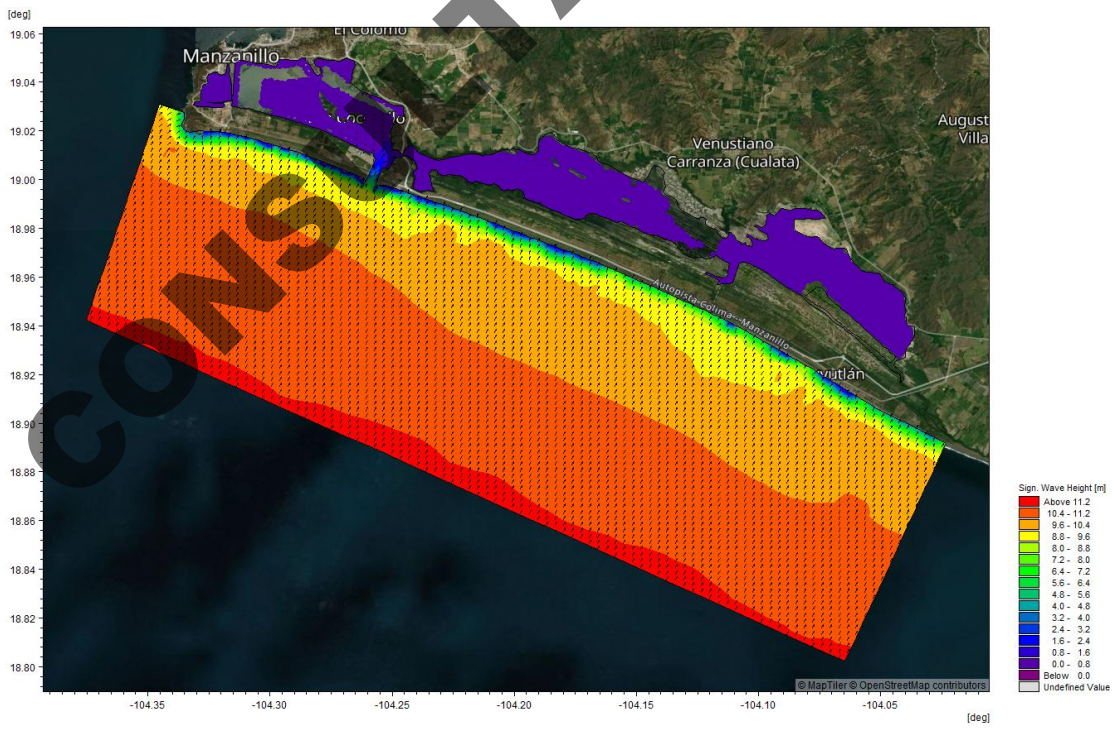


Figura IV. 265. Oleaje de huracán en el área de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

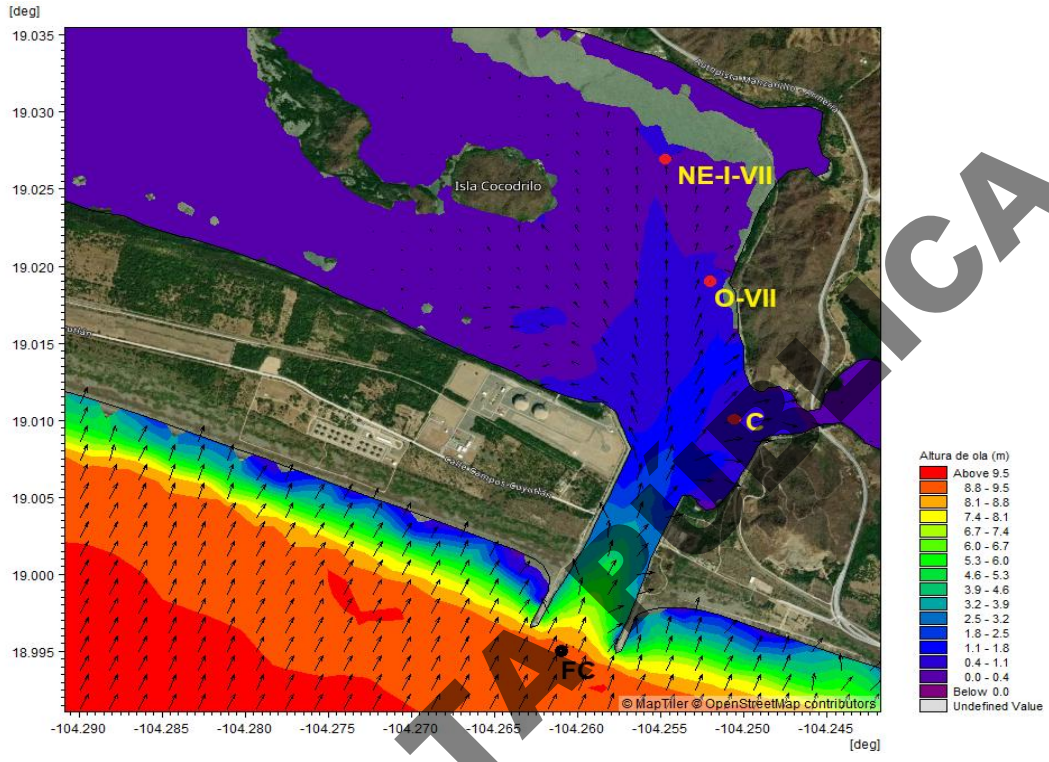


Figura IV. 266. Ubicación de puntos de extracción del oleaje en el vaso II y frente costero.

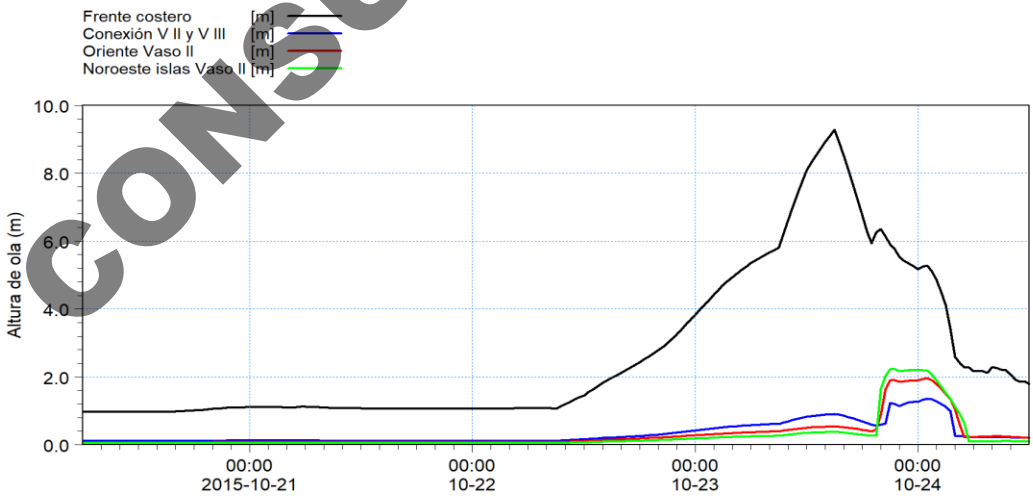


Figura IV. 267. Oleaje máximo alcanzado en el frente costero y vaso II.

CONSULTA PÚBLICA

Para la caracterización de la calidad del agua, calidad de los sedimentos, plancton, peces y bentos se realizaron tres monitoreos mensuales entre diciembre de 2025 y febrero de 2026, durante los cuales se midieron *in situ* de parámetros fisicoquímicos y se obtuvieron muestras de 33 estaciones distribuidas en los cuatro vasos de la laguna de Cuyutlán y en el frente marino (Figura IV. 268). Cabe destacar que todas las de estaciones están en zonas inundadas, con el objetivo de hacer una caracterización de las condiciones oceanográficas.

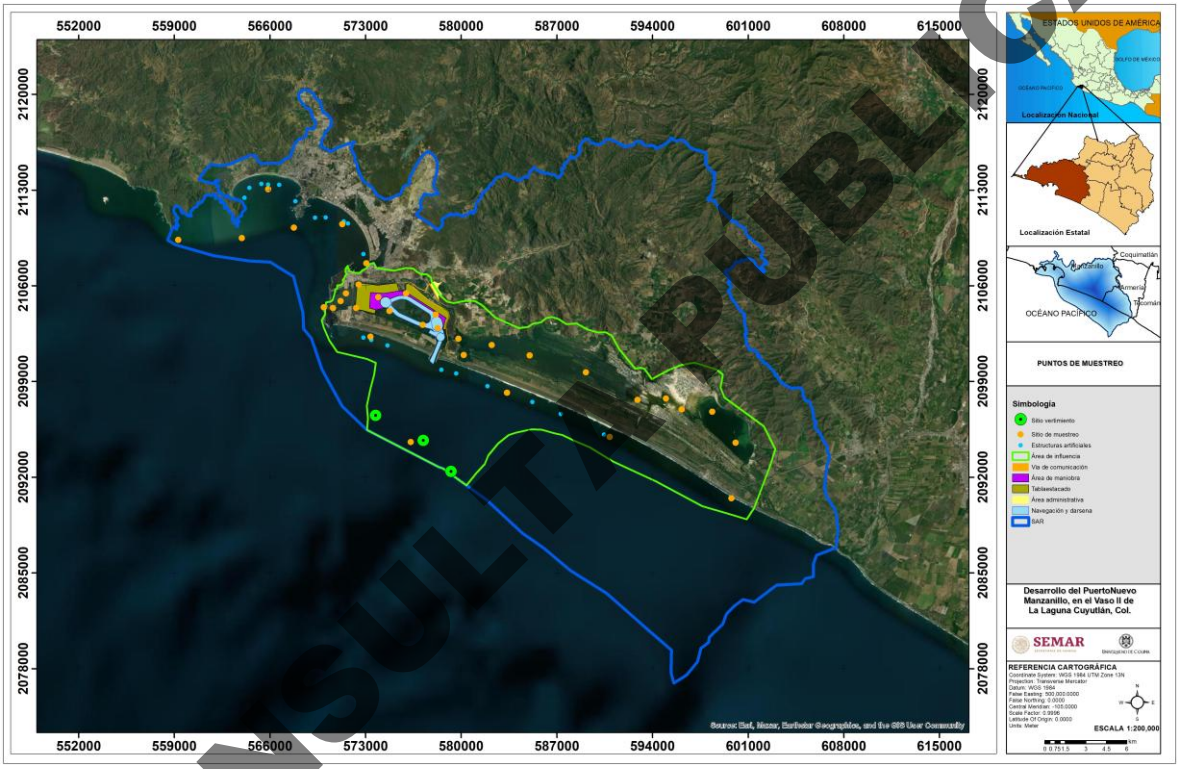


Figura IV. 268. Ubicación de las estaciones de monitoreo en el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.9 Calidad del agua

Para hacer un comparativo espaciotemporal entre los cuatro vasos lagunares, se tomaron los resultados de los distintos parámetros del monitoreo de diciembre 2025, enero y febrero 2026 y por vaso se obtuvo el valor promedio +/- 1 desviación estándar, a continuación, se describe su variabilidad.

La temperatura superficial del agua durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026 presentó una tendencia oscilatoria. Entre los distintos vasos del cuerpo lagunar se identificó un valor medio mínimo en el Vaso IV durante diciembre de 23.48 ± 0.74 °C, mientras que la temperatura máxima se identificó en el Vaso III durante febrero de 27.83 ± 0.32 °C. Los meses de diciembre y enero exhibieron una mayor dispersión, lo que fue mayor en los Vasos I y II en comparación con febrero, donde las temperaturas presentaron valores más bajos y estables entre las distintas estaciones cuando ocurren las temperaturas ambientes más bajas en la región. Durante los muestreos no se observó un incremento puntual por encima de los 35 °C que pudiera estar relacionado a una descarga continental de agua residual y que con esto se superara esta referencia establecida en la NOM-001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas.

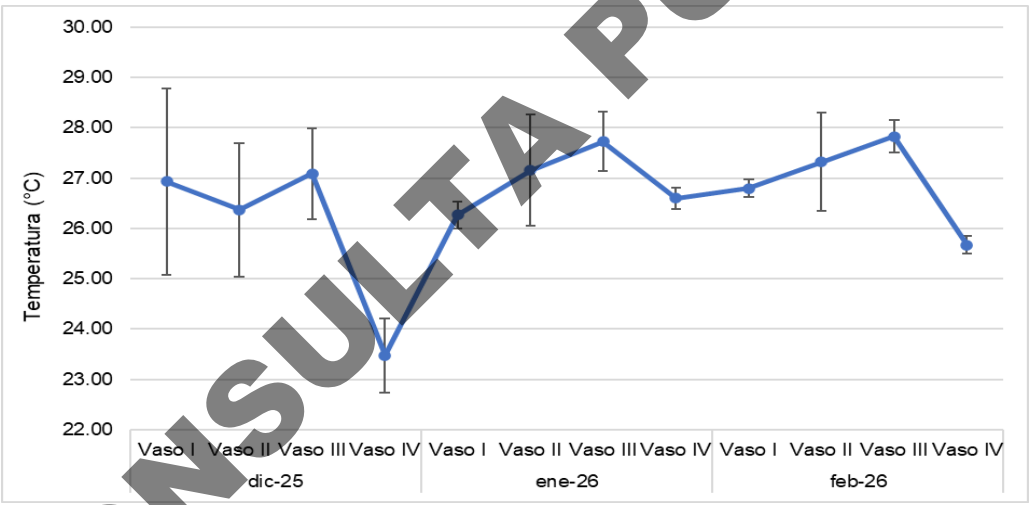


Figura IV. 269.-Registro de la Temperatura en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

La salinidad durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026 presentó un gradiente espacial de incremento, donde los vasos I y II registran valores estables cercanos a 38 UPS. En contraste, hacia los vasos III y IV la salinidad incrementó su concentración, alcanzando valores máximos en el Vaso IV de 61.80 ± 1.70 UPS, 64.70 ± 0.85 UPS y 66.70 ± 1.13 UPS durante los meses de diciembre, enero y febrero respectivamente. Entre los distintos vasos la mayor variabilidad se identificó en el Vaso III, lo que evidencia su función como un área de transición, en donde la fluctuación de los valores sugiere la mezcla entre las diferentes masas de agua.

CONSULTA PÚBLICA

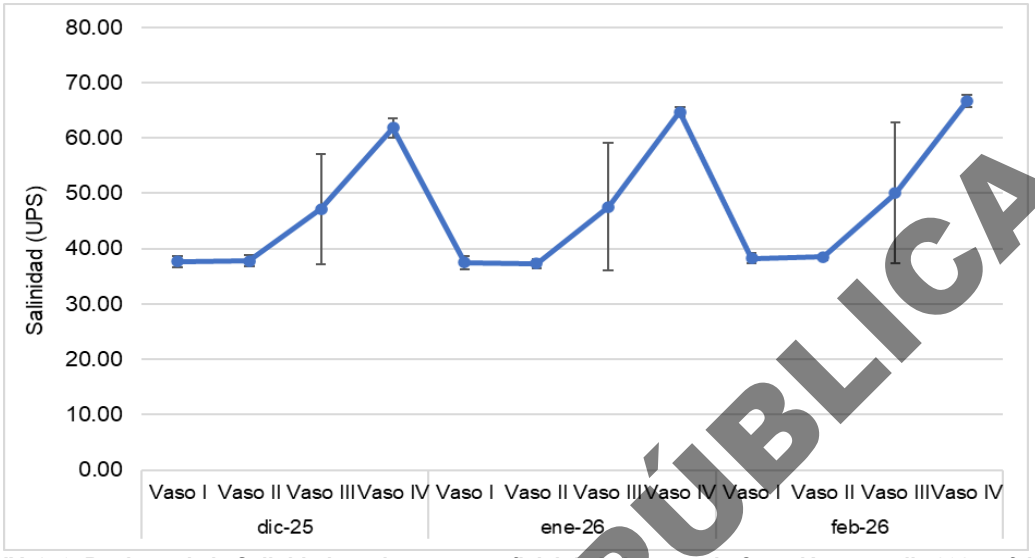


Figura IV. 270. Registro de la Salinidad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

La disponibilidad de oxígeno disuelto durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026 presentó una tendencia oscilatoria. En diciembre, el Vaso IV registró el valor medio más alto de 5.0 ± 2.69, y la mayor variabilidad, asociada a zonas con mayor actividad fotosintética y un ambiente con condiciones menos estables. Durante enero el valor en este mismo vaso disminuye, alcanzando el valor mínimo de 3.20 ± 0.14, lo que coincide con el incremento en la salinidad dada por la limitada renovación de agua, que reduce la solubilidad del oxígeno en la columna de agua. En contraste, durante el mes de febrero se presentan condiciones más homogéneas, con valores cercanos a 5.00 mg/L, lo que es mayor en el Vaso III.

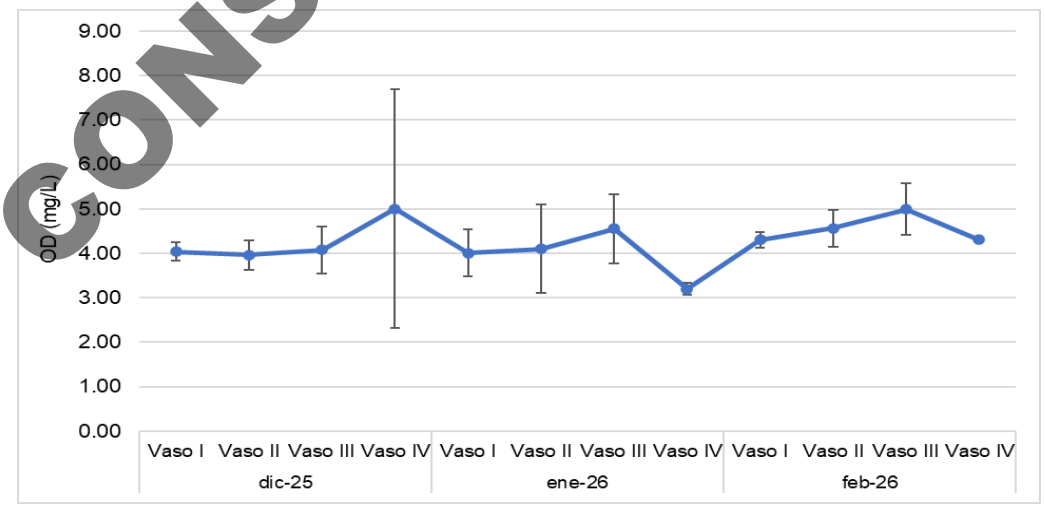


Figura IV. 271. Registro del Oxígeno Disuelto en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El pH en el sistema lagunar durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026 presentó un gradiente ascendente de Vaso I hacia Vaso IV. Los valores más altos de pH se registran en el Vaso IV, alcanzando un pico máximo de 8.77 ± 0.06 durante el mes de febrero. Este aumento en el pH también se relaciona con la alcalinidad y puede encontrarse asociado a una alta evaporación, así como a eventos de elevada actividad fotosintética. Los Vasos I y II presentan valores más bajos y de mayor estabilidad, que oscilan entre 8.08 ± 0.1 y 8.27 ± 0.1, lo que sugiere mejor circulación e influencia de agua marina, que favorece la amortiguación en los cambios de pH. Durante los muestreos se observaron todos los valores entre 8.0 y 8.8 UpH, sin que se registren cambios súbitos que generen valores entre 6.0 y 9.0 UpH, lo que lleva a considerar que no hay una variación debido a una descarga de agua continental residual según la NOM-001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas.

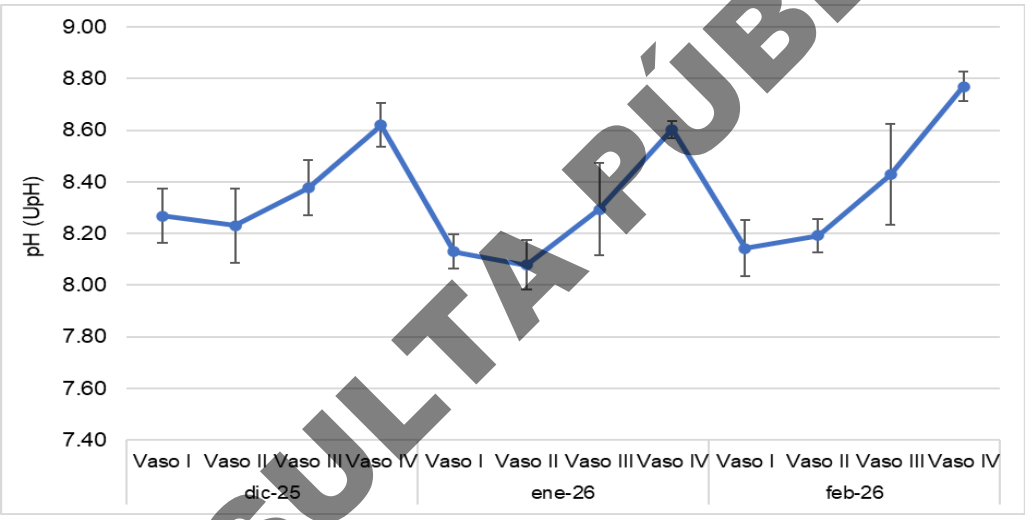


Figura IV. 272. Registro del pH en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

Durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026, la conductividad en el sistema lagunar presentó una tendencia similar a lo registrado para la salinidad, con valores estables en los Vasos I y II, que oscilan entre 54.0 y 60.0 mS/cm, lo que muestra una zona de mayor renovación hídrica que evita el incremento en la concentración de sales. Hacia los vasos III y IV, la conductividad incrementa drásticamente, alcanzando un valor promedio máximo de 93.10 ± 0.9 en Vaso IV durante el mes de febrero, evidenciando un ambiente con alta salinidad por evaporación. La amplitud de las barras de error en el Vaso III evidencian una zona de transición de un ambiente con influencia marina de uno de costero tropical con mayores iones disueltos en su zona interna, es decir, se diferencia un ambiente entre aguas con mayor renovación y aguas hipersalinas al interior del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

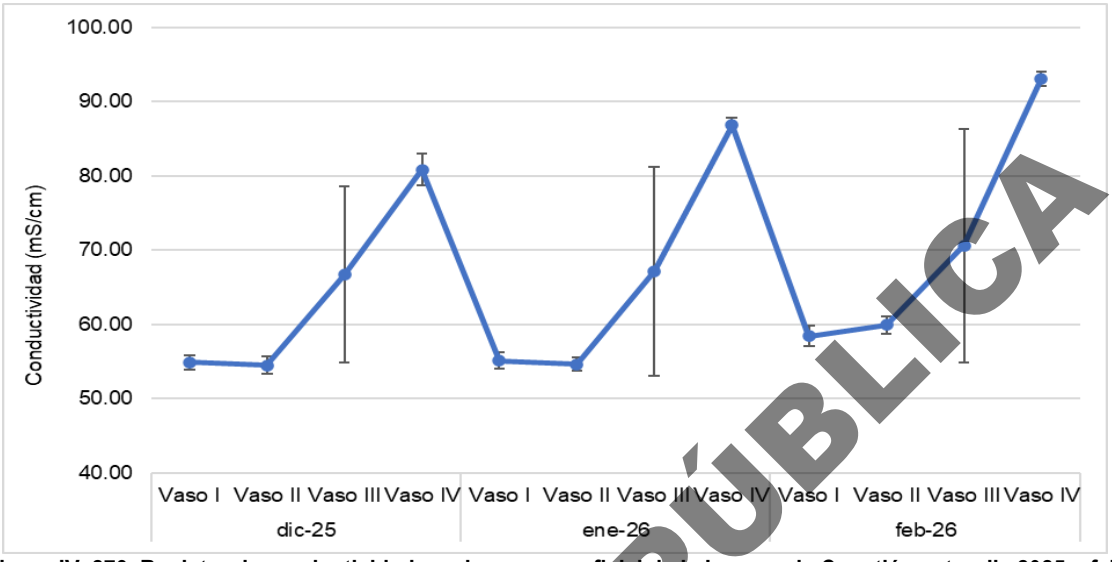


Figura IV. 273. Registro de conductividad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de nutrientes durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026, evidencia un contraste entre los Vasos I y II, en donde de forma general se presentan valores más estables, favorecidos por una mayor renovación hídrica o recambio de agua respecto a los Vasos III y IV, como se menciona en el apartado de hidrodinámica, lo que puede generar niveles favorables de salinidad, conductividad, oxígeno disuelto y carga de nutrientes. En contraste el Vaso IV la escasa circulación y procesos de evaporación han propiciado la generación de un ambiente hipersalino (66.70 UPS) y de alta alcalinidad (8.7 UpH), que favorece la acumulación de NO_3+NO_2, registrando un valor máximo de 26.89 ± 0.19 durante enero. Como se mencionó con la salinidad, el aumento de la concentración de estos nutrientes en el Vaso III, evidencia una zona de transición entre aguas con mayor renovación y aguas hipersalinas al interior del sistema lagunar.

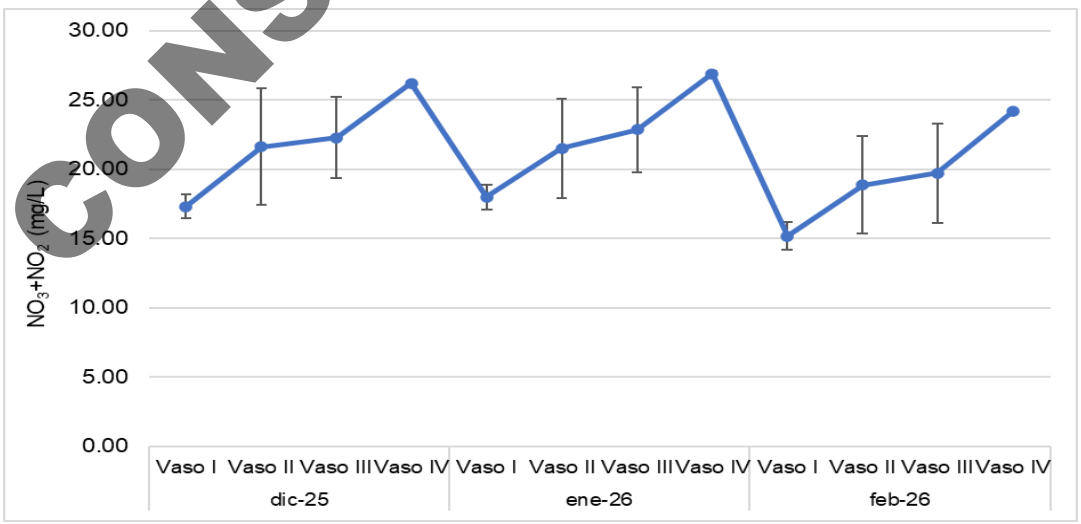


Figura IV. 274. Registro de NO_3 + NO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de amonio durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026, replica la tendencia de un gradiente ascendente de Vaso I hacia Vaso IV, manteniendo durante todo el trimestre valores máximos el Vaso IV cercanos a 2.00 mg/L. Esta acumulación sostenida, sugiere un ambiente con baja asimilación biológica como más adelante se muestra en los valores de Clorofila-a y constante carga de materia orgánica que no logra disiparse generando valores hipóxicos y el incremento en su concentración en la parte interna del sistema lagunar debido a la limitada circulación hidráulica. En los Vasos I y II se presentan las concentraciones más bajas, con el valor promedio mínimo de 0.60 ± 0.37 en el Vaso I durante febrero, lo que se encuentra asociado con mayor dinámica y renovación hídrica durante este mes.

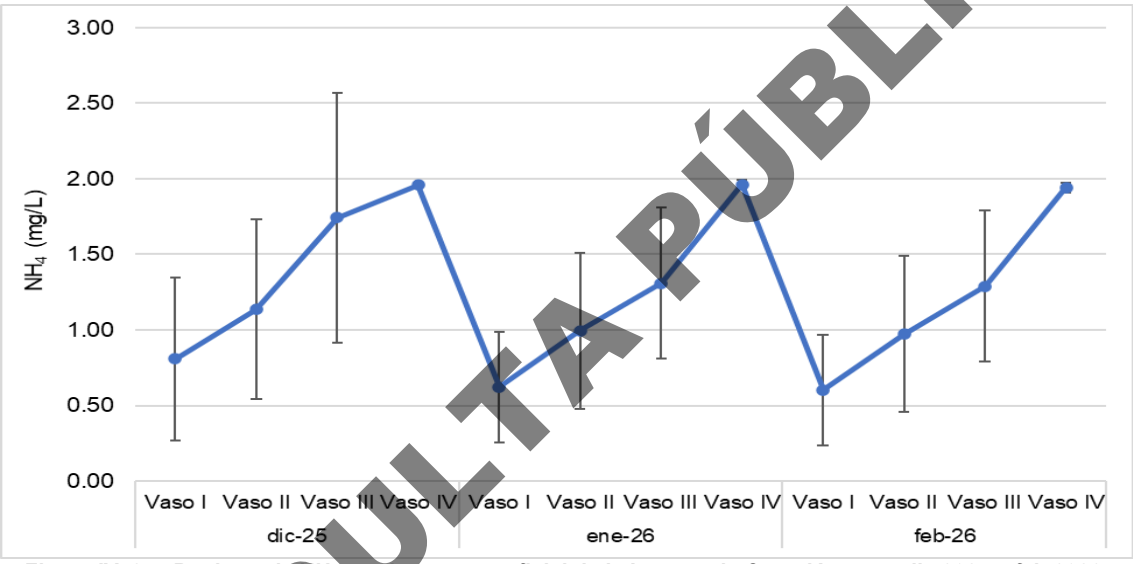


Figura IV. 275 Registro de NH_4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de fosfatos durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 replica la tendencia de un gradiente ascendente desde el Vaso I hacia el Vaso IV, con la máxima concentración durante enero, en el Vaso IV de 14.35 ± 0.07 mg/L. Este incremento sostenido hacia el Vaso IV sugiere un ambiente de limitada circulación hidráulica ya descrita que impide la exportación de nutrientes en el sistema lagunar y favorece la acumulación y sedimentación de materia orgánica que no logra disiparse y genera estos valores máximos. En contraste, los Vasos I y II presentan concentraciones más bajas y estables, con un valor mínimo de 3.73 ± 0.36 mg/L en el Vaso I durante febrero, lo cual se encuentra asociado con la mayor dinámica y renovación hídrica dada por la comunicación entre la boca del sistema lagunar y el frente marino, permitiendo una dilución efectiva de los ortofosfatos durante este mes. La variabilidad observada en el Vaso III durante todo el periodo confirma su rol como zona de transición y mezcla entre las aguas de renovación y las aguas confinadas del interior.

CONSULTA PÚBLICA

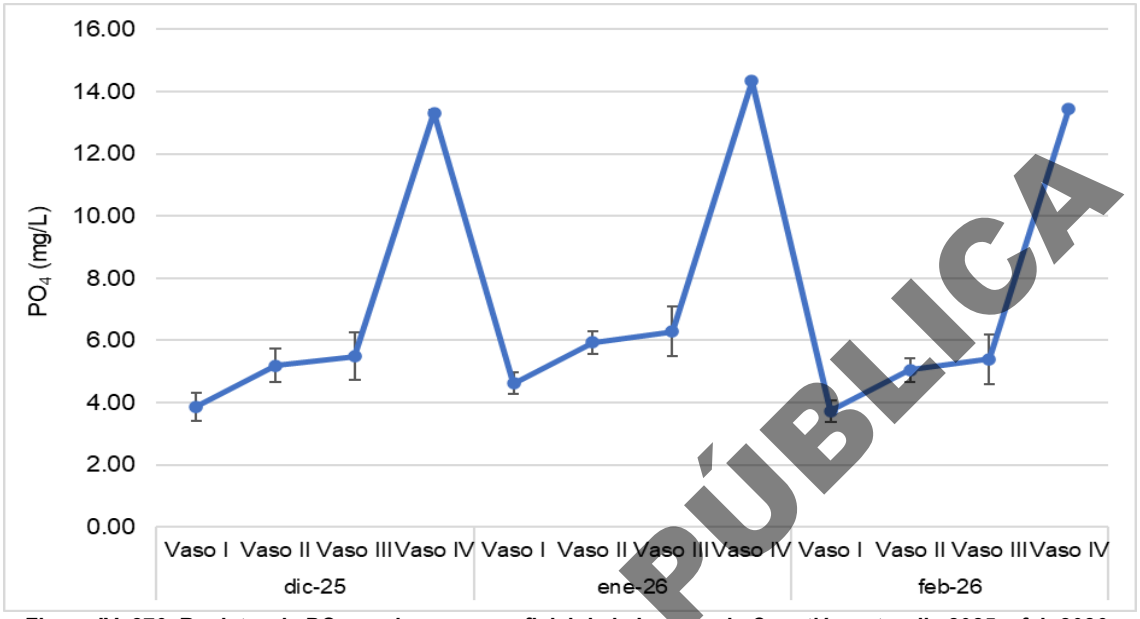


Figura IV. 276. Registro de PO_4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de silicatos durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 replica la tendencia de un gradiente ascendente desde el Vaso I hacia el Vaso IV, registrando sus niveles más elevados en el Vaso IV con un valor máximo de 577.46 ± 36.49 mg/L durante enero. Esta acumulación sostenida hacia zonas internas evidencia un escenario de limitada circulación que impide la exportación de silicatos y favorece su incremento por presencia de minerales disueltos en un pH de hasta 8.8. En los Vasos I y II se presentan las concentraciones más bajas y estables, con un valor mínimo de 246.95 mg/L en el Vaso I durante febrero, lo que se encuentra asociado con una mayor dinámica y dilución por la entrada de agua con menor carga mineral. El Vaso III se mantiene como el área de mayor fluctuación (especialmente en diciembre y febrero), actuando como zona de mezcla donde convergen aguas de renovación con aguas ricas en minerales del interior.

CONSULTA PÚBLICA

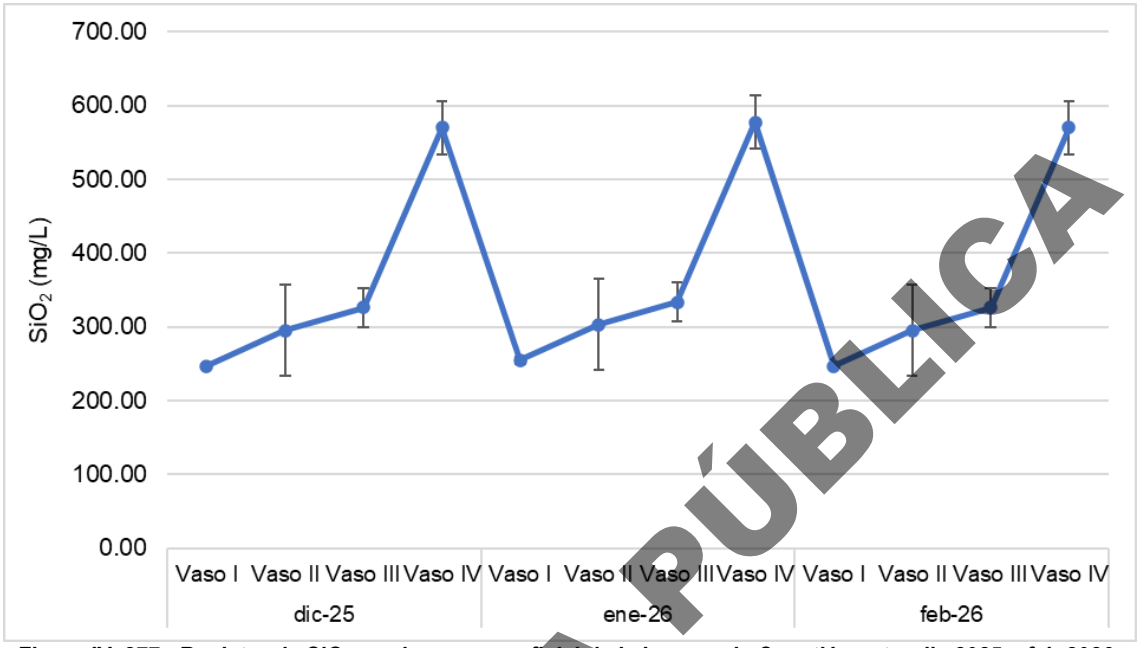


Figura IV. 277. -Registro de SiO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de clorofila-a (Cl-a) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta un gradiente ascendente desde Vaso I hacia Vaso IV, alcanzando valores máximos en Vaso IV con un pico de 4.24 ± 0.05 mg/m³ en febrero lo que puede estar relacionado a la disponibilidad de nutrientes antes descrita. Esta acumulación de biomasa fotosintética hacia zonas internas evidencia un escenario de limitada circulación, donde la alta disponibilidad de nutrientes favorece la productividad primaria, lo que puede generar sobresaturación de oxígeno durante el día (> 7.0 mg/L) y una demanda respiratoria crítica durante la noche (0,5 mg/L). Los Vasos I y II presentan concentraciones más bajas, con un valor mínimo de 1.72 ± 0.03 mg/m³ en el Vaso I durante diciembre, lo que puede estar asociado con una mayor dinámica y renovación por intercambio mareal que limita el tiempo de residencia del fitoplancton es esta parte del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

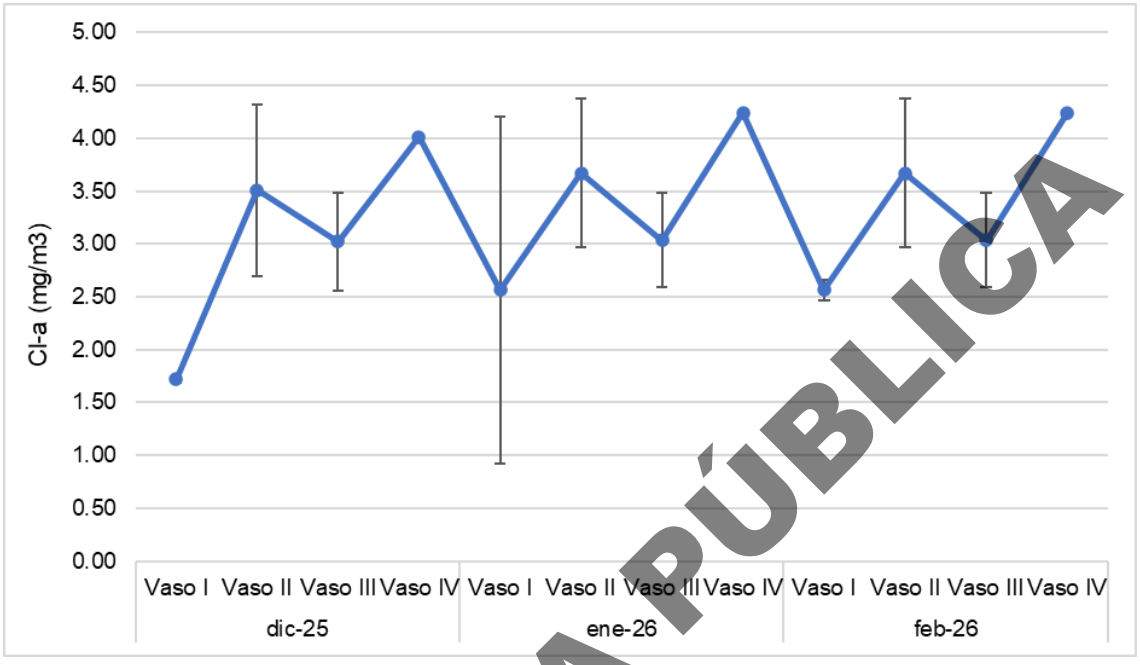


Figura IV. 278. Registro de Cl-a en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presentan un comportamiento atípico en comparación con el resto de los parámetros, caracterizado por una disminución de las concentraciones en enero y febrero. Durante diciembre, el sistema registró sus niveles más altos, con un valor promedio máximo de 13.88 ± 7.11 mg/L en el Vaso III, lo que puede estar relacionado con una zona de transición con alta turbidez y amplia variabilidad espacial por la mezcla de masas de agua con distinta densidad debido a la diferencia de salinidad como ya se ha señalado. Esta condición inicial sugiere un evento de resuspensión de sedimentos o un mayor aporte de material particulado que no logra disiparse uniformemente debido a la dinámica hidrológica del periodo. A partir de enero, se observa un cambio hacia un escenario de mayor transparencia y estabilidad, con valores que descienden significativamente hasta alcanzar un mínimo de 0.49 ± 0.22 mg/L en el Vaso II durante febrero. Esta reducción sostenida en todos los vasos hacia el final del trimestre indica una decantación del material particulado.

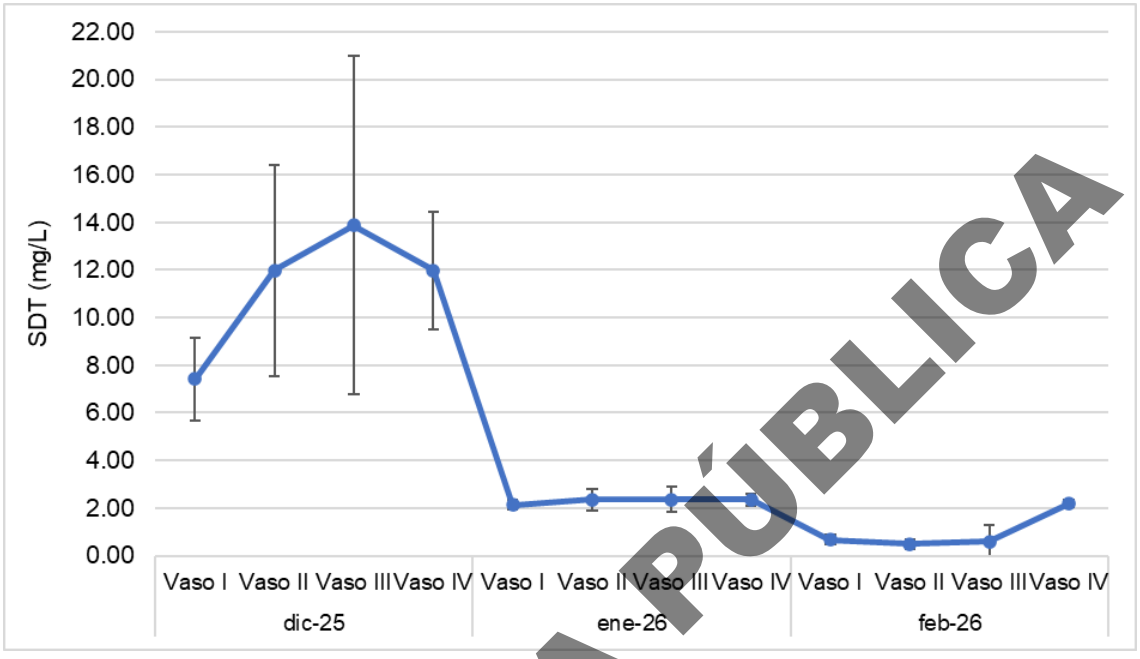


Figura IV. 279. Registro de SDT en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) durante este periodo presentan una tendencia inversa a los SDT, estable durante los dos primeros meses, seguida de un incremento hacia el final del periodo, lo que puede estar relacionado con que solo el material fino prevalece por efecto de mezcla, y durante febrero. El sistema registró sus niveles más elevados, alcanzando un valor máximo de 21.51 ± 1.7 mg/L en el Vaso I lo que sugiere un aporte de material particulado por resuspensión que el sistema no logra disipar de manera inmediata. El gradiente de SST disminuye durante febrero, mostrando las concentraciones más bajas en el Vaso IV con 16.66 ± 0.61 mg/L. Esta disminución hacia el sector interno evidencia un escenario donde predomina la sedimentación del material particulado, favoreciendo la acumulación en el fondo que no logra disiparse hacia el exterior del sistema lagunar. Usando el valor de referencia de NOM-001-SEMARNAT-2021 donde se señala un límite máximo permisible para descargas de agua residual en zonas marinas mexicanas de 20.0 mg/L, se puede decir que en la zona no hay descargas continentales en las estaciones de los distintos Vasos, y que el febrero la dinámica lagunar generó valores mayores como parte del ciclo de mareas que domina el sistema lagunar pero que tienden a estabilizarse.

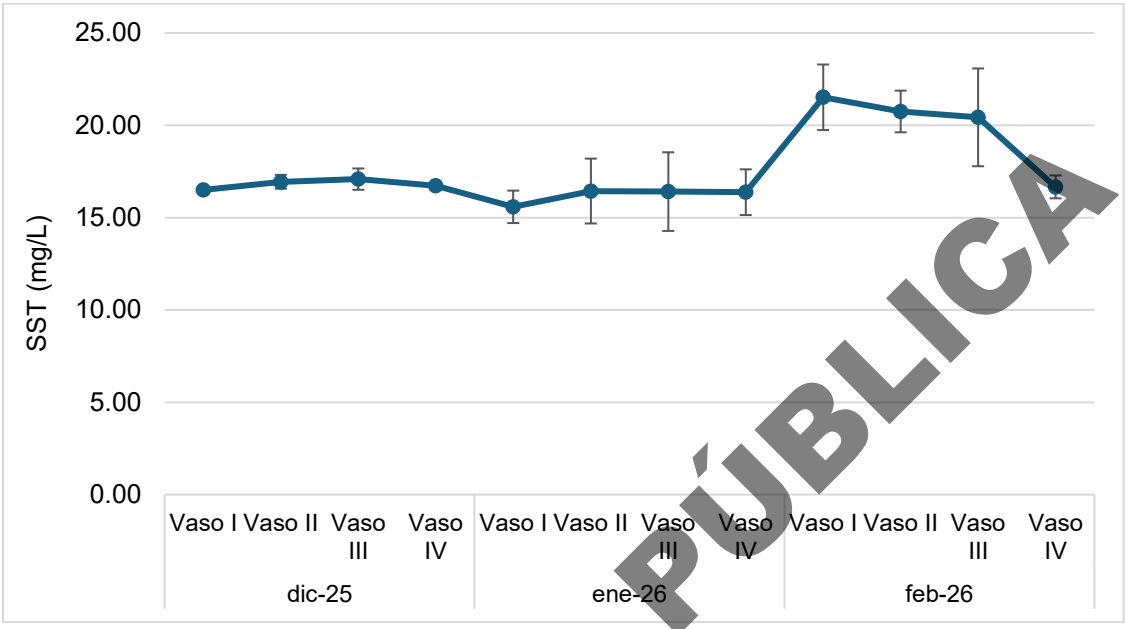


Figura IV. 280. Registro de SST en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

La alcalinidad durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026 presenta una tendencia descendente en todos los vasos del cuerpo lagunar. Durante diciembre, el sistema registró los niveles más elevados, alcanzando un valor máximo de 210.70 ± 10.15 mg/L en el Vaso II, lo que indica una alta presencia de carbonatos y bicarbonatos al inicio del periodo. Esta condición inicial sugiere una mayor influencia de procesos de mineralización o aportes terrestres que se fueron atenuando gradualmente a lo largo del trimestre. Hacia el final del periodo, en febrero, se observa una homogeneización de los valores en sus niveles mínimos, destacando el Vaso IV con 116.70 ± 3.59 mg/L.

CONSULTA PÚBLICA

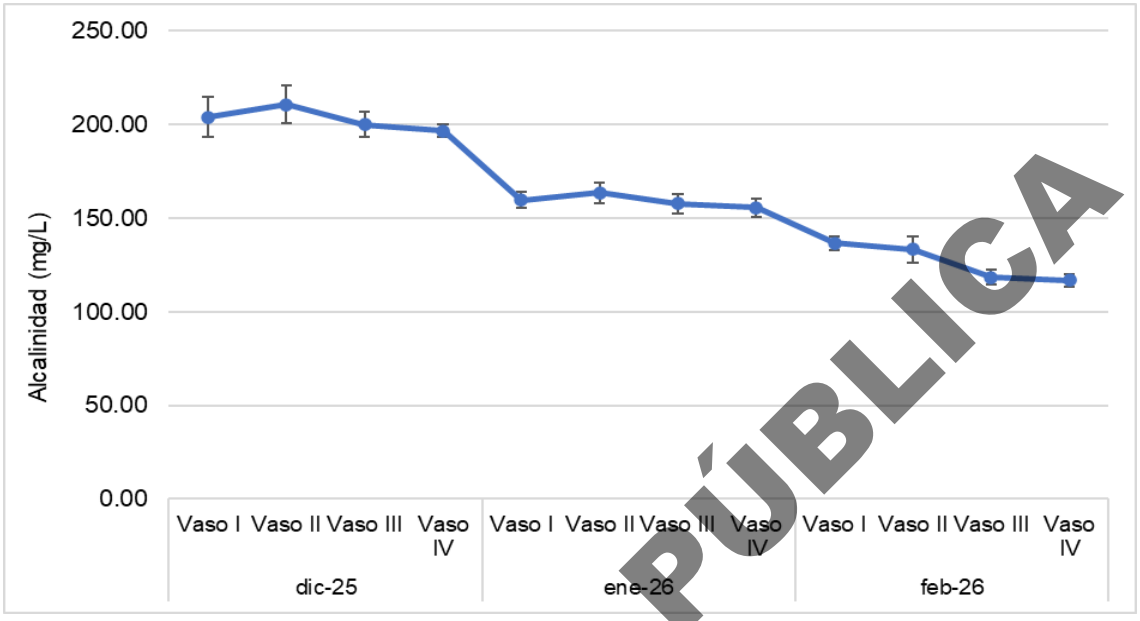


Figura IV. 281. Registro de alcalinidad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de fósforo total (P Tot) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta una tendencia descendente en el sistema. Durante diciembre, se registraron las concentraciones más elevadas, alcanzando un máximo de 8.99 ± 1.31 mg/L en el Vaso I, lo que sugiere el aporte de nutrientes desde el exterior o procesos de resuspensión que favorecen la presencia de fósforo en el sistema. Esta condición inicial se fue atenuando hacia el final del periodo, reflejando una mayor capacidad de sedimentación o asimilación del fósforo en la columna de agua. Hacia febrero, los valores mostraron una mayor homogeneidad y descendieron a sus niveles mínimos, destacando el Vaso IV con un valor de 5.03 ± 0.42 mg/L. Esta reducción constante, muestra un ambiente de baja dinámica donde la materia orgánica y el fósforo tienden a depositarse en el lecho lagunar; debido al aislamiento del sistema, este material se acumula y no logra disiparse, favoreciendo el enriquecimiento del sedimento en los sectores internos del cuerpo de agua. Según la NOM-001-SEMARNAT-2021, el límite máximo permisible para las descargas de agua residual en zona marinas mexicanas es de 15.0 mg/L, lo que puede ser significativo de que no existe este tipo de aportes en ninguna de las estaciones del monitoreo.

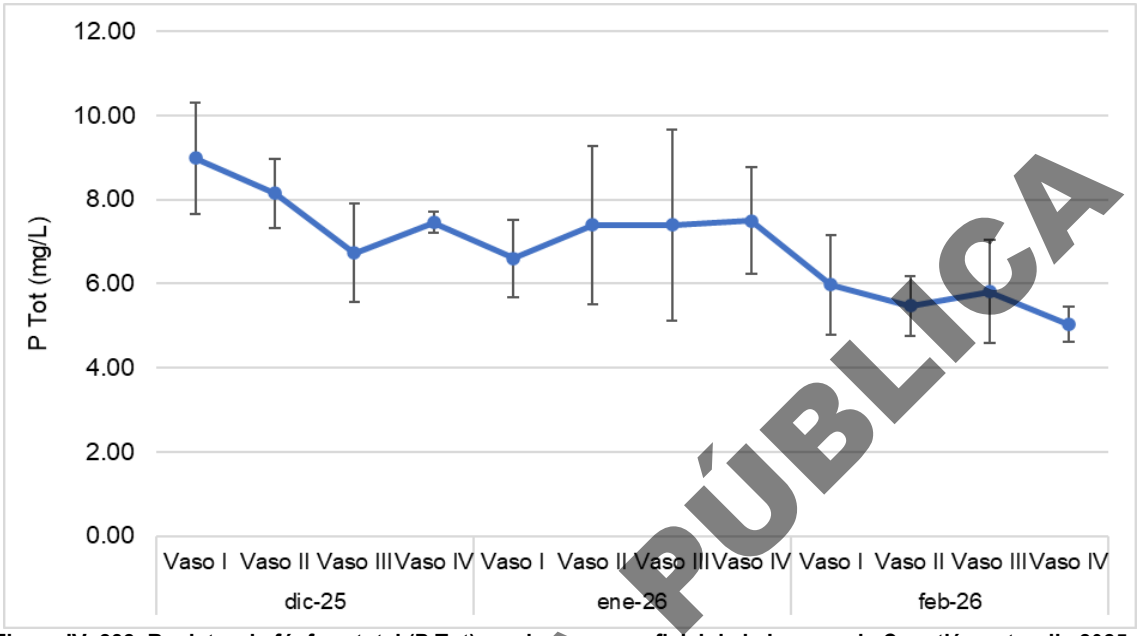


Figura IV. 282. Registro de fósforo total (P Tot) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de nitrógeno orgánico total (N Org Tot) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presentó una tendencia de estabilidad durante los dos primeros meses, seguida de un incremento abrupto hacia el final del periodo. Durante febrero, se registraron los niveles más elevados, con un valor máximo de 2.83 ± 0.45 mg/L en el Vaso I. Este pico en la zona de entrada sugiere presencia de lata carga de materia orgánica es sedimento que por evento de resuspensión mareal o mezcla en el sistema no se logra disipar de manera inmediata sino hacia las estaciones internas destacando el Vaso IV con 1.64 ± 0.09 mg/L en febrero. Según la NOM-001-SEMARNAT-2021, el límite máximo permisible de una descarga residual para zona marinas mexicanas es de 25.0 mg/L, y de manera orientativa se puede inferir que no existe esta condición en ninguna de las estaciones monitoreadas.

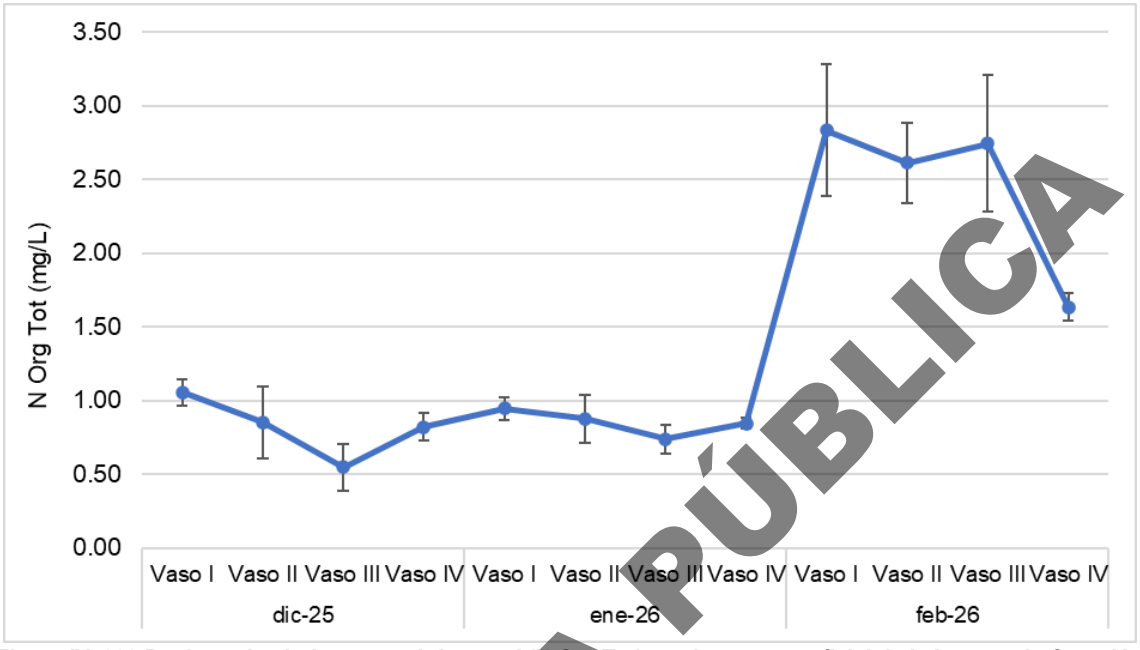


Figura IV. 283 Registro de nitrógeno orgánico total (N Org Tot) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) durante el trimestre de diciembre 2025 a febrero 2026 muestra una reducción de valores promedio por vaso lo que se puede relacionar con una mayor actividad biodegradable o una menor carga orgánica en función del intercambio mareal. Durante diciembre, el sistema registró sus niveles más altos, con un valor máximo de 52.71 ± 12.28 mg/L en el Vaso I, lo que indica mayor presencia de materia orgánica. A partir de enero, los valores se estabilizaron en todo el sistema lagunar, descendiendo a un rango de entre 25 y 30 mg/L, lo que pudiera relacionarse con que de la parte interna del Vaso III sale material para ser degradado hacia él la zona próxima al Vaso II en función de la circulación interna ya descrita.

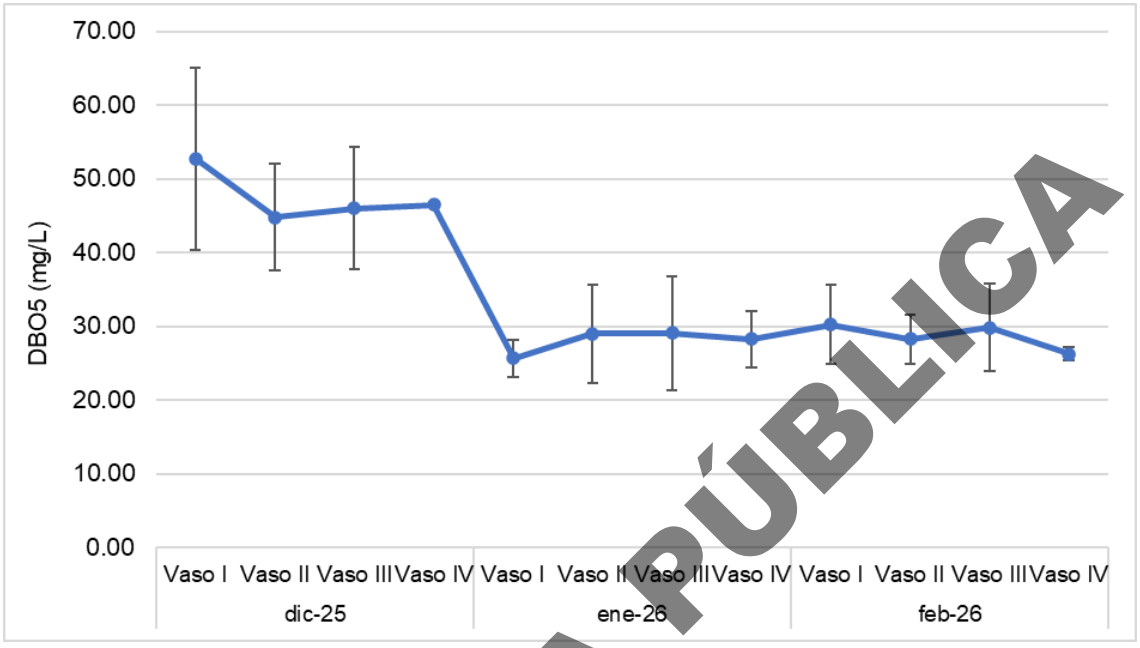


Figura IV. 284. Registro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El Carbono Orgánico Total (COT) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta un incremento significativo y generalizado en todos los vasos tras el primer mes. Durante diciembre, el sistema registró sus niveles más bajos y estables, con un valor mínimo de 6.77 ± 0.73 mg/L. En enero se observa un aumento en las concentraciones, alcanzando un promedio máximo de 16.80 ± 3.02 mg/L en el Vaso I durante febrero. Estos valores sostenidos de carbono orgánico hacia el final del trimestre sugieren un aumento relacionado con la resuspensión de material previamente depositado debido a la mayor presencia de hojarasca que no logra disiparse, favoreciendo un ambiente con alta carga orgánica disponible para la degradación. Según la NOM-001-SEMARNAT-2021, el límite máximo permisible para aportes de agua residual hacia la zonas marinas mexicanas es de 21.0 mg/L, al no llegar a este valor se puede asumir que en el sistema lagunar no existen este tipo de aportes y que los valores altos están relacionados a las condiciones del sistema y el proceso de degradación del material orgánico.

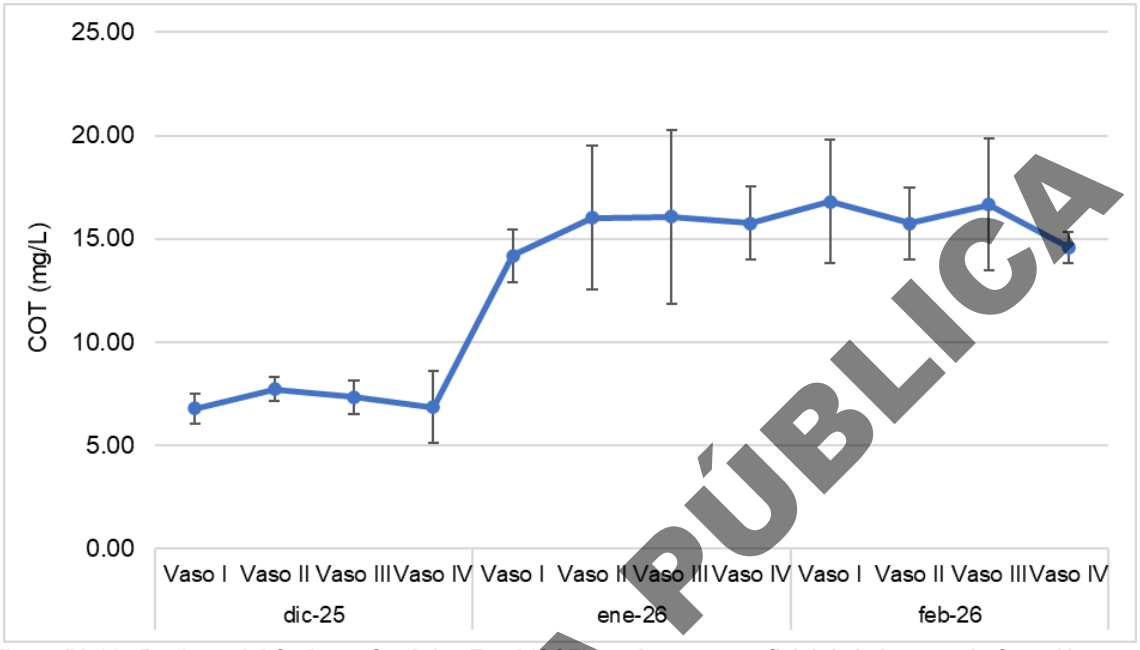


Figura IV. 285 Registro del Carbono Orgánico Total (COT) en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

La turbidez durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 replica la tendencia de un gradiente ascendente desde el Vaso I hacia el Vaso III. Durante febrero, el sistema registró el valor promedio máximo en el Vaso III, de 23.63 ± 6.84 NTU, seguido por el Vaso IV con 23.25 ± 3.18 NTU. Esta condición de mayor turbidez muestra los efectos de la limitada circulación que impide la dispersión de partículas en suspensión y favorece la acumulación de materia orgánica y fitoplancton que el sistema no logra disipar. En los Vasos I y II se presentan de manera consistente los niveles más bajos de turbidez, con un mínimo de 6.50 ± 0.87 NTU en el Vaso I durante enero. Esta claridad en el agua de la zona de entrada se encuentra asociada con una mayor dinámica y renovación hídrica, permitiendo la entrada de aguas oceánicas que diluyen la carga de sólidos particulados. La amplia variabilidad observada en el Vaso III muestra una zona de transición dinámica donde se mezclan aguas de renovación con aguas turbias de zonas internas.

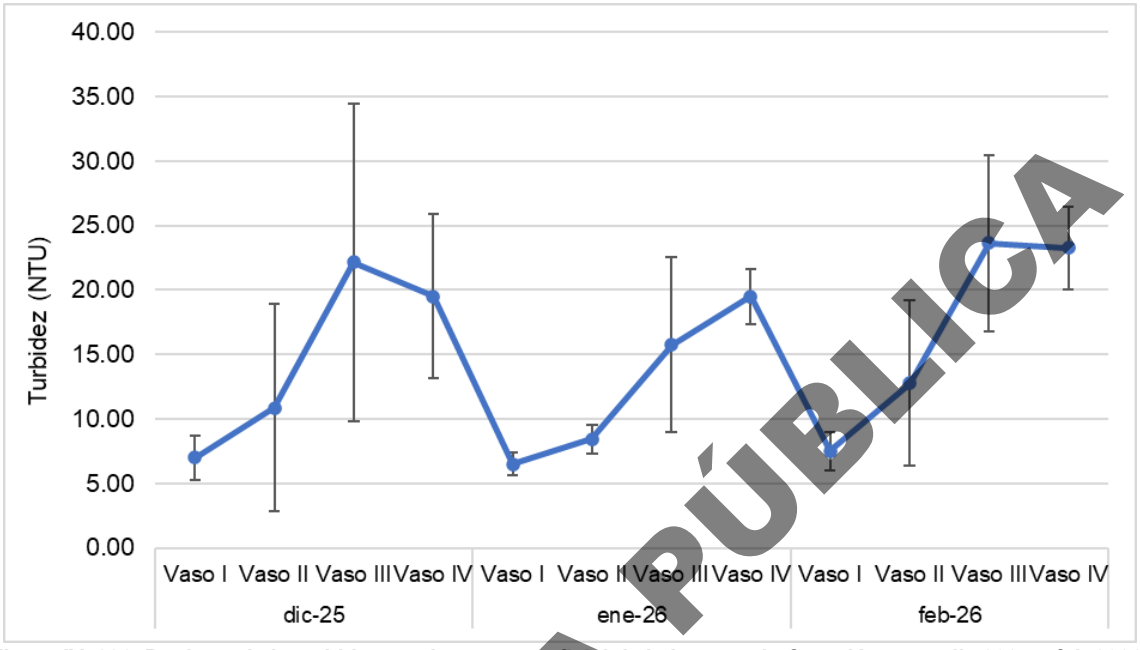


Figura IV. 286. Registro de la turbidez en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de Grasas y Aceites (G y A) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta un incremento en todos los vasos tras el primer mes de estudio. Durante diciembre, el sistema registró sus niveles más bajos, con un valor promedio mínimo de 1.70 ± 1.18 mg/L en el Vaso IV. Sin embargo, a partir de enero, se observa un incremento con valores cercanos a 7.00 mg/L en todo el cuerpo lagunar. Esta acumulación sostenida hacia el final del trimestre evidencia un escenario de confinamiento, donde la limitada circulación impide la dispersión de estos compuestos. En febrero, la concentración promedio de G y A alcanzó su máximo en el Vaso I con 7.75 ± 1.39 mg/L que puede estar ligada a degradación de material orgánico autóctono que libera este material y luego por circulación e influencia mareal se diluye sin llegar a afectar potencialmente la calidad biológica del agua. Según la NOM001-SEMARNAT-2021, el límite permisible de este parámetro para descargas de agua residual en zonas marinas mexicanas es de 15 mg/L, valor que en ninguna estación ni monitoreo se excedió lo que deja ver que es un sistema dominado por procesos naturales.

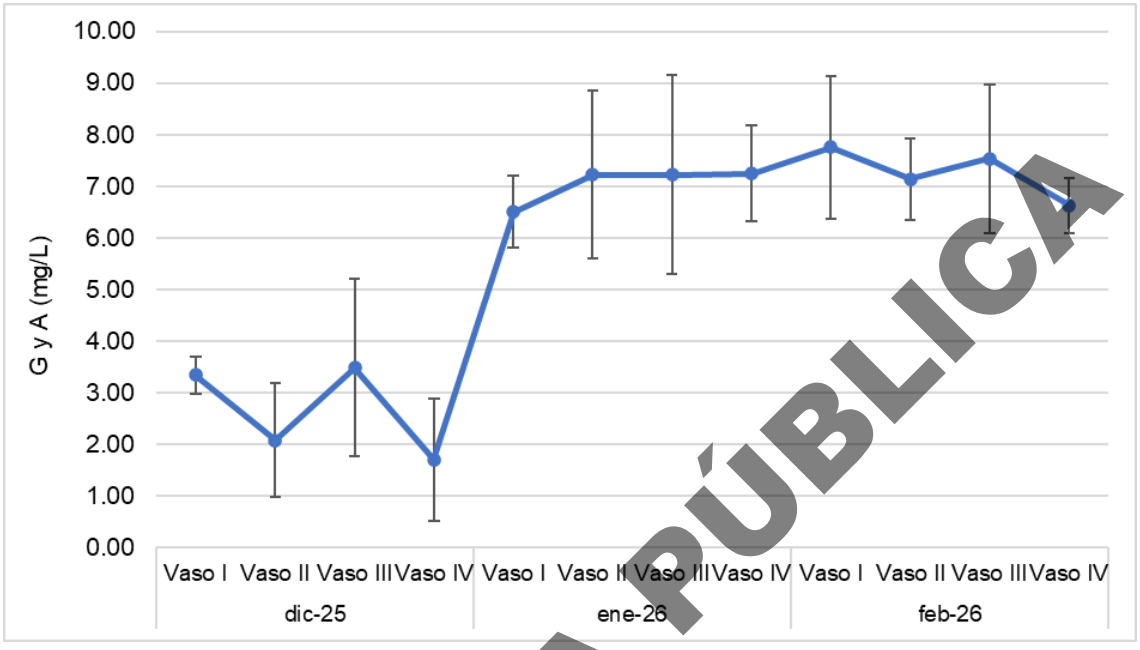


Figura IV. 287. Registro de G y A en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de Cloro Libre durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta un comportamiento variable, en diciembre los niveles fueron nulos en los vasos I y II y aumentaron hacia los vasos III y IV. Posteriormente en enero se alcanzaron los promedios mayores asociados a los valores en los vasos I y II, que luego se decrecen hacia el interior del sistema tal vez relacionados con la descarga de agua fría de la central regasificadora. Esta presencia de cloro se disipó hacia febrero, retornando a valores cercanos a cero en casi todo el sistema relacionado con dilución por la dinámica lagunar. Hacia el sector interno, en el Vaso IV, los valores de cloro fueron los más bajos del trimestre, llegando nuevamente a indetectable en febrero. Esta ausencia total en el sector más aislado, evidencia que este agente oxidante introducido en los Vasos I y II es consumido rápidamente por la alta carga orgánica del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

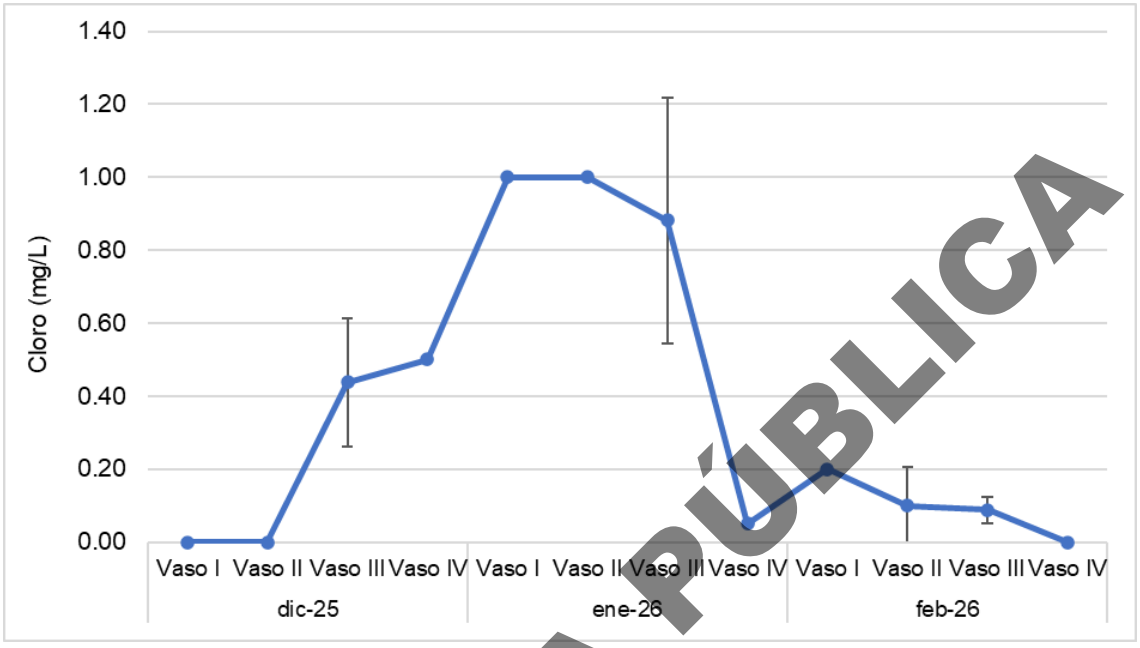


Figura IV. 288. Registro de cloro en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Los sulfuros en el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 replica la tendencia de un gradiente ascendente desde el Vaso I hacia el Vaso IV, alcanzando valores máximos al cierre del periodo. Durante febrero, el sistema registró su valor máximo en el Vaso IV con 1.35 ± 0.16 mg/L. Esta acumulación hacia zonas internas sugiere un ambiente con baja disponibilidad de oxígeno como ya se describió (< 0.5 mg/L) y una constante carga de materia orgánica que, al no lograr disiparse debido a la limitada circulación, favorece procesos de descomposición anaerobia en el fondo lagunar. En los Vasos I y II se presentan las concentraciones más bajas y estables, con un valor mínimo de 0.18 ± 0.05 mg/L en el Vaso I durante enero, lo que se encuentra asociado con una mayor dinámica y renovación hídrica que permite la oxigenación de la columna de agua y la inhibición de la formación de sulfuros. El incremento observado en el Vaso III durante febrero muestra la influencia desde zonas internas hacia las áreas de transición del sistema lagunar.

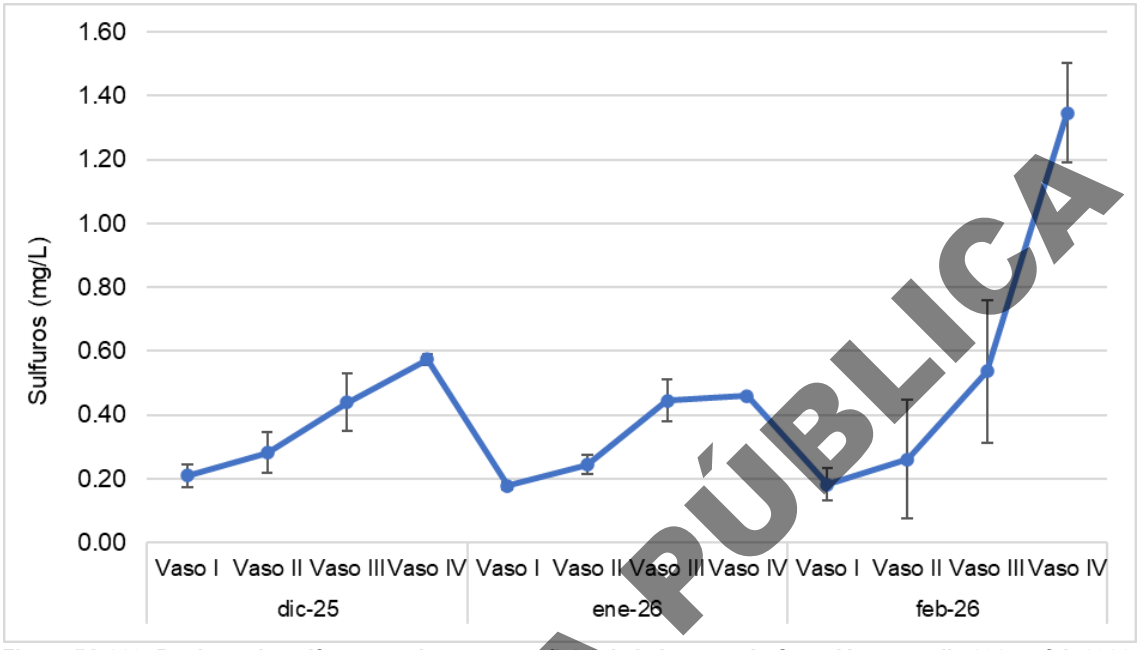


Figura IV. 289. Registro de sulfuros en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de la toxicidad aguda durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta un comportamiento fluctuante con un incremento marcado hacia el final del periodo, lo que es mayor en vasos con estaciones de menor circulación. Durante febrero, el sistema lagunar registró los valores máximos de 1.84 ± 0.09 % de mortalidad en el Vaso IV, seguido de cerca por el Vaso III con 1.79 ± 0.61 %. Esta respuesta biológica adversa en los sectores internos evidencia un escenario de confinamiento y menor circulación, donde la acumulación de nutrientes, metales y sulfuros podría generar un ambiente perjudicial para la supervivencia de la biota que el sistema no logra disipar. En contraste, durante enero se registraron los niveles mínimos de toxicidad en todo el sistema, destacando el Vaso I con 0.14 ± 0.06 % mortalidad. Este periodo de baja toxicidad coincide con la menor turbidez del agua y menores niveles de sólidos reportados anteriormente, lo que sugiere que la mayor renovación hídrica y la decantación de contaminantes particulados en este mes reducen el riesgo biológico en la zona de entrada. El porcentaje de mortalidad detectado no supera el límite establecido en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 2 a los 15 minutos de exposición para descargas de agua residual sobre zonas costeras mexicanas, lo que puede ser un indicativo de que en el sistema lagunar este tipo de descargas antropogénicas no están presentes.

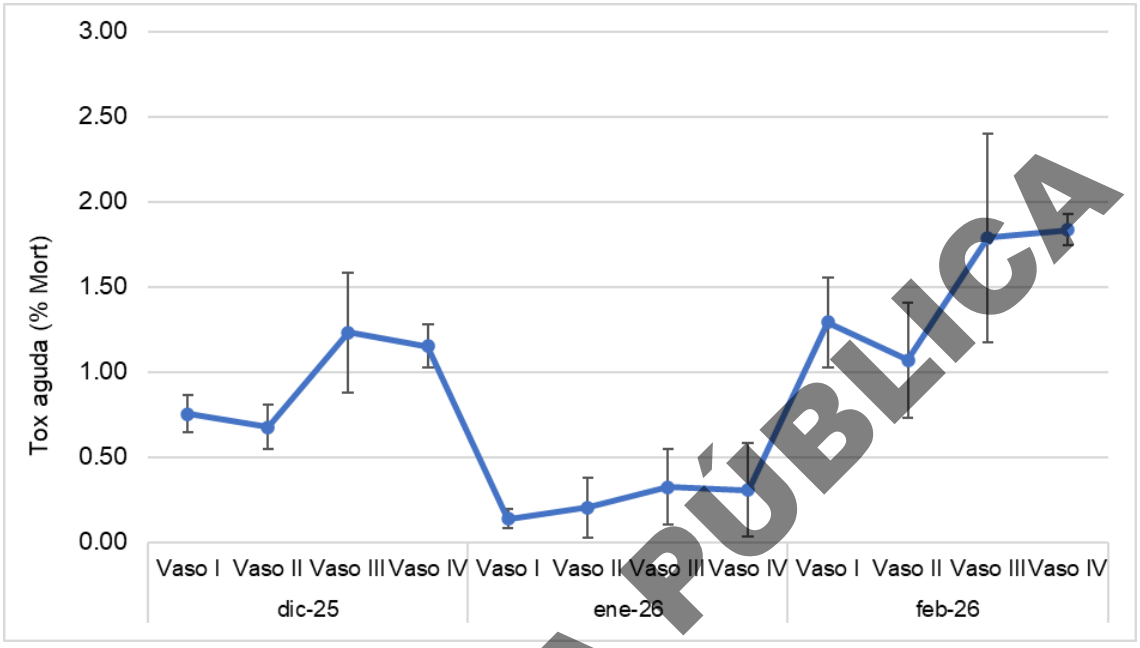


Figura IV. 290. Registro de toxicidad aguda en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de *E. Coli* durante el trimestre dic-25 a feb-26 presenta un pico de contaminación microbiológica significativo durante el mes de enero, concentrado principalmente en los vasos de mayor dinámica y mezcla. Durante enero, el sistema registró su valor máximo de 7.63 ± 1.60 NMP/100 ml en el Vaso II, seguido por el Vaso III con 5.38 ± 2.67 NMP/100 ml. Este incremento temporal sugiere un aporte externo de bacterias fecales, posiblemente vinculado a escorrentías o descargas puntuales que se dispersaron desde Vaso II hacia zonas adyacentes. Hacia febrero, se observa una recuperación generalizada de la calidad sanitaria, con valores que descienden por debajo de 2.00 NMP/100 ml en todos los vasos. En el Vaso IV, los niveles se mantuvieron bajos tras el pulso de enero, cerrando el trimestre con 0.50 ± 0.71 NMP/100 ml. Esta disminución en las concentraciones de *E. Coli* muestra que, aunque el sector interno atrapa nutrientes y sales, no actúa como un reservorio permanente de bacterias coliformes, posiblemente debido a las condiciones de hipersalinidad (66.70 UPS) que limitan la supervivencia de estos microorganismos en el tiempo. Cabe destacar que ningún valor fue superior lo estipulado en la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de las descargas de aguas residuales en zonas marinas mexicanas que es de 250 NMP/100 ml, lo que puede ser un indicativo de que en el sistema lagunar este tipo de descargas antropogénicas no están presentes.

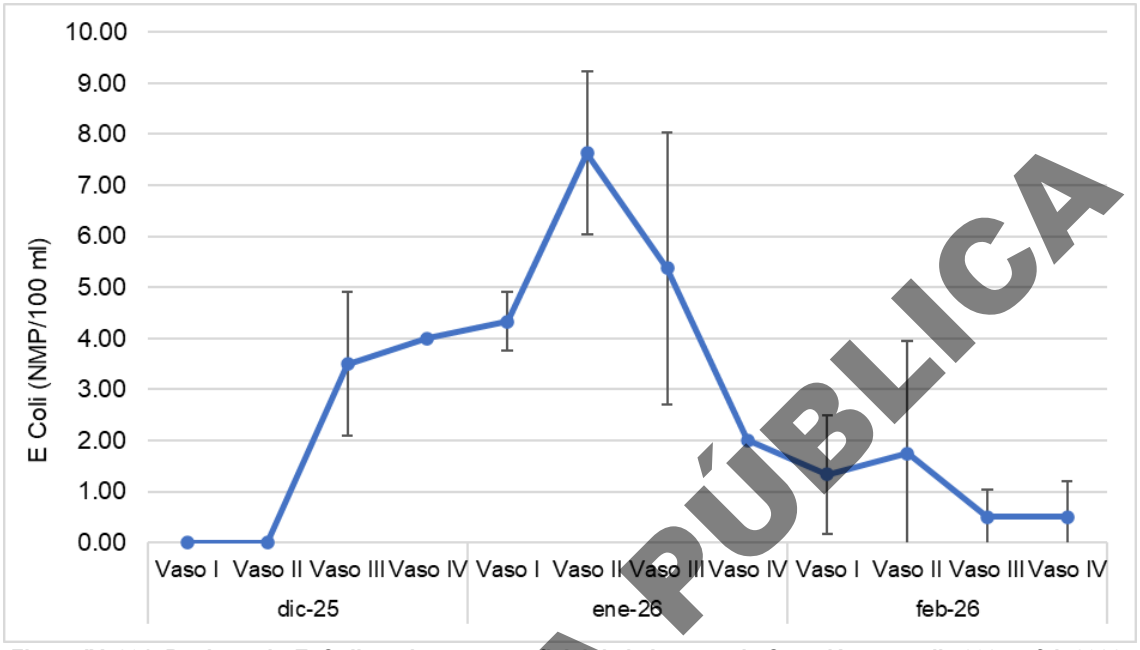


Figura IV. 291. Registro de *E. Coli* en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Los Enterococos Fecales durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 presenta un comportamiento de persistencia bacteriana durante los dos primeros meses. En diciembre (Vaso IV) y enero (Vasos I y II) el sistema registró los valores máximos de 100.00 NMP/100 ml, lo que indica una contaminación fecal sostenida en este periodo que no logra ser eliminada por dilución. Hacia febrero, se observa una depuración notable en todo el cuerpo lagunar, con valores que descienden a niveles mínimos cercanos a 0.00 NMP/100 ml en todos los vasos. Esta recuperación de la calidad sanitaria al final del trimestre sugiere que el pulso de contaminación fecal de invierno fue finalmente asimilado, aunque el riesgo de reaparición permanece latente ante algún aporte desde poblados adyacentes y animales de crianza a través de escurrimientos. Ninguno de los valores fue superior a lo estipulado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 250 NMP/100 ml para descargas residuales hacia zonas marinas mexicanas, nuevamente esto puede ser un indicativo de que en el sistema lagunar este tipo de descargas antropogénicas no están presentes.

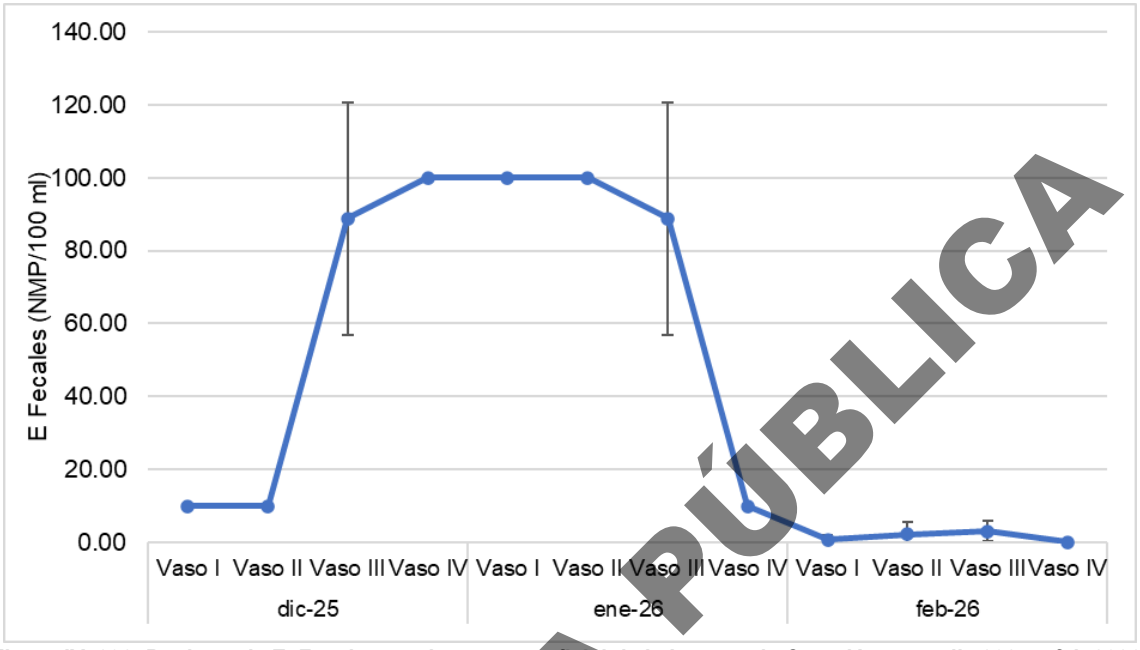


Figura IV. 292. Registro de E. Fecales en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de Arsénico (As) durante el trimestre dic-25 a feb-26 presenta una tendencia de reducción progresiva y generalizada en todos los vasos del sistema. Durante diciembre, el sistema lagunar registró los valores más altos, con concentraciones estables de aproximadamente 0.08 ± 0.01 mg/L en todos los sectores, lo que sugiere una condición de distribución homogénea al inicio del periodo. A partir de enero, se observa un descenso significativo con valores cercanos a 0.045 mg/L, tendencia que se acentúa en febrero, alcanzando un valor mínimo de 0.01 ± 0.003 mg/L en el Vaso IV. Esta disminución drástica hacia el final del periodo sugiere que el As está siendo removido de la columna de agua por procesos de adsorción por parte del material orgánicos y luego puede precipitar debido a la baja circulación que genera valores de hipoxia (<0.5 mg/L) y el incremento en de sulfuros (1.35 mg/L en febrero), que favorecen la inmovilización del arsénico en el lecho lagunar, actuando el sistema interno como una trampa de sedimentos. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.2 mg/L, lo que sugiere la no presencia de descargas de aguas residuales como fuente de este contaminante y su posible presencia por aportes eólicos o escurrimientos de temporada.

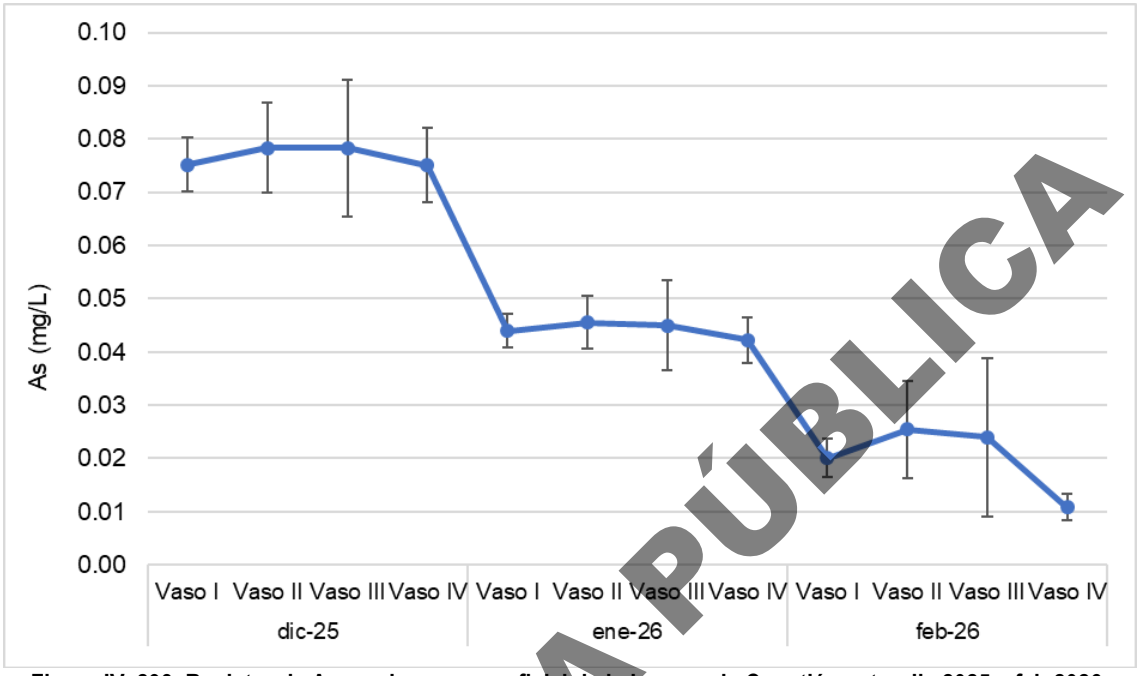


Figura IV. 293. Registro de As en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de Cadmio (Cd) muestra una tendencia ascendente, con mayor variabilidad en la distribución del metal hacia el final del periodo. En diciembre se registran valores promedios estables cercanos a 0.032 ± 0.01 mg/L, durante enero las concentraciones se elevaron a 0.040 ± 0.01 mg/L. Hacia febrero, el sistema alcanzó sus niveles máximos, destacando el Vaso III con 0.045 ± 0.035 mg/L, donde se presenta la mayor variabilidad del periodo. Este incremento de en las zonas de transición entre aguas de renovación y aguas aisladas sugiere que el sistema acumula ciertos metales en su material orgánico por proceso de adsorción, y durante la mezcla de agua se remineraliza y libera lo acumulando en la parte interna del sistema lagunar. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.2 mg/L, lo que sugiere la no presencia de descargas de aguas residuales como fuente de este contaminante y su posible presencia por aportes eólicos o escurrimientos de temporada.

CONSULTA PÚBLICA

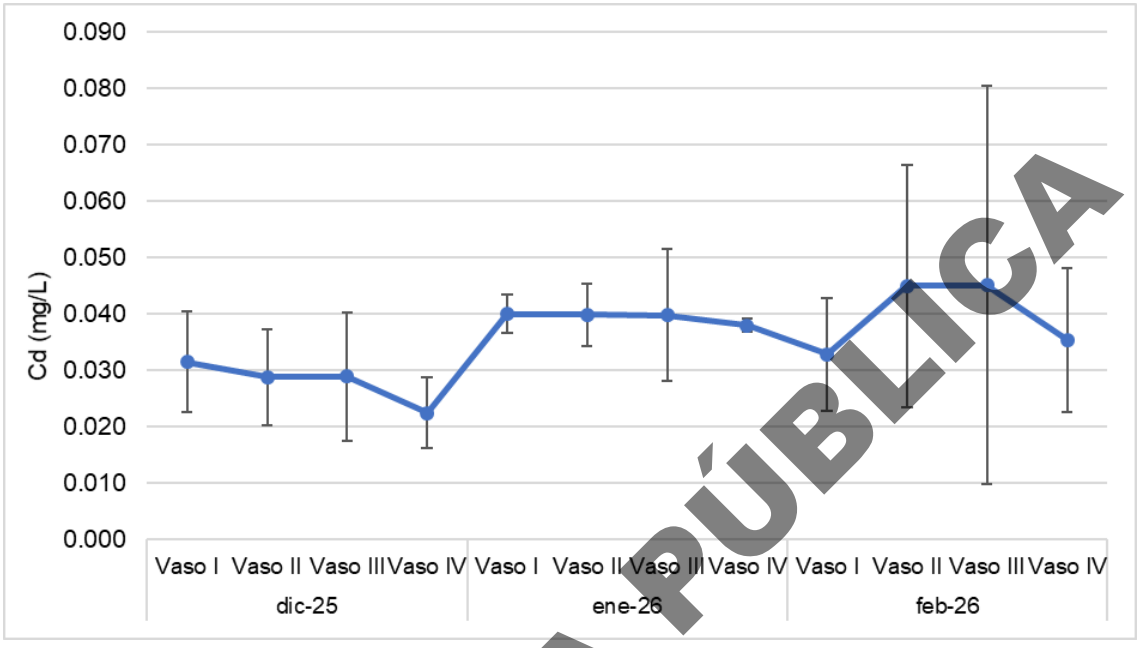


Figura IV. 294. Registro de cadmio en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de cianuro durante el trimestre presenta un evento puntual al inicio del periodo, seguido de una estabilización hacia valores mínimos. En diciembre de 2025, se registró el promedio máximo en el Vaso III, alcanzando una concentración de 0.19 ± 0.14 mg/L, con alta variabilidad, lo que sugiere la ocurrencia de descargas de manera intermitente en esta zona. Este pulso también se presentó en Vaso IV con niveles de 0.14 ± 0.03 mg/L. En enero y febrero de 2026, sus niveles se redujeron y estabilizaron, con valores menores a 0.05 mg/L en todos los vasos, lo que indica la disipación del evento inicial y la ausencia de nuevos aportes de este contaminante hacia el cierre del periodo. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 2.0 mg/L, lo que sugiere la no presencia de descargas de aguas residuales como fuente de este contaminante y su posible presencia por aportes eólicos o escurrimientos de temporada.

CONSULTA PÚBLICA

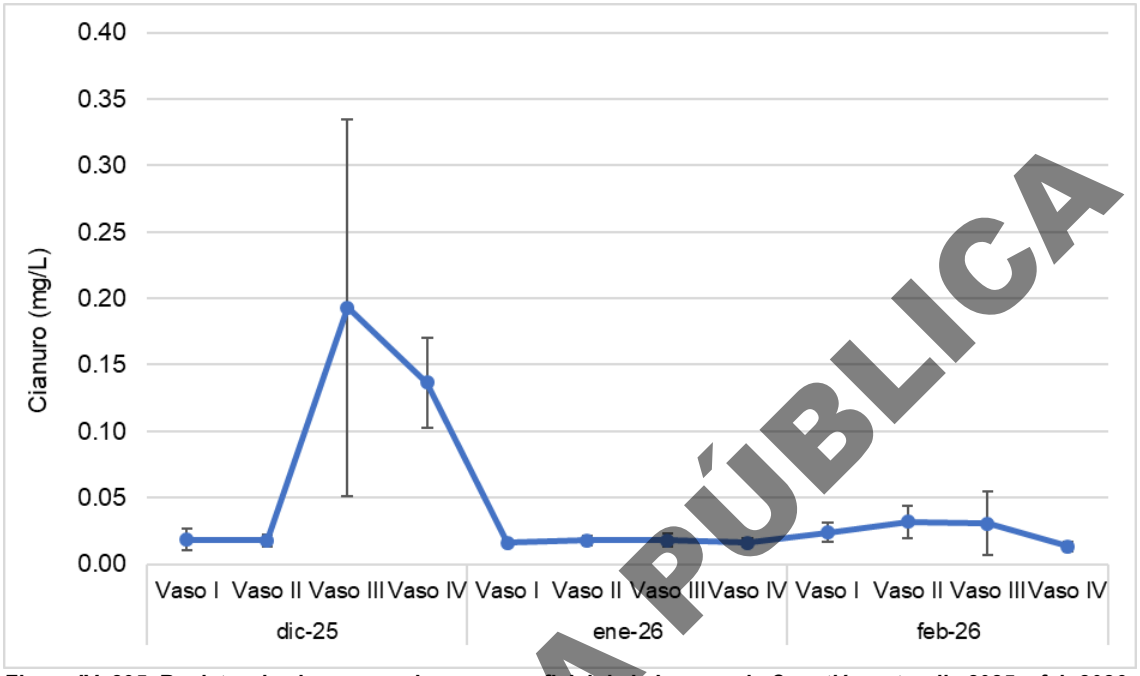


Figura IV. 295. Registro de cianuro en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El (Cu) durante el trimestre revela un incremento hacia el final del periodo, lo que se acentúa en zonas de menor circulación, donde la amplitud de la variabilidad entre las distintas estaciones de monitoreo fue mayor. En diciembre y enero se mantuvieron valores estables por debajo de 2.00 mg/L, sin embargo, durante febrero se registró un incremento, con el valor máximo de 7.77 ± 1.99 mg/L en el Vaso IV. Este enriquecimiento hacia zonas internas sugiere eventos de acumulación progresiva que pueden estar relacionados a transporte eólico o a escurrimientos continentales de temporada que quedan adsorbidos al material orgánico y luego son liberados es esta parte del sistema lagunar, elevando el riesgo de toxicidad. La concentración de este ion fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 4.0 mg/L en el mes de febrero, y aunque no corresponde de una descarga de agua residual es una referencia de su presencia por fuentes difusas que deben ser estudiadas.

CONSULTA PÚBLICA

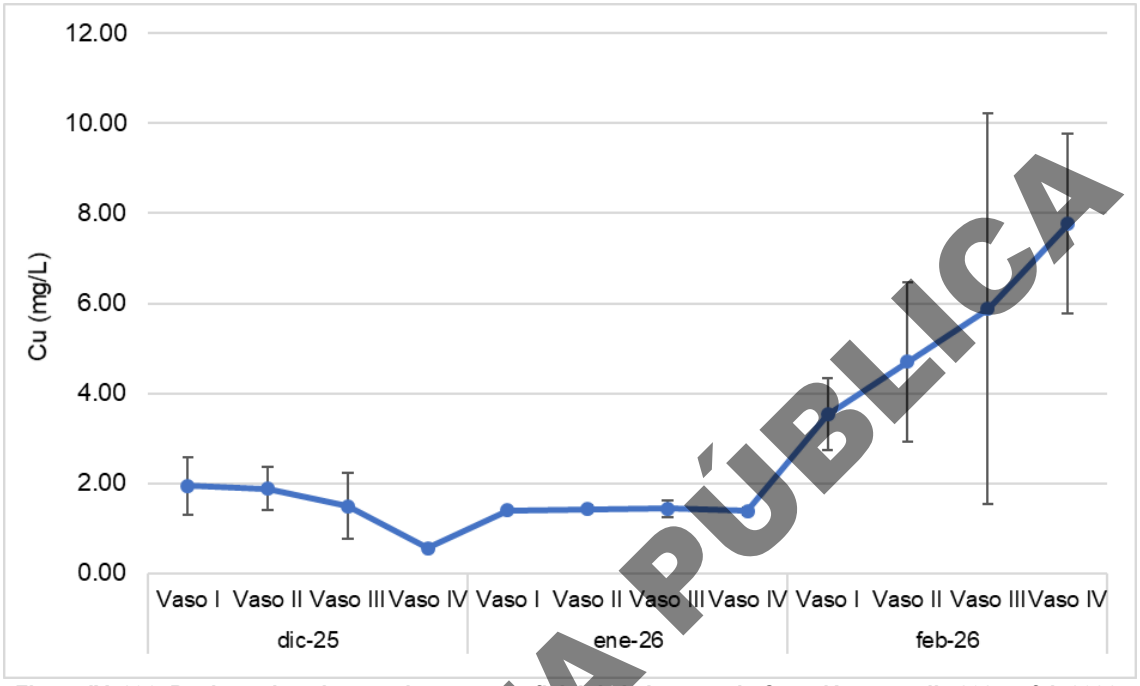


Figura IV. 296. Registro de cobre en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de cromo (Cr) durante el trimestre muestra una fluctuación amplia, pasando de una fase estable a condiciones de enriquecimiento en febrero. Durante diciembre 2025, el sistema lagunar mantuvo niveles bajos y de poca variabilidad espaciotemporal con valores promedio que oscilaron alrededor de 0.30 mg/L. En enero 2026 se presentó un ligero descenso, con promedios mínimos cercanos a 0.4 mg/L en todos los vasos. En febrero 2026, se registró un incremento significativo, alcanzando el promedio máximo en el Vaso II (0.96 ± 0.40 mg/L) y el Vaso III (1.02 ± 0.60 mg/L). Esta tendencia de incremento con amplia variabilidad en febrero coincide con lo reportado para otros metales como el Cobre (Cu) y el Zinc (Zn) hacia zonas internas, lo que sugiere una acumulación de estos contaminantes hacia el final del periodo por fuentes difusas, y como referencia la concentración de este ion en el vaso II durante febrero fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 1.0 mg/L, aunque su valor no corresponda a una a portado por una descarga de agua residual en este sistema lagunar.

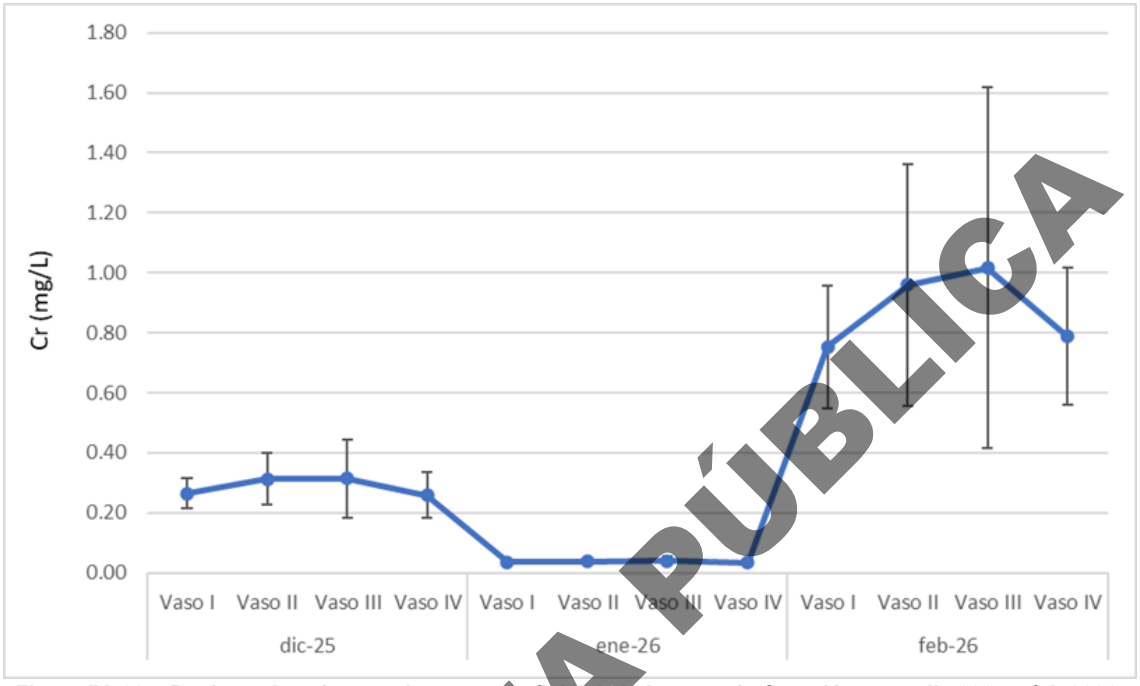


Figura IV. 297. Registro de cobre en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El mercurio (Hg) durante el trimestre mostró pulsos intermitentes con una tendencia de estabilización al cierre del periodo. En diciembre de 2025, el sistema mantuvo concentraciones bajas, cercanas al límite de detección de la técnica en el Vaso IV. Sin embargo, en enero de 2026 se registró un incremento generalizado en los vasos externos e intermedios, alcanzando picos de variabilidad notables en el Vaso III y Vaso I, lo que sugiere un aporte externo temporal durante ese mes. Para febrero de 2026, los niveles iniciaron un descenso sostenido, logrando valores de mayor estabilidad y mínima concentración en el sector más interno (Vaso IV con 0.005 mg/L), lo cual contrasta con el comportamiento de acumulación observado en otros metales como el Cobre o el Zinc en el mismo sector. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.01 mg/L, lo que sugiere la no presencia de descargas de aguas residuales como fuente de este contaminante sino su posible aparición por aportes eólicos o escurrimientos de temporada.

CONSULTA PÚBLICA

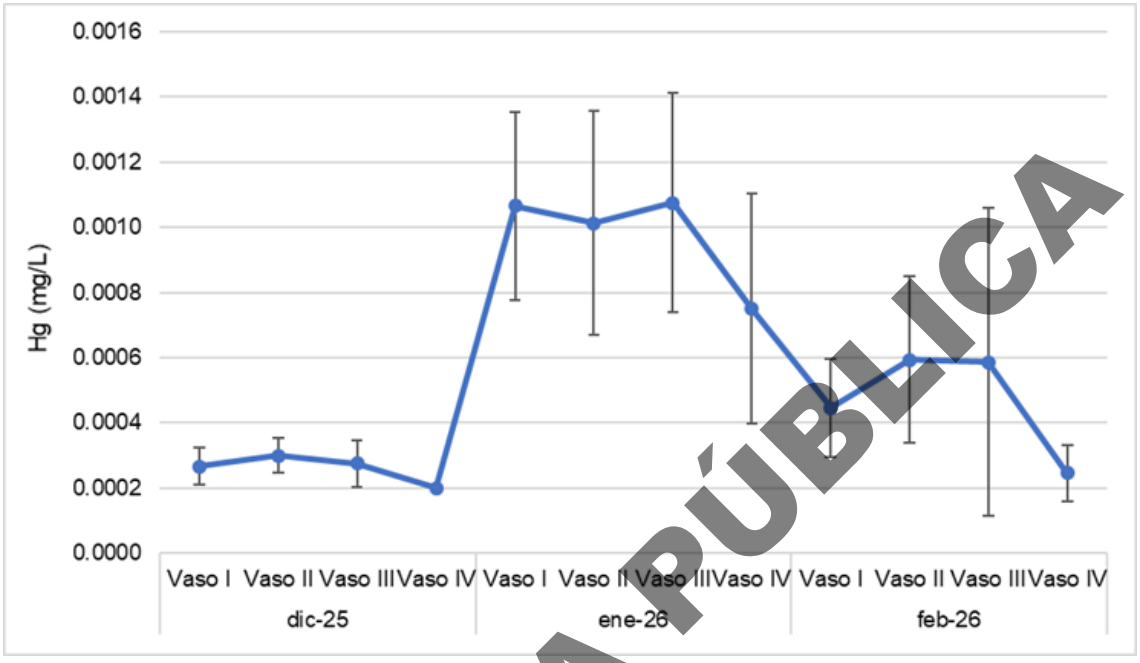


Figura IV. 298. Registro de mercurio en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de Níquel (Ni) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 muestra una tendencia general decreciente con una estabilización progresiva hacia el final del periodo. En diciembre el sistema lagunar registró la mayor concentración y variabilidad espacial en el Vaso I de 0.07 ± 0.09 mg/L, mientras que el resto de los vasos mantuvieron valores inferiores a 0.04 mg/L. Durante enero de 2026, los niveles se homogeneizaron oscilando en valores de 0.02 mg/L en todos los vasos. En febrero de 2026, el Níquel alcanzó las concentraciones mínimas, con un valor mínimo en el Vaso IV de 0.01 ± 0.00 mg/L. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 2.0 mg/L, que es la referencia de contaminantes en descargas de aguas residuales a zonas marinas, lo que dejan ver que en el sistema no existen este tipo de descargas directas antropogénicas.

CONSULTA PÚBLICA

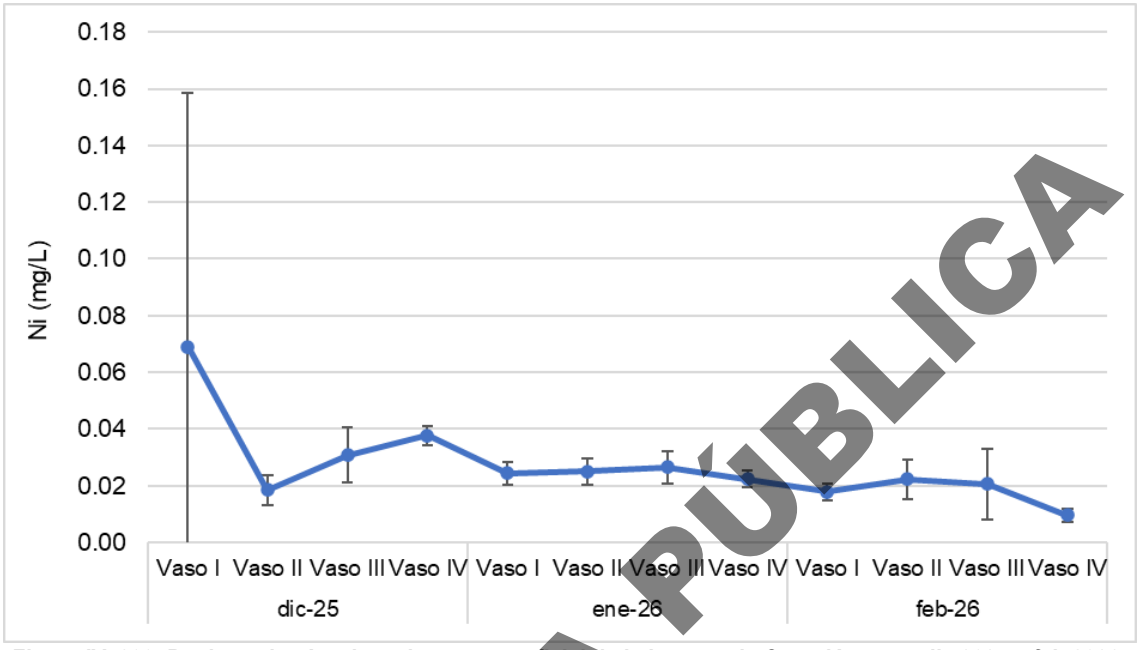


Figura IV. 299. Registro de níquel en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

El monitoreo de Plomo (Pb) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 muestra un enriquecimiento fluctuante que culmina en un incremento significativo al cierre del periodo. Durante diciembre y enero, el sistema lagunar mantuvo concentraciones bajas, con un ligero incremento hacia vasos internos, donde se presentó el valor máximo de 0.007 ± 0.004 mg/L en Vaso IV durante diciembre. En enero, los valores de Pb se estabilizaron y homogeneizaron oscilando en 0.003 mg/L. En febrero, se registró un incremento significativo con valores máximos en los Vasos II y III de 0.014 ± 0.006 mg/L en ambos casos, que sugieren la entrada de pulsos contaminantes intermitentes o procesos de resuspensión/liberación por acumulación por adsorción previa de contaminantes en el material orgánico. Nuevamente la concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.5 mg/L, que es la referencia de contaminantes en descargas de aguas residuales a zonas marinas, lo que dejan ver que en el sistema no existen este tipo de descargas directas antropogénicas.

CONSULTA PÚBLICA

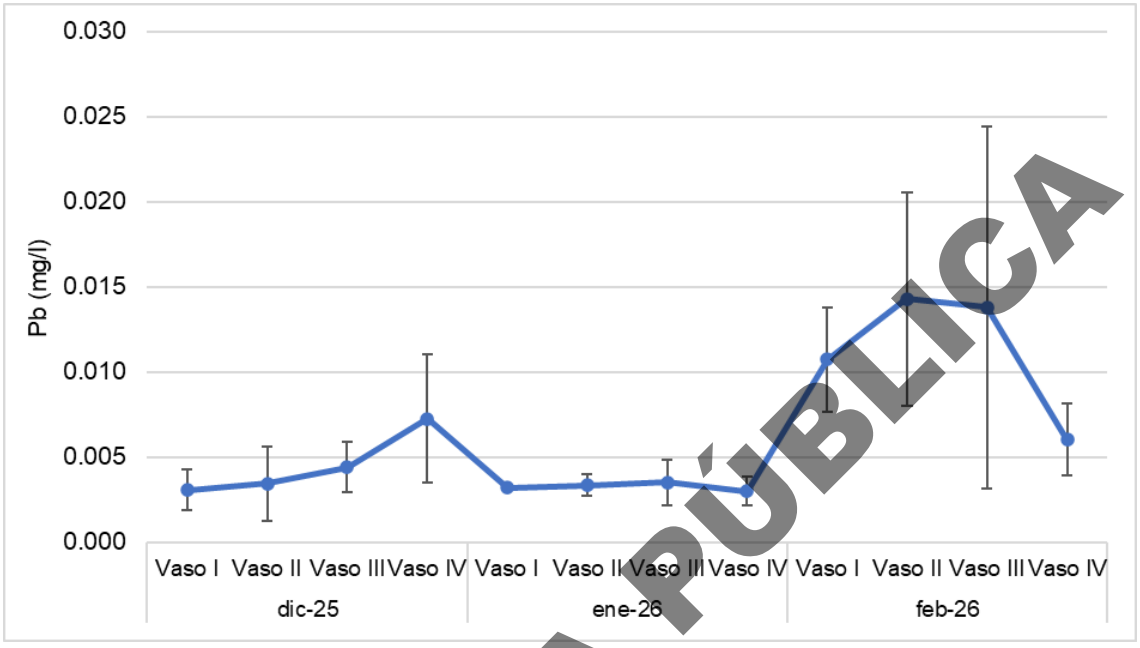


Figura IV. 300. Registro de plomo en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

Respecto al Zinc (Zn) durante el trimestre diciembre 2025 a febrero 2026 se observa un enriquecimiento inicial seguido de un descenso en enero y mayor acumulación hacia zonas internas en febrero. En diciembre de 2025, en el sistema se registraron los niveles más altos, con una concentración máxima de 0.39 ± 0.02 mg/L en el Vaso IV. Durante enero, se observó un descenso significativo en todos los vasos, estabilizándose en valores mínimos cercanos a 0.12 mg/L, lo que indicó una dilución favorable del contaminante. En febrero, se retomó una tendencia de incremento, lo que fue mayor hacia zonas internas, con 0.30 ± 0.08 mg/l en el Vaso IV. Este incremento y la amplia variabilidad en el Vaso III (± 0.21 mg/L), evidencian el aislamiento y menor circulación de zonas internas, donde los contaminantes tienden a presentar mayor acumulación. Como en varios iones metálicos, la concentración de este no fue superior a lo señalado al límite de la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 10.0 mg/L, que es la referencia de contaminantes en descargas de aguas residuales a zonas marinas, lo que deja ver que en el sistema no existen este tipo de descargas directas antropogénicas.

CONSULTA PÚBLICA

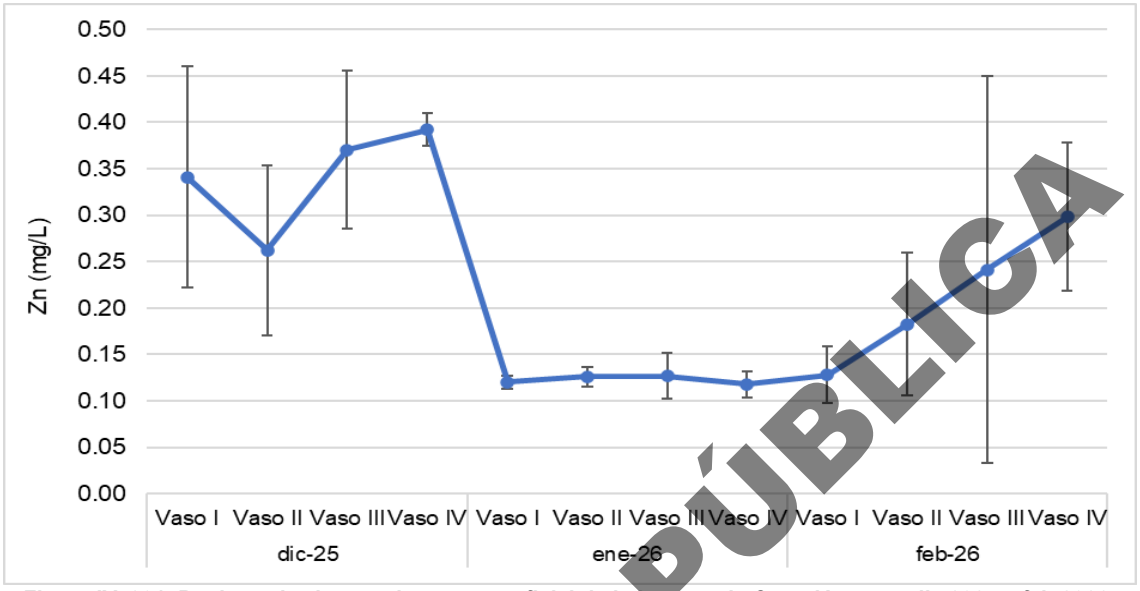


Figura IV. 301. Registro de zinc en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre dic 2025 a feb 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.9.1 Variabilidad espaciotemporal de parámetros fisicoquímicos entre meses en los distintos años comparados en las distintas estaciones del sistema lagunar

Para hacer un comparativo espaciotemporal entre los cuatro vasos lagunares en los distintos meses del año, se tomaron los resultados de los distintos parámetros y por vaso se obtuvo el valor promedio que permitiera ver distintas tendencias en los parámetros, a continuación, se describe su variabilidad.

La temperatura superficial del agua en el sistema lagunar a través de los años monitoreados (2022-2026) muestra un comportamiento estacional cíclico, con variaciones que se agudizan en los vasos con menor hidrodinámica: Los Vasos I y II: presentan valores de temperatura con mayor estabilidad, que oscilan entre 25°C y 31°C, con valores mínimos entre diciembre y febrero, y máximos durante el periodo de verano (agosto-septiembre). El Vaso III actúa como una zona de transición, mostrando mayores fluctuaciones a partir de 2024, así como descensos más pronunciados en la temporada invernal respecto a los vasos I y II. El Vaso IV: registra los cambios más significativos y de mayor variabilidad, con máximos en agosto (34.5°C) y septiembre (34.1°C) de 2022 y mínimos de 23.5°C en diciembre de 2025. Los valores registrados en todo el periodo no superan el límite en la NOM-001-SEMARNAT-2021 que es de 35°C para descargas de aguas en zonas marinas mexicanas, es decir, que no se aprecia este tipo de influencia antropogénica en el sistema lagunar.

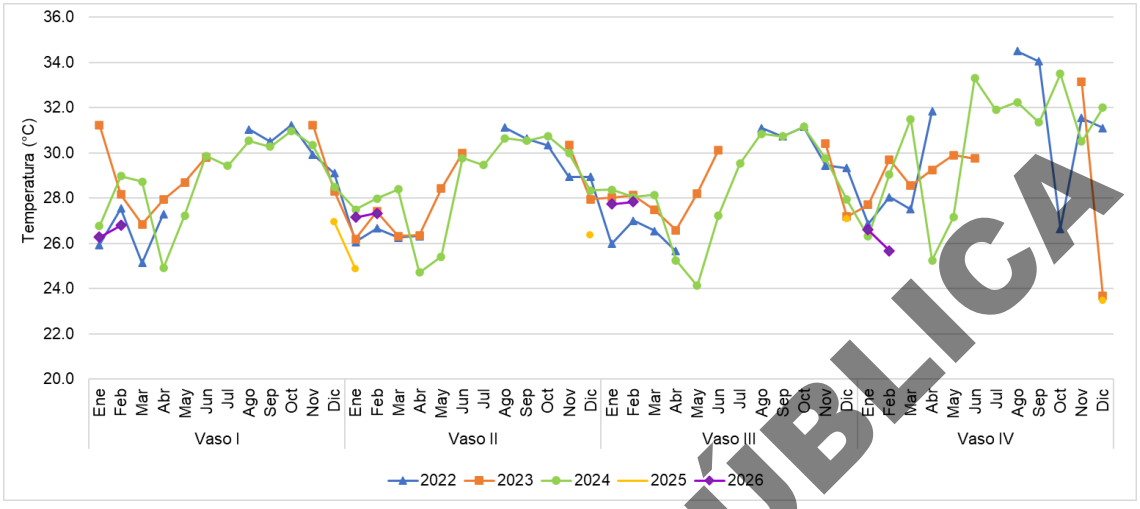


Figura IV. 302. Registro de temperatura en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

La salinidad en el sistema lagunar a través de años monitoreados (2022-2026) no presenta una tendencia uniforme, con un gradiente que se intensifica hacia las zonas internas: Los Vasos I y II comprenden las zonas de mayor estabilidad con valores normales, que muestran menor variabilidad estacional. El Vaso III actúa como una zona de transición, donde se observa el incremento en los valores de salinidad, lo que es mayor a partir de 2024, durante el primer semestre del año correspondientes al periodo de estiaje, donde se presenta un valor medio máximo de 40.01 UPS. En Vaso IV se registra un cambio significativo en las concentraciones. Mientras que en 2022 presentaba fluctuaciones moderadas, para 2024 y 2026 muestra picos extremos que alcanzan los 69.7.0 UPS. Lo que se asocia con un ambiente de baja circulación y alta tasa de evaporación, donde el aporte de agua dulce es prácticamente inexistente en estiaje.

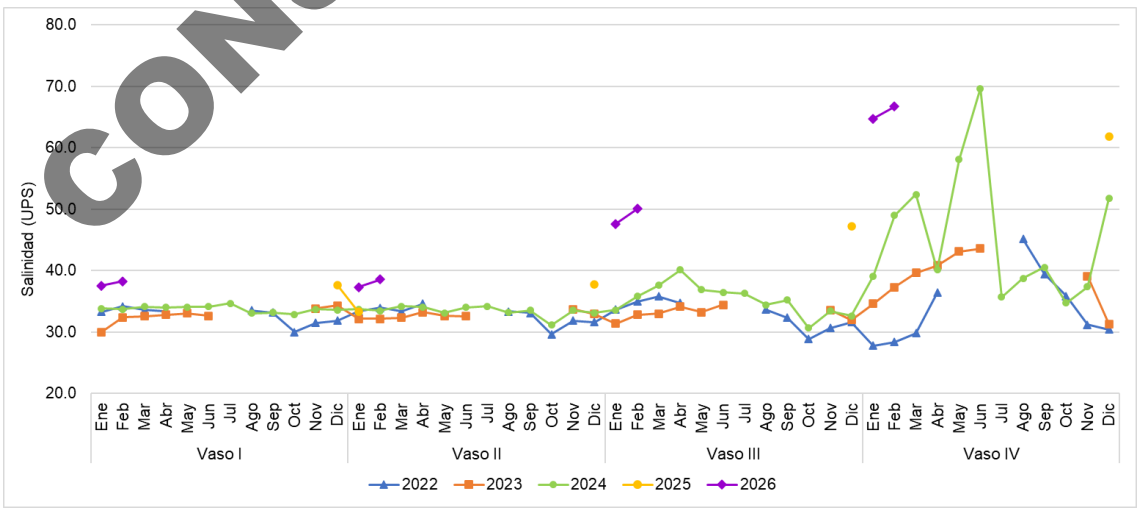


Figura IV. 303. Registro de salinidad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El Oxígeno Disuelto (OD) durante el periodo 2022-2026 muestra una disminución progresiva, lo que se acentúa en los vasos internos. En 2022 mayormente se mantenían niveles óptimos por encima de 5.0 mg/L, condiciones que a partir de 2024 presentan una caída drástica con valores mínimos cercanos a 0.5 mg/L, el Vaso IV destaca como la zona de mayor afectación, registrando el valor mínimo histórico cercano a 0.5 mg/L en mayo y diciembre. Hacia 2026 se aprecia una ligera estabilización en los niveles medios con un valor máximo en el vaso III de 4.99 mg/L en febrero, sin embargo, los valores permanecen por debajo de lo registrado al inicio del estudio.

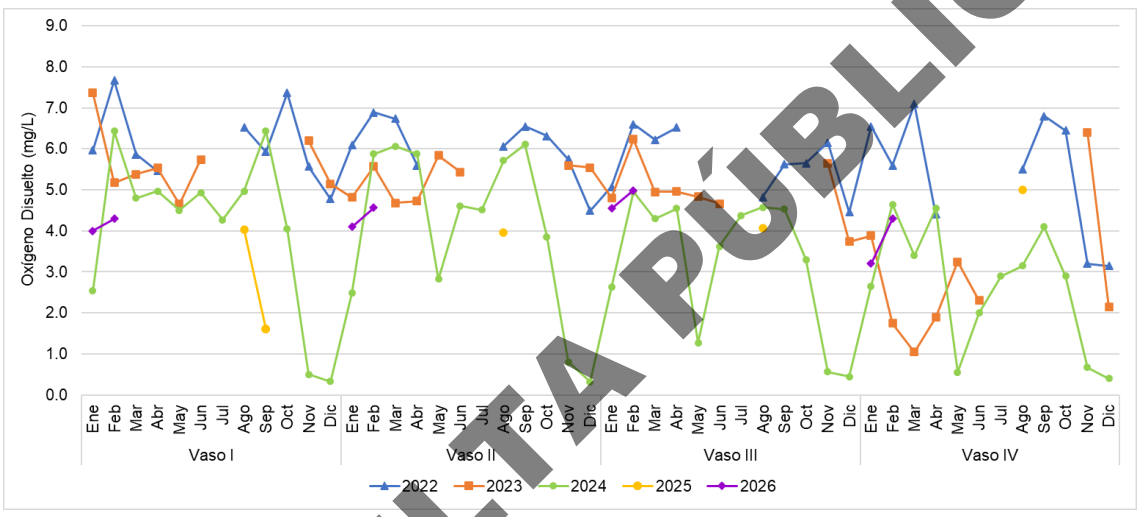


Figura IV. 304. Registro de oxígeno disuelto en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

El análisis del pH en el sistema lagunar durante el periodo 2022-2026 muestra un ambiente donde predominan valores de alcalinidad, con fluctuaciones que reflejan inestabilidad en los vasos internos: Los Vasos I y II: registran mayor estabilidad, con valores que oscilan entre 7.7 y 8.4 UpH. Este rango de valores sugiere una buena capacidad amortiguadora y una renovación hídrica constante que minimiza las variaciones extremas. El vaso III actúa como una zona de transición donde se observa un ligero incremento en la variabilidad, lo que es mayor en los datos de 2026, donde el pH comienza a desplazarse hacia valores más básicos de 8.1 y 8.2 en enero y febrero respectivamente. El Vaso IV registra la mayor variabilidad en los valores de pH, en 2022 y 2024 mantenía una tendencia alcalina similar al resto del sistema, lo que en diciembre de 2023 se vio alterado por un descenso abrupto, registrando el valor mínimo de 6.3 UpH, inusualmente ácido para un cuerpo lagunar costero. A inicios de 2026 se reportan los valores máximos con 8.7 UpH en febrero. El rango del pH detectado está dentro entre 6.0 y 9.0 UpH, lo que lleva a considerar que no hay una variación debido a una descarga de agua continental residual según la NOM-001-SEMARNAT-2021 para zonas marinas mexicanas.

CONSULTA PÚBLICA

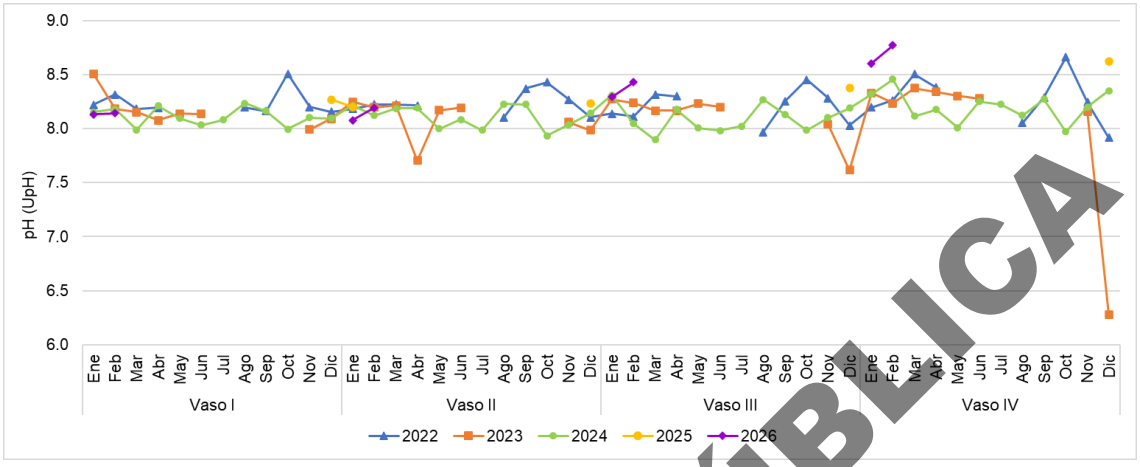


Figura IV. 305. Registro de pH en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

El análisis de la Clorofila-a (Cl-a) en el sistema lagunar durante el periodo 2022-2026 muestra un comportamiento altamente productivo y variable, con un incremento notable de biomasa en las zonas de menor circulación. Los Vasos I y II: presentan picos episódicos de productividad primaria, destacando valores máximos en 2022 de 94.2 mg/m³ y 84.0 mg/m³ en los Vasos I y II respectivamente, durante el mes de octubre. En 2025-2026 los niveles se estabilizan con valores mínimos por debajo de los 5 mg/m³. El Vaso III mantiene una transición con una variabilidad estacional marcada y valores que alcanzan los 50 mg/m³ en mayo de 2023, seguidos de una rápida disminución hacia fin de año. El Vaso IV: Registra la mayor fluctuación de biomasa de todo el sistema, con un máximo histórico de 141.0 mg/m³ en mayo de 2023, seguido de 120.8 mg/m³ en octubre de 2022. En contraste, los datos de 2026 muestran una productividad cercana a los 5 mg/m³.

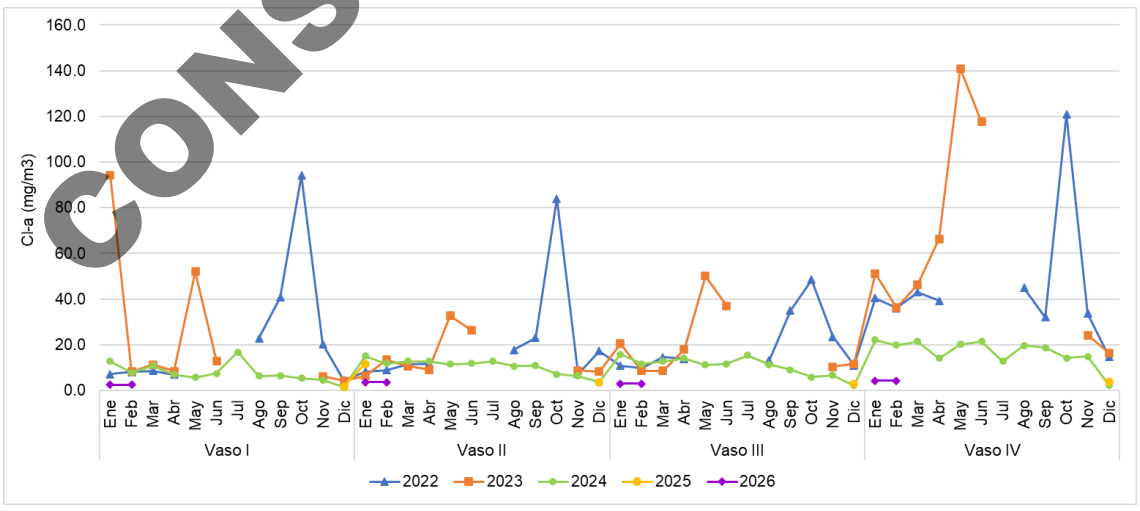


Figura IV. 306. Registro de clorofila-a en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El análisis de los sólidos suspendidos totales (SST) durante el periodo 2022-2026 muestra elevados especialmente en las zonas internas de menor circulación. Los Vasos I y II presentan mayor estabilidad, con valores generalmente menores a los 200 mg/L. Sin embargo, se observan incrementos estacionales en los meses de octubre y noviembre destacando el Vaso II en 2022 con un valor máximo de 307 mg/L. El Vaso III actúa como una zona de transición donde la variabilidad incrementa, en octubre de 2022 se presentó un valor de 436.8 mg/L, lo que marcó el inicio del gradiente de acumulación hacia las zonas internas del sistema. El Vaso IV registra la mayor variabilidad de SST. En 2024 y 2026 los valores se mantuvieron menores a 20 mg/L, sin embargo, en octubre de 2022 se presentó un valor máximo de 1571.9 mg/L. Estos valores se pueden encontrar asociados con la resuspensión de sedimentos o aportes externos en el sistema por descargas pluviales en verano. Destaca para los distintos vasos en varios meses y distintos años, hay valores mayores el límite permisible en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 20 mg/L para descargas de agua residual en zonas marinas mexicanas, pero en el sistema lagunar, no por este tipo de descargas sino porque es una laguna donde el material resuspendido por la influencia mareal o de vientos locales que pueden resuspender mnerales y material orgánico por la poca profundidad.

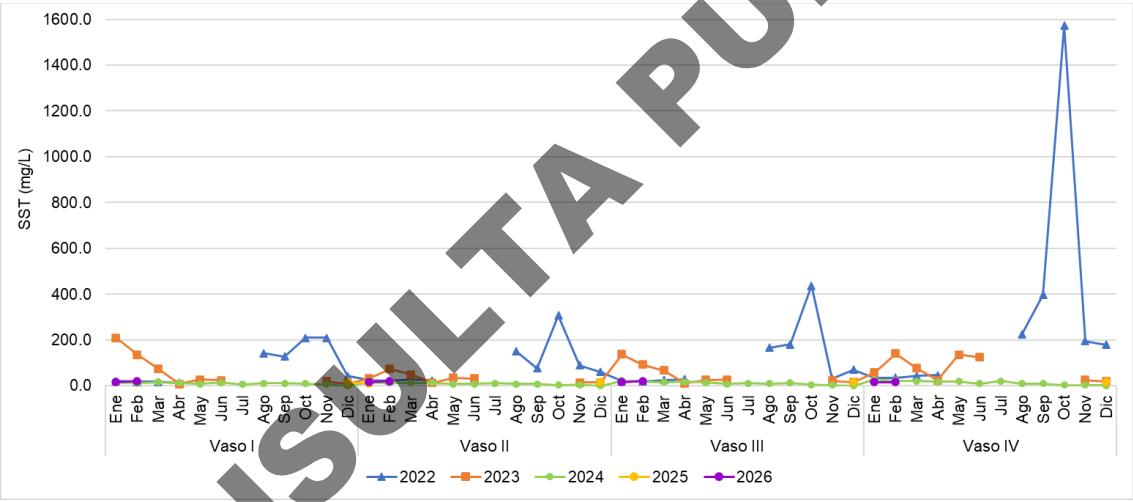


Figura IV. 307. Registro de SST en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

El monitoreo de nitratos y nitritos en el sistema lagunar durante el periodo 2022-2026 muestra un gradiente de enriquecimiento hacia las zonas internas, alcanzando niveles elevados de nutrientes que favorecen procesos de eutrofización: Los Vasos I y II comprenden las zonas de mayor estabilidad, con valores que oscilan generalmente entre 10 y 25 mg/L. lo que indica una mayor capacidad de asimilación o dilución. El Vaso III se observa un incremento progresivo, mostrando valores que superan los 20 mg/L hacia finales de 2025 e inicios de 2026. El Vaso IV registra la mayor variabilidad de todo el sistema. Durante los meses de estiaje de 2022 y 2023, las concentraciones de alcanzaron valores máximos de entre 40.0 y 50.0 mg/L. En 2025-2026, se han mantenido valores elevados de 26.20, 26.89 y 25.76 mg/L en diciembre, enero y febrero respectivamente.

CONSULTA PÚBLICA

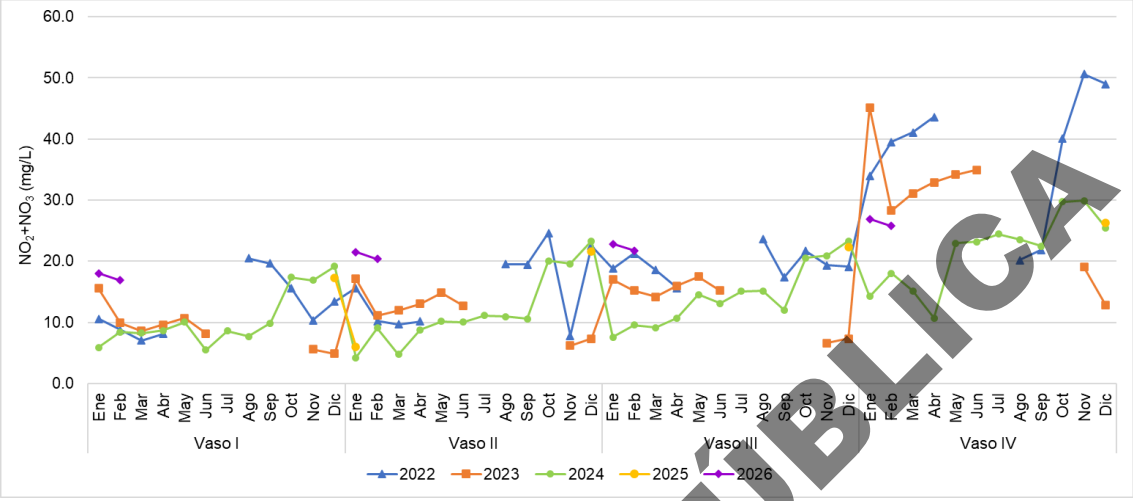


Figura IV. 308. Registro de NO_3 + NO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

El análisis del amonio en el sistema lagunar durante el periodo 2022-2026 muestra un gradiente de acumulación hacia las zonas internas. Los Vasos I y II comprenden las zonas de mayor estabilidad, con valores que se mantienen por debajo de 1.5 mg/L. y fluctuaciones estacionales moderadas, indicando una capacidad de dilución eficiente por el intercambio hídrico en la entrada del sistema. El Vaso III actúa como una zona de transición donde la variabilidad se intensifica. Se observan valores que superan los 3.5 mg/L en agosto de 2022. En 2026 los niveles se mantienen elevados, cercanos a 1.3 mg/L, reflejando una carga persistente de nutrientes. El Vaso IV registra las concentraciones más altas y erráticas de todo el sistema, con valores en 2024 y 2026 que muestran una ligera estabilización, en años previos se alcanzaron picos extremos que superaron los 6.5 mg/L en septiembre de 2022 y los 7.0 mg/L en abril de 2022.

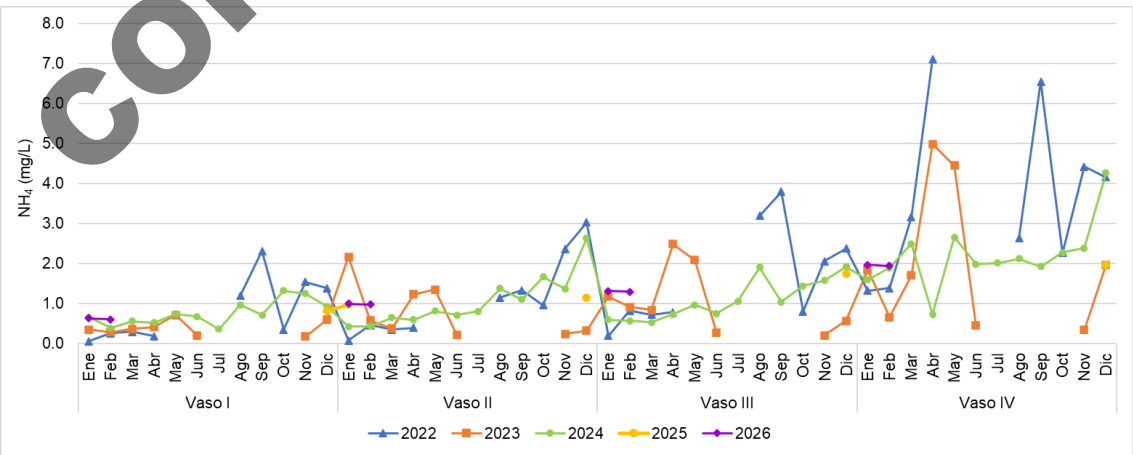


Figura IV. 309. Registro de NH_4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Los fosfatos en el sistema lagunar durante 2022-2026 evidencian un gradiente de acumulación hacia zonas internas. Los Vasos I y II muestran valores mínimos por debajo de los 7.0 mg/L, con fluctuaciones estacionales ligeras, lo que se asocia con la renovación hídrica constante en la entrada de la laguna. En el Vaso III se observa el inicio de una tendencia de incremento, con concentraciones cercanas a 8.0 mg/L, alcanzando un máximo de 8.5 mg/L en julio de 2024. En el Vaso IV se presentan las variaciones más significativas y los valores máximos de todo el sistema, durante 2022 se presentaron fluctuaciones elevadas, sin embargo, en 2023 se registraron concentraciones máximas alcanzando un valor medio de 22.9 mg/L en mayo. Durante el 2026, los niveles se mantienen en un rango elevado de 14.35 y 13.46 mg/L, en enero y febrero respectivamente.

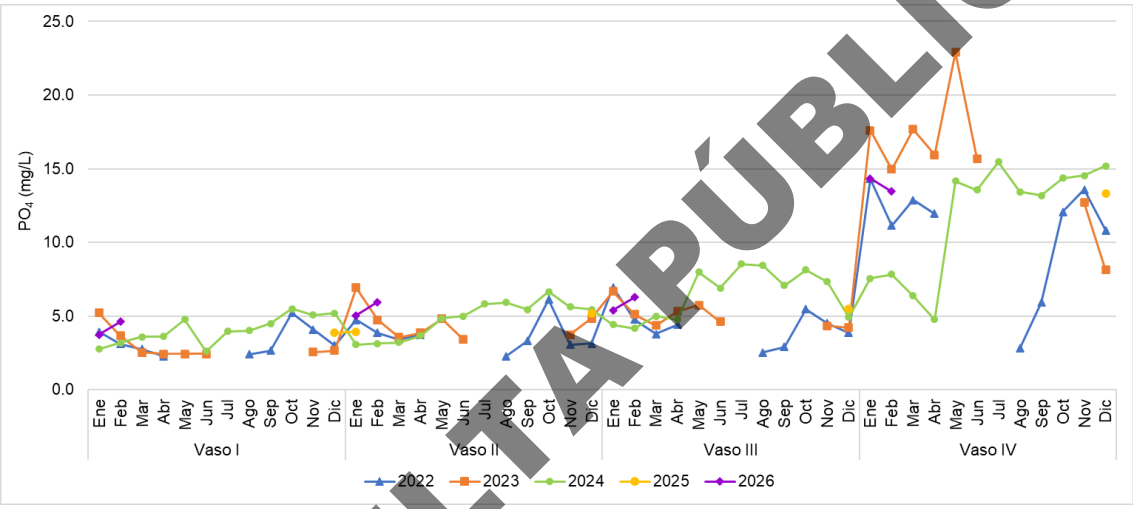


Figura IV. 310. Registro de PO4 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

El Silicato en el sistema lagunar durante 2022-2026 muestra un enriquecimiento progresivo hacia los vasos III y IV, con picos de concentración que sugieren la ocurrencia de eventos de evaporación y acumulación de sedimentos: Los Vasos I y II registran mayor estabilidad y menores concentraciones, con valores que generalmente oscilan entre 200 y 600 mg/L, con picos estacionales que superan los 900 mg/L, estos rangos altos se llegan a detectar en verano en zonas internas tropicales de sistemas costeros con baja profundidad cuando las salinidades desciende y los aportes de minerales sillicos presentes en arcillas se disuelven generando estos picos extremos. En el Vaso III la variabilidad se intensifica, registrando el valor máximo de 1314.4 mg/L en octubre de 2022, dejando ver una tendencia de incremento hacia el Vaso IV. Durante 2026, los valores se mantienen estables, cercanos a 600 mg/L.

CONSULTA PÚBLICA

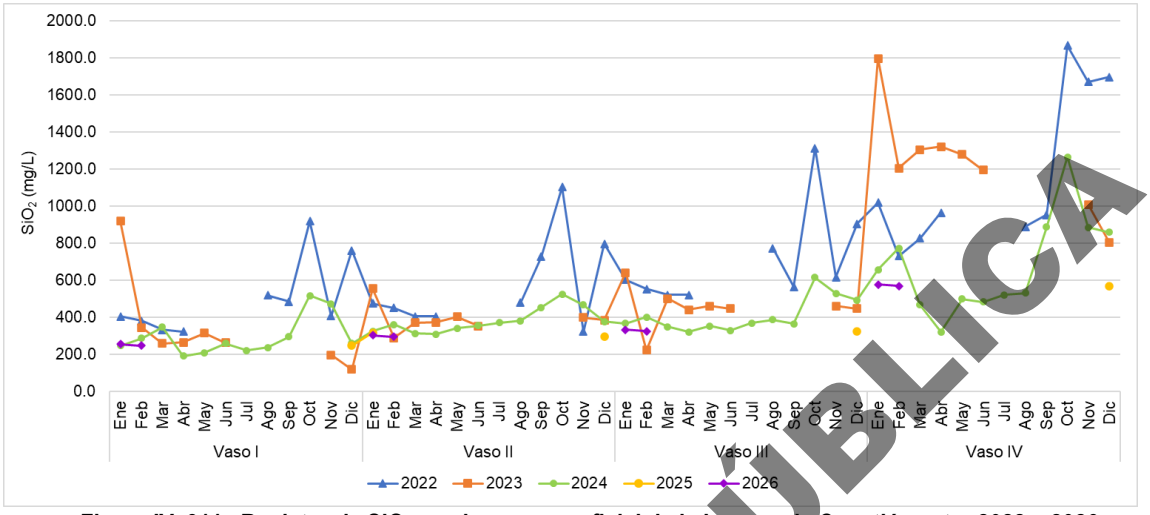


Figura IV. 311. Registro de SiO_2 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2022 y 2026.

La variabilidad de la conductividad eléctrica en el sistema lagunar se aprecia con los datos del 2024 cuando se tiene una serie anual completa, se muestra una tendencia general de estabilidad antes del verano (enero a junio), manteniendo valores mayoritariamente entre 50 y 60 µS/cm, con excepción del Vaso IV, donde se observa un valor máximo de 112.6 µS/cm en junio de 2024 ya que en estos meses aún no llueve en la zona, y en la parte más interna por evaporación la salinidad incrementa y con ellos al conductividad, luego al inicios de las lluvias torrenciales (agosto a octubre) la salinidad decrece y con ellos la conductividad. Con los datos que se tienen de 2026, se nota una tendencia similar a la de 2024.

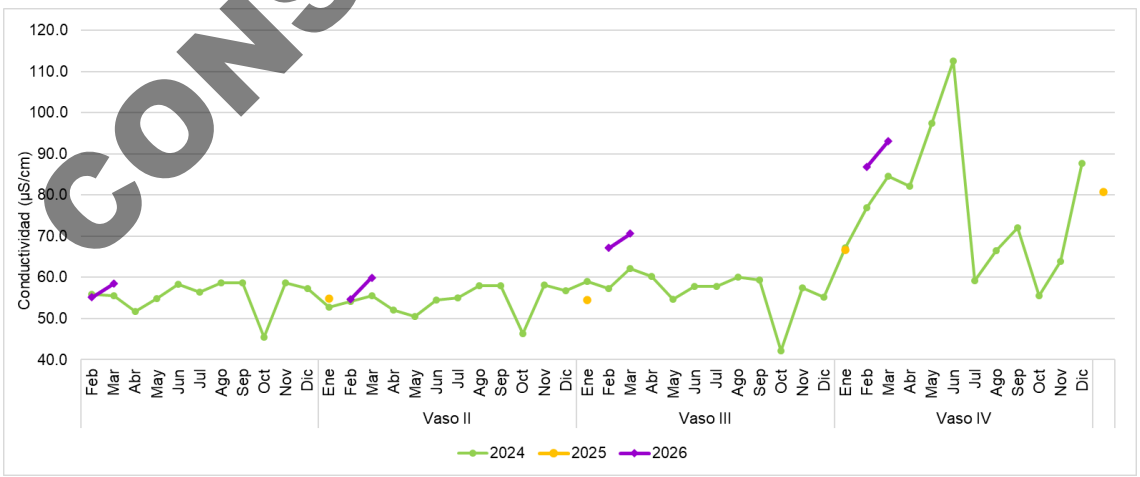


Figura IV. 312. Registro de conductividad en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El fósforo total en el sistema lagunar revela un sistema generalmente estable entre 2.0 y 10.0 mg/L, con episodios críticos que se intensifican hacia los últimos vasos. El Vaso I y el Vaso II mantienen un comportamiento más predecible con fluctuaciones moderadas, sin embargo, el Vaso III registra un valor máximo de 23.4 mg/L en agosto de 2024. El Vaso IV presenta la mayor variabilidad y el evento de eutrofización más severo en el mismo periodo, disparándose hasta los 43.2 mg/L en agosto. Durante 2026, se observa un incremento en todos los vasos respecto a los inicios de 2024 y 2025, con valores mayores a 5.0 mg/L. En algunas estaciones del Vaso III y IV se presentaron valores superiores al límite establecido en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 15 mg/L para descargas de aguas residuales en zonas marinas mexicanas, lo que puede ser indicativo de que en el sistema lagunar la alta cantidad de material orgánico presente susceptible de ser degradado sobre todo en áreas internas y someras es la fuente de este elemento, no una descarga antropogénica.

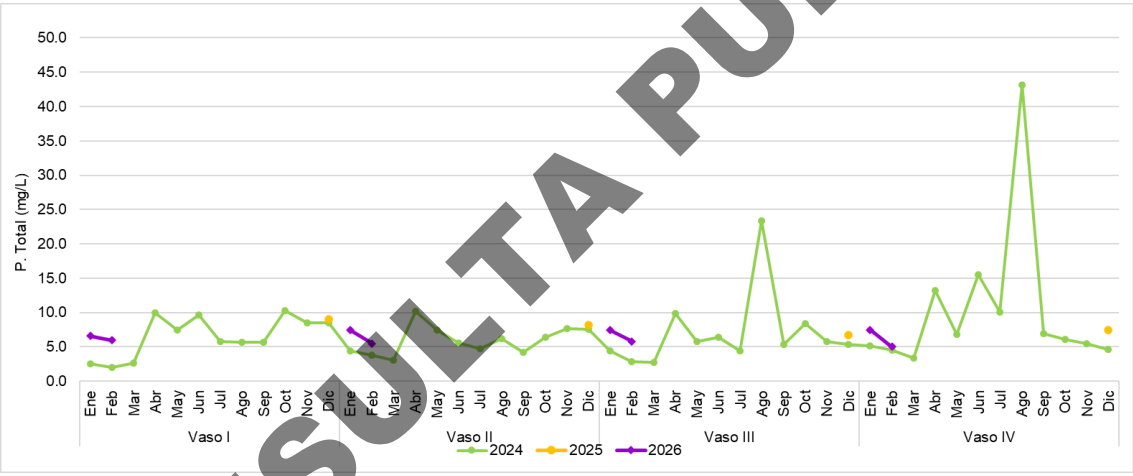


Figura IV. 313. Registro de P. Total en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.

El Nitrógeno Total muestra una variabilidad amplia entre la concentración de nutrientes registrada en 2024 y el marcado descenso observado en 2025 y 2026. Durante 2024, el sistema presentó niveles elevados, especialmente en el Vaso I, que alcanzó valor máximo de 77.0 mg/L en junio, seguido por episodios de alta concentración en los Vasos II, III y IV con valores que oscilaron entre 30.0 y 45.0 mg/L. Estas elevadas concentraciones de nitrógeno en el primer año sugieren escorrentías o descargas que afectaron el sistema lagunar que con la influencia mareal generaron resuspensión de material orgánico y la presencia de este elemento debido a su remineralización. En contraste, los registros de enero y febrero de 2026 muestran valores mínimos cercanos a 2.5 mg/L en todos los vasos relacionado a que la hidrodinámica lagunar está más estabilizada. En distintas estaciones de los Vasos se presentaron valores superiores al límite permisible en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 25 mg/L para descargas de agua residual en zonas marinas mexicanas en función de la alta cantidad de material orgánico resuspendido susceptible de ser degradado y no por actividades antropogénicas.

CONSULTA PÚBLICA

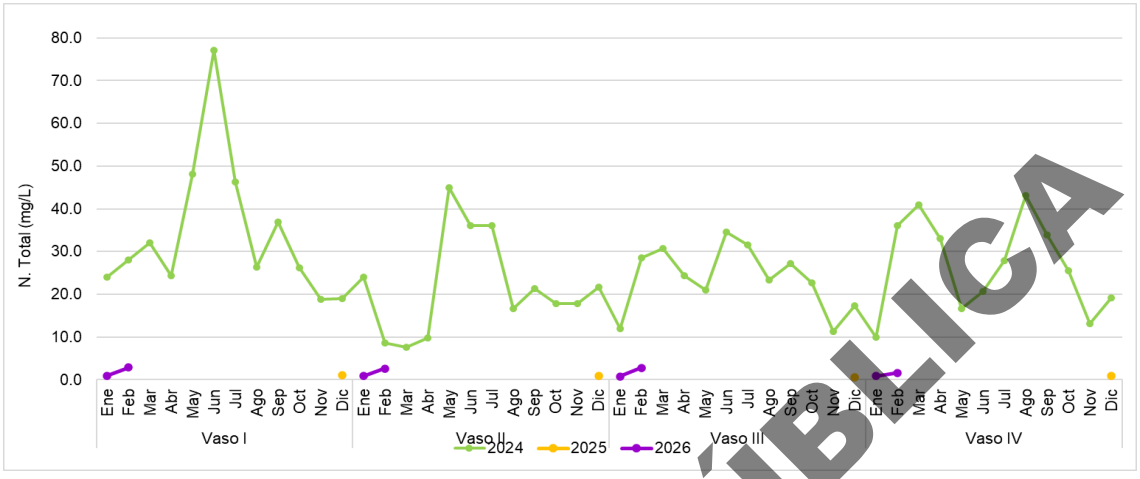


Figura IV. 314. Registro de N. Total en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.

El análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno refleja una carga orgánica elevada durante 2024, con una recuperación notable hacia el inicio de 2026. A lo largo de 2024, el sistema mostró una actividad biológica importante para degradar la carga orgánica sobre todo en el Vaso IV con valores de 120.0 mg/L en los meses de febrero y junio, lo que indica condiciones de fuerte estrés ambiental y una alta degradación de materia orgánica en este sector. Los Vasos I, II y III también mantuvieron promedios elevados en 2024, oscilando entre 60.0 y 100.0 mg/L. Los datos registrados en enero y febrero de 2026 muestran un descenso drástico y uniforme en todos los cuerpos de agua, estabilizándose por debajo de los 30.0 mg/L debido a mejores condiciones hidrodinámicas de los últimos años sobre todo en los vasos I y II y en la primera parte del vaso III por la apertura del Canal de Tepalcates. En distintas estaciones de los vasos se presentaron valores superiores al límite permisible en la NOM-001-SEMARNAT-2021 que es de 85 mg/L por descarga de agua residual en zonas marinas mexicanas en el 2024, lo no se relaciona actividad antropogénica sino por la alta cantidad de material orgánico presente susceptible de ser degradado que puede ser resuspendido desde los sedimentos.

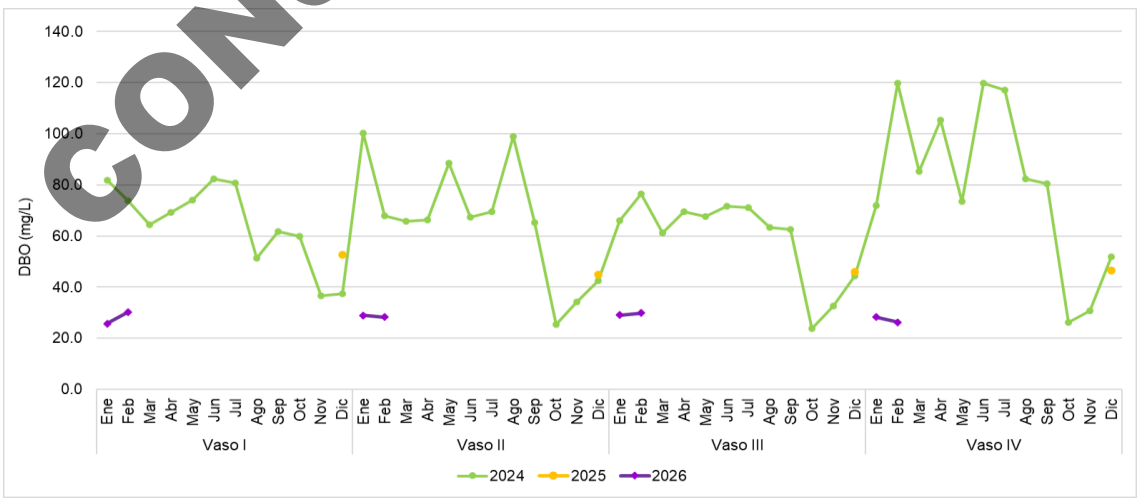


Figura IV. 315. Registro de DBO_5 en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de Grasas y Aceites revela una tendencia de disminución hacia el inicio de 2026, tras un año 2024 marcado por una fuerte inestabilidad. Durante 2024, se registraron concentraciones elevadas y fluctuantes, especialmente en los distintos vasos, con picos que superaron los 20.0 mg/L y 18.0 mg/L respectivamente, lo que sugiere descargas intermitentes en épocas de lluvia por descargas continentales en poblados adyacentes a los vasos I y II o por acumulación la acumulación de material orgánica en sedimentos superficiales y su degradación/liberación en partes internas de los vasos III y IV donde también presentaron picos elevados cercanos a los 15.0 mg/L. En contraste, los datos de enero y febrero de 2026 muestran una estabilización generalizada en todos los vasos, situándose en un rango más estrecho entre 6.5 y 8.0 mg/L. En algunas estaciones de los vasos se presentaron valores superiores al límite permisible en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 15 mg/L para descargas de agua residual en zonas marinas mexicanas en 2024, pero posiblemente asociadas a la alta cantidad de material orgánico presente que al ser degradado puede liberar estos componentes orgánicos.

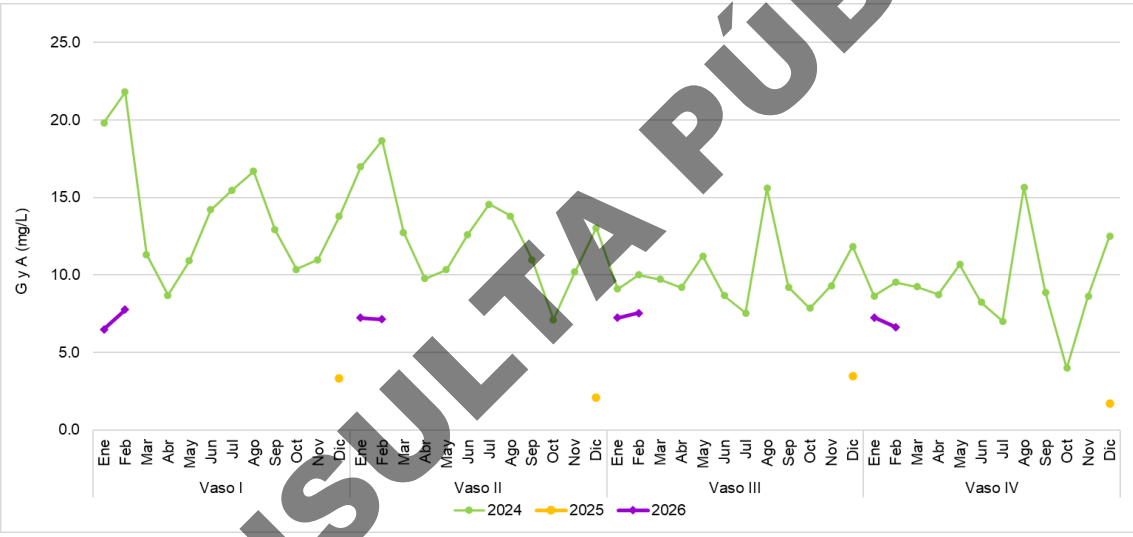


Figura IV. 316. Registro de GyA en el agua superficial de la Laguna de Cuyutlán entre 2024 y 2026.

IV.3.9.2 Variabilidad temporal de los parámetros fisicoquímicos entre los distintos años comparados en las distintas estaciones del sistema lagunar

Para ver tendencias entre los años de monitoreo, en los años para los cuales se contó con resultados se graficaron los promedios anuales +/- 1 desviación estándar de todas las estaciones del sistema lagunar.

La temperatura del agua durante el periodo 2022-2026 revela una fase inicial de estabilidad que oscilo entre 28,5 ± 1.9 °C y 29,1 ± 2.3 °C, seguida de un ligero descenso en 2025 y 2026, con valores de 25.7 ± 1.5 °C y 26.9 ± 0.7 respectivamente. Durante el año 2025 se registró en valor mínimo (25.7), sin embargo, hacia 2026 las condiciones de temperatura muestran un ligero incremento, con condiciones de menor fluctuación, lo que se evidencia en las barras de error de menor tamaño. Entre los valores medios mínimo (2025) y máximo (2024) la fluctuación de la temperatura es de 3.3 °C. No se detectó que en alguna estación se superara el límite permisible de 35°C estipulado por la NOM-001-SEMARNAT-2021 en descargas residuales para aguas marinas mexicanas, lo que puede ser un indicativo de que una alteración de este tipo no ocurre en el sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

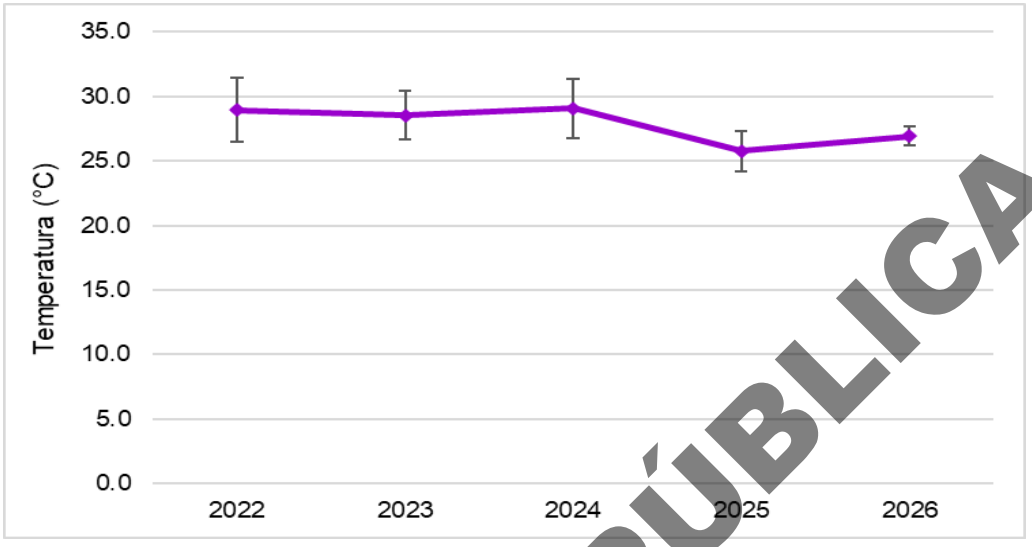


Figura IV. 317. Variación de la temperatura entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

La variabilidad de la salinidad en el sistema durante el periodo 2022-2026 muestra una tendencia de incremento lineal sostenido, lo que puede indicar un proceso de salinización progresiva en el sistema lagunar marcado por las estaciones internar del Vaso III antes de las lluvias del verano. En la fase inicial (2022-2023), los niveles se mantuvieron en un rango estable entre 33.0 ± 3.2 UPS y 34.3 ± 3.4 UPS, valores característicos de aguas marinas o estuarinas con buena renovación. A partir de 2024, se observa una aceleración en la acumulación de sales, alcanzando un valor máximo de 47.6 ± 12.2 UPS en 2026. Es fundamental destacar que, a medida que el valor promedio aumentó, también lo hizo la variabilidad de los datos, lo que se deja ver en la mayor amplitud de las barras de error.

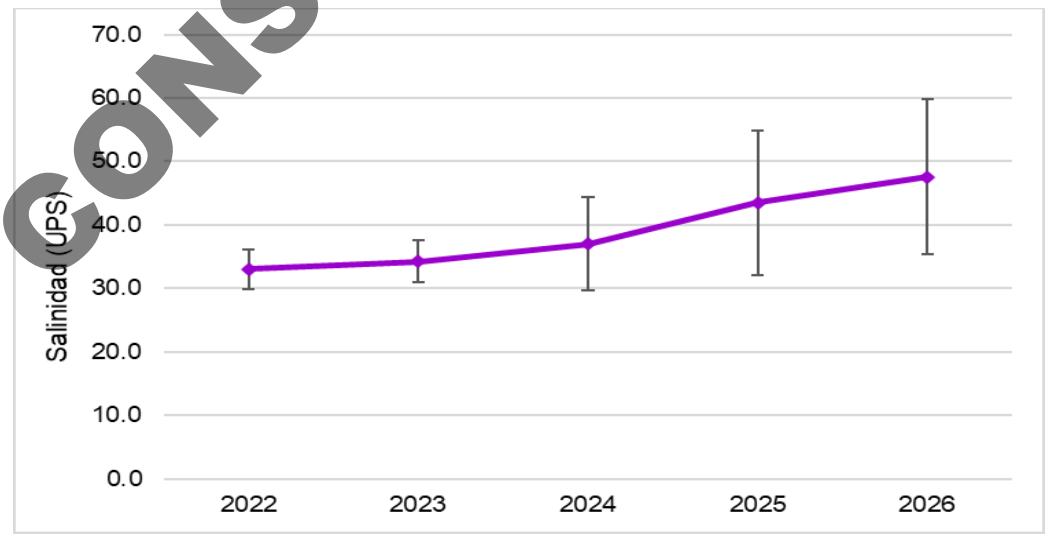


Figura IV. 318. Variación de la salinidad entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

El análisis del oxígeno disuelto durante el periodo 2022-2026 muestra una tendencia inicial de descenso seguida de una ligera estabilización hacia el final del estudio. Durante los primeros tres años se registró un descenso continuo desde un valor medio anual máximo de 5.8 ± 1.0 mg/L en 2022 hasta alcanzar el valor mínimo de 3.5 ± 1.9 mg/L en 2024, año que presentó la mayor variabilidad, lo que se observa en las barras de la desviación estándar. A partir de 2025, los niveles de oxígeno iniciaron una fase de recuperación gradual, registrando un valor medio de 3.7 ± 1.2 mg/L y finalizando en 2026 con 4.3 ± 0.5 mg/L, aunque el promedio aumentó en el último año, la reducción significativa en el tamaño de las barras de la desviación estándar en 2026, pueden indicar una mayor homogeneidad espacial en la columna de agua relacionadas con una estabilización en las condiciones de los distintos vasos lagunares.

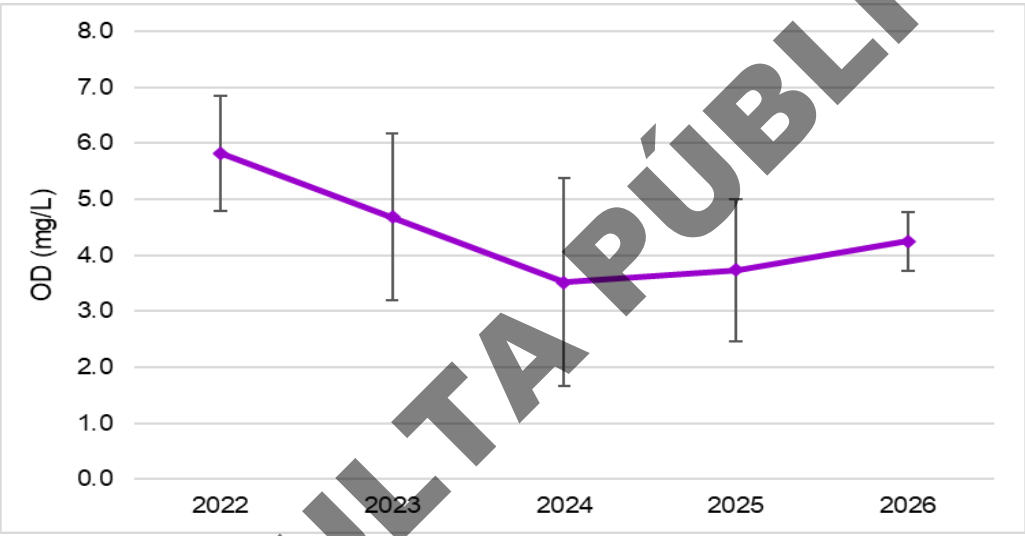


Figura IV. 319. Variación del oxígeno disuelto entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

El comportamiento del pH en el sistema durante el periodo 2022-2026 muestra una ligera tendencia hacia la alcalinidad, manteniéndose siempre dentro de un rango básico. En la fase inicial (2022-2023), se registró un ligero descenso desde 8.24 ± 0.15 UpH hasta el valor mínimo de 8.10 ± 0.37 UpH, año que presentó la mayor variabilidad en las mediciones. A partir de 2024, el pH inició un ascenso sostenido, alcanzando un valor máximo de 8.34 ± 0.17 UpH en 2025 y estabilizándose en 2026 con 8.33 ± 0.25 UpH. El rango de los valores están dentro límite permisible de 6-9 UpH estipulado por la NOM-001-SEMARNAT-2021 para descargas residuales en aguas marinas mexicanas, lo que puede ser un indicativo de que en el sistema lagunar no ocurren este tipo de aportes en los distintos años monitoreados y que su variabilidad corresponde a la de un sistema tropical lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

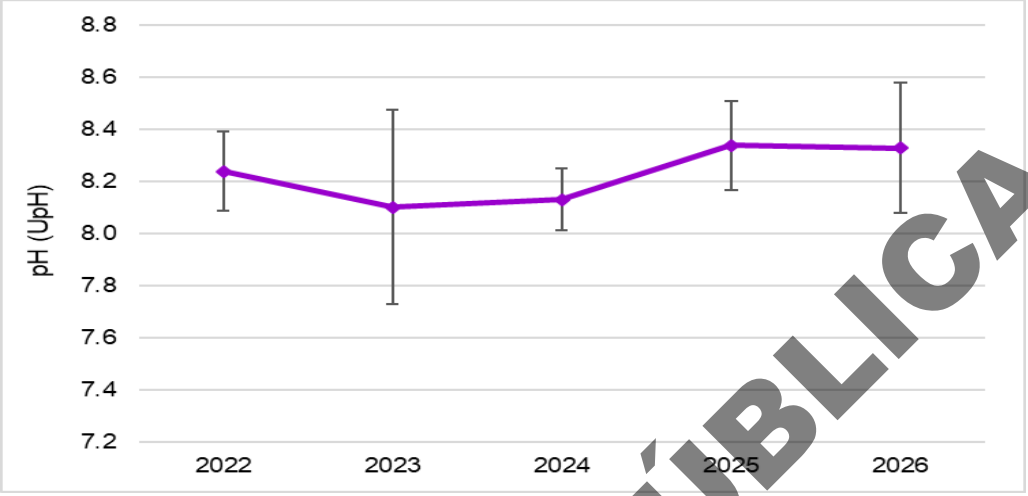


Figura IV. 320. Variación del pH entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

El análisis de la concentración de Clorofila-a durante el periodo 2022-2026 revela una disminución desde un estado de alta productividad biológica como producto de una posible estabilidad hidrodinámica entre vasos lagunares que genera condiciones más estables a nivel sistema hidrológico. En los años 2022-2023, el sistema presentó los valores máximos con promedios de 27.5 ± 26.0 mg/m³ y 30.6 ± 33.3 mg/m³, respectivamente; sin embargo, estos años también mostraron la mayor variabilidad espacial del estudio, lo que se deja ver en la amplitud de las barras de error. A partir de 2024, se observa un descenso en las concentraciones, alcanzando valores mínimos de 4.8 ± 3.9 mg/m³ en 2025 y apenas 3.4 ± 0.7 mg/m³ en 2026. Esta reducción de la productividad primaria, sumada a la estabilización de los datos hacia el final del periodo, podría ser indicativo de un cambio en la dinámica trófica del cuerpo de agua.

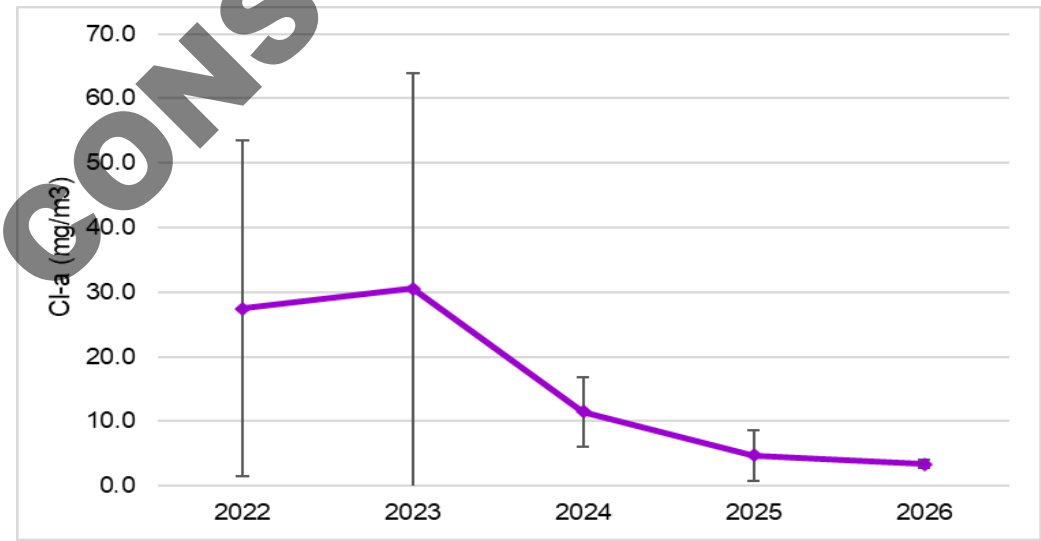


Figura IV. 321. Variación de la clorofila-a entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de los Sólidos Suspendidos Totales durante el periodo 2022-2026 muestra una transición de un sistema con alta carga de sedimentos y turbidez hacia una fase de estabilidad y menor turbidez. En 2022, se registró el valor máximo con un promedio de 147.2 ± 267.3 mg/L, caracterizado por una variabilidad extrema que sugiere eventos de resuspensión o descargas puntuales intensas. En 2023, se observa un marcado descenso hacia un valor de 55.7 ± 51.4 mg/L, lo que se acentuó en 2024 alcanzando un valor mínimo de 11.2 ± 6.3 mg/L. Durante 2025-2026, los SST presentan un ligero incremento, con valores estables de 15.4 ± 3.1 mg/L y 18.0 ± 2.4 mg/L, respectivamente. La reducción en el tamaño de las barras de error hacia 2026 indica que el sistema lagunar ha pasado de condiciones de alta turbidez a condiciones de mayor claridad con valores de mayor homogeneidad. Claramente en los años 2022 y 2023 se supera el límite permisible de 20.0 mg/L estipulado por la NOM-001-SEMARNAT-2021 para descargas residuales en aguas marinas mexicanas, sin embargo, como ya se ha mencionado, se maneja este valor como un indicativo de que en el sistema lagunar la hidrodinámica y resuspensión de sedimentos y material orgánico puede ser importante en distintas zonas, en especial en las más someras donde la marea o vientos locales resuspenden el material previamente depositado.

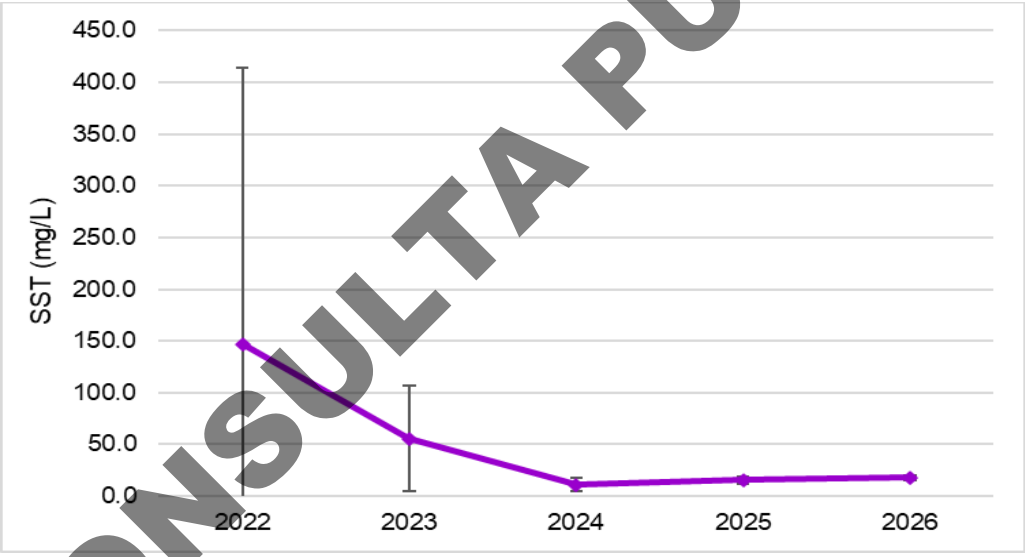


Figura IV. 322. Variación de los sólidos suspendidos totales entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

El monitoreo de nitratos + nitritos durante el periodo 2022-2026 presenta una tendencia marcada por un descenso inicial seguida de un incremento progresivo hacia el final del periodo. En 2022, el valor de NO_3+NO_2 registró un promedio de 21.4 ± 11.9 mg/L, con una alta variabilidad espaciotemporal que se deja ver en la amplitud de las barras de error. Posteriormente, en 2024 se registró una el valor mínimo de 14.6 ± 6.8 µM. A partir de 2025, se presentó un incremento sostenido en las concentraciones, cerrando en 2026 con el valor máximo de 21.7 ± 3.5 mg/L. La reducción progresiva en el tamaño de las barras de error hacia 2026 indica que sus concentraciones se encontraron en condiciones más homogéneas en todo el sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

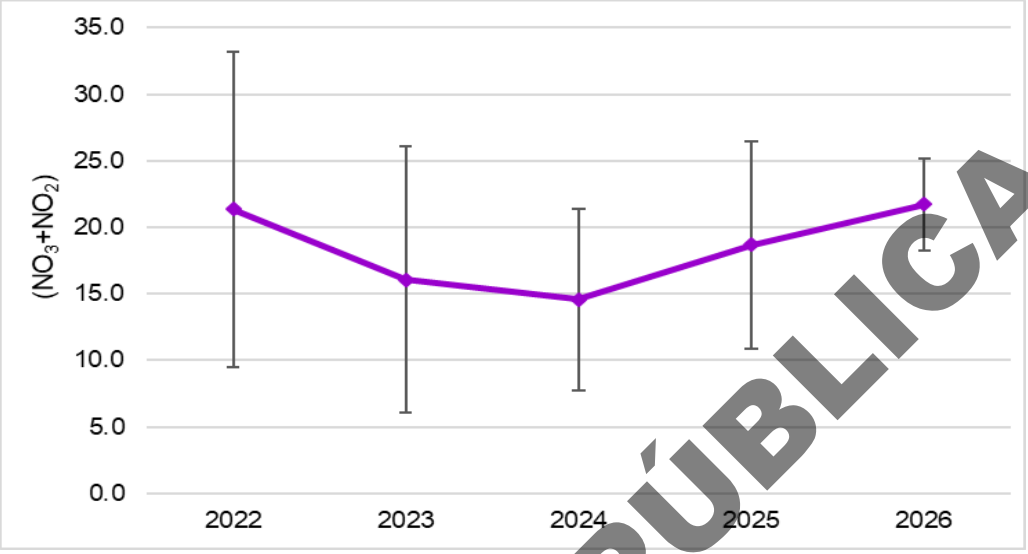


Figura IV. 323. Variación de nitratos y nitritos entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

El monitoreo de amonio durante el periodo 2022-2026 muestra una tendencia de estabilización progresiva tras un valor máximo inicial en 2022, donde se presentó la concentración media más alta de 1.8 ± 1.7 mg/L, con una variabilidad extrema observada en las barras de error, lo que sugiere una entrada irregular de nutrientes o eventos de descomposición de materia orgánica. En 2023, se observó un descenso con valores de 1.1 ± 1.2 mg/L, seguido de una fase con valores de mayor constancia y estabilidad, que oscilaron entre 1.3 ± 0.8 mg/L en 2024 y 1.3 ± 0.5 mg/L en 2025, y finalizaron en 1.2 ± 0.5 mg/L en 2026. Al igual que en los parámetros anteriores, la reducción progresiva en la amplitud de las barras de error hacia el cierre del periodo evidencia una transición hacia condiciones de mayor homogeneidad en el sistema lagunar, con una presencia de amonio más estable respecto a los valores iniciales.

CONSULTA PÚBLICA

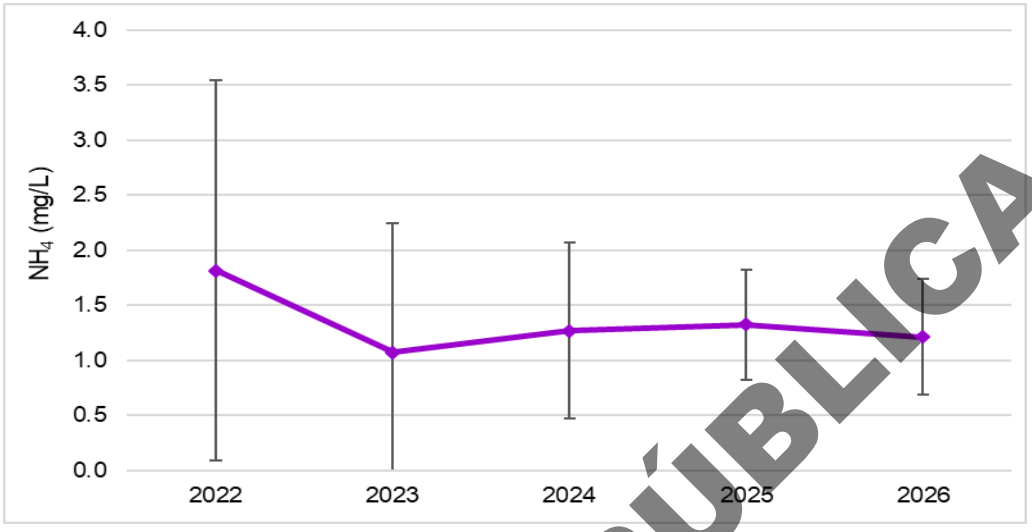


Figura IV. 324. Variación del amonio entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

El monitoreo de fosfatos durante el periodo 2022-2026 muestra una tendencia de ligero incremento con una variabilidad amplia y constante y en el sistema lagunar. En 2022, se registró el valor medio más bajo de 5.5 ± 3.6 mg/L, seguido de un incremento en 2023 con 7.1 ± 5.6 mg/L en, año que presentó la mayor variabilidad. Durante 2024-2026, los valores de PO4 mostraron mayor estabilidad, con una ligera tendencia de incremento, que presento el valor máximo de 7.3 ± 4.1 mg/L en 2026. Los fosfatos mantienen barras de error amplias y constantes, lo que sugiere que la disponibilidad de fósforo presenta mayor variabilidad en el sistema lagunar.

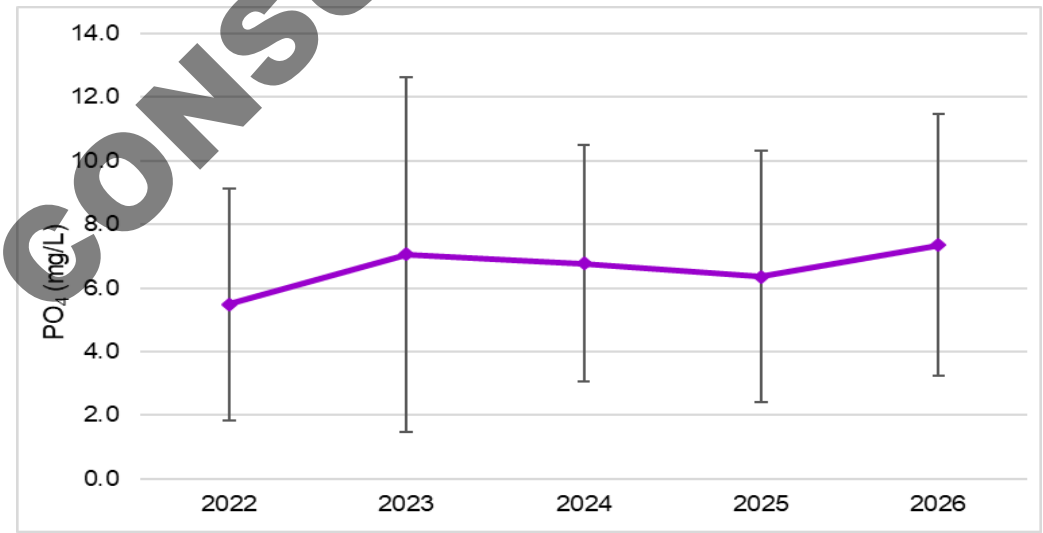


Figura IV. 325. Variación de los fosfatos entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

El monitoreo de silicatos durante el periodo 2022-2026 muestra una tendencia decreciente, con menor variabilidad en los valores mínimos de los últimos años. En 2022, el sistema lagunar presentó el valor medio máximo de 741.9 ± 393.2 mg/L, registrando una amplia variabilidad que sugiere pulsos importantes de aporte externo. Durante los años subsecuentes, se observa un descenso progresivo en las concentraciones, con valores medios de 605.1 ± 420.6 mg/L en 2023, 440.9 ± 206.9 mg/L en 2024, hasta alcanzar un mínimo de 351.0 ± 126.2 mg/L en 2025. El valor medio en 2026 presentó un ligero incremento con 362.5 ± 134.1 mg/L. La reducción en la desviación estándar hacia el final del periodo indica una mayor homogeneidad en la distribución de silicatos, reflejando un sistema donde se aprecia una posible estabilización en el recambio de agua incluso en el verano cuando las lluvias generan aportes de agua dulce y disolución de minerales que general la hidrolisis del material silíceo y su exportación hacia el medio marino.

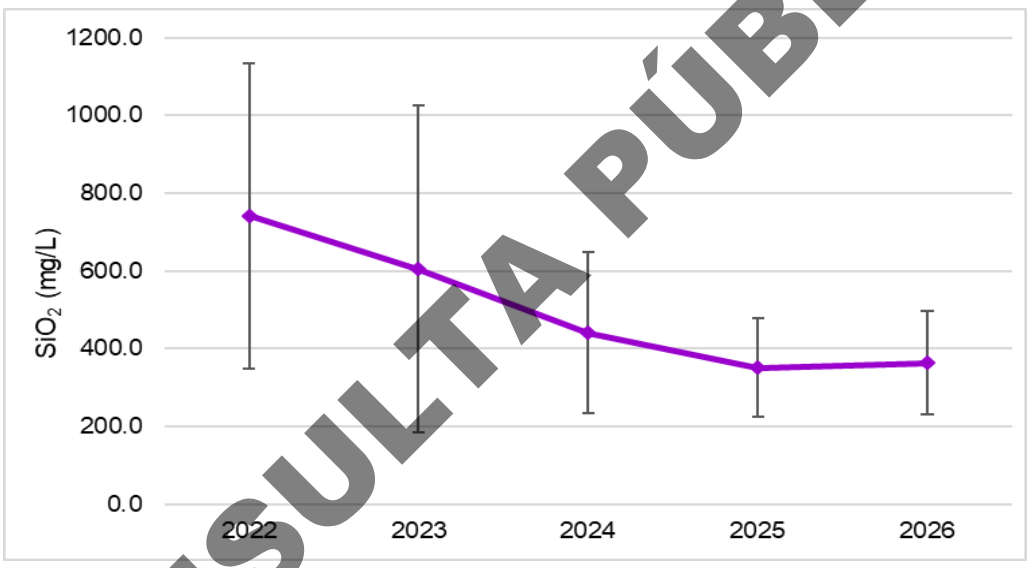


Figura IV. 326. Variación de los silicatos entre años en las distintas estaciones del sistema lagunar.

IV.3.9.3 Distribución espaciotemporal de parámetros fisicoquímicos del frente costero marino para los muestreos actuales

A continuación, se describe la tendencia de los resultados de distintos parámetros bióticos y abióticos realizados en las estaciones del frente costero. Para fines comparativos se realizó una búsqueda bibliográfica en distintos trabajos de los últimos años, los cuales se separaron en parámetros costeros que incluyen las Bahías de Santiago y Manzanillo, y aquellos realizados después de la plataforma continental, llamados Pacífico central mexicano. A diferencia de los resultados presentados en secciones anteriores en unidades de mg/L para su comparación frente a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021, en esta sección se presentan los valores en unidades de µM para el caso de los nutrientes inorgánicos disueltos, debido a que de esta manera se reportan en la bibliografía especializada del medio marino y esto favorece la comparación de los rangos de valores respecto a los resultados encontrados en el monitoreo. Por ejemplo, para convertir una masa molar de

CONSULTA PÚBLICA

nitraros (NO_3^-), se utiliza su masa molar 62.004 (g/mol o mg/mmol) y se divide el resultado entre 1000 ya que 1 mg = 1000 g, en resumen:

$$\frac{mg}{L} = \frac{(xM) * (62.004)}{1000}$$

Cabe señalar que, de los valores encontrados en la bibliografía, se tomaron los resultados de los primeros 15 m de profundidad para ser comparados con los resultados de los monitoreos de este estudio, sin embargo, al tener solo muestreos de los meses de diciembre de 2025, enero y febrero de 2026 correspondientes a la temporada de invierno en la zona de estudio, no se pudo realizar una comparativa temporal.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 25 Rangos de parámetros fisicoquímicos en zona costera del estado de Colima (2005-2024).

Lecturas superficiales (primeros 15 m columna de agua)			
Parámetro fisicoquímico o biológico	**Min**	**Max**	**Cita bibliográfica**
Temperatura (°C)	23.5	31.0	Kessler, 2006; Liñán-Cabello et al. 2016
Salinidad (UPS)	31.6	35.5	Robles-Jarero & Pérez-Peña, 2017; Reyes-Bonilla, 2013¸ Liñán-Cabello et al. 2016
Oxígeno disuelto (mg/L)	3.8	7.5	Robles-Jarero & Pérez-Peña, 2017
Nutrientes inorgánicos (µM)			
NO_3 +NO_2	2.17	21.81	Olivos Ortiz et al. 2005; Liñán-Cabello et al. 2016
NH_4	1.58	3.29	Olivos Ortiz et al. 2005; Liñán-Cabello et al. 2016
PO_4	0.2	1.9	Quijano Scheggia et al. 2012, Liñán-Cabello et al. 2016
SiO_2	4.19	6.48	Olivos Ortiz et al. 2005¸ Liñán-Cabello et al. 2016
pH (UpH)	7.7	8.4	Chapa Balcorta et al. 2024;
Conductividad (mSiemens/cm)	40	60	Chapa Balcorta et al. 2024;
Clorofila-a (mg/m^3)	0.5	10	IMIPAS. (2014–2020). Boletines hidroclimáticos de clorofila-a del Pacífico mexicano.

Tabla IV. 26. Rangos de parámetros fisicoquímicos en el Pacífico central mexicano (1997-2024).

Lecturas superficiales (primeros 50 m columna de agua)			
Parámetro fisicoquímico o biológico	**Min**	**Max**	**Cita bibliográfica**
Temperatura (°C)	19.2	31.1	Kessler, 2006; José Salas et al. 2006; Olivos-Ortiz et al. 2016; Kono-Martínez et al. 2017
Salinidad (UPS)	33.4	33.9	Kessler, 2006, Salas et al. 2006; Olivos-Ortiz et al. 2016; Kono-Martínez et al. 2017
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.1	2.98	Serrano, 2012
Nutrientes inorgánicos (µM)			

NO_3 +NO_2	3.2	18.7	Olivos-Ortiz et al. 2016; Kono-Martínez et al 2017; Kozak et al. 2018.
NH_4	0.15	2.2	Olivos-Ortiz et al. 2016; Kono-Martínez et al. 2017; Kozak et al. 2018.
PO_4	0.3	3.8	Olivos-Ortiz et al. 2016; Kono-Martínez et al. 2017; Kozak et al. 2018.
SiO_2	3.9	23.1	Olivos-Ortiz et al. 2016; Kono-Martínez et al. 2017; Kozak et al. 2018.
pH (UpH)	7.3	8.4	Trujillo Méndoza, 1997
Conductividad (mSiemens/cm)	49.6	58.7	Pallas Sanz, 2024
Clorofila-a (mg/m^3)	0.13	3.28	Trujillo Méndoza, 1997; Kozak et al. 2018; Zepeda-Borja et al. 2017; Kono-Martínez et al. 2017

La variación de la temperatura en los tres monitoreos fue similar, con un ligero decremento hacia las estaciones internas en las bahías, luego un incremento hacia las estaciones localizadas frente al poblado de Cuyutlán, siendo el mes de febrero el de menores valores y diciembre y enero similares, con mínimos de 26.3 °C en (E27) y máximo de 28.6 °C (E31). Estos valores coinciden con lo reportado en trabajos de la zona tanto en la zona costera como en las partes más alejadas cuyos reportes oscilan entre 19.2 y 31.1 °C, destacando que en la bibliografía los valores más bajos se registran hacia la parte oceánica.

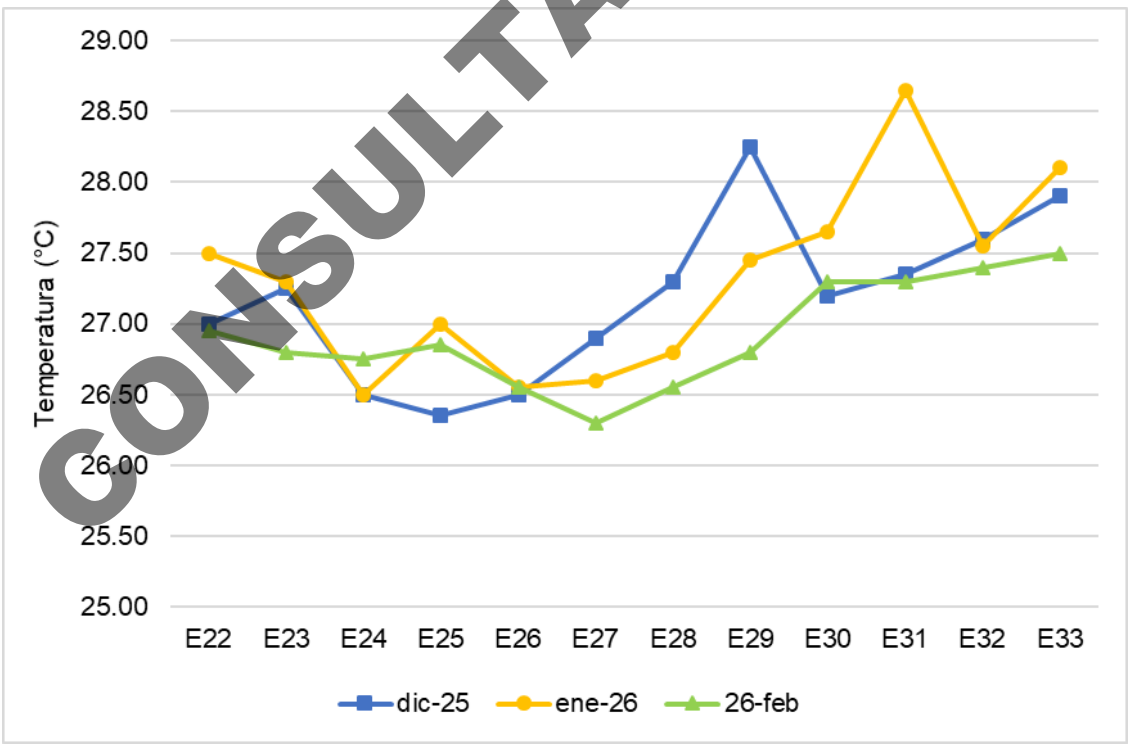


Figura IV. 327. Variación de la temperatura superficial en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

La salinidad en los distintos muestreos presentó amplia variabilidad con un ligero incremento espacial hacia la parte del poblado de Cuyutlán, con valores que oscilaron entre el máximo de 35.6 UPS en el frente costero de la barra de Cuyutlán (E29) y el mínimo de 34.7 UPS también en enero en las bahías (E24). Sus valores tanto máximo como mínimo están en el rango encontrado en la bibliografía, tanto en la zona costera como en la parte más oceánica.

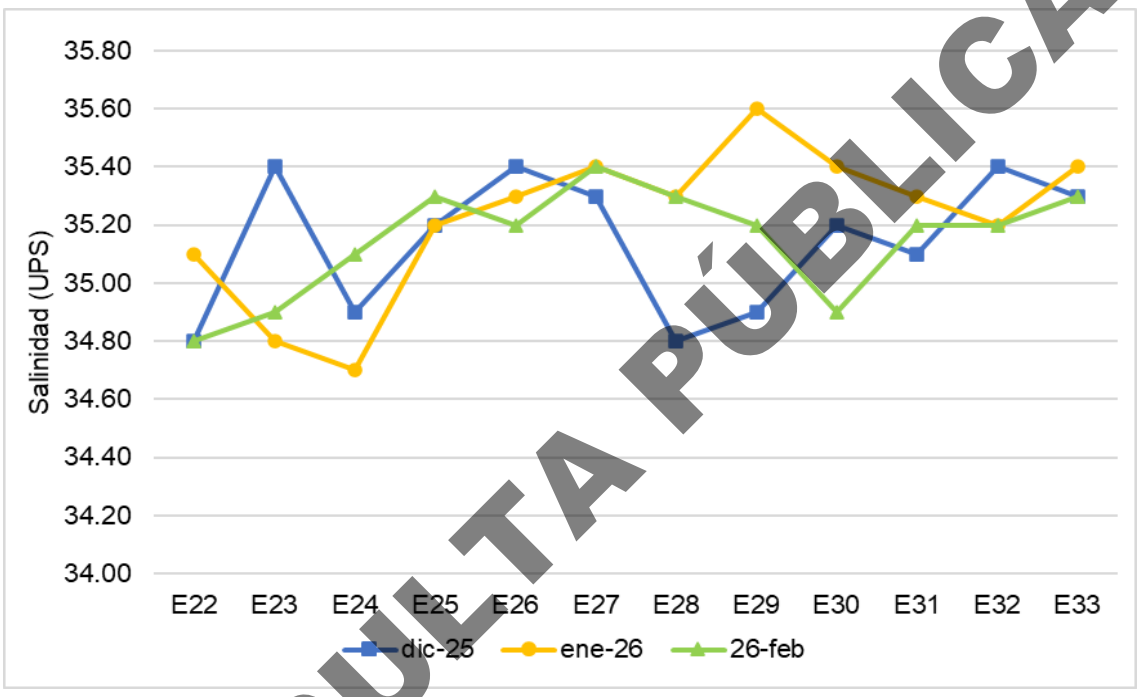


Figura IV. 328. Variación de la salinidad en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El oxígeno disuelto presentó ligera variabilidad entres muestreos, con los valores más altos en el mes de diciembre con el máximo en E 25 en el frente de la barra de Cuyutlán cuando llegó a 7.8 mg/L. Los valores más bajos se presentaron en el mes de febrero con el mínimo en el frente costero de Cuyutlán (E30) con un valor de 4.6 mg/L. Sus valores caen en los rangos bibliográficos de la zona costera que son mayores a los de la parte oceánica.

CONSULTA PÚBLICA

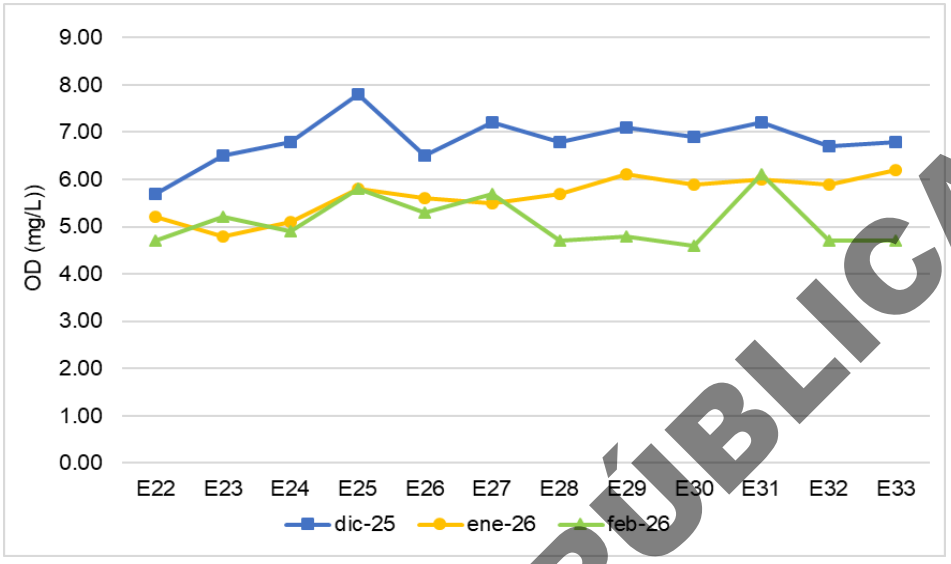


Figura IV. 329. Variación del oxígeno disuelto en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El pH también mostró poca variabilidad entre los meses del muestreo, con las mayores variaciones especialmente entre las estaciones 26 y 27 cuando se registraron los menores valores, siendo el mínimo de 7.95 en enero en E26, durante diciembre los valores fueron más altos y recurrentes con el máximo en E27 con un valor de 8.35. Respecto a los valores bibliográficos son similares a los reportados en la zona costera y oceánica donde se han reportados valores ligeramente menores a los de este muestreo.

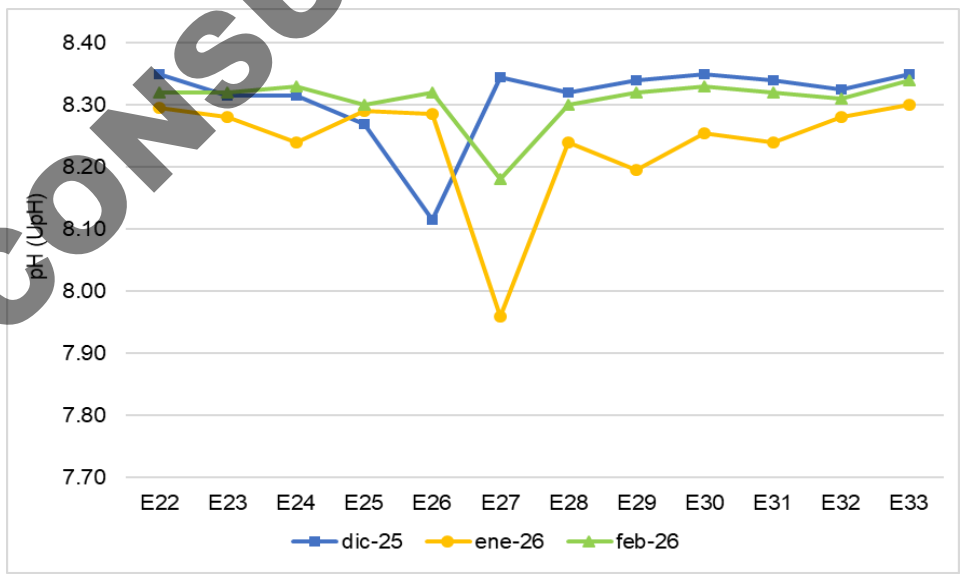


Figura IV. 330. Variación del pH en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

La conductividad fue similar entre muestreos con los valores más bajos en los meses de diciembre y enero, con el registró mínimo en E28 con 53.66 mS/cm, con una variación mínima en el resto de las estaciones. Los valores más altos se detectaron en el mes de febrero con el máximo hacia el poblado de Cuyutlán con un valor de 59.1 mS/cm en la E 32. Respecto a los valores bibliográficos, no se presentan grandes variaciones, lo valores reportados coinciden con las determinaciones de estos monitoreos y de la misma manera se reportan los valores más altos en la zona costera.

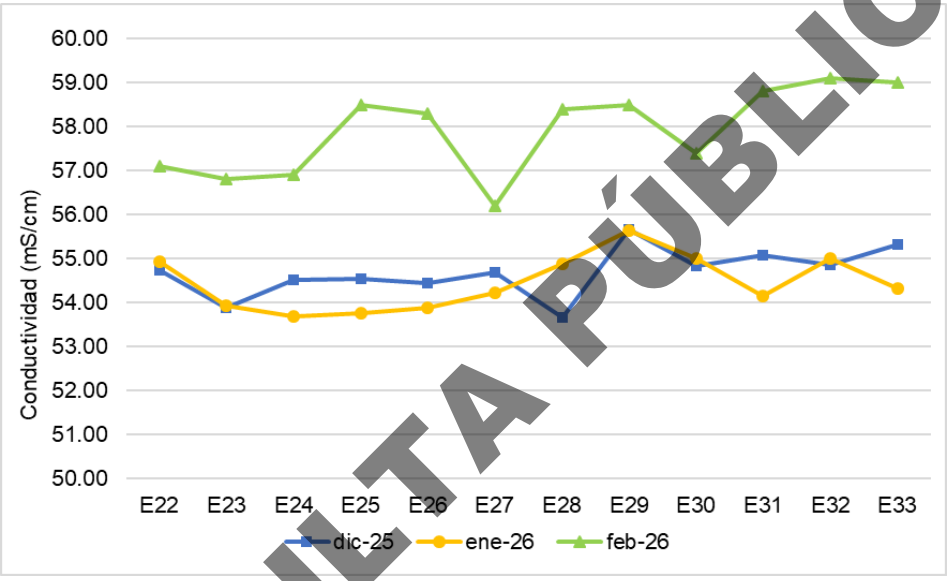


Figura IV. 331. Variación de la conductividad eléctrica (mS/cm) en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

Respecto a los nutrientes inorgánicos, los nitratos y nitritos presentaron poca variabilidad entre los tres muestreos, con un ligero incremento hacia la parte del poblado de Cuyutlán, con el valor máximo en E33 cuando se registró un valor de 0.68 mg/L. Los valores más bajos se registraron en E22 ocurriendo el mínimo en el mes de febrero con 0.48 mg/L. Estos valores son similares a los reportados por otros autores tanto en la parte costera como oceánica, y aunque son reportados en µM al hacer la conversión son en el mismo orden de magnitud, reportando los mayores en la zona costera (0.5 a 1.5 mg/L).

CONSULTA PÚBLICA

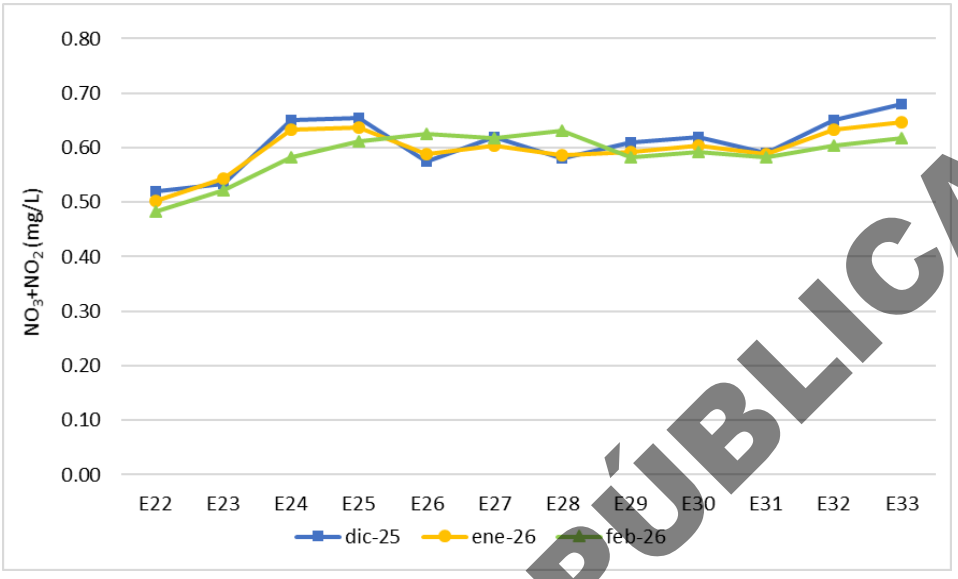


Figura IV. 332. Variación de los nitratos y nitritos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

Los valores de amonio determinados en los distintos muestreos presentan una tendencia similar en los tres meses del monitoreo, con valores más altos dentro de las bahías, con el máximo en febrero en la E25 con una concentración de 0.0024 mg/L, mientras que el mínimo también se presentó en el mes de febrero, pero en la estación E22 con un valor de 0.0015 mg/L. Si se consideran lo valores reportados en la bibliografía, son similares a los reportados dentro de las Bahías de Manzanillo y Santigo que están en el rango de los 0.001 a 0.0025 mg/L.

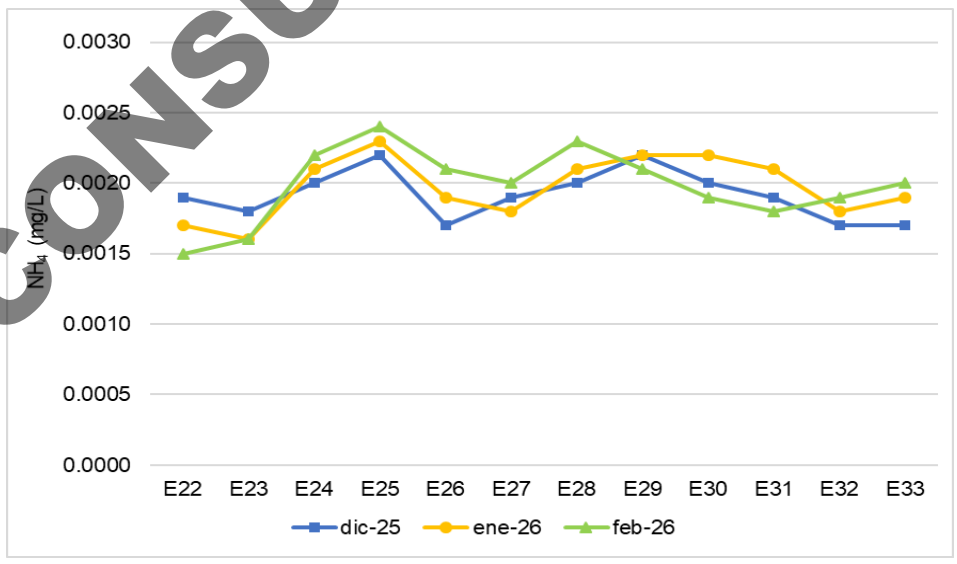


Figura IV. 333. Variación del amonio en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

La concentración de fosfatos también mostró valores ligeramente más altos en las Bahías de Manzanillo y Santiago, fuera de ellas hacia el frente de Cuyutlán existe mayor variación y un ligero incremento hacia el poblado de Cuyutlán. Los valores más altos ocurrieron en E24 en diciembre y febrero con una concentración de 0.14 mg/L, mientras que las menores en el frente costero de Cuyutlán en E31 con un valor de 0.089 mg/L durante diciembre. Estos valores son coincidentes con los bibliográficos tanto en la parte costera como en el frente oceánico con valores ya transformados entre 0.075 y 0.25 mg/L.

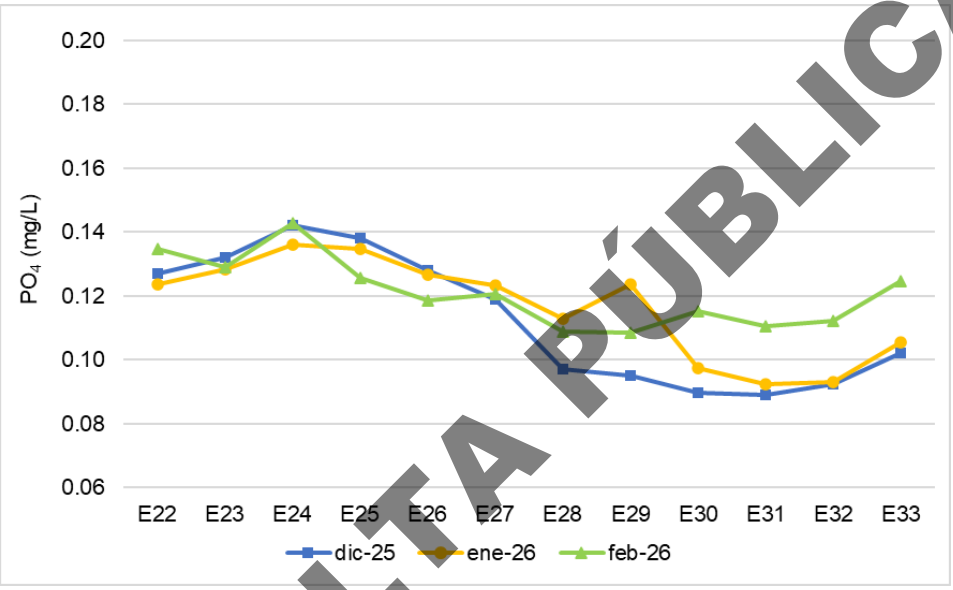


Figura IV. 334. Variación de los fosfatos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

Los silicatos mostraron un patrón similar al resto de los nutrientes, valores ligeramente altos en las estaciones de las bahías para luego un incremento hacia el poblado de Cuyutlán. Los mayores valores se presentaron en el mes de enero con el máximo en E32 en el mes de enero con 13.92 mg/L, mientras que el mínimo se detectó en el mes de febrero en E22 con 12.57 mg/L. Si se comparan con los valores bibliográficos ya transformados, sus rangos concuerdan con los valores de la zona costera oceánica ya que para la parte costera son menores a los registrados en estos monitoreos.

CONSULTA PÚBLICA

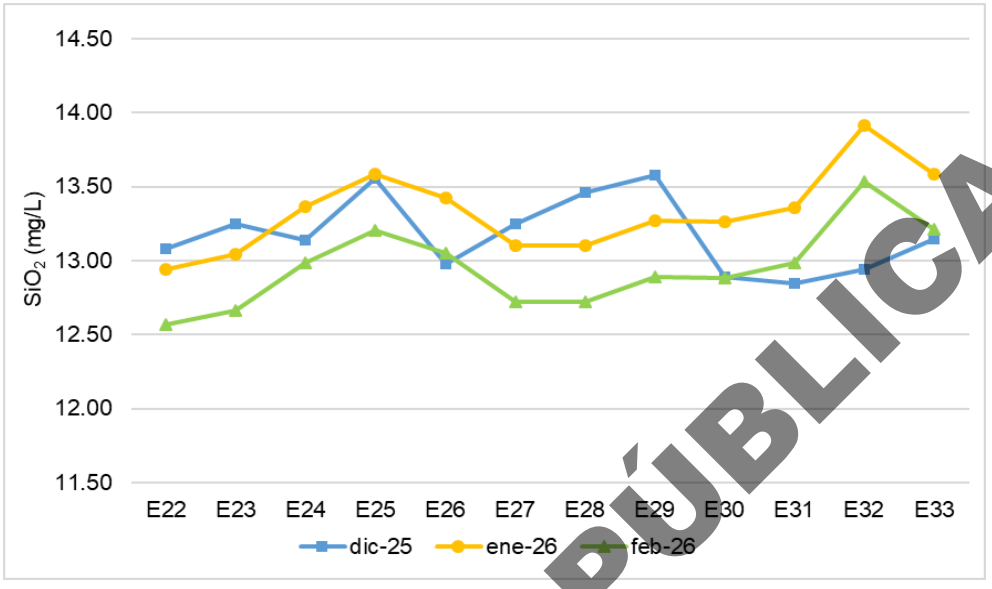


Figura IV. 335. Variación de los silicatos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

La clorofila-a determinada en estos monitoreos mostró claramente las mayores concentraciones durante el mes de febrero, con un valor máximo en E22 que es una estación cercana a las bahías, con una concentración de 2.05 mg/m^3, mientras que las menores concentraciones se presentaron en el mes de diciembre con el valor mínimo en la E27, hacia la barra de Cuyutlán, con un valor de 1.03 mg/m^3. Este parámetro no mostró una marcada variación espacial, sus valores caen dentro de lo reportado en la bibliografía para la zona costera y la parte oceánica. Existen valores reportados en la parte costera de hasta 20.8 mg/m^3 pero están asociados a eventos de florecimientos algales dentro de las bahías de Santiago y Manzanillo.

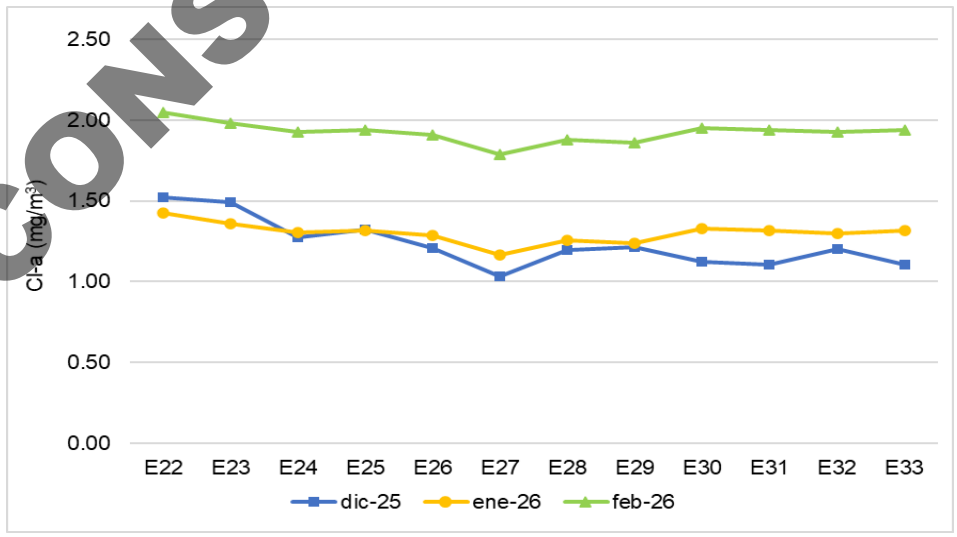


Figura IV. 336. Variación de la clorofila-a en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

Los sólidos disueltos totales mostraron mayores concentraciones durante el monitoreo de diciembre, con un valor máximo en E30 de 23.18 mg/L seguido de 22.21 mg/L en la estación E24. Durante enero y febrero se mostró mayor estabilidad, con mínimos de 1.62 mg/L en la estación E33. Esta transición puede indicar que tras un evento de abundante material en diciembre posiblemente relacionado con un evento de mayor energía en la zona costera relacionado con mar de fondo de temporada, el sistema evolucionó hacia una decantación efectiva en todas las estaciones cuando se recuperaron las condiciones en el frente costero.

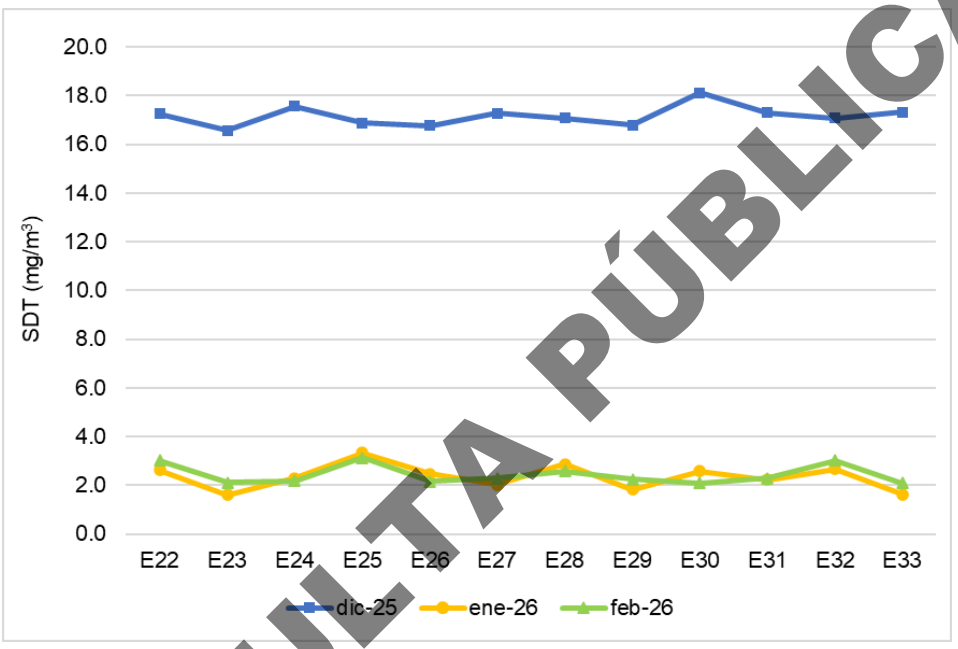


Figura IV. 337. Variación de los sólidos solubles disueltos en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

Los sólidos suspendidos totales (SST) mostraron amplia variación con mayor concentración durante el mes de febrero, con un máximo en E25 de 20.68 mg/L, seguido por valores similares en E22 y E32. Por el contrario, las concentraciones más bajas se registraron en enero, con un mínimo de 13.01 mg/L en E23. Este parámetro no muestra una tendencia espacial definida, con una variabilidad que puede estar marcada por la dinámica costera debido a eventos de temporada como mar de fondo, lo que sugiere que una vez resuspendidas las fracciones de mayor peso sedimentan rápidamente generando esta variabilidad. Durante los muestreos de enero y febrero se observó un valor pon encima de los 20 mg/L que es el valor límite permisible en la NOM-001-SEMARNAT-2021 para descargas de agua residual sobre zonas marinas mexicanas, lo cual es un indicativo de que en el frente marino no ocurren este tipo de descargas, sino que los valores se asocian a variabilidades ambientales extremas.

CONSULTA PÚBLICA

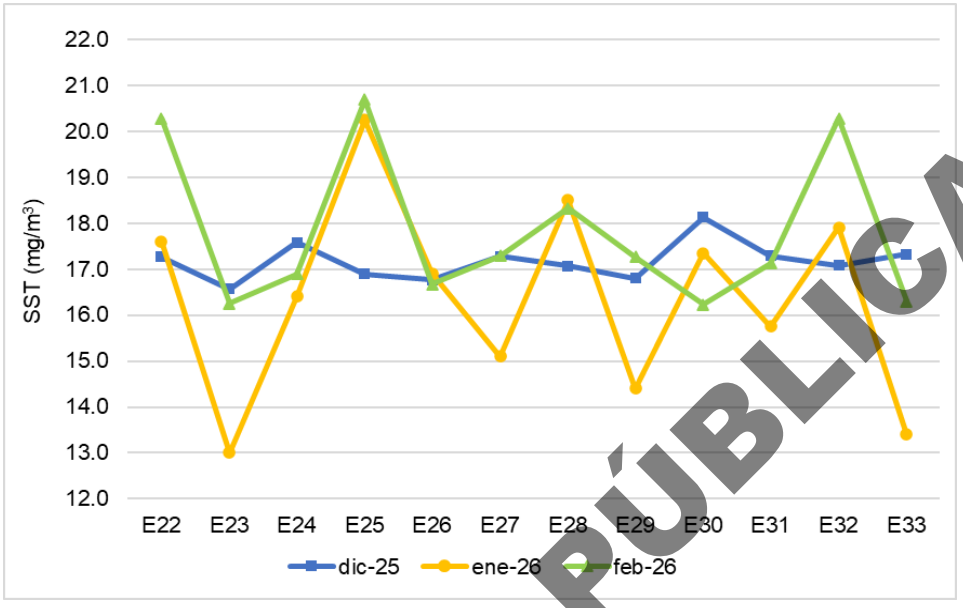


Figura IV. 338. Variación de los sólidos solubles totales en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

La Alcalinidad presentó niveles más elevados durante diciembre, con un máximo de 201.4 mg/L en E30, lo que puede estar relacionado, como ya se mencionó, con la resuspensión de minerales de la costa por eventos de mar de fondo que al disolverse incrementa su valor. Las concentraciones disminuyeron de manera escalonada y uniforme en los meses siguientes, registrando valores mínimos en febrero con un mínimo de 111.4 mg/L en E29. Este parámetro mostró estabilidad espacial, con un patrón de comportamiento idéntico en todas las estaciones que pue estar asociado a las variaciones oceanográficas de la zona.

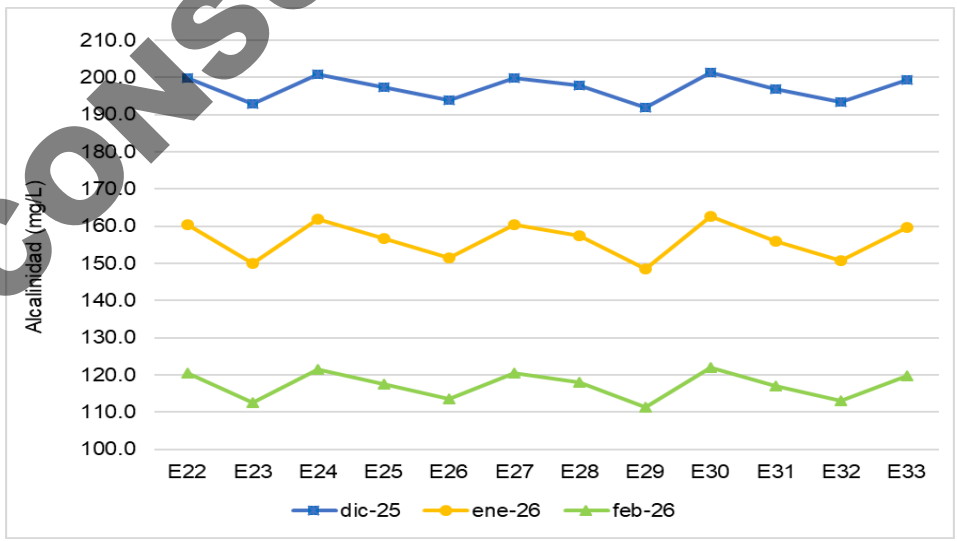


Figura IV. 339 Variación de la alcalinidad en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

El fósforo total mostró concentraciones mayores en el mes de diciembre, con un valor máximo de 8.81 mg/L en la estación E24. Las concentraciones disminuyeron y se estabilizaron en enero y febrero, con un valor mínimo durante enero en la estación E23 de 0.80 mg/L. Este parámetro presentó una mayor variabilidad espacial en diciembre con valores más elevados hacia las bahías de Santiago y Manzanillo, mientras que en enero y febrero se observó un comportamiento más homogéneo que se pueden relacionar con los eventos de resuspensión de sedimentos por la variabilidad climática ya descrita en la zona. Si se toma como referencia la NOM-001-SEMARNAT-2021, el valor para descargas de agua residual a las zonas marinas mexicanas de 15.0 mg/L, lo que descarta esta posible entrada y una variabilidad ligada a las condiciones de la zona.

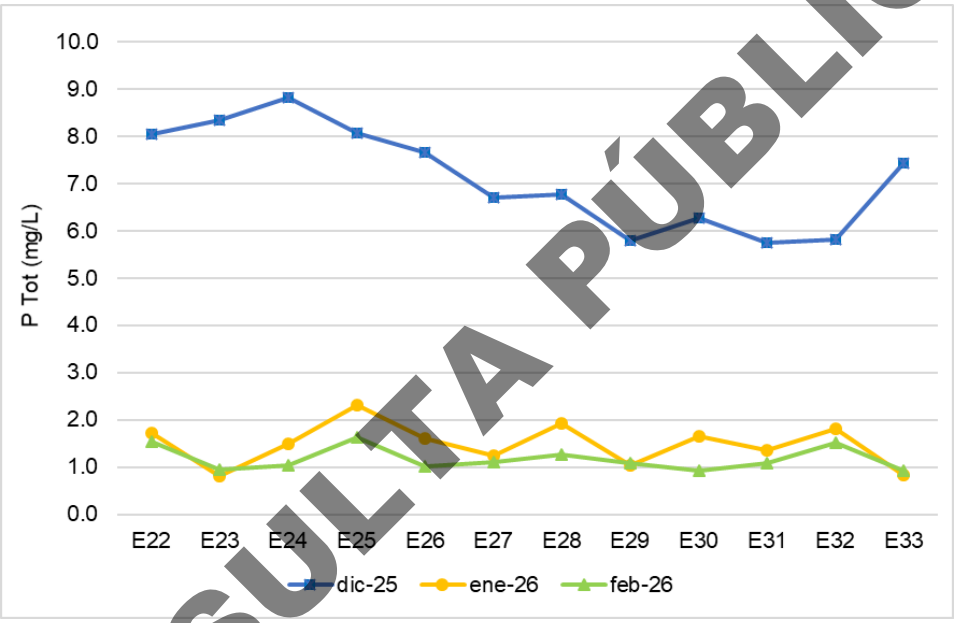


Figura IV. 340. Variación del fósforo total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El nitrógeno orgánico total presentó mayores concentraciones en febrero, con un máximo de 0.49 mg/L en la estación E25. Mientras que las menores concentraciones se registraron en diciembre, con un mínimo de 0.07 mg/L en la estación E28. Este parámetro mostró variabilidad a lo largo del periodo. El aumento observado durante el mes de febrero sugiere una mayor presencia de materia orgánica en descomposición o un incremento en la actividad biológica por. Según la NOM-001-SEMARNAT-2021, el límite permisible para descargas sobre zona marinas mexicanas es de 25.0 mg/L, lo que es indicativo que en ninguna de las estaciones ocurre esto y su variabilidad se relaciona con condiciones naturales de la zona.

CONSULTA PÚBLICA

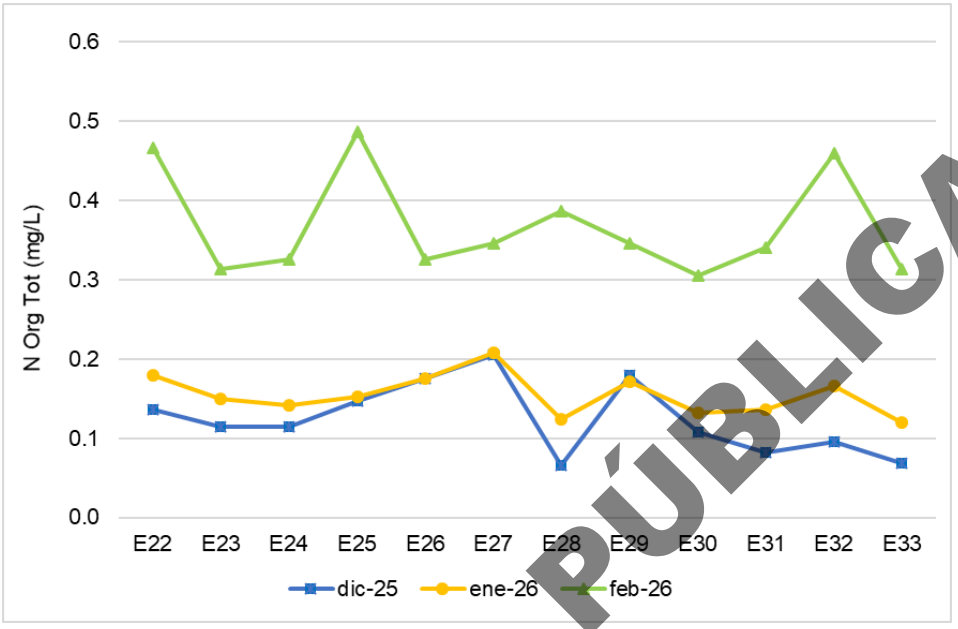


Figura IV. 341. Variación del nitrógeno total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

La Demanda Biológica de Oxígeno registró niveles más altos durante diciembre, con un máximo de 12.9 mg/L en E24, lo que indica una mayor carga de materia orgánica biodegradable al inicio del trimestre. Por el contrario, los valores disminuyeron significativamente en los meses siguientes, alcanzando un mínimo de 3.9 mg/L en E23 durante enero. A pesar de las fluctuaciones espaciales observadas, el sistema mostró una tendencia general hacia la estabilización y valores bajos en la demanda de oxígeno en enero y febrero. Esta estabilidad en la calidad del agua sugiere una menor resuspensión de material en estos meses relacionado con las condiciones climático-oceanográficas de la zona.

CONSULTA PÚBLICA

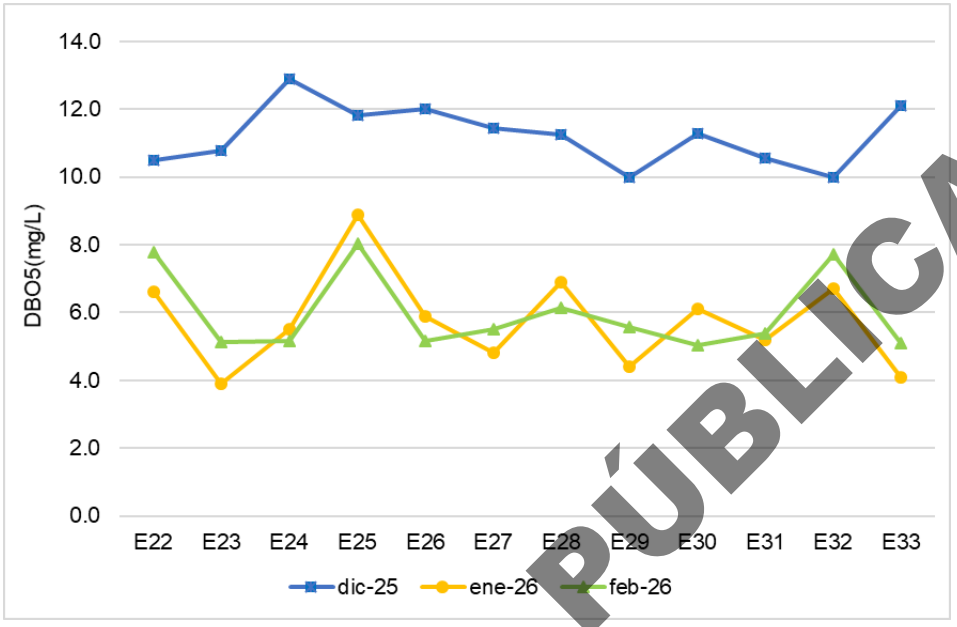


Figura IV. 342. Variación de la demanda biológica de oxígeno a los 5 días en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El carbono orgánico total fue más alto durante los meses de enero y febrero, con un valor máximo en la estación E25 de 4.9 mg/L. Por el contrario, las menores concentraciones se registraron en el mes de diciembre, con un valor mínimo de 0.87 mg/L en la estación E32, manteniendo un perfil homogéneo y bajo al cierre del año anterior. Este parámetro evidenció una posible influencia en enero y febrero por aportes desde las bahías de Manzanillo y Santiago, lo que sugiere un incremento en la carga orgánica disuelta o en la actividad biológica del sistema, contrastando con la estabilidad y los niveles mínimos observados durante el mes de diciembre en las bahías y frente costero de Cuyutlán. Según la NOM-001-SEMARNAT-2021, el valor máximo permisible para descargas de agua residual en zonas marinas mexicanas es de 21.0 mg/L, durante el monitoreo estos valores no se registraron lo que sugiere que en el frente costero no ocurre este tipo de aporte y su variabilidad se relaciona con variaciones climático-oceanográficas.

CONSULTA PÚBLICA

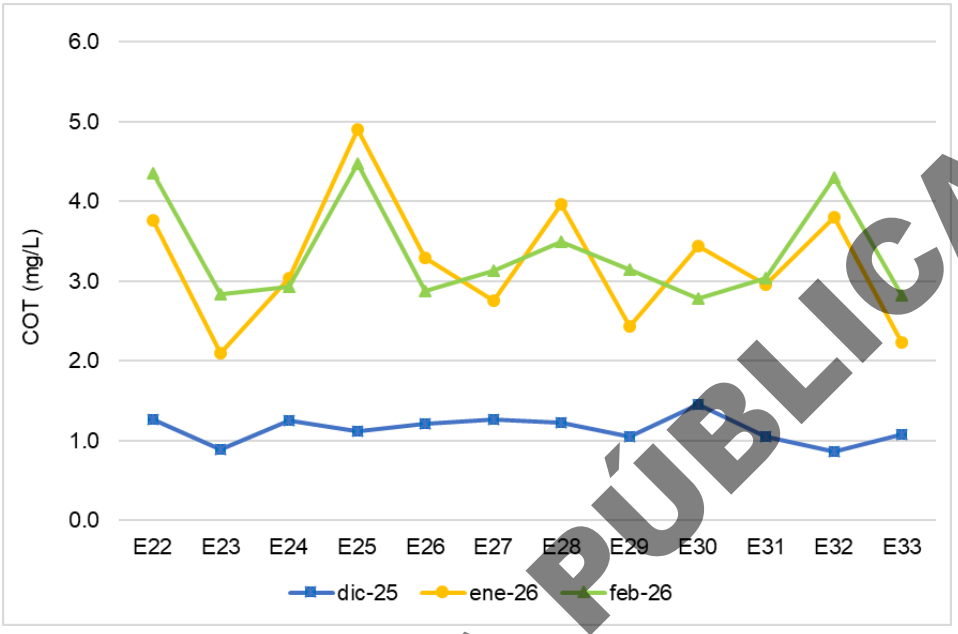


Figura IV. 343. Variación del carbono total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

La turbidez registrada en estos monitoreos alcanzó sus niveles máximos y mayor inestabilidad en diciembre, destacando la estación E24 con 33.0 NTU. En contraste, las concentraciones más bajas se presentaron en enero, con un mínimo de 6.0 mg/L en las estaciones E25 y E31. El parámetro mostró una marcada variabilidad geográfica concentrada en el sector de las estaciones E22 a E24 de las bahías, sugiriendo eventos puntuales de resuspensión o aportes de material en la zona costera, seguidos de una tendencia hacia la claridad y homogeneidad en el resto del sistema hacia el frente de Cuyutlán donde pueden existir condiciones precipitación o disipación del material.

CONSULTA PÚBLICA

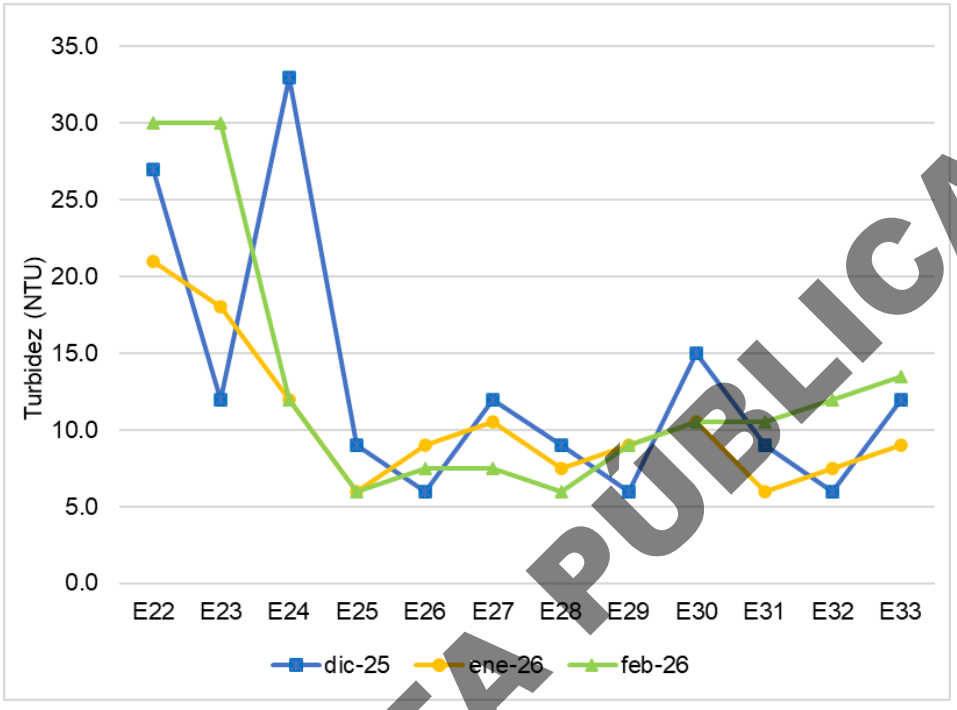


Figura IV. 344. Variación de la turbidez en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

La grasas y aceites en el frente marino presentaron las mayores concentraciones en los meses de enero y febrero, con valores ligeramente mayores en enero con el máximo en la E25 de 2.20 mg/L en la parte de la Bahía de Manzanillo, los valores más bajos se presentaron en diciembre de manera estable llegando a los 0.13 mg/L en E29 en el frente de Cuyutlán. Según la NOM-001-SEMARNAT-2021, el límite permisible de estos compuestos en descargas de agua residual hacia zonas marinas mexicanas es de 15 mg/L, valor que en ninguna estación ni monitoreo se excedió lo que sugiere nuevamente que en el frente marino no existen este tipo de condiciones y que los valores corresponden a las variaciones de la zona.

CONSULTA PÚBLICA

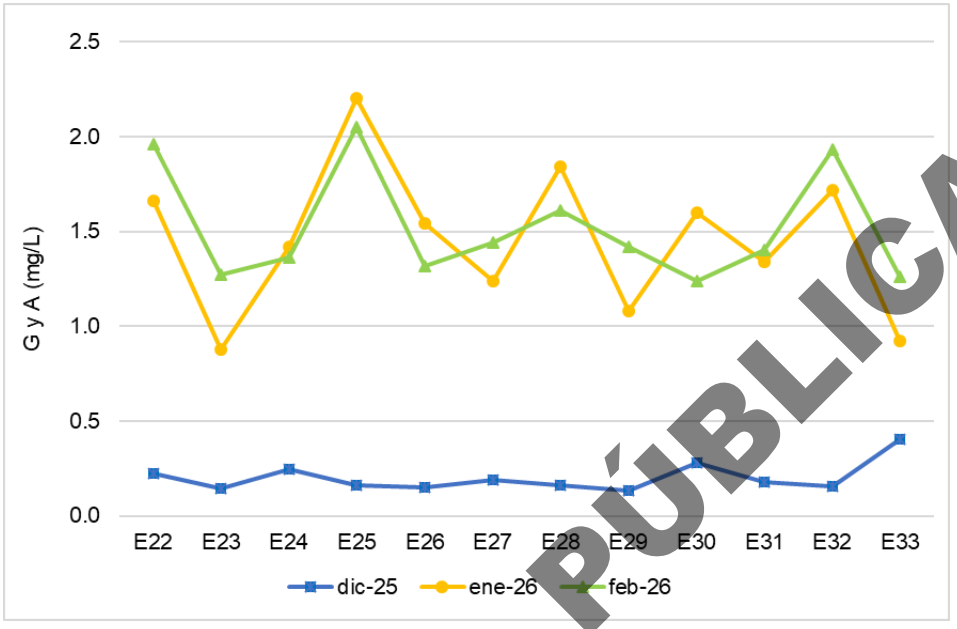


Figura IV. 345. Variación de las grasas y aceites en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Cloro libre durante los monitoreos mostró mayores concentraciones durante el mes de diciembre, con un máximo de 0.5 mg/L sostenido en las estaciones E22 a E24, lo que indica una presencia residual al inicio del trimestre en estaciones dentro de las bahías de Santiago y Manzanillo posiblemente relacionadas con aportes de agua residual antes de ser diluidas. Las menores concentraciones se registraron en el mes de febrero, con valores en el límite de detección (0.001 mg/L) en la mayoría de las estaciones, evidenciando una disipación casi total del parámetro hacia el final del periodo. Este comportamiento presenta disminución y mayor homogeneidad en enero, hacia el cierre del trimestre.

CONSULTA PÚBLICA

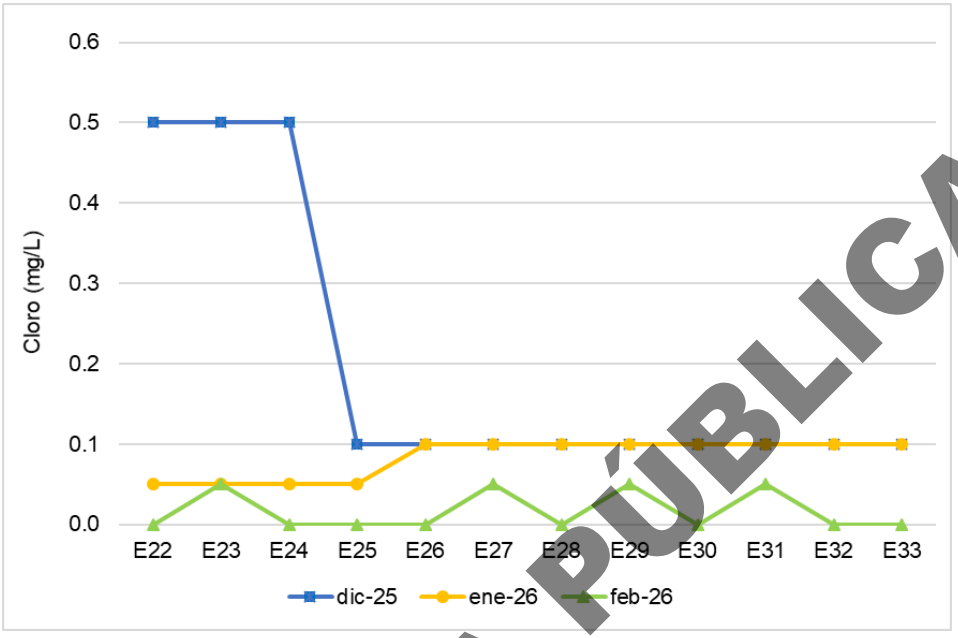


Figura IV. 346. Variación del cloro libre (mg/L) en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

Los Sulfuros determinados en estos monitoreos mostraron mayores concentraciones e inestabilidad durante el mes de febrero, con una tendencia de incremento en la mayoría de las estaciones, alcanzando un valor máximo de 1.43 mg/L en la estación E33, seguido de valores elevados en E27 a E29. Las menores concentraciones y una mayor estabilidad se presentaron en los meses de diciembre y enero, con valores que oscilaron entre 0.7 y 0.9 mg/L, sin embargo, el valor mínimo se presentó en E 31 durante febrero.

CONSULTA PÚBLICA

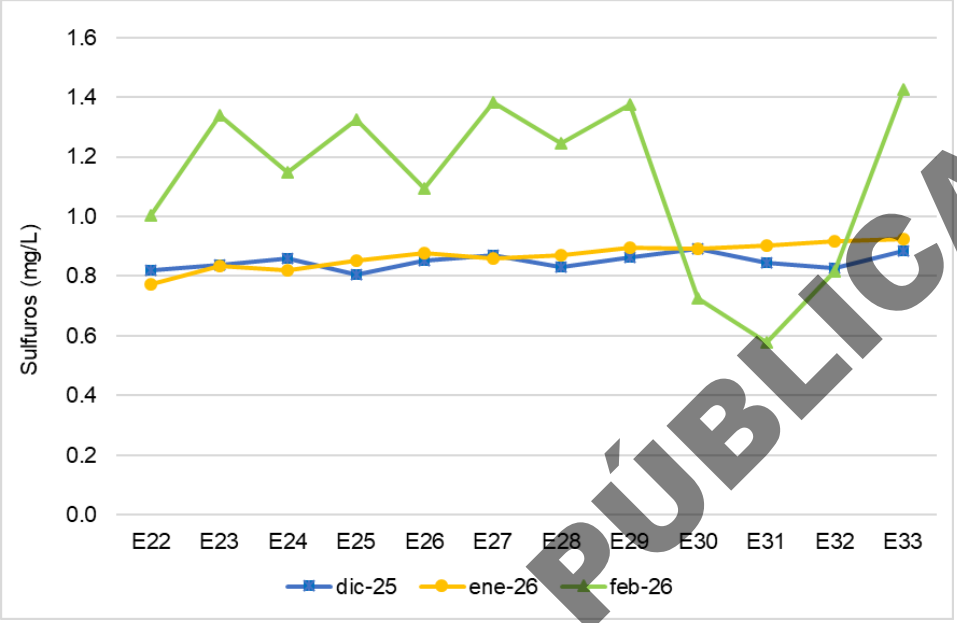


Figura IV. 347. Variación de los sulfuros en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

La Toxicidad Aguda (% Mort) determinada en estos monitoreos mostró bajos valores y amplia variabilidad con mayores niveles durante el mes de enero, alcanzando un pico máximo en la estación E26 de 1.71%, seguido de valores elevados también dentro de la Bahia de Manzanillo (E24 a E28). Las concentraciones más bajas se registraron en enero y febrero en el frente costero de Cuyutlán, con un valor mínimo en la estación E31 de 0.11 y 0.13 % respectivamente, evidenciando valores bajos hacia el final del muestreo. Este parámetro presenta una marcada fluctuación espaciotemporal, con picos iniciales en diciembre (E22) hacia la parte central de las bahías incluso en enero, sugiriendo alguna presencia de aportes antropogénicos es esta parte a diferencia del frente costero abierto de la barra de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

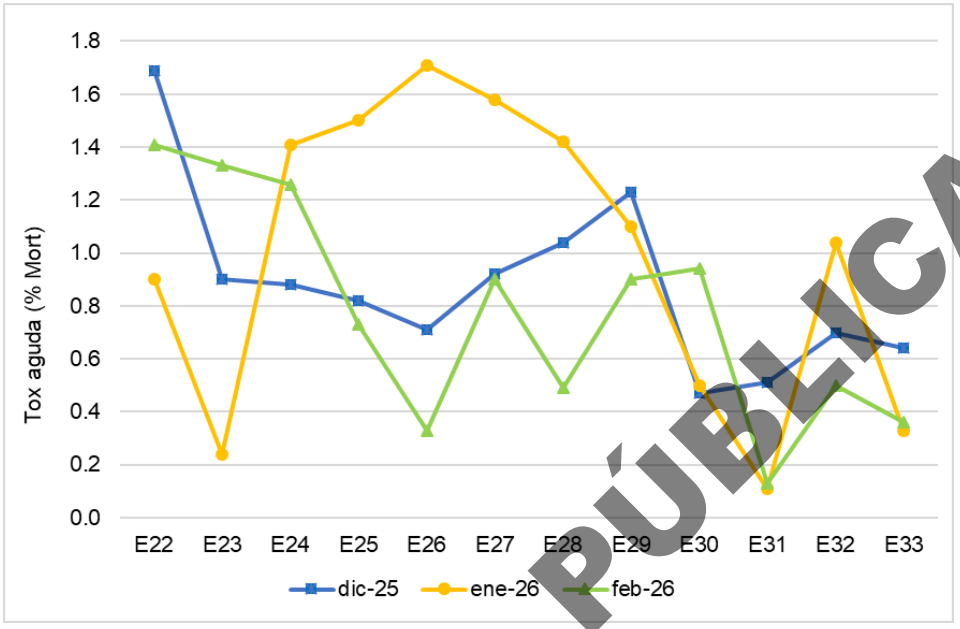


Figura IV. 348. Variación de la toxicidad aguda en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

La presencia de *Escherichia coli* (*E. Coli*) registró sus niveles más altos durante el mes de enero, alcanzando un máximo de 5.0 NMP/100 ml en la estación E24. Por el contrario, las concentraciones más bajas se observaron en diciembre, donde la mayoría de las estaciones (de E24 a E33) se mantuvieron en 0.0 NMP/100 ml, indicando una ausencia de contaminación fecal al inicio del periodo. Este parámetro evidenció una carga bacteriana mayor hacia el inicio de 2026 en las estaciones cercanas a la bahía de Santiago, con fluctuaciones notables en febrero que sugieren aportes intermitentes de residuos en diversos puntos del sistema. Cabe destacar que ningún valor fue superior a lo estipulado en la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites en las descargas de aguas residuales de 250 NMP/100 ml para zonas marinas mexicanas, esto sugiere que, si bien en la zona existen aportes de aguas residuales, principalmente en las bahías, sus valores no comprometen la ecología de la zona costera al ser diluidas así como la acción de factores de circulación.

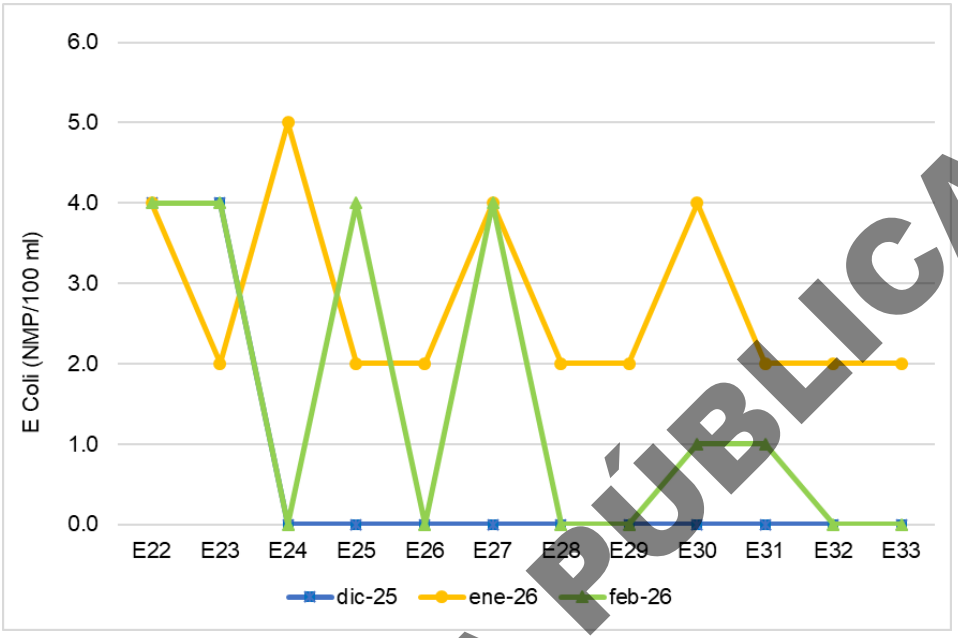


Figura IV. 349. Variación de *Eschericia coli* en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

Los Enterococos Fecales registraron sus niveles más elevados durante el mes de diciembre, alcanzando un valor máximo de 100.0 NMP/100 ml en las estaciones E22 y E23 de 100.0 NMP/100 ml, lo que indica un foco de contaminación puntual cercano a la bahía de Santiago al comienzo del trimestre. Las concentraciones disminuyeron drásticamente en los meses siguientes, registrando valores mínimos en febrero, con estaciones en 0.0 NMP/100 ml (E25, E27 y E30), sugiriendo que la carga contaminante detectada inicialmente en la zona costera se disipó o fue neutralizada, hacia febrero de 2026. Como en el parámetro anterior, ninguno de los valores detectados fue superior a lo estipulado en la NOM-001-SEMARNAT-2021, de 250 NMP/100 ml para descargas de agua residuales en zonas marinas mexicanas, lo que sugiere que este tipo de actividades no reprendan un problema de contaminación en el frente costero debido a factores de dilución y dinámica local.

CONSULTA PÚBLICA

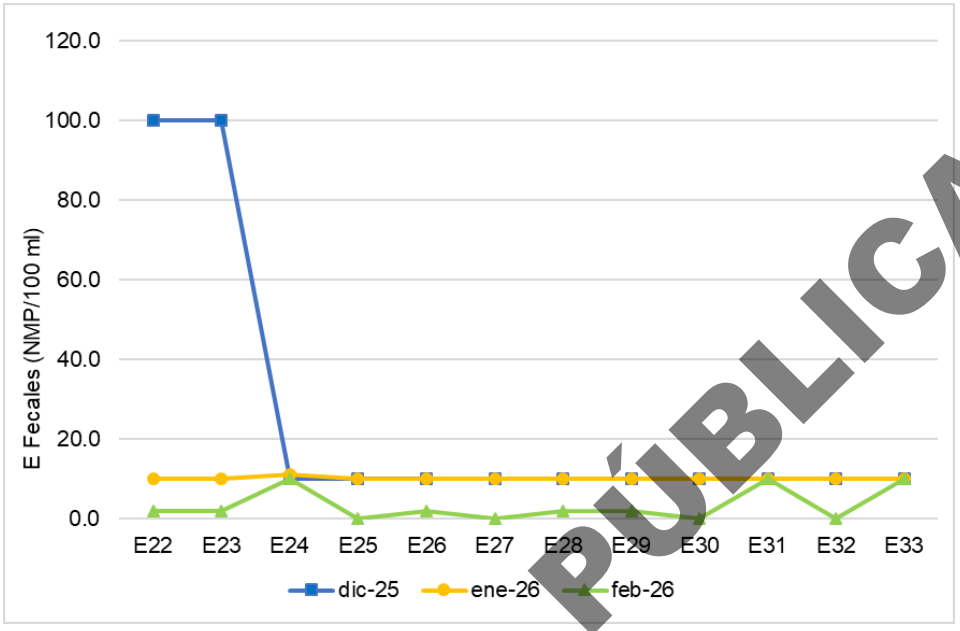


Figura IV. 350. Variación de enterococos fecales en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Arsénico (As) determinado en estos monitoreos mostró sus mayores concentraciones durante el mes de diciembre, alcanzando un valor máximo de 0.106 mg/L en la estación E30. Las concentraciones disminuyeron de manera drástica y escalonada en los meses siguientes, registrando los niveles mínimos en febrero con un punto bajo de 0.007 mg/L en las estaciones E23 y E29. Este parámetro presentó estabilidad espacial, manteniendo un patrón de comportamiento idéntico en todas las estaciones a lo largo del periodo. La reducción hacia febrero sugiere un proceso de depuración natural, sedimentación o dilución efectiva del arsénico en el frente costero. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.2 mg/L, que establece el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion no hay indicios de esta práctica en el frente costero de la zona de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

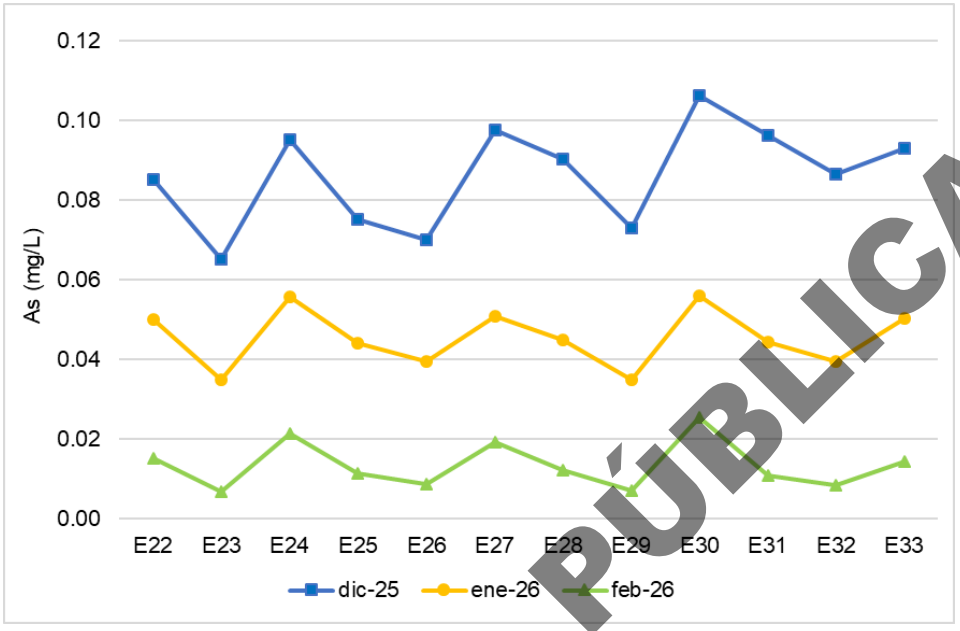


Figura IV. 351. Variación de arsénico en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Cadmio (Cd) durante los monitoreos mostró sus concentraciones más elevadas y una marcada inestabilidad durante el mes de diciembre, alcanzando un valor máximo de 1.14 mg/L en la estación E31, con picos adicionales significativos a partir de la estación E27. Los niveles disminuyeron drásticamente hacia valores mínimos y constantes en los meses de enero y febrero, registrando el mínimo de 0.01 mg/L en la estación E23. Este parámetro evidenció una reducción superior al 90% tras el cierre de 2025, pasando de una distribución espacial muy irregular y con valores elevados a un perfil homogéneo y cercano al límite de detección en todo el sistema hacia enero y febrero. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.2 mg/L, que establece el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion no hay indicios de esta práctica en el frente costero de la zona de estudio.

.

CONSULTA PÚBLICA

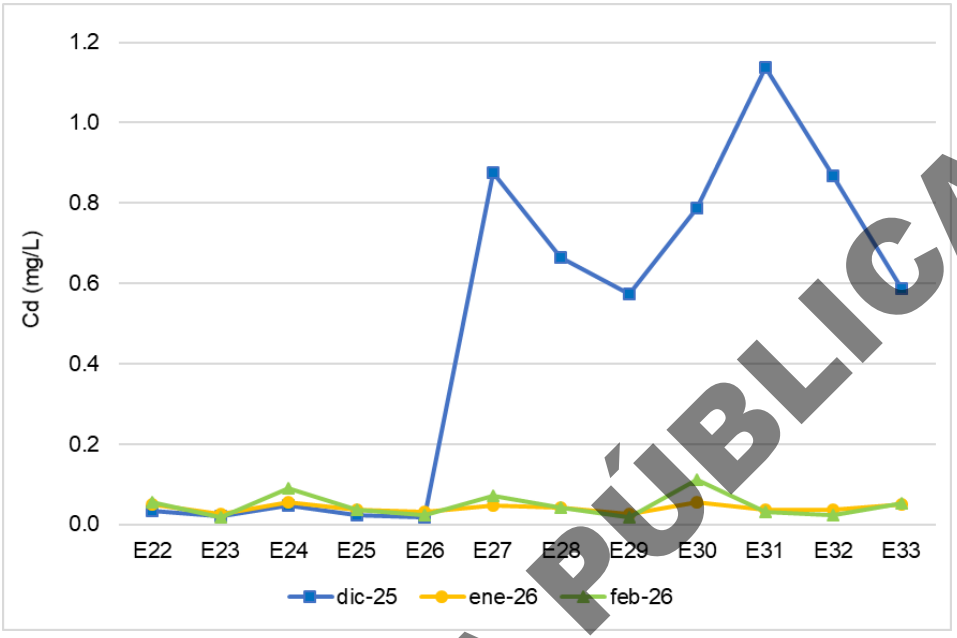


Figura IV. 352 Variación de cadmio en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Cianuro presentó sus mayores concentraciones y alta variabilidad durante el mes de febrero, con un pico máximo de 0.392 mg/L en la estación E30, seguido de picos secundarios en E24 (0.029 mg/L) y E27. (0.023 mg/L). Los niveles más bajos y estables se registraron en diciembre, con valores mínimos cercanos a 0.008 mg/L en estaciones como E22 y E25. Este parámetro mostró una tendencia ascendente durante el periodo monitoreado, así como una variabilidad espacial amplia, lo que sugiere aportes intermitentes o la liberación de este compuesto en zonas específicas relacionadas con actividades antropogénicas en las bahías que son diluidas ya que la concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 2.0 mg/L, que establece el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede no representar un problema ambiental en la zona de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

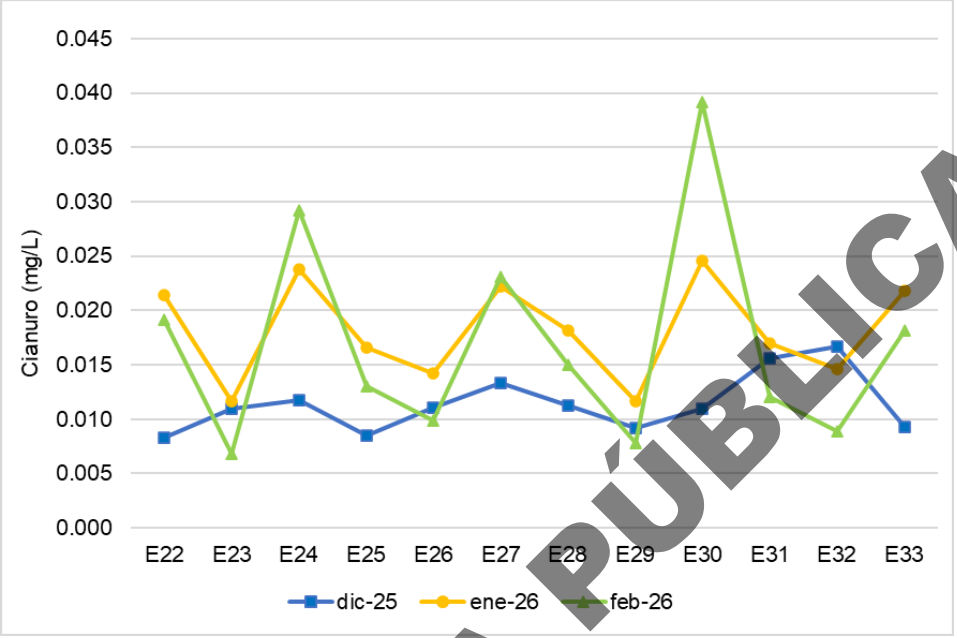


Figura IV. 353 Variación de cianuro en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Cobre (Cu) registró concentraciones máximas y una amplia variabilidad durante el mes de febrero, alcanzando un valor máximo de 20.1 mg/L en la estación E30, seguido de valores significativos en las estaciones E24 de 16.15 mg/L y E27 de 13.68 mg/L. Los niveles más bajos y estables se presentaron en diciembre, con un valor mínimo de 0.73 mg/L en la estación E23, manteniendo un perfil homogéneo durante este mes y el mes de enero. Este parámetro evidenció un incremento significativo hacia febrero, con amplia variabilidad entre las distintas estaciones, lo que sugiere aportes intermitentes o la liberación de este compuesto en zonas específicas posiblemente relacionadas con presencia de buques en la zona costera que liberan este ion y superan lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 4.0 mg/L, que es el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede ser un problema ambiental en la zona de estudio en ciertos meses del año.

CONSULTA PÚBLICA

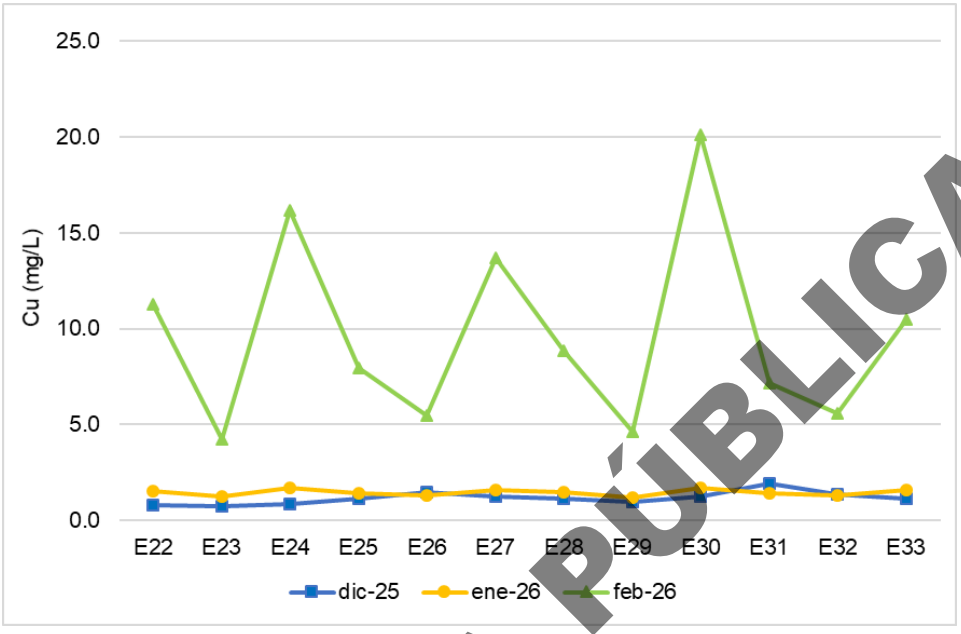


Figura IV. 354. Variación de cobre en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Cromo Total (Cr Tot) registró concentraciones máximas y una amplia variabilidad durante el mes de febrero, alcanzando un valor máximo de 2.01 mg/L en la estación E30, seguido de valores significativos en las estaciones E24 (1.75) de y E27 de (1.47). Los niveles mínimos se observaron en enero, cercanos a 0.02 mg/L en la mayoría de las estaciones. Este parámetro evidenció un incremento hacia el cierre del trimestre, con una amplia distribución espacial en febrero que sugiere aportes puntuales que nuevamente pueden estar relacionados con pinturas de buques o zonas de resuspensión de sedimentos. La concentración de este ion fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 1.0 mg/L, que es el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede ser un problema ambiental en la zona de estudio en ciertos meses del año.

CONSULTA PÚBLICA

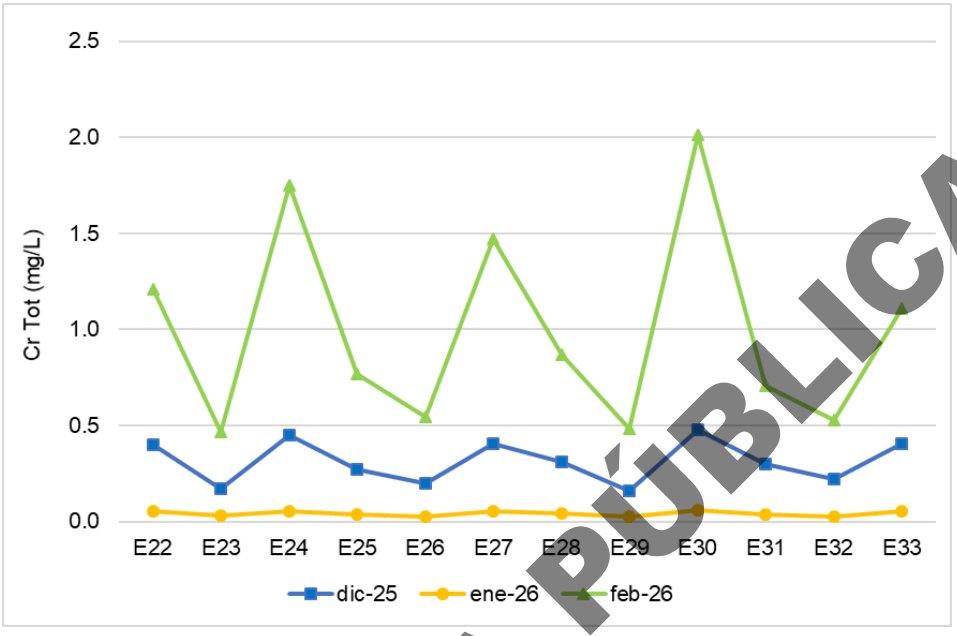


Figura IV. 355. Variación de cromo total en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El mercurio (Hg) registró sus niveles más elevados y una variabilidad alta durante el mes de enero, alcanzando valores máximos de 0.0015 mg/L en las estaciones E24 y E30, sugiriendo eventos puntuales de descarga o resuspensión de contaminantes en sectores específicos del frente marino. Las concentraciones más bajas y estables se observaron en diciembre, con valores cercanos a 0.0002 mg/L en estaciones como E26 y E32, manteniendo un perfil homogéneo durante ese periodo, sin embargo, las concentraciones mínimas se registraron en febrero con valores de 0.0001 en las estaciones E23 y E30. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.01 mg/L, que es el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede no ser un problema ambiental en la zona de estudio en ciertos meses del año.

CONSULTA PÚBLICA

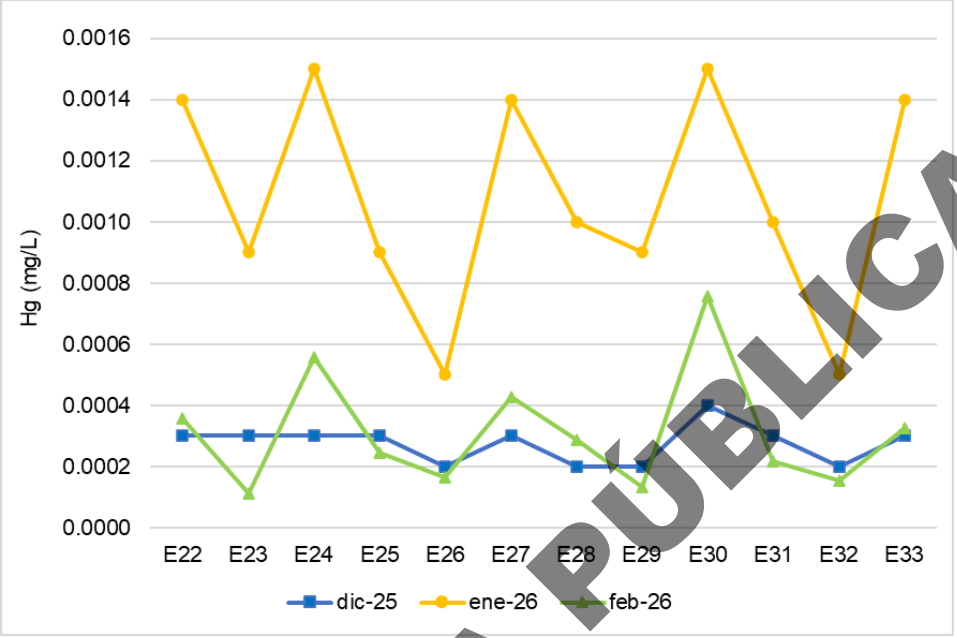


Figura IV. 356. Variación de mercurio en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Níquel (Ni) registró sus niveles más elevados durante el mes de diciembre, con un valor máximo de 0.061 mg/L en la estación E24, lo que indica una mayor presencia de este metal al comienzo del trimestre analizado. Por el contrario, las concentraciones disminuyeron de manera progresiva y uniforme en los meses siguientes, registrando sus valores mínimos en febrero con un punto bajo de 0.006 mg/L en las estaciones E23 y E29. Este parámetro presentó poca variabilidad con una tendencia a disminuir hacia el frente costero de Cuyutlán, lo que sugiere un proceso de dilución del metal al cierre del periodo en febrero de 2026. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado em la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 2.0 mg/L, que es el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede no ser un problema ambiental en la zona de estudio en ciertos meses del año.

CONSULTA PÚBLICA

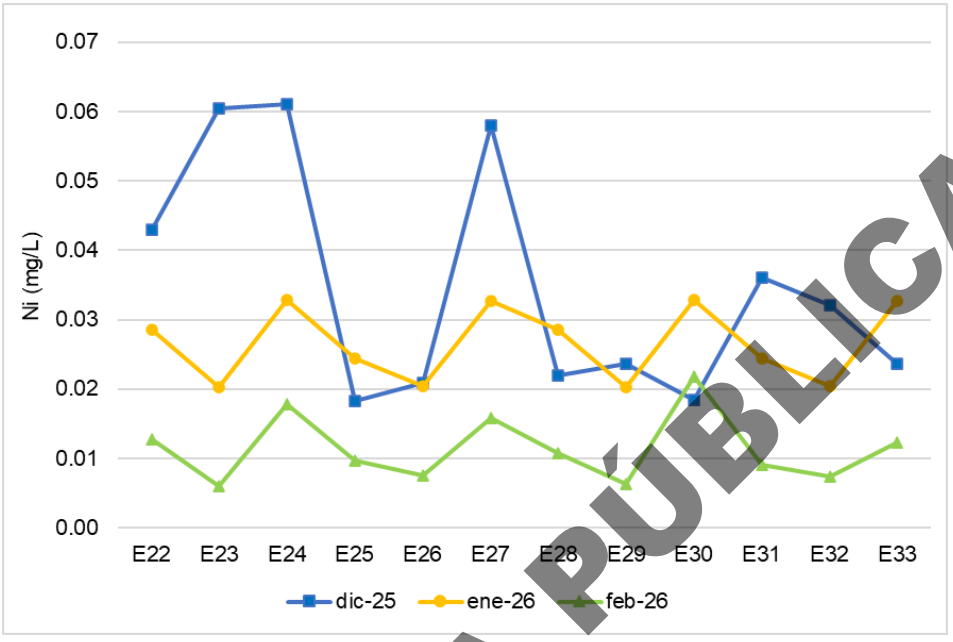


Figura IV. 357. Variación de níquel en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Plomo (Pb) registró concentraciones máximas y una variabilidad amplia durante el mes de febrero, con un valor máximo de 0.017 mg/L en la estación E30, seguido de valores notables en E24 (0.013 mg/L) y E27 (0.011 mg/L). Por el contrario, los niveles mínimos se observaron en enero, con valores cercanos a 0.01 mg/L. Este parámetro evidenció un incremento hacia febrero, con una variabilidad amplia que sugiere aportes puntuales de cercanos al poblado de Cuyutlán, siguiendo un patrón similar al observado en otros metales como el Cobre y el Cromo, aunque la concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 0.5 mg/L, que es el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede no ser un problema ambiental en la zona de estudio en ciertos meses del año.

CONSULTA PÚBLICA

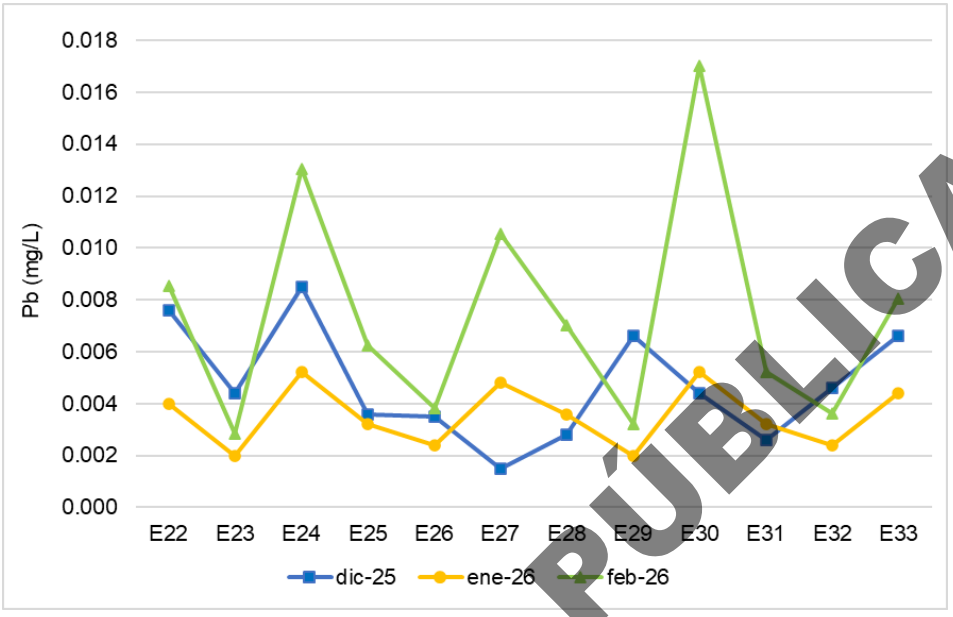


Figura IV. 358. Variación de plomo en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

El Zinc (Zn) también registró sus niveles más elevados y variables en el mes de febrero, con un valor máximo de 0.84 mg/L en la estación E30, y valores notables en E24 y E27 de 0.68 mg/L y 0.60 mg/L respectivamente. Las concentraciones más bajas y estables se presentaron en enero, con un mínimo de 0.10 mg/L en la estación E23, manteniendo un perfil homogéneo en todo el sistema durante ese mes. Hacia final del trimestre se evidenció un incremento, mostrando una distribución espacial irregular que coincide con los puntos críticos identificados para otros metales pesados, lo que se asocia con aportes intermitentes en estaciones específicas hacia febrero de 2026. La concentración de este ion no fue superior a lo señalado en la NOM-001-SEMARNAT-2021 de 10.0 mg/L, que es el límite de descargas de agua residual en zonas costeras mexicanas, lo que puede sugerir que para este ion su presencia puede no ser un problema ambiental en la zona de estudio en ciertos meses del año.

CONSULTA PÚBLICA

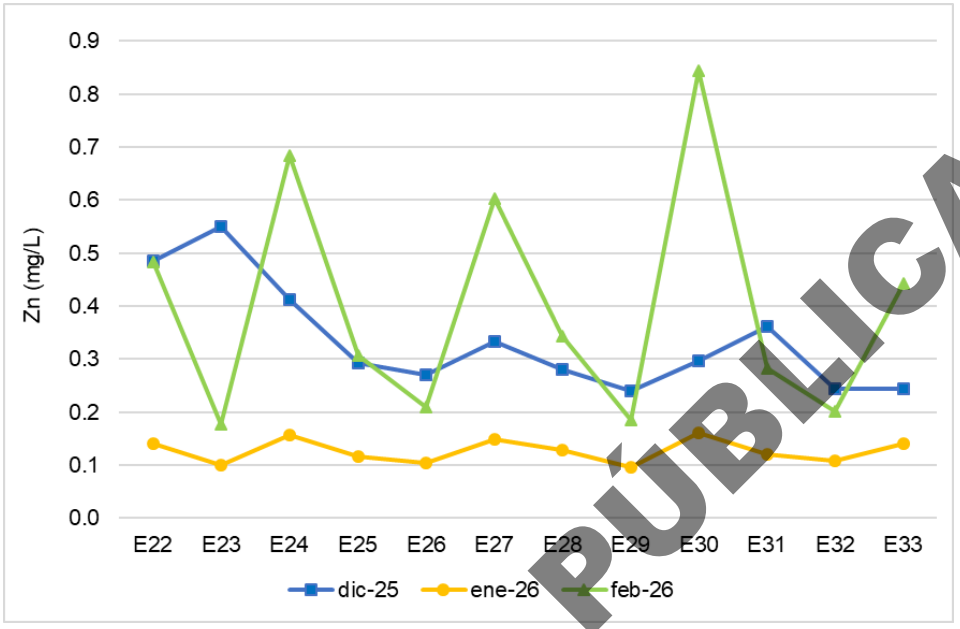
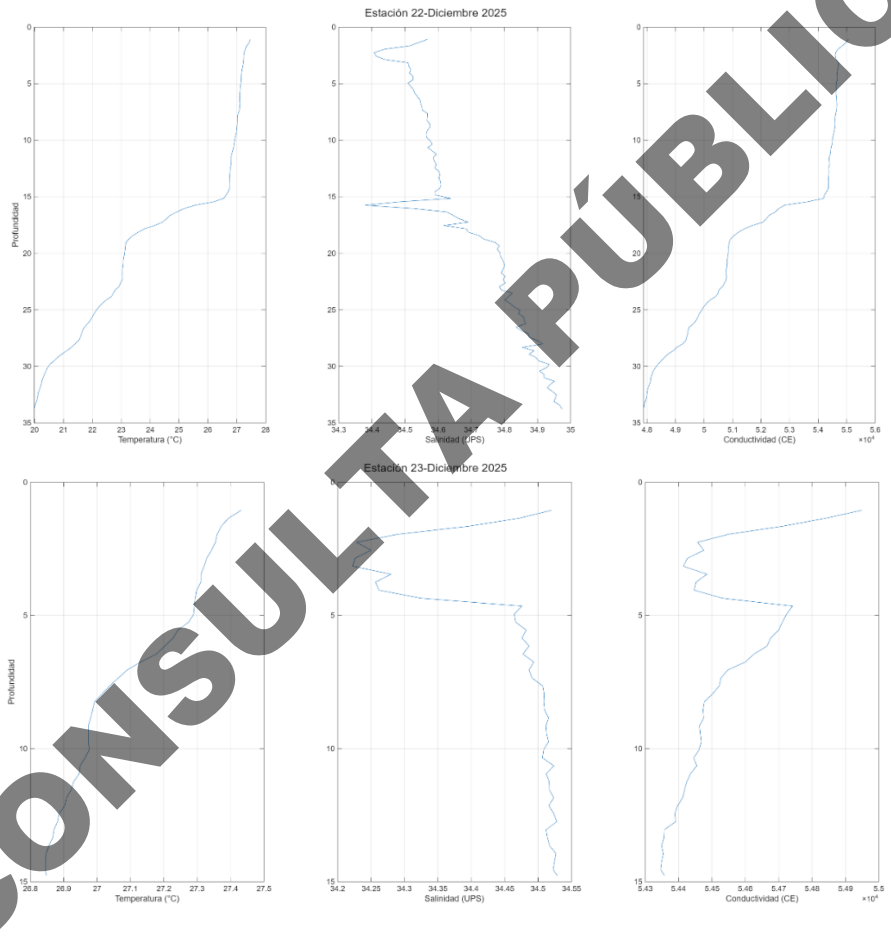


Figura IV. 359. Variación de zinc en las distintas estaciones del frente costero, Bahía de Santiago al poblado de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.9.4 Perfiles de lances de CTD en estaciones del frente costero marino para los muestreos actuales

Para conocer la estratificación de la columna de agua en el frente marino, se realizaron lances de CTD a distintas profundidades según la batimetría de la zona, en los siguientes diagramas se describe esto. En el muestreo de diciembre en las estaciones más al oeste del SAR se percibe que el inicio de la termoclina está alrededor de los 15 m para E22, a los 8 m en E23 y a los 23 m en E24, con una fuerte mezcla en los primeros metros debido a la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan densidad y la estratificación.



CONSULTA PÚBLICA

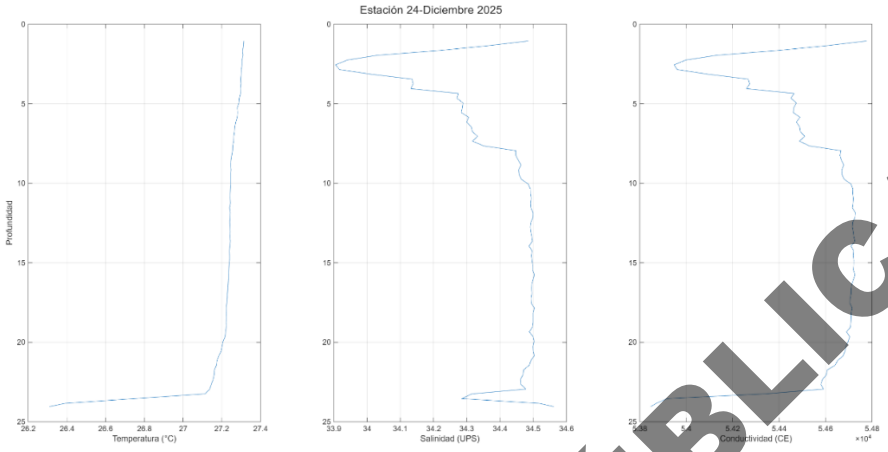


Figura IV. 360 Lances de CTD estaciones 22, 23 y 24 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025.

En diciembre en las estaciones centrales de la Bahía de Manzanillo se percibe que el inicio de la termoclina está alrededor de los 30 m para E25, a los 25 m en E26 sin que haya sido percibida en E27 por cuestiones técnicas del equipo, sin embargo, en estas tres estaciones se nota menor mezcla o estabilidad en los primeros metros según la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan la densidad y con ello la presencia de la termoclina.

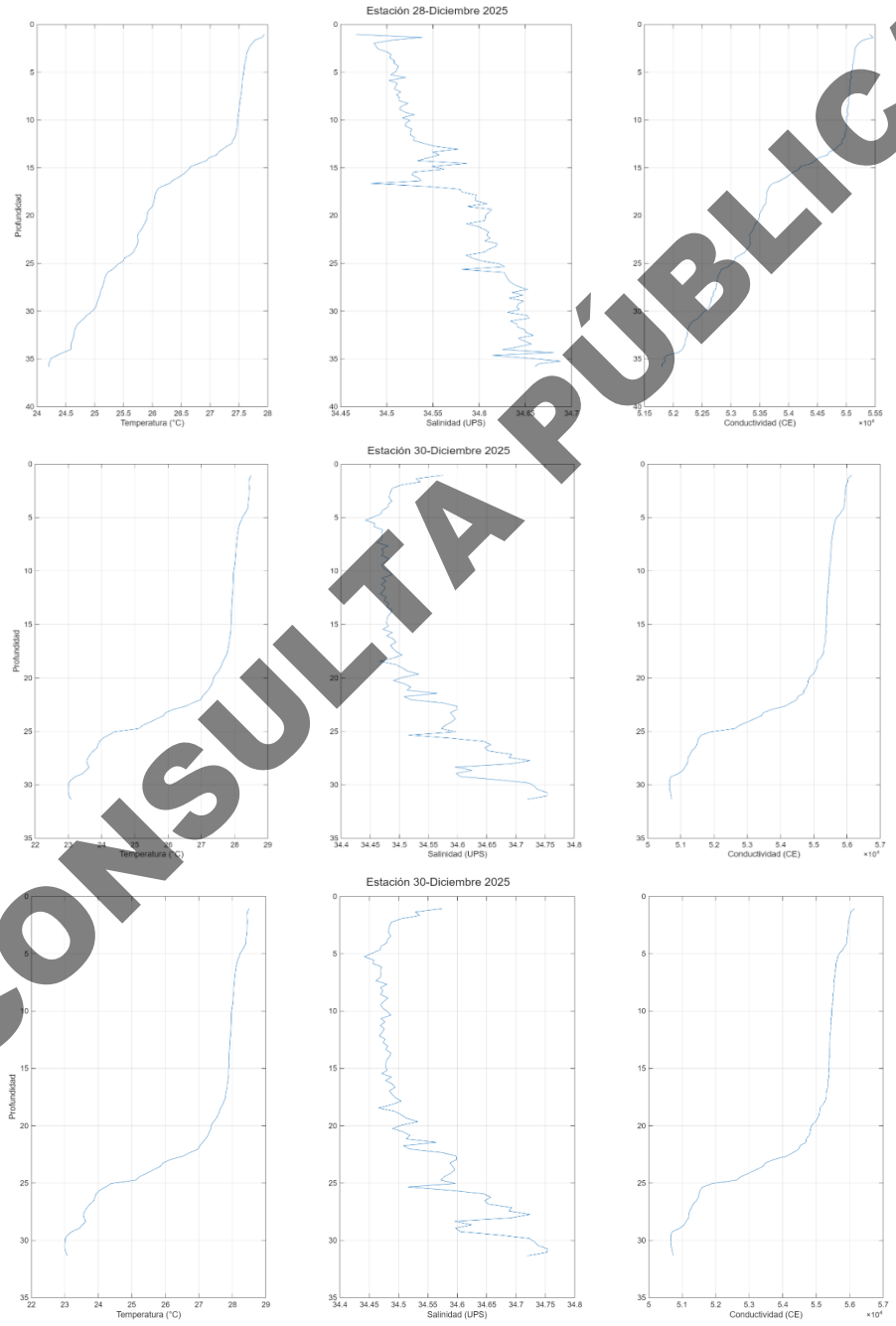
CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 361. Lances de CTD estaciones 25, 26 y 27 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025.

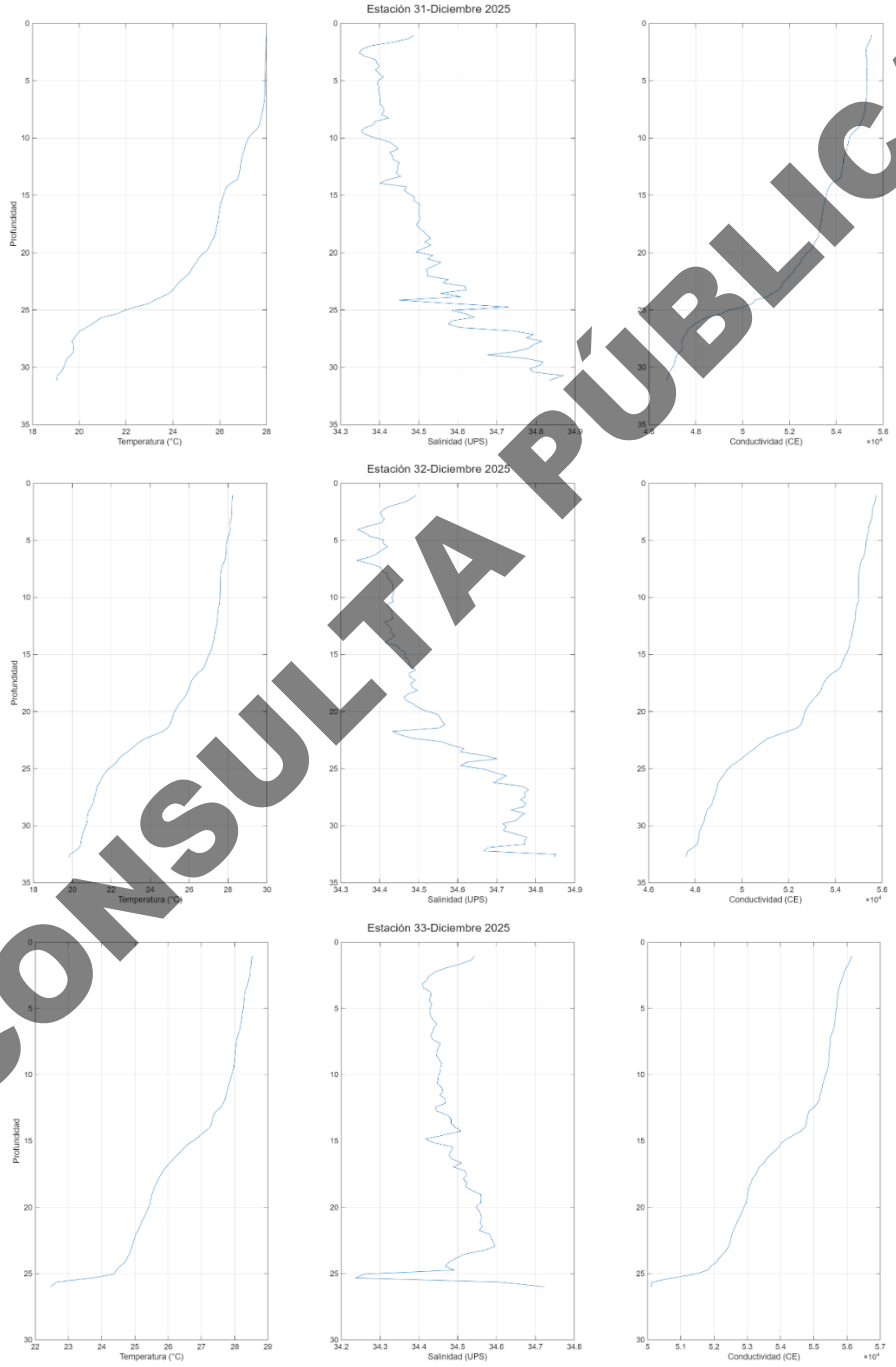
En diciembre en las estaciones al este de la Bahía de Manzanillo y parte media del frente de Cuyutlán se percibe que el inicio de la termoclina está alrededor de los 15 m para E28, a los 25 m en E29 y a los 25 m en E30, sin embargo, se nota menor mezcla en los primeros metros según la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan la densidad y estratificación de la columna de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 362. Lances de CTD estaciones 28, 29 y 30 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025.

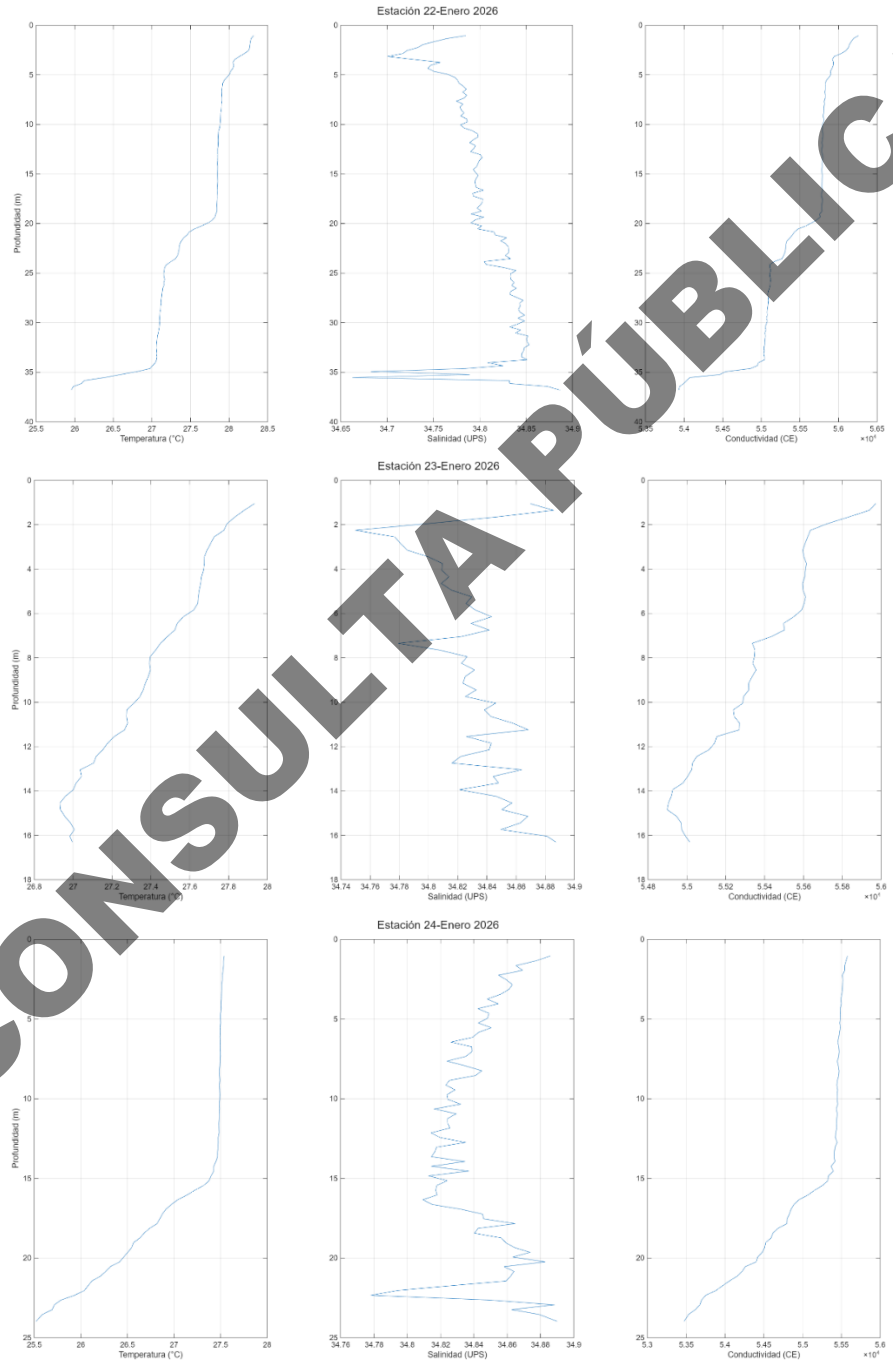
Para diciembre en la parte este del frente costero de Cuyutlán, la termoclina inicia alrededor de los 25 m en E31, a los 20 m en E32 y hacia los 10 m en E33, con baja mezcla en los primeros metros según la variabilidad mostrada en la salinidad y temperatura que determinan la densidad y estratificación de la columna de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 363. Lances de CTD estaciones 31, 32 y 33 del frente costero del SAR, muestreo de diciembre de 2025.

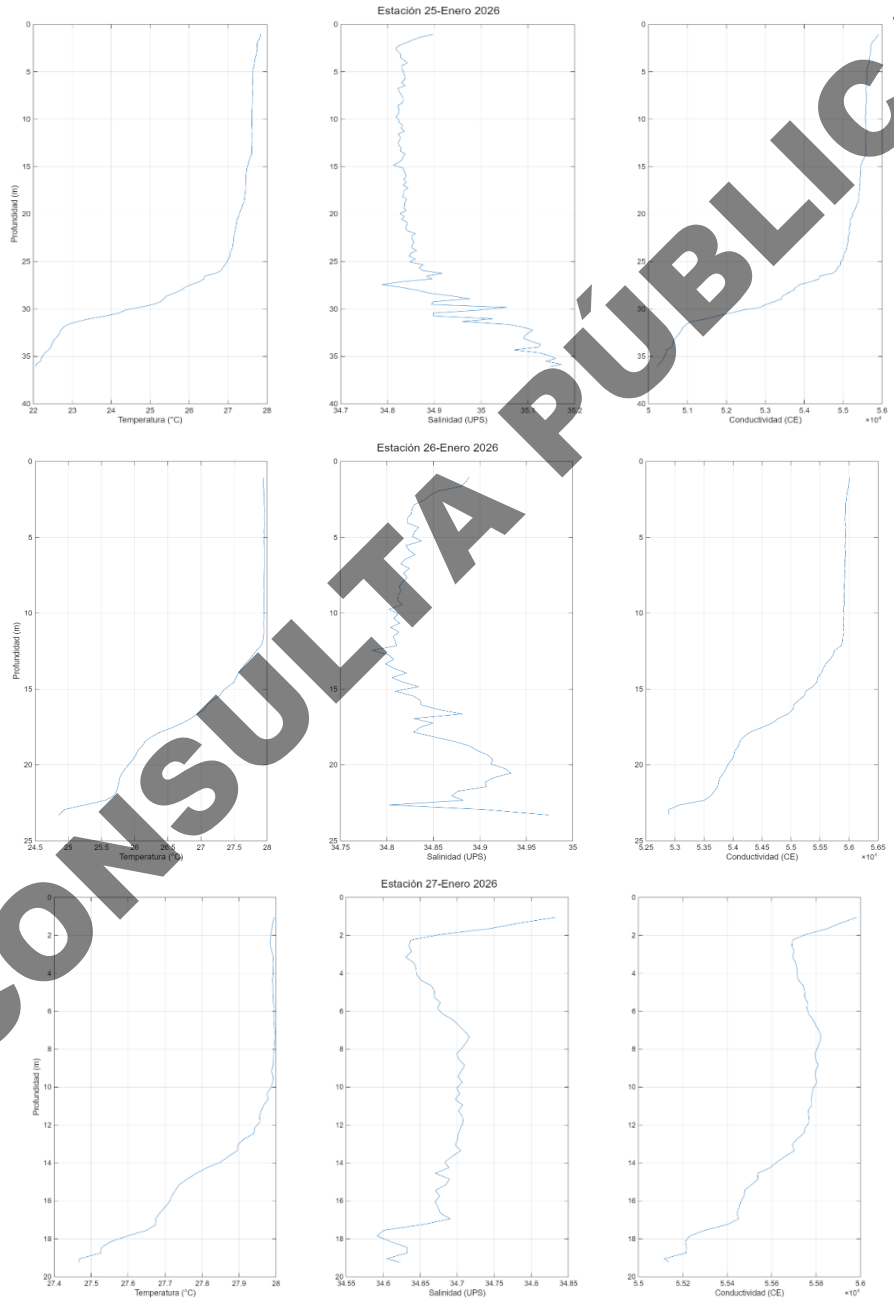
Durante el muestreo de enero en las estaciones más al oeste del SAR se percibe que el inicio de la termoclina se ubicó a los 35 m para E22, a los 14 m en E23 y a los 25 m en E24, con una fuerte gradiente de estratificación en los primeros metros debido a la variabilidad de la salinidad y temperatura.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 364 Lances de CTD estaciones 22, 23 y 24 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026.

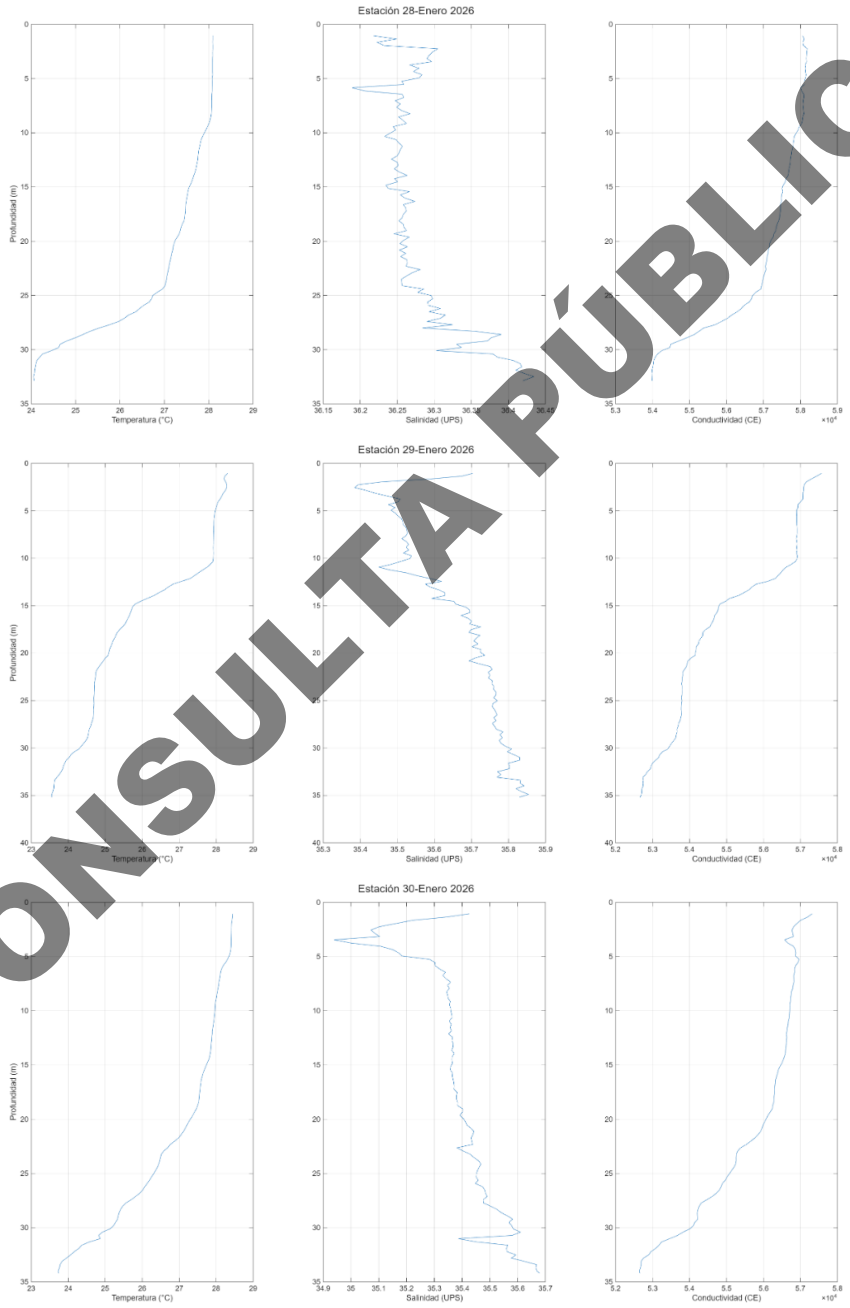
En enero en las estaciones centrales de la Bahía de Manzanillo se percibe que el inicio de la termoclina está alrededor de los 32 m para E25, de los 20 m en E26 y aproximadamente a los 18 m en E27, sin embargo, se nota menor mezcla en los primeros metros según la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan la densidad de la capa de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 365. Lances de CTD estaciones 25, 26 y 27 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026.

Durante el muestreo de enero en las estaciones al este de la Bahía de Manzanillo y parte media del frente de Cuyutlán se percibe que el inicio de la termoclina está alrededor de los 30 m para E28, a los 25 m en E29 y a los 35 m en E30, con una mezcla en los primeros metros según la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan la densidad de la columna de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 366. Lances de CTD estaciones 28, 29 y 30 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026.

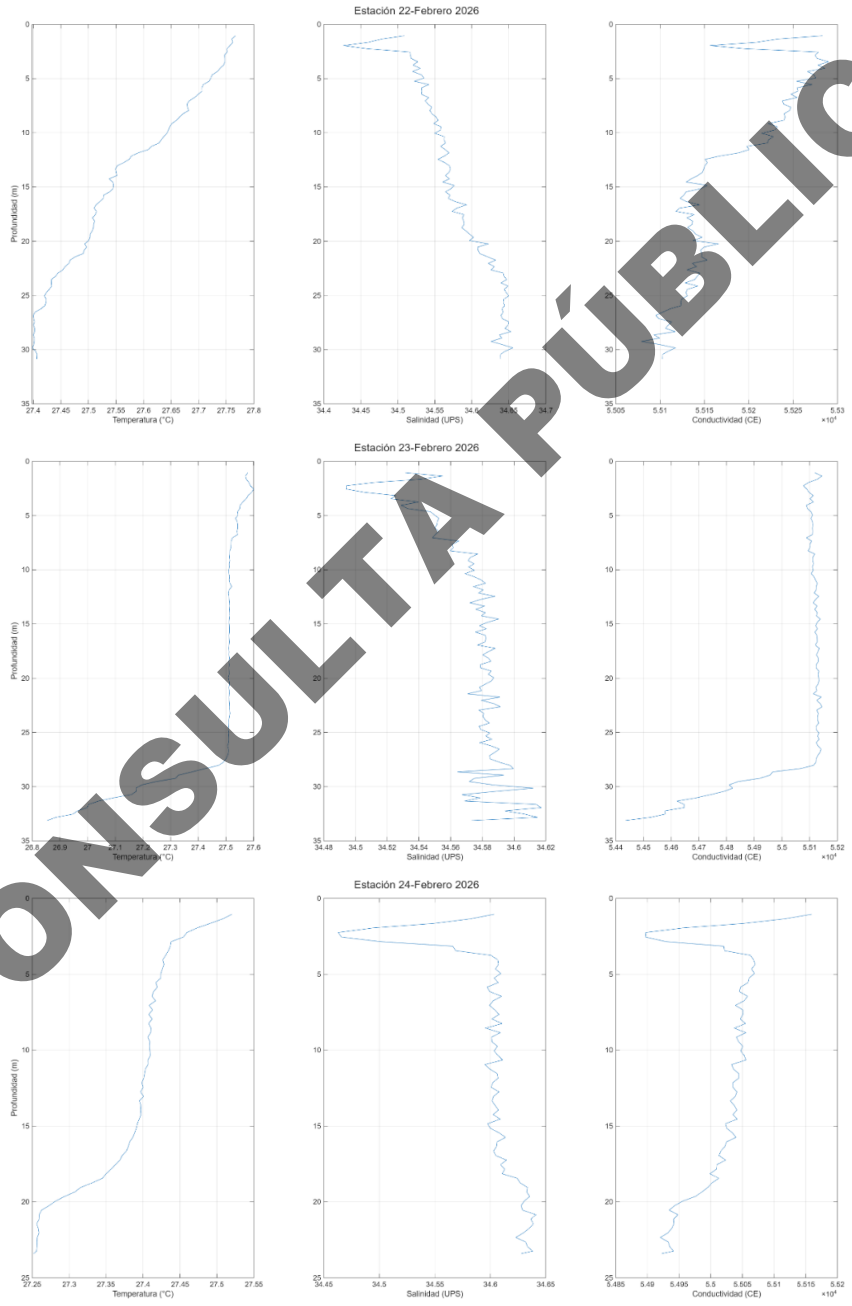
Para enero en la parte este del frente costero de Cuyutlán, la termoclina inicia a partir de los 35 m en E31, a los 30 m en E32 y hacia los 25 m en E33, con baja mezcla en los primeros metros según la variabilidad mostrada en la salinidad y la temperatura que determinan su densidad.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 367. Lances de CTD estaciones 31, 32 y 33 del frente costero del SAR, muestreo de enero de 2026.

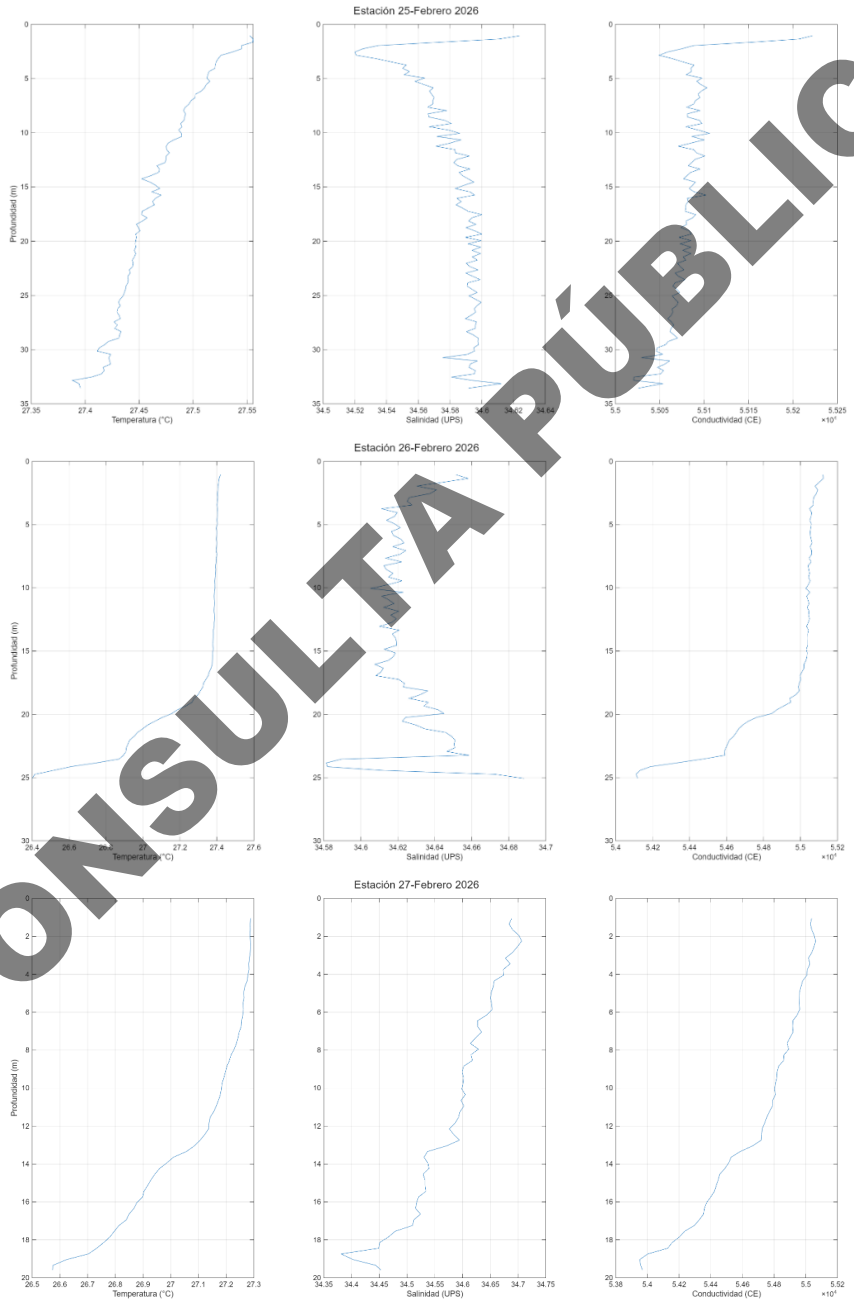
Respecto al muestreo de febrero en las estaciones más al oeste del SAR se percibió que el inicio de la termoclina se ubicó alrededor de los 20 m para E22, a los 14 m en E23 y a los 25 m en E24, con una fuerte mezcla en los primeros metros debido a la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan la densidad y estratificación de la columna de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 368. Lances de CTD estaciones 22, 23 y 24 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026.

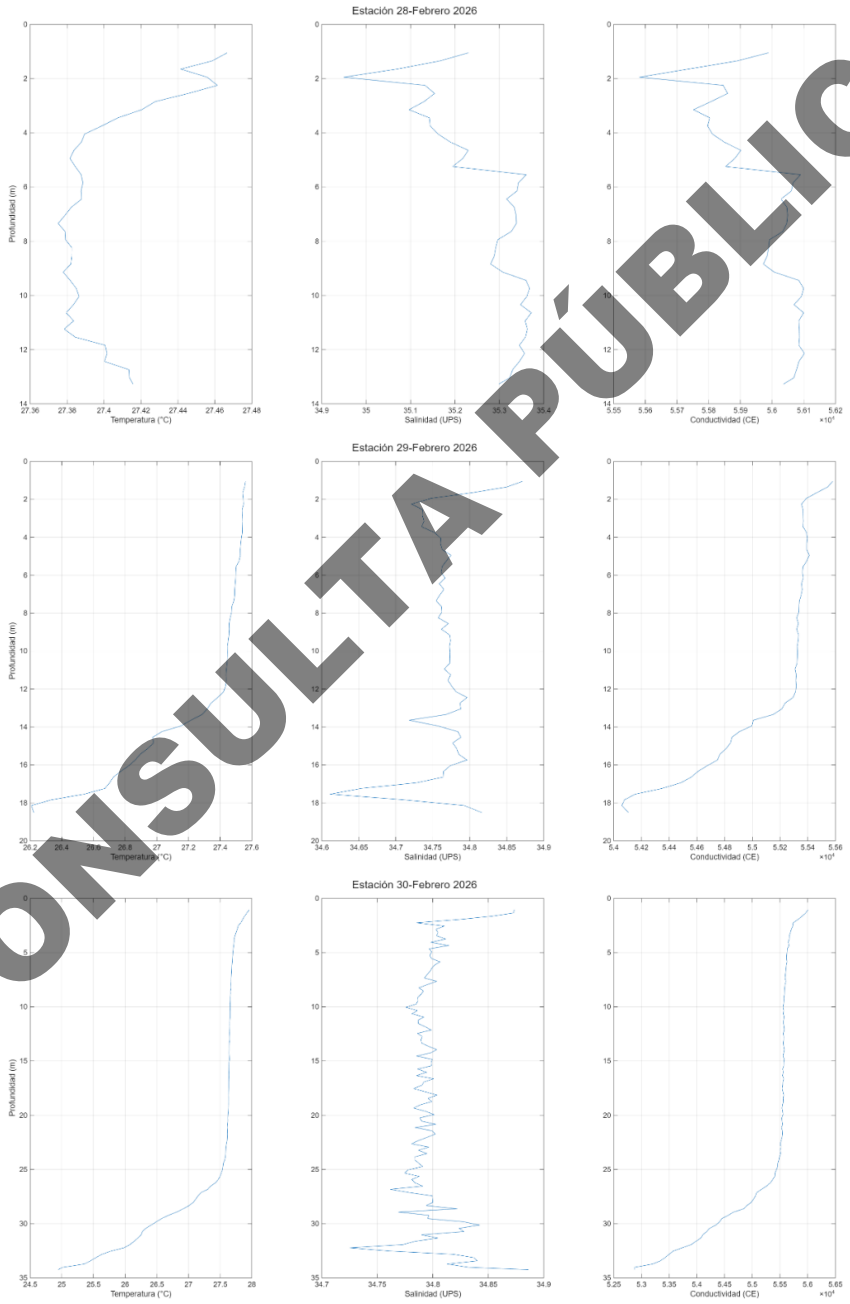
En febrero en las estaciones centrales de la Bahía de Manzanillo se percibe que el inicio de la termoclina ocurre a partir de los 30 m para E25, de los 25 m en E26 y de los 20 m en E27, se nota menor mezcla en los primeros metros según la variabilidad de la salinidad y temperatura que determina la densidad u estratificación de la columna de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 369. Lances de CTD estaciones 25, 26 y 27 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026.

Durante febrero en las estaciones al este de la Bahía de Manzanillo y parte media del frente de Cuyutlán se percibe una fuerte mezcla en la parte superficial y la termoclina a partir de los 12 m para E28, a partir de los 18 m en E29 y de los 35 m en E30, con una mezcla superficial según la variabilidad de la salinidad y temperatura que determinan la densidad y estabilidad de la parte superficial de la columna de agua.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 370. Lances de CTD estaciones 28, 29 y 30 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026.

Por último, en febrero en la parte este del frente costero de Cuyutlán, la termoclina inicia a partir de los 14 m en E31, a los 32 m en E32 y hacia los 5 m en E33, con baja mezcla en los primeros metros según la variabilidad mostrada en la salinidad y la temperatura que determinan la densidad y estabilidad de la capa de mezcla.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 371 Lances de CTD estaciones 31, 32 y 33 del frente costero del SAR, muestreo de febrero de 2026.

IV.3.10 Calidad de los sedimentos

A continuación, se describen los resultados de la composición química y granulométrica de los sedimentos en las 33 estaciones de muestreo monitoreadas entre diciembre de 2025 y febrero de 2026, en el frente marino del área de las Bahías de Manzanillo (FMB) y del área frente a la laguna de Cuyutlán (FMC), así como en los cuatro vasos de la laguna de Cuyutlán (V-I, V-II, V-III y V-IV). La concentración de metales se determinó mediante la técnica de espectrometría de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), mientras que el análisis granulométrico se realizó mediante el tamizado del sedimento en peso seco (ver metodología completa en el Capítulo VIII). Así mismo se muestran los resultados del análisis CRETIB realizados en las 31 de las 33 estaciones de monitoreo y en 4 núcleos profundos en el área del proyecto.

IV.3.10.1 Composición química de muestras superficiales

De acuerdo con los resultados obtenidos de la concentración de metales en sedimentos, el rango de variación espaciotemporal para la mayoría de los analitos estuvo dentro de los valores reportados para este tipo de ecosistemas costeros sin afectaciones por perturbaciones antropogénicas (Tabla IV. 27, Tabla IV. 28 y Tabla IV. 29). Los valores fueron contrastados con los valores de la concentración de referencia de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 y con los niveles de toxicidad de la NOAA (Tabla IV. 30), encontrando que en algunas estaciones de los tres periodos de muestreo se superaron los valores de Nivel de Alerta Baja (ERL) establecidos por la NOAA para el As y el Cu, indicando que los sitios presentan un potencial inicial de riesgo ecológico, aunque no significa que necesariamente haya toxicidad aguda inmediata. Para el caso de la normativa mexicana los valores no rebasan el límite. Más adelante en la sección en donde se describen los resultados de CRETIB, se hace referencia a los valores obtenidos de los lixiviados que fueron comparados con la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Tabla IV. 27. Concentración de analitos (mg/kg) en la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2025.

Zona	Estación	As	Cd	Cu	CrVI	Hg	Ni	Pb	Zn	CN	Mg	Mn	Fe
V-I	E-01	5.51	0.44	26.31	2.10	0.02	1.80	0.40	9.66	0.70	981.75	117.81	40.89
	E-02	11.85*	0.33	20.17	1.50	0.07	1.80	0.43	18.33	0.80	1975.05	237.93	77.15
	E-03	6.39	0.41	17.64	1.80	0.03	1.70	0.41	10.09	0.90	995.23	120.12	41.73
	Prom.	**7.92**	**0.39**	**21.37**	**1.8**	**0.04**	**1.77**	**0.41**	**12.69**	**0.8**	**1317.34**	**158.62**	**53.26**
V-II	E-04	6.24	0.42	44.97*	1.70	0.02	1.90	0.44	8.62	0.50	977.90	117.04	37.50
	E-05	4.58	0.32	21.14	2.00	0.03	1.80	0.38	9.24	0.60	966.35	114.73	39.42
	E-06	6.58	0.65	33.77	1.60	0.04	2.00	0.42	10.51	0.87	1012.55	122.43	42.58
	E-07	9.08*	0.33	45.16*	2.85	0.06	1.60	0.45	16.56	0.91	1955.80	234.08	74.77
	E-08	5.93	0.32	35.04	1.46	0.03	1.90	0.37	8.82	0.82	950.95	112.04	39.15
	E-09	10.78*	0.31	39.11*	1.39	0.05	2.10	0.40	21.64	0.90	2025.10	243.32	86.47
	E-10	9.47*	0.34	21.06	1.35	0.08	1.50	0.46	17.40	1.10	1998.15	240.24	78.00
	E-11	6.28	0.63	18.10	1.54	0.03	1.80	0.39	10.01	0.80	979.83	117.81	40.00

CONSULTA PÚBLICA

	Prom.	**7.37**	**0.42**	**32.3**	**1.74**	**0.04**	**1.83**	**0.41**	**12.85**	**0.81**	**1358.33**	**162.71**	**54.74**
V-III	E-12	4.24	0.30	20.02	2.77	0.03	2.20	0.43	8.24	1.10	970.20	116.27	37.65
	E-13	6.04	0.66	21.56	1.27	0.02	1.70	0.38	9.20	0.81	960.58	113.96	39.04
	E-14	6.31	0.65	35.19	3.08	0.03	2.00	0.41	9.32	0.94	987.53	118.20	40.23
	E-15	10.85*	0.32	18.98	3.00	0.05	1.60	0.42	17.86	0.90	1948.10	231.77	76.62
	Prom.	**6.86**	**0.48**	**23.94**	**2.53**	**0.03**	**1.88**	**0.41**	**11.16**	**0.94**	**1216.6**	**145.05**	**48.39**
V-IV	E-16	6.28	0.31	44.12*	1.42	0.03	1.80	0.40	9.28	0.06	981.75	117.81	40.89
	E-17	6.31	0.30	36.96*	1.39	0.03	1.80	0.43	9.36	0.05	987.53	118.97	38.92
	E-18	6.39	0.32	20.91	1.31	0.03	1.70	0.41	10.09	1.00	995.23	120.12	41.73
	E-19	10.39*	0.63	17.98	1.39	0.05	1.90	0.11	16.48	0.80	1955.80	234.08	75.15
	E-20	6.12	0.32	20.02	2.70	0.03	1.80	0.27	9.63	0.90	966.35	114.73	40.23
	E-21	6.58	0.32	20.02	1.39	0.03	2.60	0.32	10.51	0.07	1012.55	122.43	42.00
	Prom.	**7.01**	**0.37**	**26.67**	**1.6**	**0.03**	**1.93**	**0.32**	**10.89**	**0.48**	**1149.87**	**138.02**	**46.49**
FMB	E-24	4.27	0.33	37.96*	1.42	0.04	2.10	0.25	7.89	1.10	977.90	117.04	37.38
	E-25	7.42	0.63	20.52	1.46	0.01	1.50	0.37	10.10	0.10	1225.15	89.54	36.52
	E-26	7.62	0.31	19.52	2.77	0.05	1.30	0.31	8.70	0.70	1200.84	96.38	40.29
	E-27	9.18*	0.34	21.06	1.35	0.04	1.90	0.39	9.30	1.00	1270.05	101.72	39.21
	E-28	6.84	0.32	36.19*	1.54	0.03	1.10	0.28	10.30	0.80	1360.21	87.50	43.15
	Prom.	**7.07**	**0.39**	**27.05**	**1.71**	**0.03**	**1.58**	**0.32**	**9.26**	**0.74**	**1206.83**	**98.44**	**39.31**
FMC	E-29	8.54	0.38	20.02	1.39	0.04	1.00	0.32	9.10	0.04	1235.01	93.01	38.00
	E-30	10.57*	0.42	21.56	1.80	0.03	1.30	0.33	9.00	0.08	1320.10	91.66	41.90
	E-31	8.11	0.45	17.59	2.00	0.04	0.90	0.40	8.80	0.90	1210.90	103.28	42.33
	E-32	3.20	0.38	38.15*	1.60	0.03	0.84	0.27	8.50	0.10	1235.45	98.35	40.09
	E-33	4.57	0.41	16.22	1.90	0.02	1.20	0.250	7.90	0.09	1280.29	88.15	43.85
	Prom.	**6.11**	**0.41**	**22.99**	**1.72**	**0.03**	**0.99**	**0.31**	**8.58**	**0.28**	**1240.41**	**95.7**	**41.07**

Notas: (*) El valor supera el Nivel de Alerta Baja (ERL) establecido por las guías de calidad de sedimentos marinos de la NOAA; (**) El valor supera el Nivel de Toxicidad Media (ERM) de la NOAA; (#) El valor supera la concentración de referencia para suelos agrícolas/residenciales según la NOM-147-SE2MARNAT/SSA1-2004.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 28. Concentración de analitos (mg/kg) en la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026.

Zona	Estación	As	Cd	Cu	CrVI	Hg	Ni	Pb	Zn	CN	Mg	Mn	Fe
V-I	E-01	5.51	0.44	26.31	2.10	0.02	1.80	0.40	9.66	0.70	981.75	117.81	40.89
	E-02	11.85*	0.33	20.17	1.50	0.07	1.80	0.43	18.33	0.80	1975.05	237.93	77.15
	E-03	6.39	0.41	17.64	1.80	0.03	1.70	0.41	10.09	0.90	995.23	120.12	41.73
	Prom.	**7.92**	**0.39**	**21.37**	**1.8**	**0.04**	**1.77**	**0.41**	**12.69**	**0.8**	**1317.34**	**158.62**	**53.26**
V-II	E-04	6.24	0.42	44.97*	1.70	0.02	1.90	0.44	8.62	0.50	977.90	117.04	37.50

	E-05	4.58	0.32	21.14	2.00	0.03	1.80	0.38	9.24	0.60	966.35	114.73	39.42
	E-06	6.58	0.65	33.77	1.60	0.04	2.00	0.42	10.51	0.87	1012.55	122.43	42.58
	E-07	9.08*	0.33	45.16*	2.85	0.06	1.60	0.45	16.56	0.91	1955.80	234.08	74.77
	E-08	5.93	0.32	35.04	1.46	0.03	1.90	0.37	8.82	0.82	950.95	112.04	39.15
	E-09	10.78*	0.31	39.11*	1.39	0.05	2.10	0.40	21.64	0.90	2025.10	243.32	86.47
	E-10	9.47*	0.34	21.06	1.35	0.08	1.50	0.46	17.40	1.10	1998.15	240.24	78.00
	E-11	6.28	0.63	18.10	1.54	0.03	1.80	0.39	10.01	0.80	979.83	117.81	40.00
	Prom.	**7.37**	**0.42**	**32.3**	**1.74**	**0.04**	**1.83**	**0.41**	**12.85**	**0.81**	**1358.33**	**162.71**	**54.74**
V-III	E-12	4.24	0.30	20.02	2.77	0.03	2.20	0.43	8.24	1.10	970.20	116.27	37.65
	E-13	6.04	0.66	21.56	1.27	0.02	1.70	0.38	9.20	0.81	960.58	113.96	39.04
	E-14	6.31	0.65	35.19	3.08	0.03	2.00	0.41	9.32	0.94	987.53	118.20	40.23
	E-15	10.85*	0.32	18.98	3.00	0.05	1.60	0.42	17.86	0.90	1948.10	231.77	76.62
	Prom.	**6.86**	**0.48**	**23.94**	**2.53**	**0.03**	**1.88**	**0.41**	**11.16**	**0.94**	**1216.6**	**145.05**	**48.39**
V-IV	E-16	6.28	0.31	44.12*	1.42	0.03	1.80	0.40	9.28	0.06	981.75	117.81	40.89
	E-17	6.31	0.30	36.96*	1.39	0.03	1.80	0.43	9.36	0.05	987.53	118.97	38.92
	E-18	6.39	0.32	20.91	1.31	0.03	1.70	0.41	10.09	1.00	995.23	120.12	41.73
	E-19	10.39*	0.63	17.98	1.39	0.05	1.90	0.11	16.48	0.80	1955.80	234.08	75.15
	E-20	6.12	0.32	20.02	2.70	0.03	1.80	0.27	9.63	0.90	966.35	114.73	40.23
	E-21	6.58	0.32	20.02	1.39	0.03	2.60	0.32	10.51	0.07	1012.55	122.43	42.00
	Prom.	**7.01**	**0.37**	**26.67**	**1.6**	**0.03**	**1.93**	**0.32**	**10.89**	**0.48**	**1149.87**	**138.02**	**46.49**
FMB	E-24	4.27	0.33	37.96*	1.42	0.04	2.10	0.25	7.89	1.10	977.90	117.04	37.38
	E-25	7.42	0.63	20.52	1.46	0.01	1.50	0.37	10.10	0.10	1225.15	89.54	36.52
	E-26	7.62	0.31	19.52	2.77	0.05	1.30	0.31	8.70	0.70	1200.84	96.38	40.29
	E-27	9.18*	0.34	21.06	1.35	0.04	1.90	0.39	9.30	1.00	1270.05	101.72	39.21
	E-28	6.84	0.32	36.19*	1.54	0.03	1.10	0.28	10.30	0.80	1360.21	87.50	43.15
	Prom.	**7.07**	**0.39**	**27.05**	**1.71**	**0.03**	**1.58**	**0.32**	**9.26**	**0.74**	**1206.83**	**98.44**	**39.31**
FMC	E-29	8.54	0.38	20.02	1.39	0.04	1.00	0.32	9.10	0.04	1235.01	93.01	38.00
	E-30	10.57*	0.42	21.56	1.80	0.03	1.30	0.33	9.00	0.08	1320.10	91.66	41.90
	E-31	8.11	0.45	17.59	2.00	0.04	0.90	0.40	8.80	0.90	1210.90	103.28	42.33
	E-32	3.20	0.38	38.15*	1.60	0.03	0.84	0.27	8.50	0.10	1235.45	98.35	40.09
	E-33	4.57	0.41	16.22	1.90	0.02	1.20	0.250	7.90	0.09	1280.29	88.15	43.85
	Prom.	**6.11**	**0.41**	**22.99**	**1.72**	**0.03**	**0.99**	**0.31**	**8.58**	**0.28**	**1240.41**	**95.7**	**41.07**

Notas: (*) El valor supera el Nivel de Alerta Baja (ERL) establecido por las guías de calidad de sedimentos marinos de la NOAA; (**) El valor supera el Nivel de Toxicidad Media (ERM) de la NOAA; (#) El valor supera la concentración de referencia para suelos agrícolas/residenciales según la NOM-147-SE2MARNAT/SSA1-2004.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 29. Concentración de analitos (mg/kg) en la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026.

Zona	Estación	As	Cd	Cu	CrVI	Hg	Ni	Pb	Zn	CN	Mg	Mn	Fe
V-I	E-01	8.04	0.47	39.32*	2.07	0.06	1.51	0.53	9.92	0.59	514.32	119.05	28.85
	E-02	9.69*	0.39	35.66*	1.23	0.06	1.41	0.64	7.54	0.90	768.17	177.58	40.91
	E-03	8.14	0.44	36.65*	1.37	0.02	1.52	0.65	7.43	0.89	519.52	117.53	31.87
	Prom.	**8.09**	**0.43**	**37.22**	**1.56**	**0.05**	**1.48**	**0.60**	**8.29**	**0.79**	**600.67**	**138.05**	**33.88**
V-II	E-04	8.29*	0.46	46.38*	1.35	0.02	2.19	0.55	8.87	0.58	516.78	119.82	27.64
	E-05	7.49	0.41	38.85*	1.21	0.02	2.47	0.58	7.54	0.90	762.01	174.49	41.47
	E-06	7.69	0.52	39.90*	1.25	0.02	2.17	0.69	7.58	0.91	521.02	117.34	32.30
	E-07	8.43*	0.40	47.26*	1.97	0.02	1.48	0.64	7.43	0.88	1023.92	238.80	51.79
	E-08	7.77	0.42	45.21*	1.78	0.02	1.25	0.69	4.87	0.58	756.48	176.22	36.81
	E-09	8.94*	0.39	41.24*	1.50	0.05	0.19	0.63	7.54	0.90	782.61	180.65	44.54
	E-10	8.60*	0.41	36.02*	1.57	0.06	1.69	0.73	7.53	0.90	771.65	178.37	40.49
	E-11	8.03	0.54	39.23*	1.87	0.05	1.86	0.62	7.37	0.88	514.25	115.97	31.62
	Prom.	**8.16**	**0.44**	**41.77**	**1.56**	**0.03**	**1.66**	**0.64**	**7.34**	**0.82**	**706.09**	**162.71**	**38.33**
V-III	E-12	5.72	0.31	34.80*	1.24	0.05	2.92	0.50	4.92	0.59	509.07	117.32	27.29
	E-13	6.61	0.44	39.02*	0.80	0.06	3.65	0.42	4.94	0.59	746.66	172.96	36.92
	E-14	6.12	0.40	40.07*	1.33	0.04	3.05	0.69	5.00	0.60	512.81	118.09	28.57
	E-15	7.82	0.33	36.39*	1.34	0.05	3.03	0.64	9.83	1.17	771.85	175.46	44.12
	Prom.	**6.57**	**0.37**	**37.58**	**1.18**	**0.05**	**3.16**	**0.56**	**6.17**	**0.74**	**635.10**	**145.96**	**34.23**
V-IV	E-16	6.65	0.30	46.44*	1.22	0.05	2.37	0.44	4.92	0.58	514.52	119.05	28.85
	E-17	6.18	0.27	42.38*	0.59	0.04	1.27	0.17	5.06	0.61	756.06	176.62	36.81
	E-18	6.51	0.29	31.64	1.20	0.04	1.07	0.70	4.98	0.60	510.17	117.53	28.40
	E-19	7.83	0.38	29.66	2.39	0.02	2.00	0.33	8.02	0.81	385.00	178.34	40.20
	E-20	7.04	0.29	32.01	3.83	0.03	4.47	0.53	5.46	0.53	1012.39	115.97	30.03
	E-21	7.09	0.28	24.58	2.29	0.03	4.37	0.44	5.76	0.56	1159.46	106.09	27.46
	Prom.	**6.88**	**0.30**	**34.45**	**1.92**	**0.04**	**2.59**	**0.43**	**5.70**	**0.62**	**722.94**	**135.60**	**31.96**
FMB	E-24	6.27	0.34	31.70	2.51	0.03	3.94	0.62	5.89	0.52	1129.64	106.81	26.18
	E-25	7.63	0.45	28.15	1.34	0.04	1.92	0.23	6.20	0.46	1284.86	95.72	25.72
	E-26	7.26	0.33	23.86	1.81	0.01	1.84	0.32	3.05	0.24	1300.67	91.98	27.44
	E-27	7.84	0.34	25.73	1.18	0.01	1.61	0.29	6.97	0.18	1125.79	162.56	42.73
	E-28	7.57	0.32	33.20	1.40	0.00	1.52	0.28	6.63	0.20	912.46	139.45	45.20
	Prom.	**7.31**	**0.36**	**28.53**	**1.65**	**0.02**	**2.17**	**0.35**	**5.75**	**0.32**	**1150.68**	**119.30**	**33.45**
FMC	E-29	7.61	0.31	24.86	1.17	0.00	1.24	0.25	6.97	0.17	853.80	129.57	41.97
	E-30	4.75	0.23	21.71	0.57	0.01	1.81	0.27	3.49	0.19	888.89	135.49	44.02
	E-31	5.58	0.36	19.74	0.95	0.01	2.18	0.26	6.79	0.18	869.38	131.80	42.65
	E-32	6.86	0.38	20.60	0.96	0.01	1.88	0.38	6.98	0.18	1120.78	161.94	43.33

CONSULTA PÚBLICA

	E-33	4.92	0.38	20.59	1.35	0.01	1.68	0.27	6.64	0.19	890.44	135.70	43.87
	Prom.	**5.94**	**0.33**	**21.50**	**1.00**	**0.01**	**1.76**	**0.28**	**6.17**	**0.18**	**924.66**	**138.90**	**43.17**

Notas: (*) El valor supera el Nivel de Alerta Baja (ERL) establecido por las guías de calidad de sedimentos marinos de la NOAA; (**) El valor supera el Nivel de Toxicidad Media (ERM) de la NOAA; (#) El valor supera la concentración de referencia para suelos agrícolas/residenciales según la NOM-147-SE2MARNAT/SSA1-2004.

Tabla IV. 30. Concentraciones de referencia totales (CRT) señaladas en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 para uso agrícola, residencial, comercial y los valores guía de calidad de sedimentos de la NOAA (SQuiRTs).

	As	Cd	Cu	CrVI	Hg	Ni	Pb	Zn	CN	Mg	Mn	Fe
LIMITE NOM-147-SEMARNAT	22	37	N/E	280	23	1600	400	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
LIMITE NOAA SQUIRTS (ERL)	8.2	1.2	34	81	0.15	20.9	46.7	150	N/E	N/E	N/E	N/E
LIMITE NOAA SQUIRTS (ERM)	70	9.6	270	370	0.71	51.6	218	410	N/E	N/E	N/E	N/E

Para determinar si existían diferencias significativas se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ya que los datos no cumplieron con el criterio de normalidad y una prueba *a posteriori* de Dunn cuando se encontraron diferencias significativas (considerando para ambas una $p<0.05$). Los resultados de las pruebas indicaron diferencias espaciales significativas para los meses de enero y febrero, aunque las diferencias no fueron para los mismos analitos en ambos meses. En enero se encontraron diferencias significativas espaciales en la concentración de Ni, Pb y Mn, siendo los valores de los vasos lagunares mayores a los del frente marino (Figura IV. 372). Los valores de Ni, en el frente marino fue de 0.99 y de 1.58 mg/kg en las estaciones de FMC y de FMB, respectivamente; mientras que, dentro de las estaciones de la laguna, los valores promedio para los vasos estuvieron entre 1.77 y 1.93 mg/kg. Los valores promedio de Pb en los vasos I, II y III, fueron de 0.41 mg/kg, mayores a los reportados en el V-IV y en el frente marino, los cuales en promedio fueron de 0.32 mg/kg para V-IV y para FMB y de 0.31 mg/kg para FMC. En el caso del Mn, los valores más bajos y con menor variación se presentaron en el frente marino (FMB=98.44 y FMC 95.7 mg/kg), mientras que dentro de la laguna los valores promedio para los vasos estuvieron entre 138 y 163 mg/kg.

CONSULTA PÚBLICA

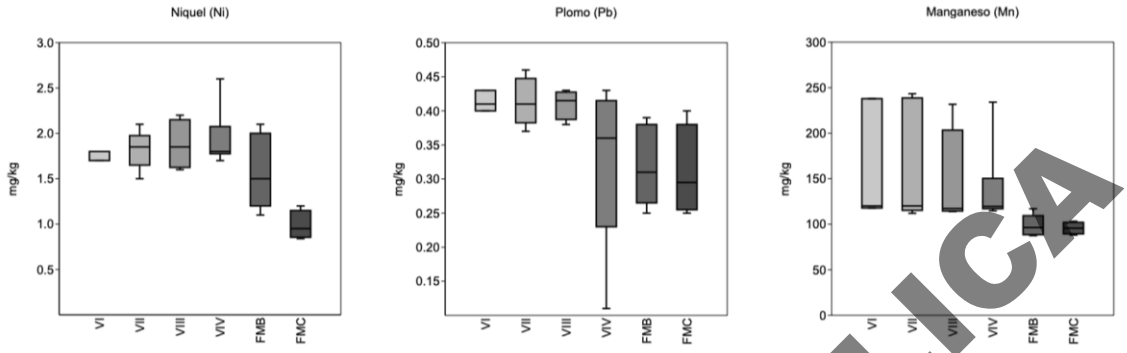
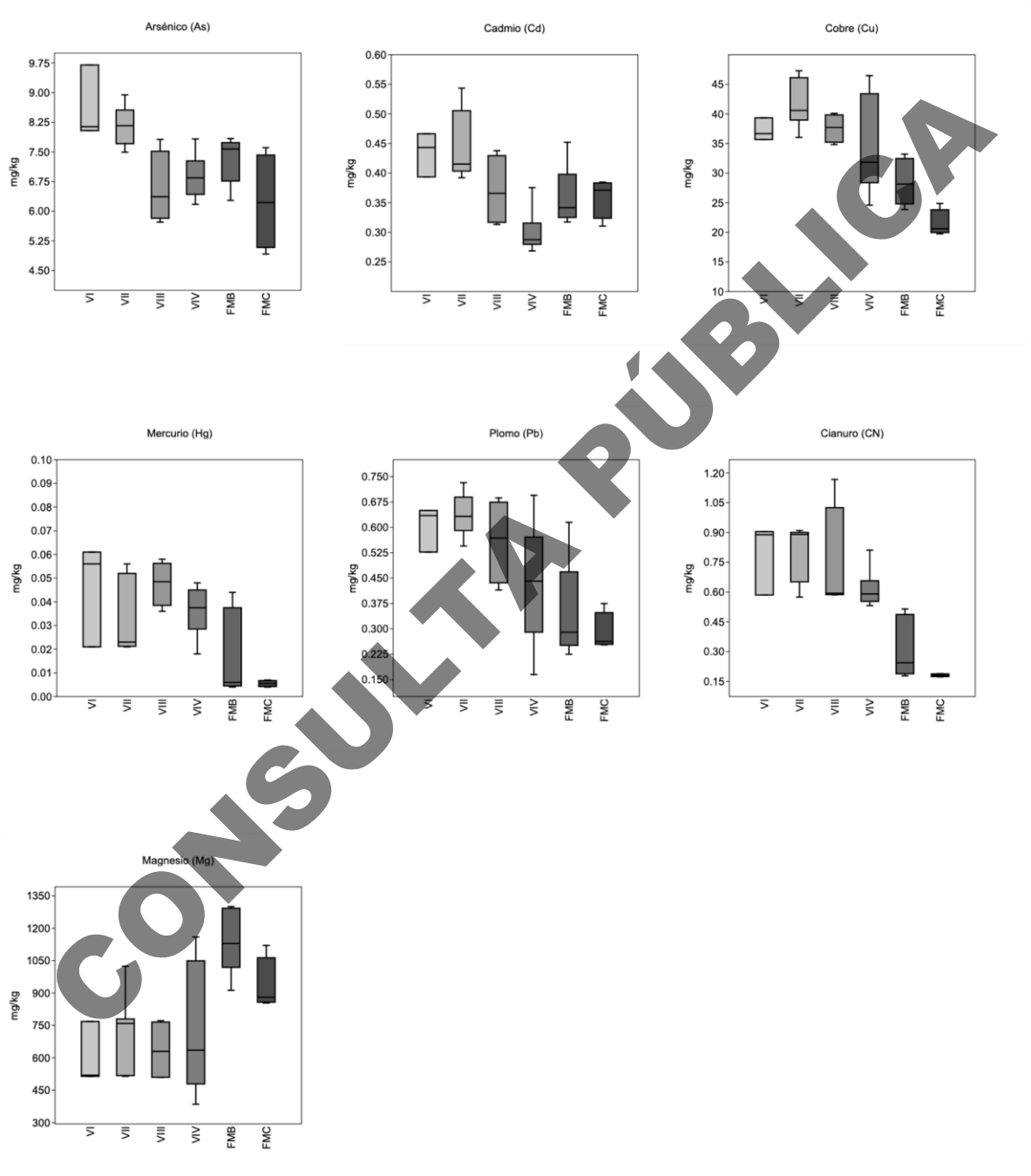


Figura IV. 372. Analitos con diferencias significativas entre las zonas de muestreo durante el mes de enero del 2026 (mg/kg): Níquel, Plomo y Manganeso.

En febrero las diferencias espaciales se encontraron en el As, Cd, Cu, Hg, Pb, CN y Mg. En el caso del As, los valores fueron mayores en los vasos I y II, con valores cercanos a 8 mg/kg, mientras que en los vasos III, IV y el frente marino los valores promedio estuvieron entre 5.94 y 7.31 mg/kg. Igualmente, para el Cd, los valores promedio mayores se presentaron en los vasos I y II (0.43-0.44 mg/kg), mientras que en las otras zonas estuvieron entre 0.30 y 0.37 mg/kg. En el caso del Cu, el Mg y el CN únicamente los valores en FMC fueron significativamente que en otras zonas. En el caso del Pb, las zonas internas de la laguna presentaron los valores más altos, especialmente en los vasos I y II, mientras que el frente marino presentó los valores más bajos, el rango de variación fue de 0.28 a 0.64 mg/kg. Finalmente, el Mg, es el único metal que presentó valores significativamente mayores en el frente marino, encontrando en la zona de FMB un valor promedio de 1150.7 mg/kg y un mínimo de 600.7 mg/kg en el V-I.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 373. Analitos con diferencias significativas entre las zonas de muestreo durante el mes de febrero del 2026 (mg/kg): Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo, Cianuro y Magnesio.

IV.3.10.2 Resultados de análisis CRETIB de muestras superficiales

Tras la evaluación de peligrosidad conforme a los criterios CRETIB aplicada a los sedimentos recolectados en 31 de las 33 estaciones de monitoreo durante el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026, se determinó la **ausencia de propiedades de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B),** esto de acuerdo con las características que definen a un residuo como peligroso listadas en la NOM-052-SEMARNAT-2005. En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos.

Tabla IV. 31 Resultados del análisis de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B) para el mes de diciembre de 2025.

Estación	pH lixiviado	Prueba de corrosion con PECT con lamina de acero SAE 10120 a 328°K (mm/año)	C	R	Presencia de H2S mediante sensor de gas (Valores de H2S en mg por kg de sedimento)	E	T	I	B
E-01	7.2	0.12	No corrosivo	No reactivo	0.08	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-02	7.4	0.18	No corrosivo	No reactivo	0.11	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-03	7.1	0.21	No corrosivo	No reactivo	0.09	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-04	7.5	0.25	No corrosivo	No reactivo	0.14	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-05	7	0.19	No corrosivo	No reactivo	0.12	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-06	7.3	0.23	No corrosivo	No reactivo	0.18	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-07	6.9	0.27	No corrosivo	No reactivo	0.21	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-08	7.4	0.31	No corrosivo	No reactivo	0.25	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-09	7.2	0.29	No corrosivo	No reactivo	0.19	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-10	7.6	0.34	No corrosivo	No reactivo	0.27	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-11	7.1	0.38	No corrosivo	No reactivo	0.32	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-12	7.3	0.41	No corrosivo	No reactivo	0.29	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-13	7	0.55	No corrosivo	No reactivo	0.35	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-14	7.5	0.59	No corrosivo	No reactivo	1.02	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-15	6.8	0.62	No corrosivo	No reactivo	1.09	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-16	7.4	0.57	No corrosivo	No reactivo	1.15	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-17	7.2	0.64	No corrosivo	No reactivo	1.23	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-18	7.6	0.68	No corrosivo	No reactivo	1.31	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No

CONSULTA PÚBLICA

E-19	7.1	0.71	No corrosivo	No reactivo	1.38	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-20	7.3	0.66	No corrosivo	No reactivo	1.44	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-21	6.9	0.73	No corrosivo	No reactivo	0.71	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-24	7.4	0.77	No corrosivo	No reactivo	0.66	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-25	7	0.69	No corrosivo	No reactivo	0.79	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-26	7.5	0.63	No corrosivo	No reactivo	0.83	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-27	7.2	0.36	No corrosivo	No reactivo	0.91	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-28	7.6	0.33	No corrosivo	No reactivo	0.88	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-29	7.1	0.4	No corrosivo	No reactivo	0.41	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-30	7.3	0.45	No corrosivo	No reactivo	0.38	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-31	6.9	0.49	No corrosivo	No reactivo	0.47	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-32	7.4	0.52	No corrosivo	No reactivo	0.52	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-33	7	0.47	No corrosivo	No reactivo	0.49	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No

Tabla IV. 32 Resultados del análisis de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B) para el mes de enero de 2026.

Estación	pH lixiviado	Prueba de corrosion con PECT con lamina de acero SAE 10120 a 328°K (mm/año)	C	R	Presencia de H2S mediante sensor de gas (Valores de H2S en mg por kg de sedimento)	E	T	I	B
E-01	7.4	0.15	No corrosivo	No reactivo	0.12	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-02	7.2	0.16	No corrosivo	No reactivo	0.15	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-03	6.8	0.31	No corrosivo	No reactivo	0.25	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-04	6.8	0.1	No corrosivo	No reactivo	0.33	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-05	7.2	0.21	No corrosivo	No reactivo	0.12	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-06	7.5	0.14	No corrosivo	No reactivo	0.2	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-07	7.3	0.28	No corrosivo	No reactivo	0.29	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-08	7.5	0.11	No corrosivo	No reactivo	0.15	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-09	6.9	0.3	No corrosivo	No reactivo	0.44	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-10	6.7	0.12	No corrosivo	No reactivo	0.27	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No

CONSULTA PÚBLICA

E-11	6.2	0.22	No corrosivo	No reactivo	0.5	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-12	7.2	0.09	No corrosivo	No reactivo	0.34	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-13	7.6	0.08	No corrosivo	No reactivo	0.87	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-14	7.2	0.18	No corrosivo	No reactivo	0.91	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-15	6.5	0.55	No corrosivo	No reactivo	0.99	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-16	6.3	0.61	No corrosivo	No reactivo	1.18	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-17	6.6	0.58	No corrosivo	No reactivo	1.2	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-18	6.8	0.33	No corrosivo	No reactivo	1.26	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-19	6.5	0.62	No corrosivo	No reactivo	1.24	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-20	6.7	0.61	No corrosivo	No reactivo	1.32	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-21	6.9	0.37	No corrosivo	No reactivo	0.88	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-24	7.8	0.2	No corrosivo	No reactivo	0.86	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-25	7.5	0.19	No corrosivo	No reactivo	0.95	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-26	6.6	0.24	No corrosivo	No reactivo	1.15	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-27	6.8	0.33	No corrosivo	No reactivo	1.18	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-28	7.4	0.14	No corrosivo	No reactivo	0.73	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-29	6.1	0.35	No corrosivo	No reactivo	0.66	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-30	6.4	0.4	No corrosivo	No reactivo	0.52	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-31	6.5	0.24	No corrosivo	No reactivo	0.62	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-32	6.5	0.38	No corrosivo	No reactivo	0.81	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-33	6.6	0.39	No corrosivo	No reactivo	0.8	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 33 Resultados del análisis de Corrosividad (C), Reactividad (R), Explosividad (E), Toxicidad (T), Inflamabilidad y Biológico-Infecciosas (B) para el mes de febrero de 2026.

Estación	pH lixiviado	Prueba de corrosion con PECT con lamina de acero SAE 10120 a 328°K (mm/año)	C	R	Presencia de H2S mediante sensor de gas (Valores de H2S en mg por kg de sedimento)	E	T	I	B
E-01	7.6	0.31	No corrosivo	No reactivo	0.33	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-02	6.2	0.43	No corrosivo	No reactivo	0.4	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No

E-03	7.1	0.24	No corrosivo	No reactivo	0.35	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-04	6.2	0.31	No corrosivo	No reactivo	0.35	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-05	6.6	0.4	No corrosivo	No reactivo	0.31	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-06	7	0.25	No corrosivo	No reactivo	0.33	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-07	6.2	0.35	No corrosivo	No reactivo	0.35	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-08	6.2	0.24	No corrosivo	No reactivo	0.29	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-09	7.7	0.32	No corrosivo	No reactivo	0.28	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-10	7.1	0.3	No corrosivo	No reactivo	0.25	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-11	7.6	0.25	No corrosivo	No reactivo	0.27	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-12	5.9	0.35	No corrosivo	No reactivo	0.31	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-13	6.8	0.3	No corrosivo	No reactivo	0.33	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-14	8	0.25	No corrosivo	No reactivo	0.35	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-15	6.3	0.2	No corrosivo	No reactivo	0.25	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-16	6.3	0.25	No corrosivo	No reactivo	0.27	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-17	6.9	0.33	No corrosivo	No reactivo	0.28	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-18	7.4	0.42	No corrosivo	No reactivo	0.29	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-19	7.4	0.53	No corrosivo	No reactivo	1.3	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-20	6.5	0.56	No corrosivo	No reactivo	1.3	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-21	6.7	0.45	No corrosivo	No reactivo	1.5	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-24	5.9	0.67	No corrosivo	No reactivo	1.5	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-25	6.5	0.8	No corrosivo	No reactivo	1.6	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-26	6.8	0.71	No corrosivo	No reactivo	1.4	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-27	6.6	0.62	No corrosivo	No reactivo	1.5	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-28	8.7	0.74	No corrosivo	No reactivo	1.6	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-29	5.8	0.83	No corrosivo	No reactivo	1.8	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-30	5.7	0.62	No corrosivo	No reactivo	1.7	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-31	8	0.65	No corrosivo	No reactivo	1.8	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-32	7.5	0.82	No corrosivo	Reactivo	2.0	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No
E-33	7.7	0.71	No corrosivo	No reactivo	1.9	No explosivo	No tóxico	No inflamable	No

CONSULTA PÚBLICA

A continuación, se presentan los resultados del extracto PECT de los constituyentes tóxicos inorgánicos (metales), orgánicos semivolátiles y volátiles. En todos los casos los valores encontrados se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible.

Tabla IV. 34 Concentración de metales (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	As	Cd	CrVI	Hg	Pb
V-I	E-01	0.003	1.68E-04	7.20E-04	1.60E-05	1.36E-04
	E-02	0.002	1.60E-04	6.80E-04	4.00E-06	8.40E-05
	E-03	0.002	1.72E-04	7.60E-04	2.00E-05	7.20E-05
	Prom.	**0.003**	**1.67E-04**	**7.20E-04**	**1.33E-05**	**9.73E-05**
V-II	E-04	0.003	1.64E-04	7.20E-04	1.60E-05	9.60E-05
	E-05	0.003	1.76E-04	8.00E-04	4.00E-06	6.80E-05
	E-06	0.001	1.52E-04	6.40E-04	1.20E-05	1.28E-04
	E-07	0.003	1.68E-04	7.60E-04	2.00E-05	1.40E-04
	E-08	0.002	1.80E-04	8.40E-04	1.60E-05	1.08E-04
	E-09	0.003	1.48E-04	6.00E-04	1.60E-05	1.24E-04
	E-10	0.002	1.60E-04	7.20E-04	4.00E-06	1.32E-04
	E-11	0.002	1.84E-04	8.80E-04	2.40E-05	1.52E-04
	Prom.	**0.002**	**1.67E-04**	**7.45E-04**	**1.40E-05**	**1.19E-04**
V-III	E-12	0.003	1.56E-04	6.80E-04	1.20E-05	8.80E-05
	E-13	0.001	1.72E-04	8.00E-04	2.00E-05	1.44E-04
	E-14	0.003	1.52E-04	6.40E-04	4.00E-06	8.40E-05
	E-15	0.003	1.64E-04	7.20E-04	1.20E-05	1.36E-04
	Prom.	**0.003**	**1.61E-04**	**7.10E-04**	**1.20E-05**	**1.13E-04**
V-IV	E-16	0.002	1.68E-04	7.20E-04	8.00E-06	1.36E-04
	E-17	0.003	1.60E-04	6.80E-04	8.00E-06	1.32E-04
	E-18	0.003	1.72E-04	7.60E-04	2.00E-05	1.40E-04
	E-19	0.003	1.64E-04	7.20E-04	1.60E-05	1.36E-04
	E-20	0.002	1.76E-04	8.00E-04	1.20E-05	1.04E-04
	E-21	0.003	1.52E-04	6.40E-04	1.60E-05	1.28E-04
	Prom.	**0.003**	**1.65E-04**	**7.20E-04**	**1.33E-05**	**1.29E-04**
FMB	E-24	0.003	1.68E-04	7.60E-04	4.00E-06	1.00E-04
	E-25	0.001	1.80E-04	8.40E-04	2.40E-05	1.48E-04
	E-26	0.003	1.48E-04	6.00E-04	1.60E-05	1.24E-04
	E-27	0.003	1.60E-04	7.20E-04	8.00E-06	1.32E-04

CONSULTA PÚBLICA

Zona	Estación	As	Cd	CrVI	Hg	Pb
	E-28	0.002	1.84E-04	8.80E-04	2.40E-05	1.12E-04
	Prom.	**0.003**	**1.68E-04**	**7.60E-04**	**1.52E-05**	**1.23E-04**
FMC	E-29	0.003	1.56E-04	6.80E-04	1.60E-05	1.28E-04
	E-30	0.003	1.72E-04	8.00E-04	2.00E-05	1.44E-04
	E-31	0.002	1.52E-04	6.40E-04	8.00E-06	9.60E-05
	E-32	0.003	1.64E-04	7.20E-04	1.60E-05	1.20E-04
	E-33	0.002	1.76E-04	4.40E-04	1.20E-05	8.40E-05
	Prom.	**0.003**	**1.64E-04**	**6.56E-04**	**1.44E-05**	**1.14E-04**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		**5.00**	**1.00**	**5.00**	**0.2**	**5.00**

Tabla IV. 35 Concentración de metales (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	As	Cd	CrVI	Hg	Pb
V-I	E-01	0.002	1.74E-04	8.40E-04	9.24E-06	1.60E-04
	E-02	0.005	1.33E-04	6.00E-04	2.77E-05	1.72E-04
	E-03	0.003	1.64E-04	7.20E-04	1.39E-05	1.64E-04
	Prom.	**0.003**	**1.57E-04**	**7.20E-04**	**1.69E-05**	**1.65E-04**
V-II	E-04	0.0025	1.68E-04	6.80E-04	7.72E-06	1.76E-04
	E-05	0.0018	1.28E-04	8.00E-04	1.23E-05	1.52E-04
	E-06	0.0026	2.59E-04	6.40E-04	1.70E-05	1.68E-04
	E-07	0.0036	1.31E-04	1.14E-03	2.46E-05	1.80E-04
	E-08	0.0024	1.26E-04	5.85E-04	1.23E-05	1.48E-04
	E-09	0.0043	1.23E-04	5.54E-04	2.16E-05	1.60E-04
	E-10	0.0038	1.34E-04	5.39E-04	3.08E-05	1.84E-04
	E-11	0.0025	2.53E-04	6.16E-04	1.23E-05	1.56E-04
	Prom.	**0.003**	**1.65E-04**	**6.94E-04**	**1.73E-05**	**1.66E-04**
V-III	E-12	0.0017	1.19E-04	1.11E-03	1.39E-05	1.72E-04
	E-13	0.0024	2.65E-04	5.08E-04	7.72E-06	1.52E-04
	E-14	0.0025	2.62E-04	1.23E-03	1.08E-05	1.64E-04
	E-15	0.0043	1.26E-04	1.20E-03	1.85E-05	1.68E-04
	Prom.	**0.003**	**1.93E-04**	**1.01E-03**	**1.27E-05**	**1.64E-04**
V-IV	E-16	0.0025	1.25E-04	5.70E-04	1.08E-05	1.60E-04
	E-17	0.0025	1.22E-04	5.54E-04	1.39E-05	1.72E-04
	E-18	0.0026	1.28E-04	5.24E-04	1.39E-05	1.64E-04
	E-19	0.0042	2.53E-04	5.54E-04	2.16E-05	4.40E-05

CONSULTA PÚBLICA

Zona	Estación	As	Cd	CrVI	Hg	Pb
	E-20	0.0024	1.28E-04	1.08E-03	1.39E-05	1.08E-04
	E-21	0.0026	1.29E-04	5.54E-04	1.08E-05	1.28E-04
	Prom.	**0.003**	**1.47E-04**	**6.39E-04**	**1.41E-05**	**1.29E-04**
FMB	E-24	0.0017	1.31E-04	5.70E-04	1.54E-05	1.00E-04
	E-25	0.0030	2.53E-04	5.85E-04	4.00E-06	1.48E-04
	E-26	0.0030	1.23E-04	1.11E-03	2.00E-05	1.24E-04
	E-27	0.0037	1.34E-04	5.39E-04	1.60E-05	1.56E-04
	E-28	0.0027	1.26E-04	6.16E-04	1.00E-05	1.12E-04
	Prom.	**0.003**	**1.53E-04**	**6.84E-04**	**1.31E-05**	**1.28E-04**
FMC	E-29	0.0034	1.52E-04	5.54E-04	1.60E-05	1.28E-04
	E-30	0.0042	1.68E-04	7.20E-04	1.00E-05	1.32E-04
	E-31	0.0032	1.81E-04	8.00E-04	1.60E-05	1.60E-04
	E-32	0.0013	1.52E-04	6.40E-04	1.20E-05	1.08E-04
	E-33	0.0018	1.63E-04	7.60E-04	8.00E-06	1.00E-04
	Prom.	**0.003**	**1.63E-04**	**6.95E-04**	**1.24E-05**	**1.26E-04**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		**5.00**	**1.00**	**5.00**	**0.2**	**5.00**

Tabla IV. 36 Concentración de metales (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	As	Cd	CrVI	Hg	Pb
V-I	E-01	0.003	1.87E-04	8.29E-04	2.47E-05	2.11E-04
	E-02	0.004	1.57E-04	4.92E-04	2.25E-05	2.54E-04
	E-03	0.003	1.77E-04	5.49E-04	8.60E-06	2.60E-04
	Prom.	**0.003**	**1.74E-04**	**6.23E-04**	**1.86E-05**	**2.42E-04**
V-II	E-04	0.003	1.84E-04	5.42E-04	9.00E-06	2.18E-04
	E-05	0.003	1.64E-04	4.82E-04	9.36E-06	2.33E-04
	E-06	0.003	2.08E-04	5.02E-04	8.60E-06	2.76E-04
	E-07	0.003	1.61E-04	7.87E-04	8.68E-06	2.56E-04
	E-08	0.003	1.68E-04	7.13E-04	9.56E-06	2.75E-04
	E-09	0.004	1.57E-04	5.98E-04	2.16E-05	2.50E-04
	E-10	0.003	1.62E-04	6.28E-04	2.25E-05	2.93E-04

CONSULTA PÚBLICA

	E-11	0.003	2.17E-04	7.47E-04	1.87E-05	2.47E-04
	Prom.	**0.003**	**1.78E-04**	**6.25E-04**	**1.35E-05**	**2.56E-04**
V-III	E-12	0.002	1.25E-04	4.97E-04	2.06E-05	2.00E-04
	E-13	0.003	1.75E-04	3.21E-04	2.32E-05	1.66E-04
	E-14	0.002	1.62E-04	5.32E-04	1.44E-05	2.75E-04
	E-15	0.003	1.31E-04	5.35E-04	1.84E-05	2.55E-04
	Prom.	**0.003**	**1.48E-04**	**4.71E-04**	**1.92E-05**	**2.24E-04**
V-IV	E-16	0.003	1.18E-04	4.86E-04	1.92E-05	1.77E-04
	E-17	0.002	1.07E-04	2.34E-04	1.72E-05	6.60E-05
	E-18	0.003	1.15E-04	4.79E-04	1.76E-05	2.78E-04
	E-19	0.003	1.50E-04	9.57E-04	7.20E-06	1.33E-04
	E-20	0.003	1.15E-04	1.53E-03	1.30E-05	2.12E-04
	E-21	0.003	1.13E-04	9.17E-04	1.28E-05	1.76E-04
	Prom.	**0.003**	**1.20E-04**	**7.68E-04**	**1.45E-05**	**1.74E-04**
FMB	E-24	0.003	1.37E-04	1.00E-03	1.24E-05	2.46E-04
	E-25	0.003	1.81E-04	5.35E-04	1.78E-05	9.00E-05
	E-26	0.003	1.33E-04	7.26E-04	2.08E-06	1.29E-04
	E-27	0.003	1.38E-04	4.71E-04	2.56E-06	1.16E-04
	E-28	0.003	1.27E-04	5.60E-04	1.96E-06	1.11E-04
	Prom.	**0.003**	**1.43E-04**	**6.59E-04**	**7.37E-06**	**1.38E-04**
FMC	E-29	0.003	1.24E-04	4.69E-04	1.92E-06	1.01E-04
	E-30	0.002	9.16E-05	2.27E-04	2.20E-06	1.07E-04
	E-31	0.002	1.45E-04	3.81E-04	2.84E-06	1.04E-04
	E-32	0.003	1.52E-04	3.85E-04	2.56E-06	1.50E-04
	E-33	0.002	1.54E-04	5.42E-04	2.28E-06	1.07E-04
	Prom.	**0.002**	**1.33E-04**	**4.01E-04**	**2.36E-06**	**1.14E-04**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		**5.00**	**1.00**	**5.00**	**0.2**	**5.00**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 37 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	Acido_2_4_D	Clordano	Cresol	Dinitrotolueno_2_4	Endrin	Heptacloro
V-I	E-01	4E-10	4E-10	0	4E-11	0	2.32E-09
	E-02	7.2E-10	4E-10	0	8E-11	0	1.36E-09
	E-03	0	5.2E-10	0	4E-11	2.4E-09	3.88E-09
	Prom.	**3.73E-10**	**4.40E-10**	**0**	**5.33E-11**	**8.00E-10**	**2.52E-09**
V-II	E-04	1.2E-09	4.4E-10	0	4E-11	0	2.08E-09
	E-05	0	4.4E-10	0	8E-11	0	2.16E-09
	E-06	9.6E-10	5.6E-10	0	8E-11	1.2E-10	1.92E-09
	E-07	0	4E-10	0	8E-11	0	1.4E-09
	E-08	0	4.4E-10	4E-11	1.6E-10	1.84E-09	2.36E-09
	E-09	8E-11	4E-10	0	1.6E-10	2.88E-09	8.4E-10
	E-10	0	4.8E-10	0	2E-10	1.12E-09	3.16E-09
	E-11	4E-11	5.2E-10	0	2E-10	6E-10	3.16E-09
	Prom.	**2.85E-10**	**4.60E-10**	**5.00E-12**	**1.25E-10**	**8.20E-10**	**2.14E-09**
V-III	E-12	8E-11	5.2E-10	0	0	3.36E-09	3.08E-09
	E-13	1.6E-10	5.2E-10	4E-11	3.6E-10	1.08E-09	1.44E-09
	E-14	8E-11	5.6E-10	4E-11	3.6E-10	6.8E-10	3.12E-09
	E-15	0	5.6E-10	0	0	0	1.76E-09
	Prom.	**8.00E-11**	**5.40E-10**	**2.00E-11**	**1.80E-10**	**1.28E-09**	**2.35E-09**
V-IV	E-16	4E-11	6E-10	0	3.2E-10	0	2.4E-10
	E-17	1.2E-10	6E-10	0	3.2E-10	0	3.84E-09
	E-18	3.6E-10	2.8E-10	2E-10	2.36E-09	2.04E-09	0
	E-19	1.2E-10	3.72E-09	6E-10	4.8E-10	4E-11	1.6E-09
	E-20	3.16E-09	3.6E-10	2.92E-09	2.76E-09	3.24E-09	2.4E-09
	E-21	1.36E-09	1.88E-09	1.92E-09	2.84E-09	3.6E-09	4.8E-10
	Prom.	**8.60E-10**	**1.24E-09**	**9.40E-10**	**1.51E-09**	**1.49E-09**	**1.43E-09**
FMB	E-24	2.4E-09	3.2E-09	3.44E-09	1.96E-09	0	2.72E-09
	E-25	3.44E-09	2.76E-09	0	1.76E-09	3.16E-09	2.2E-09
	E-26	3.64E-09	0	3.72E-09	1.6E-09	3.04E-09	2.2E-09
	E-27	0	7.6E-10	4.4E-10	7.2E-10	0	6.4E-10
	E-28	2.52E-09	2.6E-09	2.32E-09	9.2E-10	2.04E-09	9.2E-10
	Prom.	**2.40E-09**	**1.86E-09**	**1.98E-09**	**1.39E-09**	**1.65E-09**	**1.74E-09**
FMC	E-29	4E-10	6E-10	0	9.6E-10	2.92E-09	3.2E-09
	E-30	0	1.2E-09	1.4E-09	2.56E-09	1.24E-09	1.92E-09

CONSULTA PÚBLICA

	E-31	8E-10	3.36E-09	3.12E-09	2.08E-09	1.96E-09	2.96E-09
	E-32	0	4.4E-10	3.16E-09	3.48E-09	6E-10	8.8E-10
	E-33	0	4E-11	2.52E-09	3.6E-09	2.36E-09	3.24E-09
	Prom.	**2.40E-10**	**1.13E-09**	**2.04E-09**	**2.54E-09**	**1.82E-09**	**2.44E-09**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.5	0.03	200	0.13	0.02	0.008

Continuación Tabla IV. 37. Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	Lindano	Metoxicloro	Nitrobenceno	Pentaclorofenol	Toxafeno	Triclorofenol_2_4_6
V-I	E-01	8E-10	2.88E-09	1.6E-09	8.8E-10	3.96E-09	1.2E-10
	E-02	1.76E-09	3.2E-09	0	1.6E-09	3.24E-09	2.76E-09
	E-03	3.2E-10	2.36E-09	0	3.08E-09	0	1.00E-09
	Prom.	**9.60E-10**	**2.81E-09**	**5.33E-10**	**1.85E-09**	**2.40E-09**	**1.29E-09**
V-II	E-04	3.96E-09	2.16E-09	2.96E-09	6E-10	2.56E-09	1.4E-09
	E-05	5.6E-10	1.64E-09	3.16E-09	8.8E-10	3.8E-09	1.56E-09
	E-06	3.96E-09	1.16E-09	1.36E-09	3.04E-09	2.84E-09	3.84E-09
	E-07	1.04E-09	2.08E-09	3.8E-09	0	3.84E-09	2.56E-09
	E-08	8E-10	8E-10	3.04E-09	3.64E-09	3.52E-09	2.28E-09
	E-09	0	4.8E-10	3.04E-09	0	2.24E-09	0
	E-10	3.56E-09	7.6E-10	1.36E-09	3.16E-09	2.68E-09	1.04E-09
	E-11	7.6E-10	3.28E-09	1.68E-09	6E-10	1.24E-09	2.4E-09
	Prom.	**1.83E-09**	**1.55E-09**	**2.55E-09**	**1.49E-09**	**2.84E-09**	**1.89E-09**
V-III	E-12	1.2E-10	6.4E-10	0	1.24E-09	8.4E-10	2.28E-09
	E-13	7.2E-10	3.00E-09	2.68E-09	3.08E-09	0	0
	E-14	0	3.2E-10	0	1.92E-09	1.48E-09	6.4E-10
	E-15	1.84E-09	1.56E-09	2.64E-09	3.96E-09	1.76E-09	0
	Prom.	**6.70E-10**	**1.38E-09**	**1.33E-09**	**2.55E-09**	**1.02E-09**	**7.30E-10**
V-IV	E-16	2.84E-09	2.84E-09	4.8E-10	3.72E-09	3.4E-09	2.44E-09
	E-17	2.44E-09	9.6E-10	1.52E-09	1.2E-09	3.04E-09	1.4E-09
	E-18	7.6E-10	3.92E-09	9.2E-10	2.36E-09	2.48E-09	1.04E-09
	E-19	1.04E-09	0	0	6.4E-10	2.56E-09	1.44E-09
	E-20	2.84E-09	1.92E-09	2.92E-09	0	7.6E-10	3.12E-09
	E-21	2.2E-09	0	3.24E-09	3.52E-09	2.44E-09	4.00E-09
	Prom.	**2.02E-09**	**1.61E-09**	**1.51E-09**	**1.91E-09**	**2.45E-09**	**2.24E-09**
FMB	E-24	1.08E-09	1.44E-09	2.96E-09	9.2E-10	8.8E-10	4.4E-10

CONSULTA PÚBLICA

	E-25	1.56E-09	2.72E-09	1.24E-09	1.4E-09	4.00E-09	4.00E-09
	E-26	2.72E-09	2.28E-09	1.48E-09	2.84E-09	3.4E-09	3.96E-09
	E-27	3.84E-09	3.00E-09	3.56E-09	3.16E-09	3.56E-09	1.96E-09
	E-28	2.48E-09	1.2E-10	8.8E-10	2.56E-09	2.76E-09	5.6E-10
	Prom.	**2.34E-09**	**1.91E-09**	**2.02E-09**	**2.18E-09**	**2.92E-09**	**2.18E-09**
FMC	E-29	1.6E-09	2.84E-09	8.4E-10	6.8E-10	0	3.44E-09
	E-30	2.44E-09	1.6E-10	3.92E-09	3.12E-09	2.36E-09	3.32E-09
	E-31	1.16E-09	3.56E-09	1.52E-09	3.36E-09	3.24E-09	1.04E-09
	E-32	2.8E-09	8.8E-10	3.12E-09	2.72E-09	1.92E-09	1.6E-10
	E-33	5.2E-10	3.2E-09	4E-10	3.24E-09	1.28E-09	1.76E-09
	Prom.	**1.70E-09**	**2.13E-09**	**1.96E-09**	**2.62E-09**	**1.76E-09**	**1.94E-09**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.3	10	2	100	0.5	2

Tabla IV. 38 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	Acido_2_4_D	Clordano	Cresol	Dinitrotolueno_2_4	Endrin	Heptacloro
V-I	E-01	0	0	2.00E-06	2.20E-06	4.20E-06	2.70E-06
	E-02	5.30E-06	1.90E-06	0	0	4.20E-06	2.00E-06
	E-03	5.00E-06	0	3.80E-06	2.30E-06	5.00E-06	3.30E-06
	Prom.	**3.43E-06**	**6.33E-07**	**1.93E-06**	**1.50E-06**	**4.47E-06**	**2.67E-06**
V-II	E-04	2.80E-06	3.40E-06	3.50E-06	3.30E-06	0	0.00E+00
	E-05	3.20E-06	0	2.00E-06	3.40E-06	2.00E-07	4.40E-06
	E-06	3.90E-06	0	4.50E-06	5.20E-06	8.00E-07	4.40E-06
	E-07	0	0	2.10E-06	5.40E-06	9.00E-07	4.30E-06
	E-08	0	2.90E-06	3.00E-06	0	4.50E-06	2.00E-06
	E-09	0	3.90E-06	0	5.40E-06	5.20E-06	4.40E-06
	E-10	2.30E-06	0	0	0	3.60E-06	2.50E-06
	E-11	0	2.10E-06	0	3.90E-06	3.90E-06	3.00E-07
	Prom.	**1.53E-06**	**1.54E-06**	**1.89E-06**	**3.33E-06**	**2.39E-06**	**2.79E-06**
V-III	E-12	2.50E-06	3.30E-06	4.20E-06	5.00E-06	7.00E-07	5.40E-06
	E-13	0	0	0	3.30E-06	2.90E-06	0
	E-14	6.50E-06	3.80E-06	0	4.10E-06	0	7.50E-06
	E-15	6.70E-06	0	6.10E-06	8.10E-06	5.90E-06	7.00E-07
	Prom.	**3.93E-06**	**1.78E-06**	**2.58E-06**	**5.13E-06**	**2.38E-06**	**3.40E-06**
V-IV	E-16	2.40E-06	3.50E-06	7.30E-06	5.00E-07	7.90E-06	7.90E-06

CONSULTA PÚBLICA

	E-17	4.10E-06	3.30E-06	6.00E-06	2.00E-07	6.90E-06	8.30E-06
	E-18	5.40E-06	5.70E-06	5.60E-06	6.20E-06	7.60E-06	5.70E-06
	E-19	4.40E-06	5.10E-06	6.00E-06	6.90E-06	2.00E-07	7.00E-06
	E-20	3.00E-06	3.20E-06	8.10E-06	7.50E-06	2.20E-06	3.90E-06
	E-21	3.50E-06	2.00E-06	1.30E-06	1.70E-06	7.70E-06	8.90E-06
	Prom.	**3.80E-06**	**3.80E-06**	**5.72E-06**	**3.83E-06**	**5.42E-06**	**6.95E-06**
FMB	E-24	8.00E-07	6.90E-06	4.10E-06	2.20E-06	7.90E-06	2.30E-06
	E-25	6.80E-06	8.30E-06	8.30E-06	6.00E-06	3.10E-06	7.80E-06
	E-26	6.60E-06	4.70E-06	3.80E-06	3.40E-06	8.00E-06	0
	E-27	9.00E-07	7.70E-06	4.20E-06	4.50E-06	5.90E-06	3.40E-06
	E-28	3.20E-06	2.50E-06	4.10E-06	1.90E-06	3.70E-06	7.40E-06
	Prom.	**3.66E-06**	**6.02E-06**	**4.90E-06**	**3.60E-06**	**5.72E-06**	**4.18E-06**
FMC	E-29	2.30E-06	8.00E-06	6.00E-06	5.70E-06	3.60E-06	5.00E-07
	E-30	1.70E-06	3.60E-06	5.40E-06	0	7.60E-06	7.50E-06
	E-31	8.20E-06	8.70E-06	4.60E-06	2.20E-06	2.30E-06	2.50E-06
	E-32	5.40E-06	7.00E-07	6.10E-06	2.80E-06	3.30E-06	8.00E-06
	E-33	8.70E-06	7.50E-06	1.80E-06	1.00E-07	7.80E-06	2.00E-06
	Prom.	**5.26E-06**	**5.70E-06**	**4.78E-06**	**2.16E-06**	**4.92E-06**	**4.10E-06**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.5	0.03	200	0.13	0.02	0.008

Continuación Tabla IV. 38 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	Lindano	Metoxicloro	Nitrobenceno	Pentaclorofenol	Toxafeno	Triclorofenol_2_4_6
V-I	E-01	5.50E-06	0	1.90E-06	4.20E-06	4.00E-06	5.40E-06
	E-02	0	2.90E-06	5.30E-06	2.60E-06	5.40E-06	3.60E-06
	E-03	0	0	4.20E-06	5.10E-06	4.90E-06	3.20E-06
	Prom.	**1.83E-06**	**9.67E-07**	**3.80E-06**	**3.97E-06**	**4.77E-06**	**4.07E-06**
V-II	E-04	0	0	4.30E-06	4.30E-06	3.10E-06	3.40E-06
	E-05	5.00E-06	0	1.90E-06	4.40E-06	3.80E-06	4.10E-06
	E-06	1.00E-06	4.60E-06	2.40E-06	0	0	0
	E-07	1.00E-07	9.00E-07	0	1.10E-06	2.40E-06	9.00E-07
	E-08	1.00E-06	4.20E-06	3.70E-06	1.70E-06	1.20E-06	4.70E-06
	E-09	0	5.00E-07	0	2.70E-06	2.10E-06	1.50E-06
	E-10	2.60E-06	2.20E-06	3.70E-06	5.60E-06	2.40E-06	9.00E-07
	E-11	4.00E-06	4.00E-06	7.00E-07	5.20E-06	4.80E-06	3.40E-06

CONSULTA PÚBLICA

	Prom.	**1.71E-06**	**2.05E-06**	**2.09E-06**	**3.13E-06**	**2.48E-06**	**2.36E-06**
V-III	E-12	3.40E-06	1.40E-06	2.20E-06	1.70E-06	4.30E-06	2.00E-06
	E-13	0	5.50E-06	0	3.30E-06	3.50E-06	1.50E-06
	E-14	2.80E-06	8.80E-06	5.20E-06	8.70E-06	6.20E-06	3.20E-06
	E-15	4.90E-06	4.70E-06	3.30E-06	5.00E-07	0	8.10E-06
	Prom.	**2.78E-06**	**5.10E-06**	**2.68E-06**	**3.55E-06**	**3.50E-06**	**3.70E-06**
V-IV	E-16	6.70E-06	3.00E-07	5.40E-06	4.80E-06	2.20E-06	6.80E-06
	E-17	6.50E-06	5.50E-06	7.90E-06	5.30E-06	1.90E-06	1.50E-06
	E-18	5.60E-06	7.50E-06	6.40E-06	4.10E-06	3.70E-06	3.40E-06
	E-19	2.70E-06	6.50E-06	1.60E-06	6.70E-06	6.30E-06	3.90E-06
	E-20	1.00E-06	2.70E-06	6.60E-06	4.30E-06	2.70E-06	2.70E-06
	E-21	2.00E-07	7.00E-06	6.80E-06	3.30E-06	2.50E-06	6.20E-06
	Prom.	**3.78E-06**	**4.92E-06**	**5.78E-06**	**4.75E-06**	**3.22E-06**	**4.08E-06**
FMB	E-24	5.40E-06	3.30E-06	4.80E-06	0	2.70E-06	1.90E-06
	E-25	4.00E-07	2.80E-06	0	0	5.70E-06	5.40E-06
	E-26	2.90E-06	8.40E-06	8.50E-06	0	5.20E-06	2.20E-06
	E-27	3.90E-06	0	4.30E-06	6.20E-06	6.40E-06	1.10E-06
	E-28	2.50E-06	8.50E-06	5.40E-06	1.30E-06	7.30E-06	2.50E-06
	Prom.	**3.02E-06**	**4.60E-06**	**4.60E-06**	**1.50E-06**	**5.46E-06**	**2.62E-06**
FMC	E-29	6.30E-06	2.20E-06	5.10E-06	1.00E-06	7.70E-06	5.20E-06
	E-30	5.10E-06	4.10E-06	8.00E-07	6.40E-06	8.30E-06	7.80E-06
	E-31	7.40E-06	7.00E-07	3.70E-06	0	3.30E-06	2.70E-06
	E-32	4.40E-06	8.10E-06	0	5.90E-06	2.70E-06	2.90E-06
	E-33	7.10E-06	3.50E-06	4.80E-06	4.80E-06	4.10E-06	0.00E+00
	Prom.	**6.06E-06**	**3.72E-06**	**2.88E-06**	**3.62E-06**	**5.22E-06**	**3.72E-06**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.3	10	2	100	0.5	2

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 39 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	Acido_2_4_D	Clordano	Cresol	Dinitrotolueno_2_4	Endrin	Heptacloro
V-I	E-01	1.00E-06	0	2.80E-06	2.90E-06	7.00E-06	4.80E-06
	E-02	3.00E-07	3.90E-06	3.30E-06	1.70E-06	2.00E-07	6.10E-06
	E-03	2.40E-06	2.50E-06	0	6.20E-06	1.00E-06	2.90E-06

	Prom.	**1.23E-06**	**2.13E-06**	**2.03E-06**	**3.60E-06**	**2.73E-06**	**4.60E-06**
V-II	E-04	1.10E-06	5.00E-07	1.00E-06	1.10E-06	4.60E-06	0
	E-05	6.00E-07	0	2.60E-06	1.20E-06	4.40E-06	1.70E-06
	E-06	9.00E-07	2.60E-06	1.80E-06	0	3.20E-06	8.20E-06
	E-07	3.40E-06	0	0	1.30E-06	0	0
	E-08	7.00E-07	6.90E-06	1.70E-06	1.50E-06	6.20E-06	5.00E-06
	E-09	7.00E-07	2.80E-06	3.20E-06	1.00E-06	3.00E-07	4.00E-06
	E-10	7.30E-06	1.00E-07	8.00E-07	0	2.00E-07	5.80E-06
	E-11	5.00E-06	6.00E-07	2.10E-06	4.40E-06	0	5.00E-07
	Prom.	**2.46E-06**	**1.69E-06**	**1.65E-06**	**1.31E-06**	**2.36E-06**	**3.15E-06**
V-III	E-12	4.50E-06	1.90E-06	4.00E-07	1.00E-07	6.30E-06	1.20E-06
	E-13	2.10E-06	1.00E-06	1.30E-06	4.40E-06	8.00E-07	1.40E-06
	E-14	0	2.00E-06	1.20E-06	2.10E-06	6.10E-06	1.20E-06
	E-15	2.40E-06	0	2.30E-06	3.00E-06	4.80E-06	3.60E-06
	Prom.	**2.25E-06**	**1.23E-06**	**1.30E-06**	**2.40E-06**	**4.50E-06**	**1.85E-06**
V-IV	E-16	5.00E-07	0	3.40E-06	3.00E-07	1.70E-06	0.00E+00
	E-17	3.00E-07	0	3.30E-06	3.00E-07	2.40E-06	2.10E-06
	E-18	0	0	2.20E-06	0	4.00E-07	4.10E-06
	E-19	1.00E-06	9.00E-07	3.30E-06	2.00E-07	7.00E-07	5.00E-07
	E-20	0	0	3.60E-06	2.30E-06	1.40E-06	0
	E-21	2.60E-06	0	6.30E-06	7.00E-07	6.00E-07	1.00E-07
	Prom.	**7.33E-07**	**1.50E-07**	**3.68E-06**	**6.33E-07**	**1.20E-06**	**1.13E-06**
FMB	E-24	4.00E-07	0.00E+00	3.30E-06	1.30E-06	0	5.00E-07
	E-25	2.10E-06	3.10E-06	2.60E-06	5.00E-07	1.70E-06	4.00E-07
	E-26	2.30E-06	0	1.10E-06	4.00E-07	3.50E-06	0
	E-27	4.00E-07	0	0	1.80E-06	1.00E-07	7.00E-07
	E-28	5.00E-06	9.00E-07	0	4.40E-06	3.70E-06	0.00E+00
	Prom.	**2.04E-06**	**8.00E-07**	**1.40E-06**	**1.68E-06**	**1.80E-06**	**3.20E-07**
FMC	E-29	5.60E-06	3.00E-07	0	9.00E-07	7.00E-07	2.10E-06
	E-30	8.00E-07	1.60E-06	1.20E-06	1.40E-06	3.00E-07	1.90E-06
	E-31	2.70E-06	2.30E-06	0	6.00E-07	1.20E-06	2.70E-06
	E-32	3.00E-07	0	1.00E-07	2.70E-06	0	0
	E-33	2.00E-06	4.00E-07	3.00E-07	3.30E-06	3.30E-06	4.80E-06
	Prom.	**2.28E-06**	**9.20E-07**	**3.20E-07**	**1.78E-06**	**1.10E-06**	**2.30E-06**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.5	0.03	200	0.13	0.02	0.008

CONSULTA PÚBLICA

Continuación Tabla IV. 39 Concentración de constituyentes orgánicos semivolátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Estación	Lindano	Metoxicloro	Nitrobenceno	Pentaclorofenol	Toxafeno	Triclorofenol_2_4_6
V-I	E-01	1.00E-07	4.00E-06	1.50E-06	0	7.00E-07	2.00E-07
	E-02	4.00E-06	5.00E-06	0	2.50E-06	2.70E-06	5.00E-07
	E-03	5.60E-06	1.10E-06	1.20E-06	4.00E-07	3.70E-06	0
	Prom.	**3.23E-06**	**3.37E-06**	**9.00E-07**	**9.67E-07**	**2.37E-06**	**2.33E-07**
V-II	E-04	4.70E-06	1.60E-06	9.00E-07	3.10E-06	5.90E-06	1.20E-06
	E-05	1.00E-07	1.00E-07	1.80E-06	2.90E-06	3.00E-07	0
	E-06	2.10E-06	3.60E-06	0	1.40E-06	1.60E-06	5.70E-06
	E-07	2.00E-07	2.60E-06	6.00E-07	8.00E-07	1.70E-06	1.60E-06
	E-08	2.00E-07	1.00E-07	2.20E-06	5.00E-07	3.00E-06	7.00E-07
	E-09	4.40E-06	1.00E-06	1.30E-06	2.80E-06	4.50E-06	6.00E-07
	E-10	5.10E-06	0	1.20E-06	5.20E-06	4.60E-06	1.00E-07
	E-11	4.00E-06	7.00E-07	1.50E-06	2.00E-07	1.40E-06	2.30E-06
	Prom.	**2.60E-06**	**1.21E-06**	**1.19E-06**	**2.11E-06**	**2.88E-06**	**1.53E-06**
V-III	E-12	2.10E-06	4.00E-07	1.40E-06	7.00E-07	5.90E-06	8.00E-07
	E-13	3.00E-07	7.00E-07	0	7.00E-07	3.90E-06	8.00E-07
	E-14	3.30E-06	1.70E-06	2.20E-06	2.00E-07	1.00E-06	0
	E-15	3.00E-07	8.00E-07	2.00E-06	2.00E-07	0	3.00E-07
	Prom.	**1.50E-06**	**9.00E-07**	**1.40E-06**	**4.50E-07**	**2.70E-06**	**4.75E-07**
V-IV	E-16	2.00E-06	5.00E-06	1.00E-06	0	1.90E-06	1.00E-06
	E-17	4.00E-07	0	3.60E-06	1.90E-06	9.00E-07	2.00E-07
	E-18	2.20E-06	6.90E-06	4.40E-06	7.00E-07	0	0
	E-19	6.00E-07	2.10E-06	0	0	1.90E-06	2.00E-07
	E-20	0	1.50E-06	2.00E-07	1.10E-06	2.90E-06	2.70E-06
	E-21	3.30E-06	3.20E-06	5.90E-06	3.00E-07	7.00E-06	1.30E-06
	Prom.	**1.42E-06**	**3.12E-06**	**2.52E-06**	**6.67E-07**	**2.43E-06**	**9.00E-07**
FMB	E-24	3.10E-06	2.00E-06	4.90E-06	6.00E-07	2.00E-07	1.60E-06
	E-25	5.00E-07	1.10E-06	2.90E-06	3.40E-06	1.40E-06	0
	E-26	8.00E-07	6.20E-06	4.30E-06	9.00E-07	1.90E-06	1.80E-06
	E-27	1.00E-06	2.10E-06	5.40E-06	2.10E-06	2.80E-06	9.00E-07

CONSULTA PÚBLICA

	E-28	2.00E-07	0.00E+00	3.60E-06	2.30E-06	3.50E-06	2.70E-06
	Prom.	**1.12E-06**	**2.28E-06**	**4.22E-06**	**1.86E-06**	**1.96E-06**	**1.40E-06**
FMC	E-29	2.00E-07	1.50E-06	2.50E-06	2.00E-07	0	7.50E-06
	E-30	3.60E-06	1.00E-07	3.90E-06	1.20E-06	0	1.40E-06
	E-31	6.00E-07	1.20E-06	7.00E-07	2.00E-06	2.20E-06	4.00E-06
	E-32	2.70E-06	0	0	9.00E-07	0.00E+00	2.20E-06
	E-33	2.00E-07	7.20E-06	2.10E-06	1.00E-07	5.50E-06	0
	Prom.	**1.46E-06**	**2.00E-06**	**1.84E-06**	**8.80E-07**	**1.54E-06**	**3.02E-06**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.3	10	2	100	0.5	2

Tabla IV. 40 Concentración de constituyentes orgánicos volátiles (mg/L) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de diciembre de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Est.	Benceno	Clorobenceno	Cloroformo	Cloruro_de_Vinilo	Dicloroetano_1_2	Hexaclorobenceno	Metil_Etil_Cetona	Piridina	Tetracloruro_de_Carbono
V-I	E-01	4E-09	3E-09	5E-10	3E-09	4E-10	4E-10	2E-09	1E-09	2E-09
	E-02	2E-09	2E-09	2E-09	3E-09	1E-09	1E-09	9E-10	2E-09	0E+00
	E-03	2E-09	8E-10	1E-09	2E-09	1E-09	4E-10	3E-09	4E-10	1E-09
	Prom	**2E-09**	**2E-09**	**1E-09**	**3E-09**	**1E-09**	**7E-10**	**2E-09**	**1E-09**	**1E-09**
V-II	E-04	3E-09	4E-09	3E-09	7E-10	4E-09	3E-09	3E-09	2E-09	2E-09
	E-05	4E-09	3E-09	2E-09	2E-09	2E-09	3E-09	4E-09	3E-10	1E-09
	E-06	3E-09	1E-10	3E-09	3E-09	2E-09	2E-09	2E-09	2E-09	3E-09
	E-07	4E-09	3E-10	3E-10	6E-10	4E-09	3E-09	2E-09	1E-09	7E-10
	E-08	2E-09	2E-09	1E-09	0E+00	4E-09	3E-09	2E-09	2E-09	4E-09
	E-09	3E-09	1E-10	4E-09	1E-09	6E-10	3E-09	3E-09	4E-09	4E-10
	E-10	4E-09	0E+00	3E-09	3E-09	2E-09	3E-09	4E-09	1E-09	2E-09
	E-11	4E-10	2E-09	0E+00	2E-09	6E-10	2E-09	2E-09	3E-09	1E-09
	Prom	**3E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**3E-09**	**3E-09**	**2E-09**	**2E-09**
V-III	E-12	2E-09	2E-09	4E-09	3E-09	3E-09	1E-09	0E+00	2E-09	4E-09
	E-13	3E-09	6E-10	1E-09	4E-09	5E-10	0E+00	3E-09	0E+00	4E-09
	E-14	2E-09	1E-09	2E-09	2E-09	1E-09	8E-10	2E-09	2E-09	3E-09

CONSULTA PÚBLICA

	E-15	0E+00	3E-09	4E-09	3E-09	2E-09	4E-09	0E+00	9E-10	3E-09
	Prom	**2E-09**	**2E-09**	**3E-09**	**3E-09**	**2E-09**	**1E-09**	**1E-09**	**1E-09**	**3E-09**
V-IV	E-16	6E-10	2E-10	3E-09	7E-10	5E-10	4E-09	6E-10	2E-09	2E-09
	E-17	3E-09	2E-09	3E-09	4E-09	3E-09	1E-09	2E-09	1E-09	2E-10
	E-18	4E-09	4E-09	4E-09	3E-09	3E-09	1E-09	4E-09	2E-09	3E-09
	E-19	8E-11	3E-09	8E-10	3E-09	8E-10	4E-09	1E-09	9E-10	3E-09
	E-20	3E-09	3E-09	4E-09	8E-10	3E-09	3E-10	1E-09	4E-09	8E-10
	E-21	3E-09	1E-09	4E-09	3E-09	3E-09	4E-10	9E-10	3E-09	5E-10
	Prom	**2E-09**	**2E-09**	**3E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**1E-09**
FMB	E-24	1E-09	2E-09	4E-11	3E-09	2E-09	2E-09	0E+00	2E-09	5E-10
	E-25	2E-09	2E-09	3E-09	8E-11	4E-09	3E-09	4E-09	4E-09	5E-10
	E-26	4E-09	4E-09	0E+00	3E-09	2E-09	1E-09	0E+00	2E-09	7E-10
	E-27	0E+00	2E-09	3E-09	1E-09	2E-09	3E-09	1E-09	1E-09	1E-09
	E-28	1E-09	3E-09	0E+00	3E-09	0E+00	2E-09	0E+00	2E-09	3E-09
	Prom	**2E-09**	**3E-09**	**1E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**1E-09**	**2E-09**	**1E-09**
FMC	E-29	6E-10	6E-10	1E-09	2E-09	2E-09	4E-09	4E-09	3E-09	0E+00
	E-30	2E-09	1E-09	2E-09	2E-09	4E-09	7E-10	8E-10	3E-09	2E-09
	E-31	4E-09	2E-09	3E-09	3E-09	2E-09	3E-09	3E-09	1E-09	3E-09
	E-32	1E-09	3E-09	3E-09	3E-09	1E-09	2E-09	1E-09	3E-09	1E-09
	E-33	2E-09	9E-10	2E-09	6E-10	2E-10	4E-09	1E-09	2E-09	2E-09
	Prom	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**2E-09**	**3E-09**	**2E-09**	**3E-09**	**2E-09**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.5	100	6	0.2	0.5	0.13	200	5	0.5

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 41 Concentración de constituyentes orgánicos volátiles (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de enero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Est.	Benceno	Clorobenceno	Cloroformo	Cloruro_de_Vinilo	Dicloroetano_1_2	Hexaclorobenceno	Metil_Etil_Cetona	Piridina	Tetracloruro_de_Carbono
V-I	E-01	4E-06	0E+00	4E-06	4E-06	2E-06	3E-06	3E-06	2E-06	5E-06
	E-02	5E-06	0E+00	0E+00	0E+00	5E-06	2E-06	3E-06	2E-06	0E+00

	E-03	2E-06	3E-06	0E+00	0E+00	6E-06	3E-06	2E-06	3E-06	5E-06
	Prom	**4E-06**	**1E-06**	**1E-06**	**1E-06**	**4E-06**	**3E-06**	**3E-06**	**2E-06**	**3E-06**
V-II	E-04	5E-06	2E-07	5E-06	0E+00	0E+00	5E-06	4E-06	5E-06	0E+00
	E-05	0E+00	5E-06	5E-06	5E-06	3E-06	3E-06	6E-06	0E+00	3E-06
	E-06	0E+00	3E-06	0E+00	3E-06	0E+00	3E-06	3E-06	5E-06	1E-06
	E-07	2E-06	3E-06	5E-06	5E-06	4E-06	0E+00	3E-06	3E-06	0E+00
	E-08	5E-06	0E+00	1E-06	5E-06	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	6E-06
	E-09	2E-06	0E+00	3E-06	3E-06	2E-06	0E+00	9E-07	3E-06	4E-06
	E-10	4E-07	4E-06	6E-06	5E-06	2E-06	5E-06	0E+00	0E+00	4E-06
	E-11	0E+00	0E+00	4E-06	1E-06	0E+00	5E-06	0E+00	3E-06	3E-06
	Prom	**2E-06**	**2E-06**	**4E-06**	**3E-06**	**1E-06**	**3E-06**	**2E-06**	**2E-06**	**3E-06**
V-III	E-12	4E-06	2E-06	4E-06	5E-06	4E-06	0E+00	3E-06	0E+00	0E+00
	E-13	5E-06	5E-06	5E-06	4E-06	4E-06	2E-06	6E-06	3E-06	4E-06
	E-14	8E-06	6E-06	5E-06	9E-06	5E-06	8E-06	6E-06	0E+00	7E-06
	E-15	9E-06	7E-06	5E-06	5E-06	6E-06	5E-06	7E-06	5E-06	5E-06
	Prom	**6E-06**	**5E-06**	**5E-06**	**6E-06**	**5E-06**	**4E-06**	**5E-06**	**2E-06**	**4E-06**
V-IV	E-16	5E-06	5E-06	2E-06	5E-06	5E-06	4E-07	8E-06	8E-06	7E-06
	E-17	7E-06	6E-07	9E-06	5E-06	3E-06	2E-06	6E-06	3E-06	2E-06
	E-18	8E-06	8E-06	9E-06	1E-06	1E-06	5E-06	8E-06	0E+00	0E+00
	E-19	2E-06	7E-06	8E-06	2E-07	8E-06	4E-06	9E-06	9E-06	5E-06
	E-20	3E-06	4E-06	4E-06	2E-06	2E-06	9E-06	0E+00	0E+00	2E-06
	E-21	3E-06	8E-06	2E-06	2E-06	8E-06	5E-06	0E+00	7E-06	2E-06
	Prom	**5E-06**	**6E-06**	**6E-06**	**2E-06**	**4E-06**	**4E-06**	**5E-06**	**4E-06**	**3E-06**
FMB	E-24	4E-06	6E-06	4E-07	9E-06	5E-06	2E-06	9E-06	3E-06	7E-06
	E-25	1E-07	4E-06	3E-06	8E-06	5E-06	4E-06	2E-06	4E-06	7E-06
	E-26	8E-06	7E-06	6E-06	6E-06	9E-06	3E-06	3E-06	3E-06	9E-06
	E-27	6E-06	5E-06	9E-06	8E-06	6E-06	1E-07	5E-06	0E+00	3E-06
	E-28	4E-06	8E-07	7E-06	3E-06	8E-06	1E-06	0E+00	6E-06	5E-06
	Prom	**4E-06**	**4E-06**	**5E-06**	**7E-06**	**7E-06**	**2E-06**	**4E-06**	**3E-06**	**6E-06**
FMC	E-29	9E-06	5E-06	5E-06	1E-06	7E-06	5E-06	0E+00	5E-06	0E+00

CONSULTA PÚBLICA

	E-30	2E-06	7E-06	3E-06	7E-06	6E-06	3E-06	6E-06	5E-06	0E+00
	E-31	0E+00	0E+00	3E-06	9E-06	8E-06	0E+00	3E-06	0E+00	2E-06
	E-32	3E-06	9E-06	7E-06	5E-06	3E-06	5E-06	3E-06	7E-06	3E-06
	E-33	9E-06	2E-07	5E-06	0E+00	0E+00	9E-06	3E-06	7E-06	5E-06
	Prom	**4E-06**	**4E-06**	**4E-06**	**4E-06**	**5E-06**	**4E-06**	**3E-06**	**5E-06**	**2E-06**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.5	100	6	0.2	0.5	0.13	200	5	0.5

Tabla IV. 42 Concentración de constituyentes inorgánicos (mg/l) en el extracto PECT de la matriz sedimentaria superficial del área de influencia (Vasos V-I a V-IV, Frente Marino Bahía [FMB] y Frente Marino Cuyutlán [FMC]) durante el monitoreo de febrero de 2026. En la parte inferior se muestra el LMP de la NOM-052-SEMARNAT-2005 para su comparación.

Zona	Est.	Benceno	Clorobenceno	Clorof ormo	Cloruro_de_Vinilo	Dicloroetano_1_2	Hexaclorobenceno	Metil_Etil_Cetona	Piridina	Tetraclorur o_de_Carbono
V-I	E-01	0E+00	8E-07	2E-06	0E+00	5E-07	2E-07	3E-06	5E-06	0E+00
	E-02	3E-07	5E-06	3E-07	1E-06	9E-07	4E-06	3E-06	0E+00	2E-06
	E-03	4E-06	5E-07	0E+00	1E-06	3E-06	0E+00	3E-06	7E-06	2E-06
	Prom	**2E-06**	**2E-06**	**6E-07**	**7E-07**	**1E-06**	**1E-06**	**3E-06**	**4E-06**	**1E-06**
V-II	E-04	4E-07	4E-06	2E-06	6E-06	1E-06	2E-06	2E-06	3E-06	3E-06
	E-05	4E-07	0E+00	5E-07	9E-06	7E-06	0E+00	2E-06	0E+00	3E-06
	E-06	2E-06	7E-06	2E-06	5E-06	7E-07	3E-06	2E-06	6E-07	5E-07
	E-07	2E-07	0E+00	6E-07	0E+00	0E+00	8E-06	2E-07	2E-06	0E+00
	E-08	5E-07	1E-07	2E-06	1E-07	0E+00	2E-06	5E-06	4E-07	4E-07
	E-09	0E+00	1E-07	2E-06	0E+00	4E-06	1E-06	5E-06	0E+00	1E-07
	E-10	5E-07	4E-06	4E-06	2E-07	4E-06	2E-06	2E-06	3E-06	1E-06
	E-11	4E-06	7E-07	3E-06	2E-06	1E-06	8E-06	3E-06	7E-06	4E-06
	Prom	**1E-06**	**2E-06**	**2E-06**	**3E-06**	**2E-06**	**3E-06**	**3E-06**	**2E-06**	**2E-06**
V-III	E-12	7E-06	2E-06	1E-06	7E-07	3E-06	4E-07	5E-06	1E-07	6E-07
	E-13	9E-07	4E-06	4E-07	0E+00	4E-06	6E-07	1E-06	0E+00	0E+00
	E-14	2E-06	1E-06	1E-06	2E-06	3E-06	2E-06	7E-06	5E-06	6E-07
	E-15	3E-06	2E-07	2E-06	2E-06	6E-06	3E-06	0E+00	0E+00	2E-06
	Prom	**3E-06**	**2E-06**	**1E-06**	**1E-06**	**4E-06**	**1E-06**	**3E-06**	**1E-06**	**7E-07**
V-IV	E-16	7E-07	0E+00	1E-06	8E-06	3E-06	0E+00	0E+00	6E-06	5E-07

CONSULTA PÚBLICA

	E-17	2E-06	7E-07	4E-06	4E-07	3E-06	8E-07	9E-06	8E-07	3E-06
	E-18	1E-06	2E-06	0E+00	2E-06	0E+00	1E-07	1E-06	4E-07	2E-06
	E-19	1E-06	2E-07	4E-06	1E-06	4E-06	0E+00	0E+00	0E+00	9E-07
	E-20	4E-06	0E+00	7E-07	7E-07	0E+00	0E+00	0E+00	3E-06	1E-06
	E-21	5E-07	0E+00	8E-07	3E-06	1E-06	0E+00	9E-07	0E+00	0E+00
	Prom	**2E-06**	**4E-07**	**2E-06**	**2E-06**	**2E-06**	**2E-07**	**2E-06**	**2E-06**	**1E-06**
FMB	E-24	0E+00	1E-07	2E-06	5E-06	2E-06	7E-07	6E-07	3E-06	5E-06
	E-25	0E+00	0E+00	3E-06	6E-07	0E+00	3E-06	2E-07	0E+00	3E-06
	E-26	4E-06	0E+00	2E-06	2E-07	3E-07	0E+00	0E+00	1E-06	2E-06
	E-27	4E-06	2E-06	4E-06	8E-07	7E-07	8E-07	0E+00	1E-06	0E+00
	E-28	6E-07	9E-07	5E-06	7E-06	3E-06	7E-06	0E+00	0E+00	2E-07
	Prom	**2E-06**	**5E-07**	**3E-06**	**3E-06**	**1E-06**	**2E-06**	**2E-07**	**1E-06**	**2E-06**
FMC	E-29	2E-06	9E-07	2E-06	3E-06	2E-06	1E-06	6E-07	2E-06	3E-07
	E-30	0E+00	5E-07	3E-06	1E-06	7E-07	1E-06	2E-07	1E-07	1E-06
	E-31	2E-06	1E-06	2E-06	5E-07	8E-07	4E-06	1E-07	2E-06	0E+00
	E-32	1E-06	2E-06	0E+00	0E+00	3E-06	7E-07	2E-06	9E-07	4E-06
	E-33	8E-07	4E-06	3E-06	3E-06	3E-06	1E-06	1E-06	2E-06	0E+00
	Prom	**1E-06**	**2E-06**	**2E-06**	**2E-06**	**5E-06**	**4E-06**	**3E-06**	**5E-06**	**2E-06**
LÍMITE NOM-052-SEMARNAT		0.5	100	6	0.2	0.5	0.13	200	5	0.5

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.10.3 Análisis de granulometría de muestras superficiales

El análisis conjunto de la granulometría en las 33 estaciones revela que el sustrato de las seis zonas está predominado por sedimentos finos (Figura IV. 374 a Figura IV. 377). La arcilla constituye, por mucho, la fracción principal en toda el área (fluctuando entre el 40% y el 67%), seguida por los limos (con valores entre el 10% y el 46%). En contraste, las fracciones más gruesas tienen menor representatividad: las arenas mantienen proporciones intermedias (entre el 7% y el 32%), mientras que la presencia de grava es marginal, siendo nula en la mayoría de las estaciones y apenas alcanzando picos máximos cercanos al 2.3% de manera puntual, principalmente en las zonas FMB y FMC.

Espacialmente, la dominancia de fondos lodosos (arcilla-limo) se mantiene estable a lo largo de todas las zonas clasificadas (V-I a FMC), siendo la arena y la grava las únicas que muestran una variabilidad espacial más errática entre estaciones contiguas.



Figura IV. 374. Distribución mensual del porcentaje de grava por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero).



Figura IV. 375. Distribución mensual del porcentaje de arenas por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero).

CONSULTA PÚBLICA

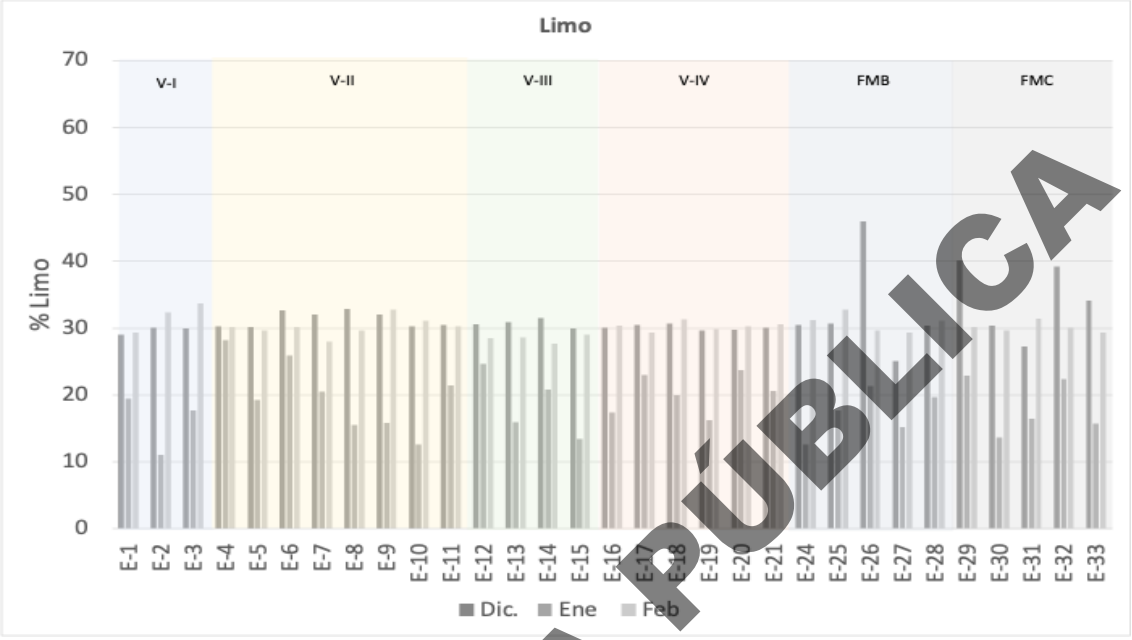


Figura IV. 376. Distribución mensual del porcentaje de limos por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero).

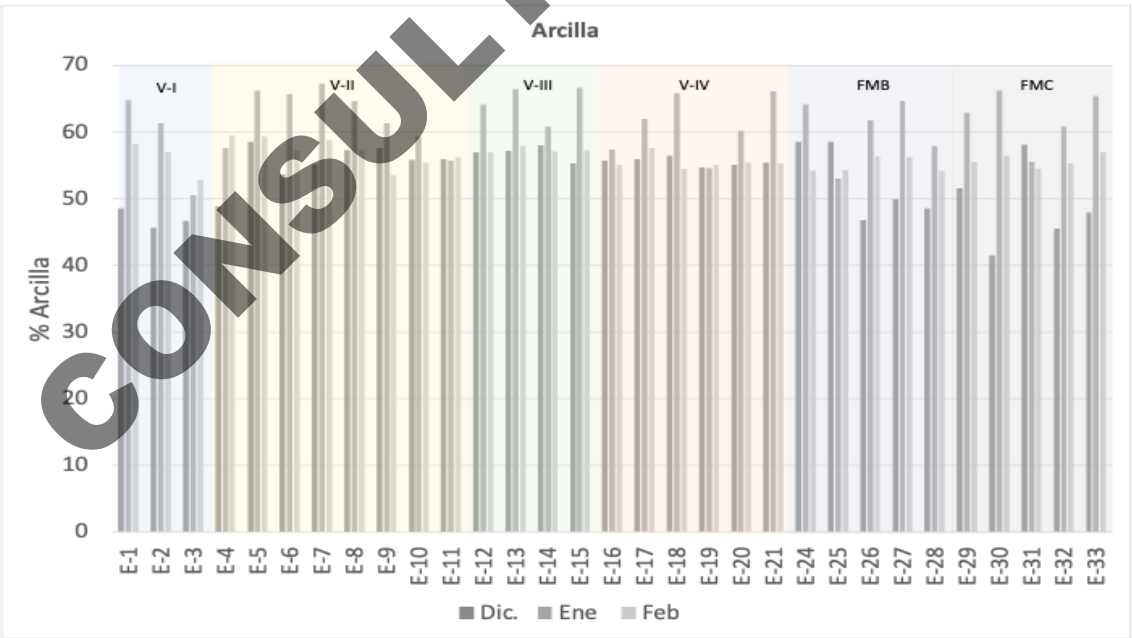


Figura IV. 377. Distribución mensual del porcentaje de arcilla por zona y estación de muestreo (Diciembre - Febrero).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.10.4 Sondeos núcleos: caracterización granulométrica y CRETIB

Los resultados de sondeos de los núcleos a mayor profundidad mostraron que en el sitio de estudio el primer estrato de sedimento lacustre (hasta aproximadamente 5 m) está compuesto por arcillas y limos, además de presencia de lentes aislados de materia orgánica, con muy poca arena fina, más del 90% de estos sedimentos están compuestos por limos y arcillas. El siguiente sustrato, se compone principalmente de arenas finas (>50%), en algunas zonas todavía se identifica la presencia de arcillas hasta aproximadamente los 10 m de profundidad, este estrato es considerado una zona de transición entre el material fino típico lacustre y material más grueso presente en estratos más profundos. En el sustrato más profundo analizado, entre 10 y 20 m de profundidad, se tiene arena fina y gruesa gris, con muy poco material fino (<10%), en algunos sitios se identificaron fragmentos de conchas y lentes de materia orgánica aislados, además de una compacidad muy densa (Ver Anexo). Los resultados de CRETIB, demostraron que los sedimentos, superficiales y profundos no presentan características de peligrosidad siendo negativos para corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infeccioso en todos los núcleos y a todas las profundidades (Ver Anexo).

IV.3.10.5 Interpretación de resultados

De acuerdo con el análisis granulométrico existe una marcada predominancia de textura arcillosa en prácticamente todos los puntos y periodos de monitoreo, la cual en la mayoría de las muestras supera el 50%. Lo anterior es común en sistemas lagunares dado a la baja hidrodinámica de sistemas restringidos principalmente al intercambio mareal y continentales (Bouchkara et al., 2024; Zhang et al., 2022). La alta proporción de partículas finas favorece la retención de metales, materia orgánica y compuestos potencialmente tóxicos, lo que explica la distribución de los diferentes componentes químicos. Esta capacidad de retención obedece a dos propiedades fundamentales de las arcillas (aluminosilicatos) y limos: su extensa área superficial específica y su carga eléctrica neta predominantemente negativa. Los metales pesados en la columna de agua actúan como cationes y son atraídos electrostáticamente hacia estas partículas finas mediante procesos de adsorción. Simultáneamente, la materia orgánica tiende a adherirse a estas arcillas formando complejos organominerales que actúan como sumideros para contaminantes hidrofóbicos. En consecuencia, dado que los sedimentos finos decantan en las zonas de menor hidrodinámica, los contaminantes no se distribuyen de forma homogénea en la laguna, sino que forman *hotspot*s de acumulación tóxica que coinciden espacialmente con las áreas de mayor deposición arcillosa (El Zrelli et al., 2021; Sintorini et al., 2021), aunque es importante destacar que a pesar de estas características los resultados de los metales no rebasaron los límites establecidos por las normativas mexicanas. Por otra parte, a pesar de que la concentración de metales fue baja, se presentaron diferencias significativas espaciales para algunos metales, siendo en la mayoría de los casos superiores dentro del sistema lagunar, en donde además las porciones de partículas más grandes como limos, arenas y gravas fueron menores que en los sistemas marinos aledaños.

Los resultados del análisis CRETIB (Ver Anexos) indican la presencia de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en todos los puntos analizados. La presencia de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en sistemas lagunares con sedimentos finos y alto contenido de materia orgánica es muy común debido al proceso biogeoquímico de la sulfatorreducción. En estos ecosistemas, la baja hidrodinámica y la alta compacidad de los sedimentos limoso-arcillosos limitan drásticamente la penetración del oxígeno disuelto, creando un entorno bentónico estrictamente anóxico. Ante la falta de oxígeno, las bacterias anaerobias sulfatorreductoras dominan la degradación de la abundante materia

CONSULTA PÚBLICA

orgánica acumulada. Estos microorganismos utilizan el ion sulfato (SO_4^{2-}), naturalmente abundante en el agua estuarina y marina, como aceptor final de electrones. Como subproducto metabólico de esta respiración anaerobia se libera H_2S, un compuesto altamente tóxico que no solo genera estrés fisiológico en la biota bentónica, sino que también reacciona con metales traza para formar precipitados de sulfuros metálicos, alterando significativamente la dinámica geoquímica del fondo lagunar (Mirlean et al., 2020; Pellerin et al., 2024).

En síntesis, la interacción de estos procesos demuestra que el sistema lagunar funciona como un activo sumidero biogeoquímico. La restricción hidrodinámica condiciona la estructura física del lecho (dominancia de arcillas), lo cual a su vez dicta la retención química de metales y materia orgánica. Aunque la capacidad de adsorción del sedimento fino mantiene las concentraciones de metales pesados dentro de los márgenes regulatorios de la normatividad mexicana —evitando una crisis de toxicidad aguda por metales libres—, las consecuencias ecológicas de esta acumulación se manifiestan por otra vía: la anoxia. Si la alteración de los flujos hidrodinámicos en el sistema compromete la tasa de renovación del agua, la acumulación de sedimentos ricos en materia orgánica podría ocasionar el agotamiento del oxígeno disuelto (anoxia) en el lecho lagunar, favoreciendo el incrmento de las tasas de sulfatoreducción y en consecuencia, la liberación continua de ácido sulfhídrico como subproducto de este proceso eleva significativamente el potencial de corrosividad en el sistema, representando un riesgo tanto para la calidad ambiental como para las infraestructuras presentes. Se recomienda el monitoreo constante para mantener la salud del ecosistema.

IV.3.11 Regionalización para la protección y conservación

La revisión de las estrategias de regionalización que ubican geográficamente las políticas de protección y conservación para la región geográfica donde se ubica el SAR arrojó los siguientes resultados.

En el SAR se incluye el Sitio RAMSAR “Laguna de Cuyutlán vaso III y IV” (Figura IV. 378) el cual se caracteriza por su alta diversidad de especies de flora y fauna además de ser un sitio importante para la recarga de acuíferos, el desarrollo de actividades productivas y a los servicios ecosistémicos de la región y por su puesto como sitio de refugio, reproducción y hábitat de un número importante de especies, muchas de ellas migratorias o dentro de alguna categoría de riesgo. Enfrenta amenazas tales como la pesca, extracción de sal y la agricultura que si no es realizada de manera sustentable puede afectar la integridad del sitio.

CONSULTA PÚBLICA

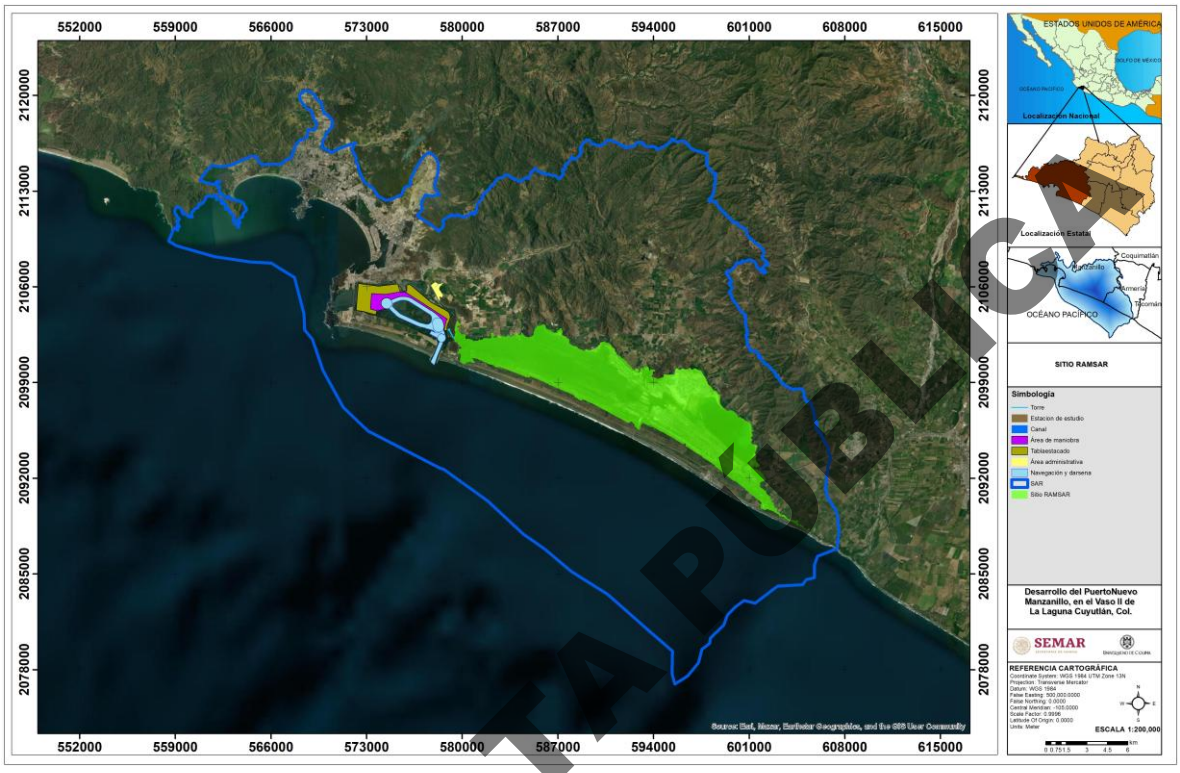


Figura IV. 378. Sitios RAMSAR en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto; descargado de https://sigagis.conagua.gob.mx/humedales/.

CONSULTA PÚBLICA

La laguna de Cuyutlán se considera un Sitio de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación y es reconocido por la CONABIO como el sitio PC13 (Figura IV. 379). Este sitio es considerado como un corredor biológico que se conecta con la Sierra de Manantlán además es importante por tener cuatro especies (*Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa, Conocarpus erectus y Rhizophora mangle*) de mangle que son consideradas dentro de alguna categoría de riesgo. La zona de Influencia y el área del Proyecto se sobreponen con esta área. Las amenazas que enfrenta este sitio es la tala y fragmentación del manglar, el desarrollo de infraestructura, el asolvamiento de canales, asentamientos irregulares descarga de aguas negras, basura y desechos urbanos y el relleno de terrenos lagunares. Este sitio forma parte del Sistema de Monitoreo de Manglares en México

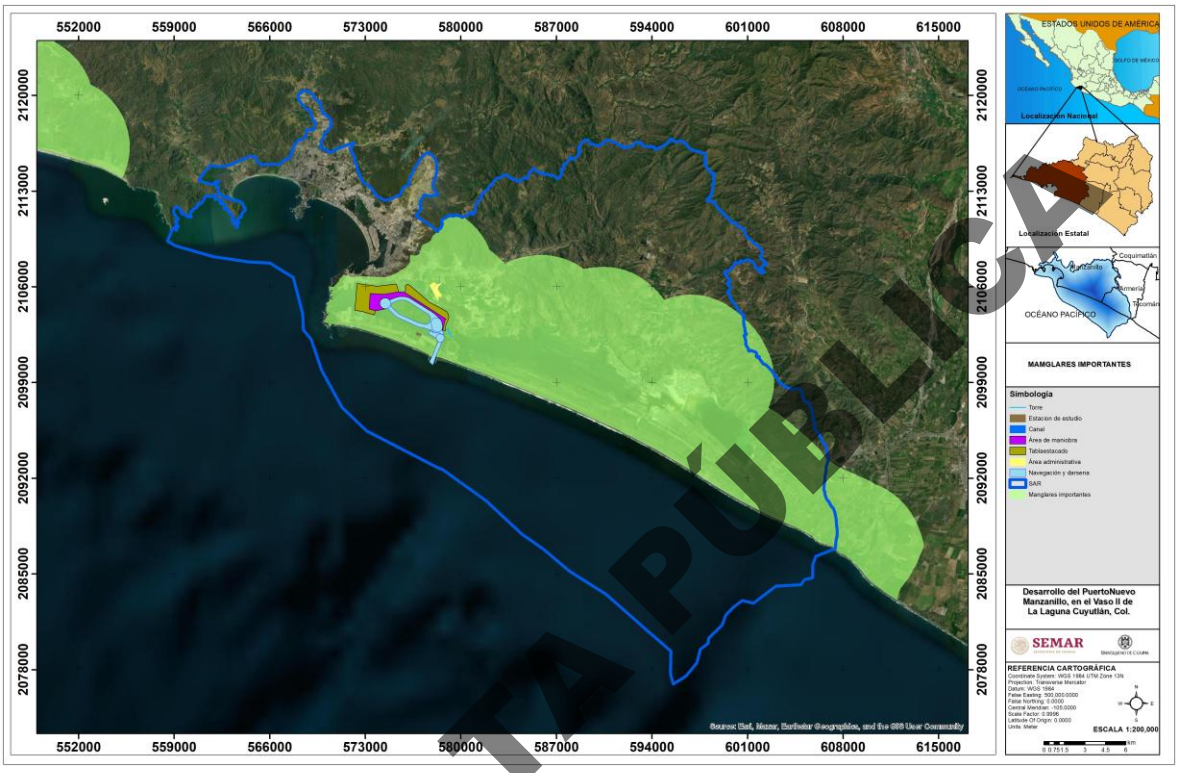


Figura IV. 379. Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto; CONABIO (2009).

La Laguna de Cuyutlán, junto con el Río Armería es un sitio prioritario marino (SPM 40) importante como refugio, hábitat y sitio reproducción de varias especies de vertebrados, especialmente aves y tortugas (Figura IV. 380). Este sitio se sobrepone al Área del Proyecto y pate del Área de Influencia y el SAR. La problemática existente incluye desarrollo de infraestructura, deforestación, escurrimiento de agroquímicos, aguas residuales y los impactos provocados por la agroindustria, las minas e industria eléctrica; CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura. (2007).

CONSULTA PÚBLICA

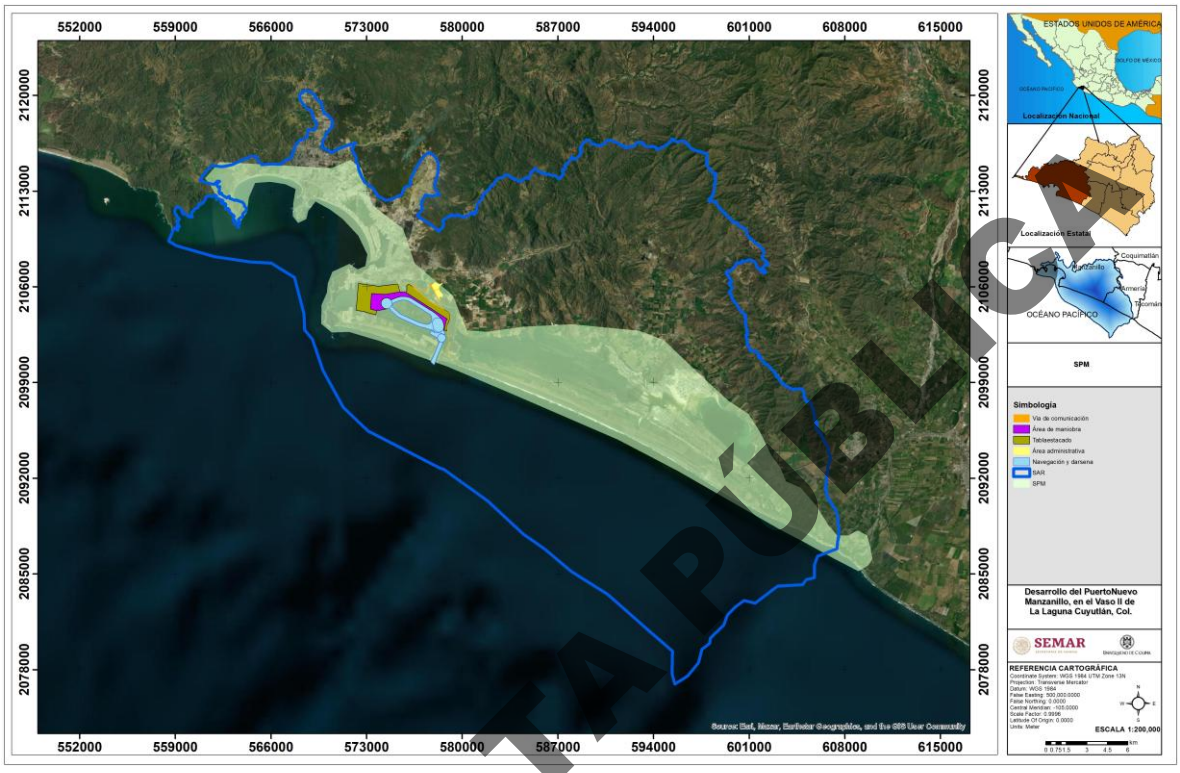


Figura IV. 380. Sitio Marino Prioritario en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto; CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura. (2007).

La Región Marina Prioritaria (RMP-28) “Cuyutlán-Chupadero” se sobrepone totalmente al Área del Proyecto, al Área de Influencia y a una proporción considerable del SAR (Figura IV. 381). Es un área importante en especies de aves, crustáceos, equinodermos, moluscos, peces, mamíferos marinos y tortugas. Las amenazas que enfrenta esta región incluyen la tala de manglar, desarrollo de infraestructura, construcción en humedales, deforestación, contaminación química y turismo; Arriaga et al (1998).

CONSULTA PÚBLICA

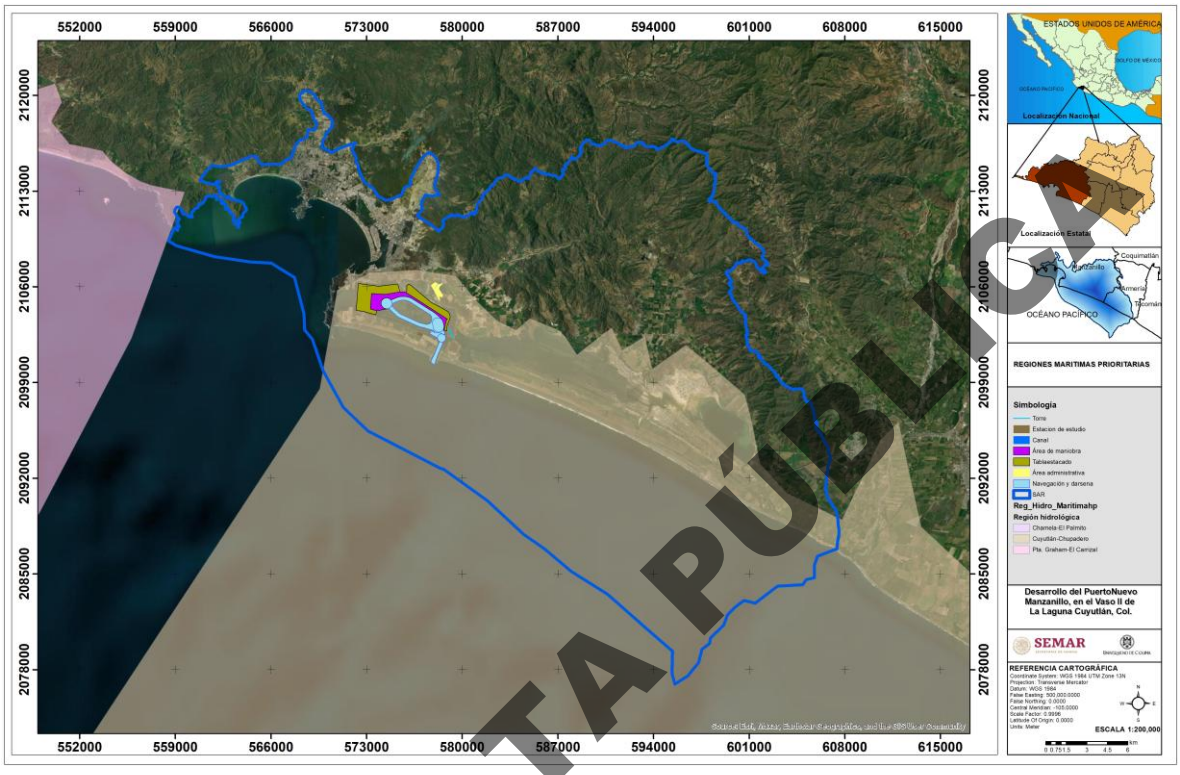


Figura IV. 381. Regiones Marinas Prioritarias en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: Arriaga et al (1998).

La Laguna de Cuyutlán es considerada un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA-261). Como se ha comentado anteriormente, la Laguna de Cuyutlán (Figura IV. 382) es hábitat de un número importante de aves, varias de ellas consideras en alguna categoría de riesgo y es además refugio y sitio de alimentación y reproducción de varias especies de aves y de muchas especies migratorias.

CONSULTA PÚBLICA

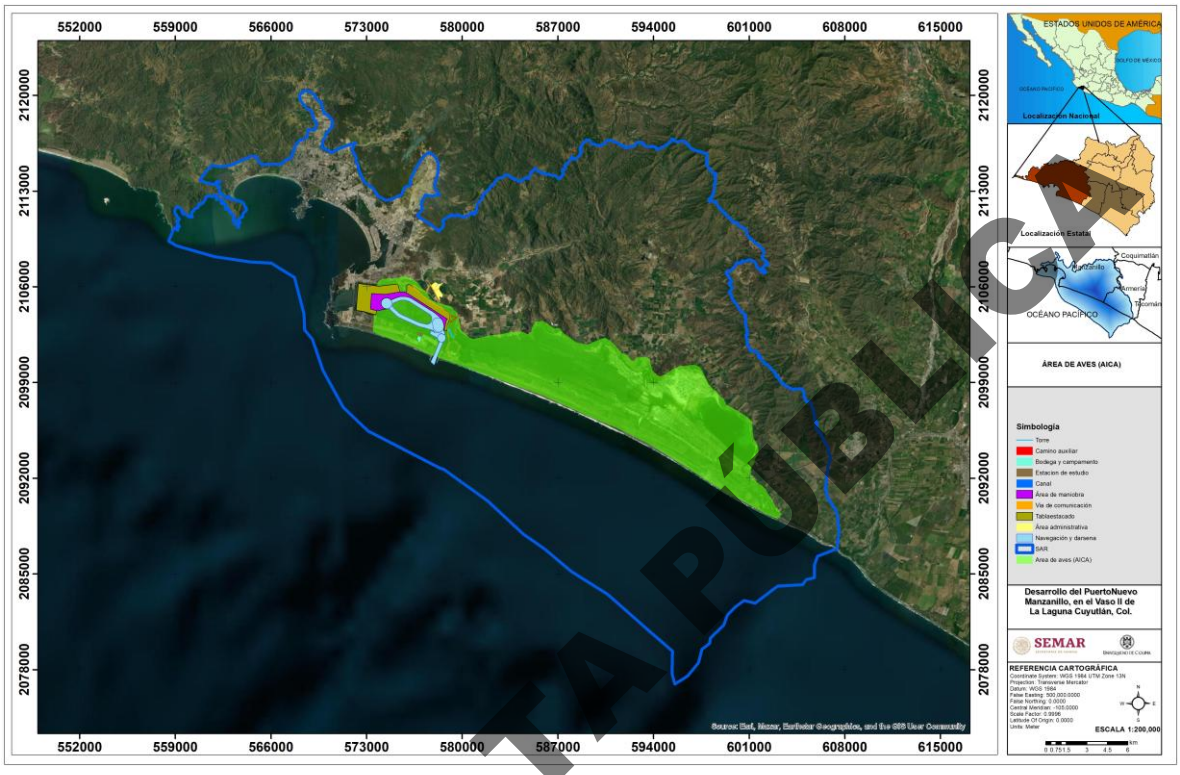


Figura IV. 382. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CIPAMEX-CONABIO (2015).

Los corredores bioclimáticos son rutas que favorecen el movimiento de la flora y fauna de vegetación primaria por lo que las especies pueden evadir las barreras creadas por la infraestructura y actividades humanas (Figura IV. 383). En la actualidad, existen zonas dentro del SAR y Área de Influencia con diferente grado de conservación que resultan óptimos, pero no óptimos en la zona de frente de playa y ribera sur de los Vasos III y IV, y los márgenes del corredor que conecta hacia el norte de la cuenca desde la laguna. El rango de fricción es una medida del grado de conectividad que permite el paso de las especies, si los valores del rango son cercanos a 0 esto implica que es el lugar óptimo para el paso de especies, por el contrario, es cercano a 200, el valor está muy lejano a optimo lo que implica una imposibilidad de movimiento. Las condiciones óptimas del corredor están relacionadas con el buen estado de conservación por lo que son además muy importante en la resiliencia del ecosistema ante las predicciones del cambio climático.

CONSULTA PÚBLICA

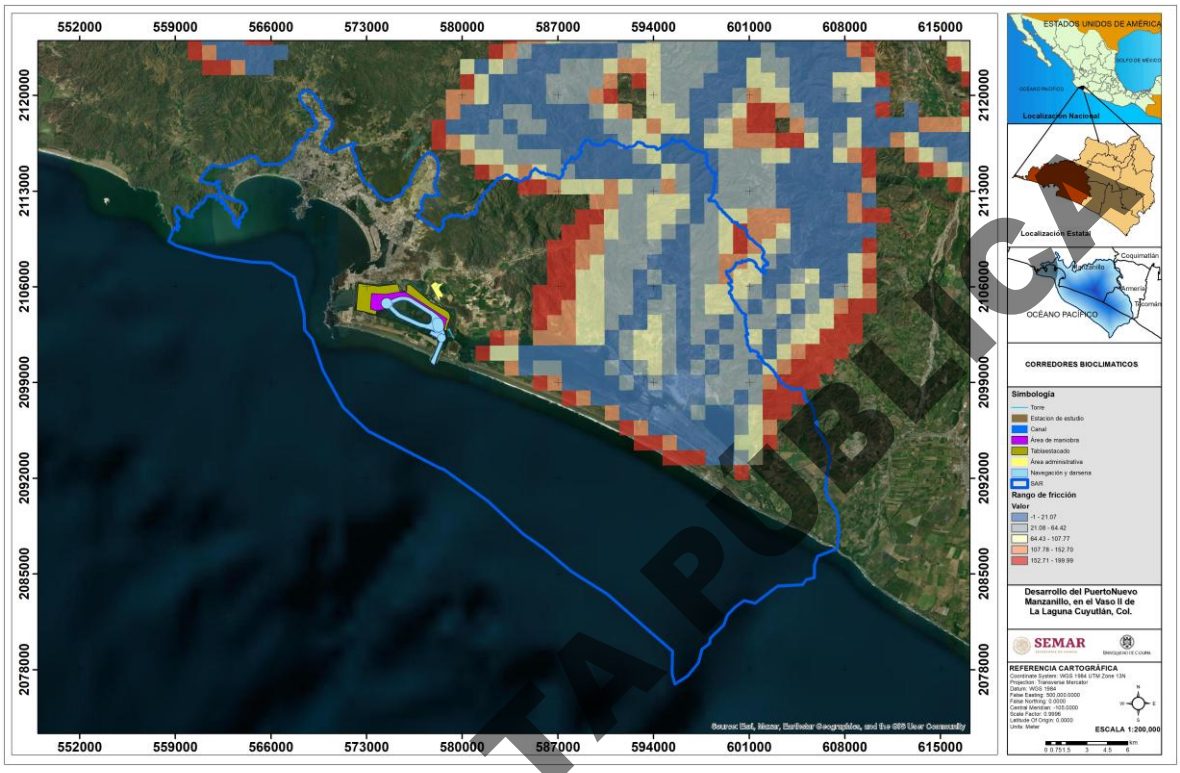


Figura IV. 383 Corredores bioclimáticos en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO.CONANP.PNUD. (2019).

El SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto se encuentran dentro de la Región Hidrológica Prioritaria RHP-25 conocida como “Rio Purificación-Armería que se caracteriza por su heterogeneidad de ecosistemas y su diversidad biológica (Figura IV. 384). Esta región enfrenta graves problemas de deforestación, explotación de acuíferos, crecimiento urbano y conflictos por la tenencia de la tierra, entre otras problemáticas de tipo socioeconómico como la explotación forestal no controlada, la caza furtiva y el cultivo de estupefacientes.

CONSULTA PÚBLICA

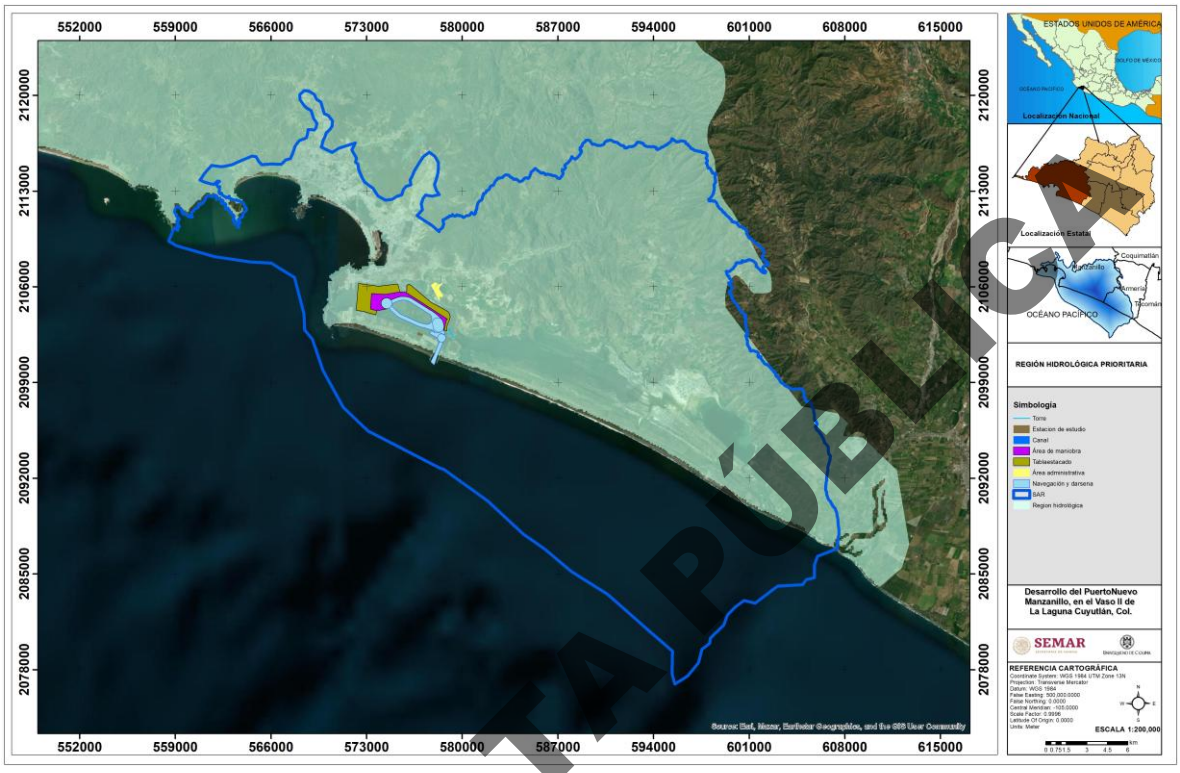


Figura IV. 384. RHP-25 (Ríos Purificación-Armería) relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: Arriaga Cabrera et al. (1998).

Los Sitios de Atención Prioritaria para la conservación son espacios naturales en buen estado de conservación que cuentan con una elevada diversidad biológica y que albergan especies de distribución restringida, endémicas y amenazadas, así como ecosistemas vulnerables y adyacentes a las áreas protegidas que en el caso que nos ocupa se ha determinado que, en el Área del Proyecto, en los Vasos III, IV y estero Palo verde se hayan detectado sitios de Alta y Mediana Prioridad. Hacia el extremo norte del SAR se han identificado principalmente sitios con prioridad extrema y alta (Figura IV. 385).

CONSULTA PÚBLICA

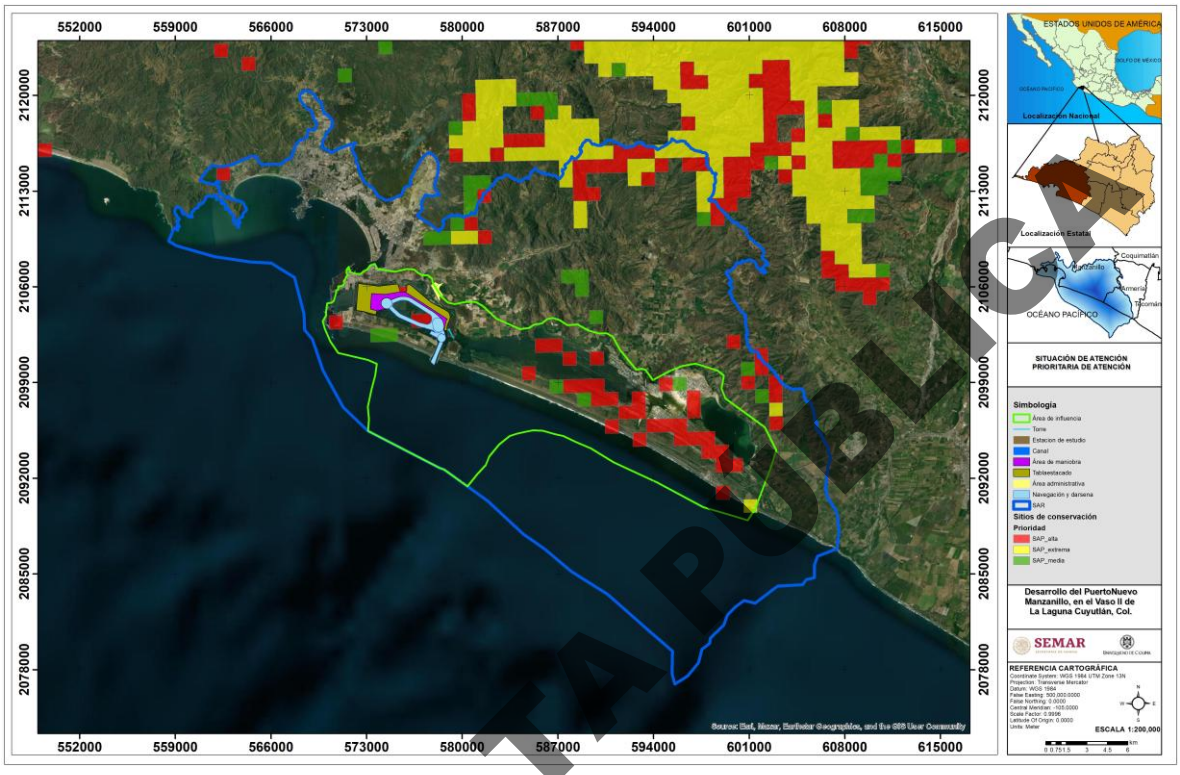


Figura IV. 385. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO (2021).

En las inmediaciones de la ribera norte de los Vasos II, III y IV, así como en el estero Palo Verde (Área de Influencia) se han identificado sitios prioridad media para la restauración; existe en el Vaso IV un sitio de prioridad extrema. En el resto del SAR la prioridad es media, aunque hacia el norte y este del mismo y hacia los sectores urbanos de la ciudad de Manzanillo hay varios con prioridad alta, mientras que manera esparcida existen otros en el SAR con prioridad extrema (Figura IV. 386). Representan áreas de alto valor biológico que requieren acciones de restauración para asegurar en el largo plazo la persistencia de la biodiversidad que albergan, así como las funciones ecológicas que los mantienen y los bienes y servicios ecosistémicos que proveen, además de contribuir a incrementar la conectividad ecológica y la recuperación de hábitats de las especies más vulnerables ante diversos factores del cambio global

CONSULTA PÚBLICA

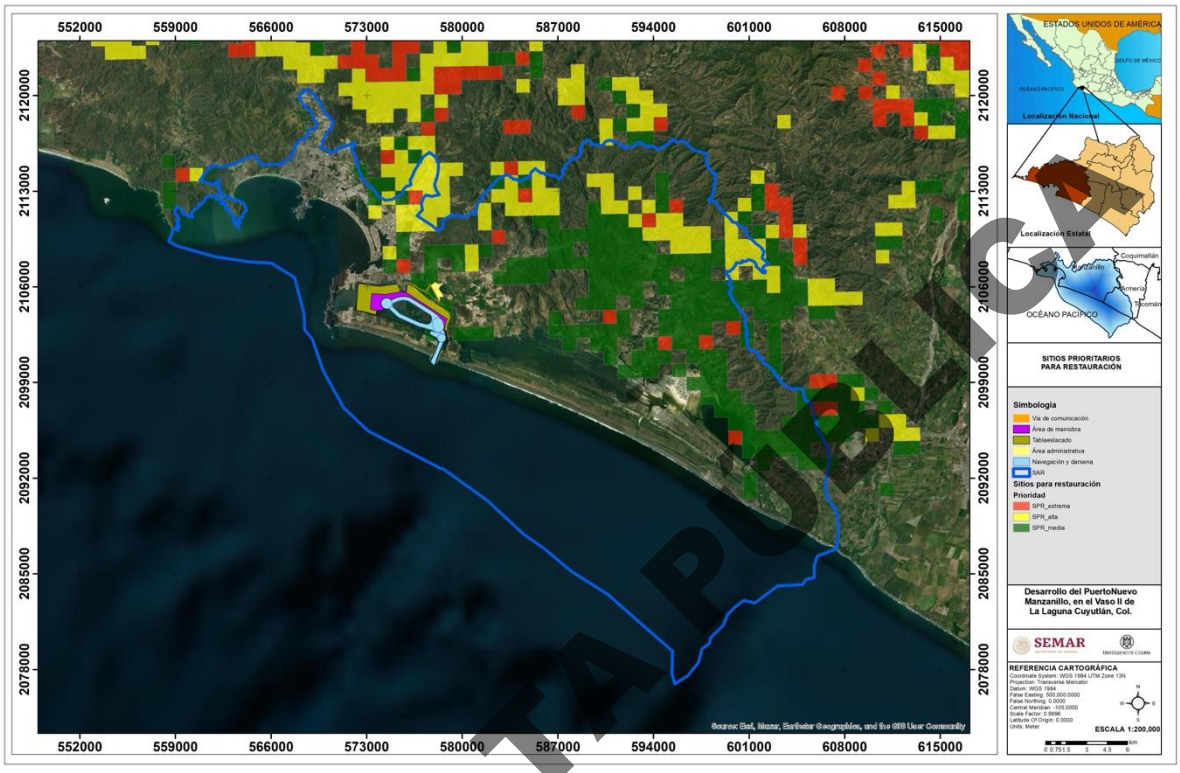


Figura IV. 386. Sitios Prioritarios para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO (2017).

CONSULTA PÚBLICA

En relación con los Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales (Figura IV. 387) en el SAR existen 17 sitios, 2 de prioridad extrema sobre el Área del Proyecto, mientras que en el Área de Influencia otros 6 de prioridad extrema y en el resto del SAR 4 de media, 2 de extrema y 3 de alta.

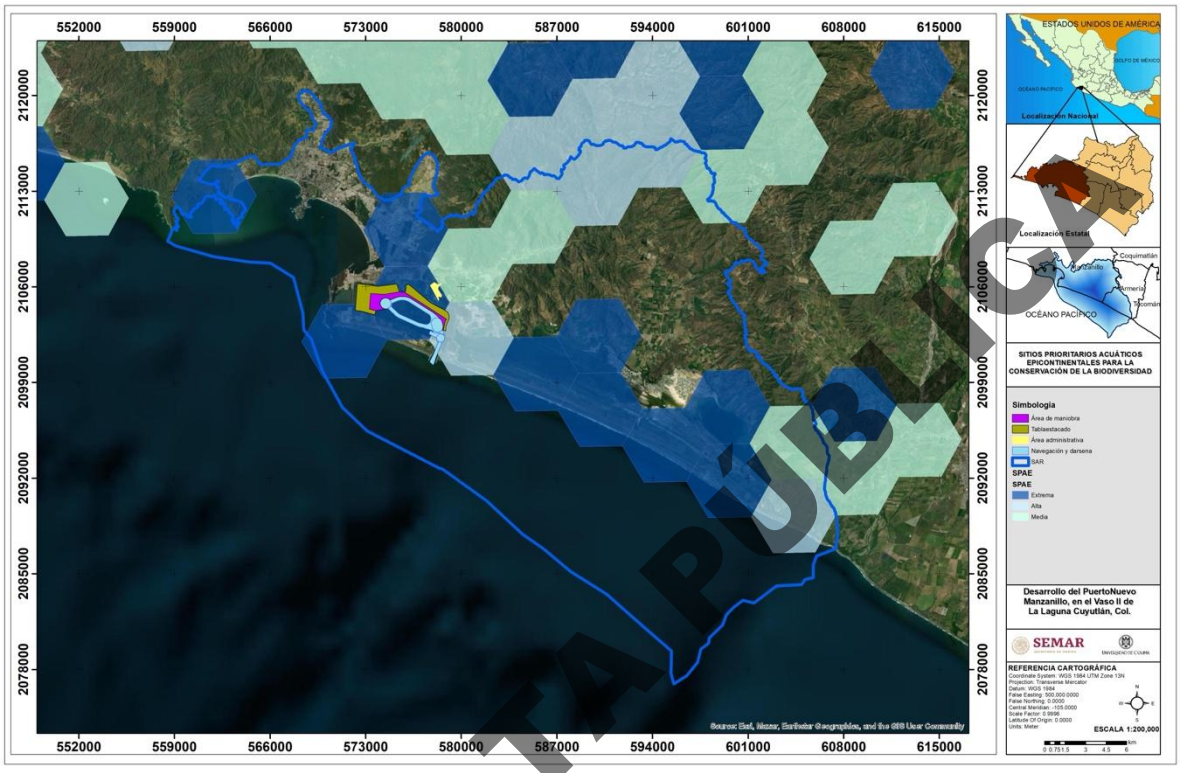


Figura IV. 387. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO-CONANP (2010).

CONSULTA PÚBLICA

En el SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto no existen zonas que sean consideradas como Regiones Terrestres Prioritarias, aunque las más cercanas son tres, Chamela-Cabo Corrientes, Manantlán-Volcán de Colima y la Sierra de Coalcomán (Figura IV. 388).

En el SAR, especialmente en la parte alta de la cuenca existen varios sitios de atención para la restauración del paisaje baja (la mayoría) y media (Figura IV. 389). Estas son áreas específicas identificadas por su alto nivel de degradación y su potencial para recuperar funciones ecológicas y servicios ecosistémicos.

En las inmediaciones de la región norte de SAR (pero no dentro de éste), existen polígonos con áreas elegibles para la conservación de servicios ambientales y de conservación de la biodiversidad (Figura IV. 390) que conectan al SAR con una de las regiones de mayor diversidad del estado de Colima. Esto ha sido reconocido con el establecimiento de dos áreas naturales protegidas recientemente en dicha región, Canoas con 20,400 has de selvas secas y bosques templados que forma parte del Corredor Biológico Canoas-Manantlán que cuenta con un total de 75,000 has.

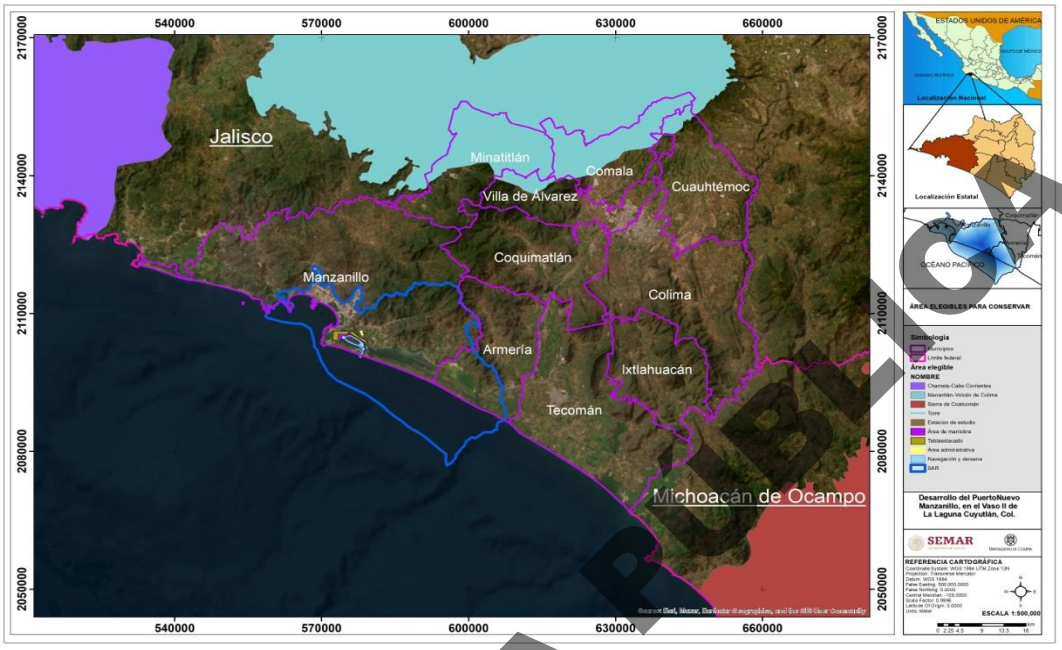


Figura IV. 388. Regiones Terrestres Prioritarias y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: Arriaga et al (2010).

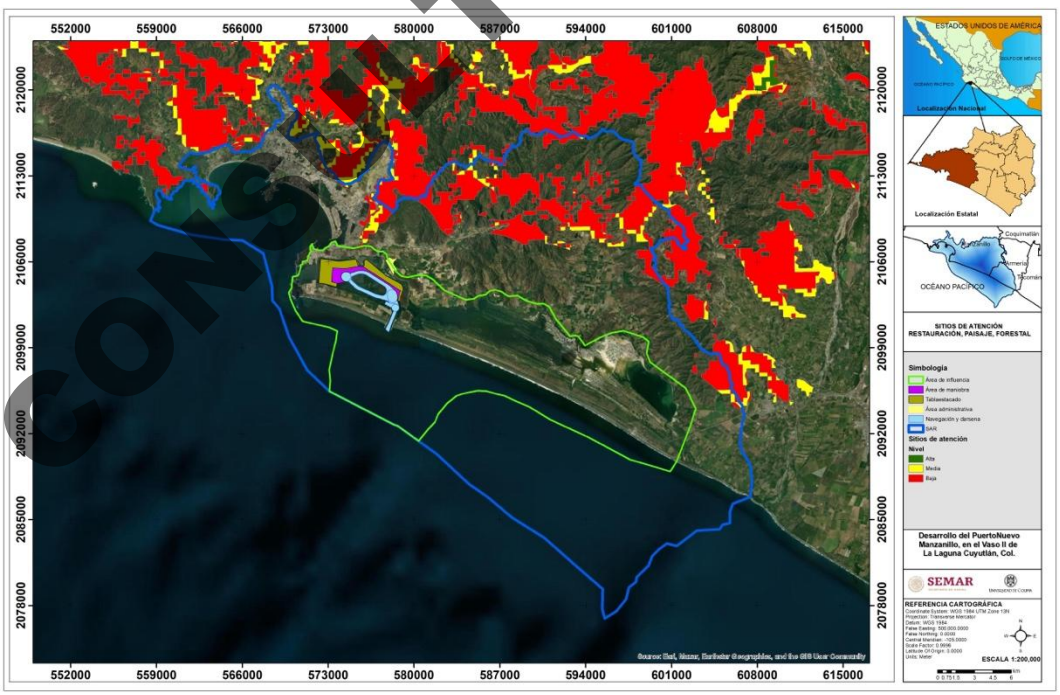


Figura IV. 389. Sitios de Atención para la Restauración del Paisaje y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO-IUCN (2012).

CONSULTA PÚBLICA

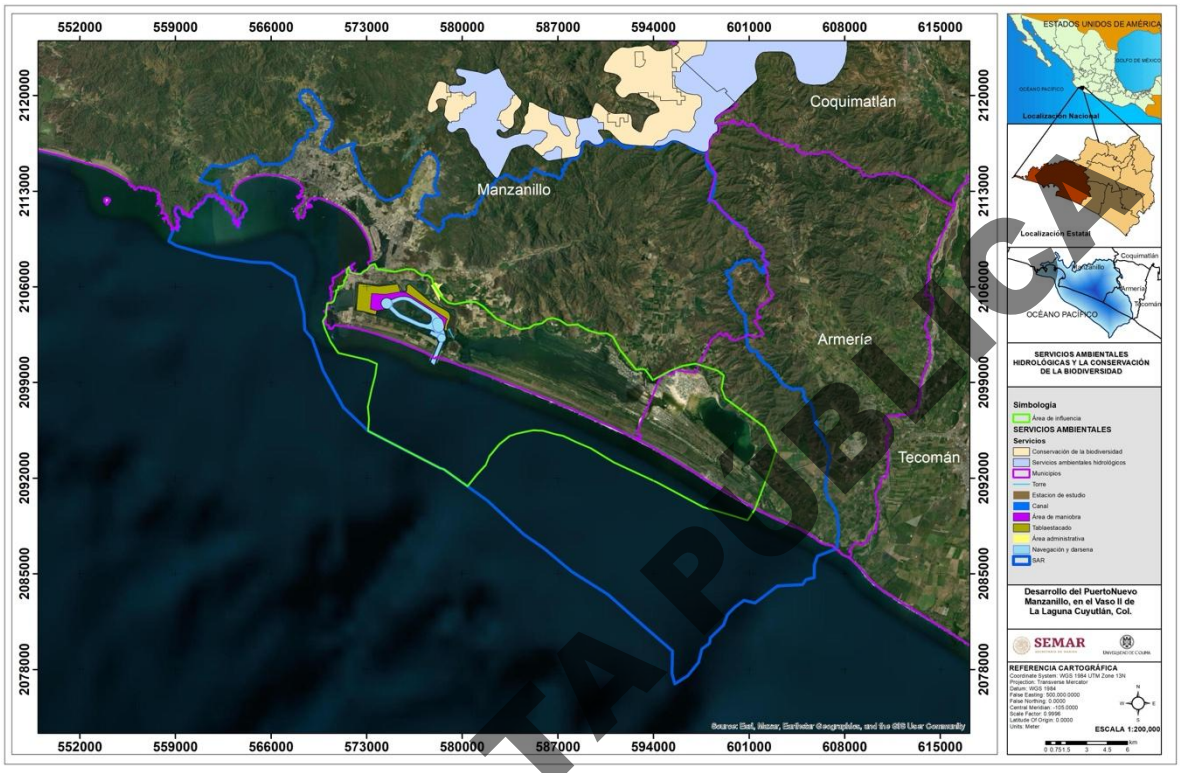


Figura IV. 390. Áreas Elegibles para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto: CONABIO (2014).

CONSULTA PÚBLICA

Con base en el comportamiento térmico observado tras la construcción de Puerto (Anexo VIII.1), es razonable prever que intervenciones de magnitud similar, como la proyectada en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, podrían generar incrementos térmicos comparables en las áreas directamente intervenidas (Figura IV. 391). Los resultados históricos indican que la conversión de cobertura natural a infraestructura portuaria puede asociarse a incrementos del orden de 5.69 °C en las superficies transformadas y aproximadamente 2.43 °C en áreas de vegetación colindante. Adicionalmente, la operación logística subsecuente —incluyendo traslado de contenedores hacia patios de almacenamiento— podría ampliar espacialmente las zonas con anomalías térmicas persistentes, particularmente en vialidades de conexión, patios logísticos intermedios y áreas de almacenamiento secundario. Si bien la magnitud exacta dependerá del diseño final del proyecto y de las medidas de mitigación implementadas, la evidencia histórica demuestra una asociación consistente entre expansión de infraestructura portuaria e incremento sostenido de temperatura superficial.

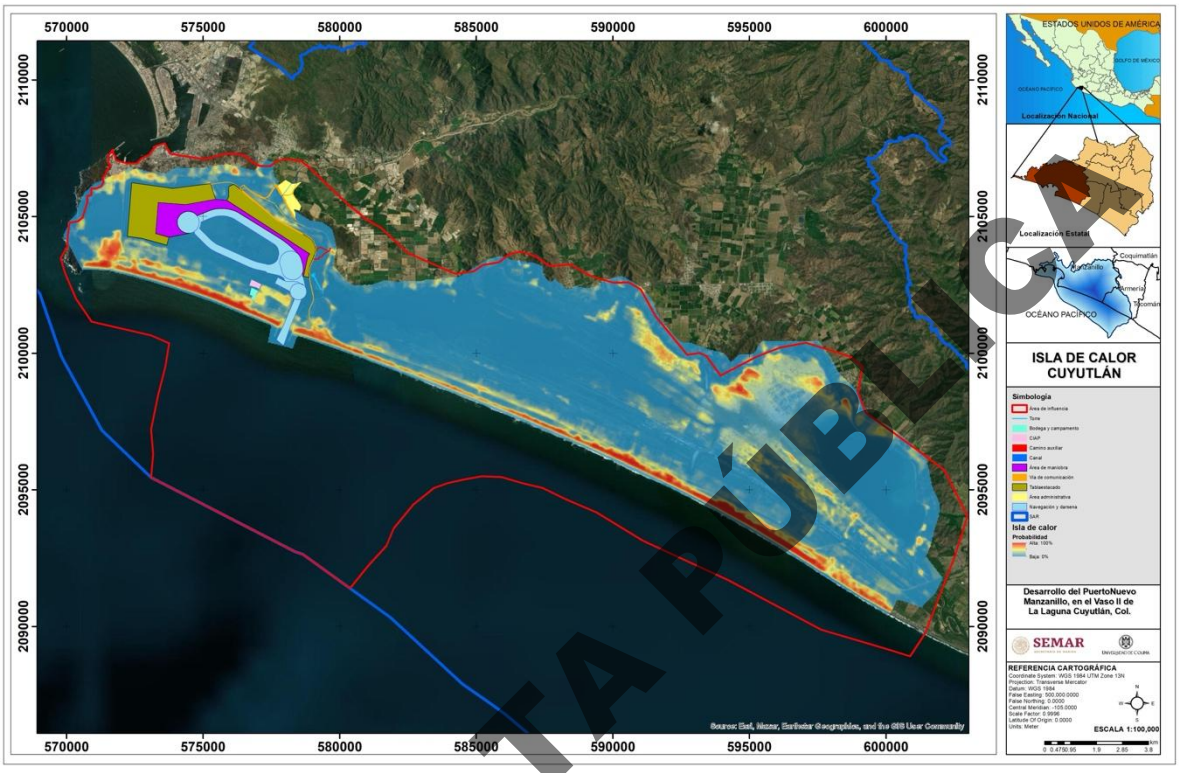


Figura IV. 391. Comportamiento térmico observado en la laguna de Cuyutlán: Elaboración propia (ver métodos en Anexo VIII.1).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12 Vegetación

Para caracterizar la vegetación del SAR se consultó y se hizo el análisis en primer término con la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI en su Serie VII (escala 1:250,000). Sin embargo, para tener una mayor precisión de esta información de importancia para el SAR, se elaboró una fotointerpretación de imágenes de satélite y su corroboración en campo mediante el levantamiento de los sitios de muestreo, por lo que se tienen dos fuentes de información para el caso del SAR y específicamente para el área del proyecto se utilizó la de elaboración propia. Es importante mencionar que, considerando que el SAR incluye cuerpo de agua marino y lagunar, no se tiene o no se presentan pastos marinos. De acuerdo con la Conabio, en México los pastos marinos se encuentran en todos los mares que rodean al país. En el Pacífico mexicano hay cuatro de las nueve especies de pastos, principalmente en las costas de Baja California Sur, Sonora y Sinaloa; En el resto de los estados no hay registros de pastos marinos debido a que la plataforma continental está muy reducida y no hay aguas someras. A continuación, se detallan ambas fuentes de información para el caso del SAR.

IV.3.12.1 Vegetación y uso de suelo Actual en el SAR de acuerdo con la Serie VII INEGI

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI Serie VII (2021), el SAR definido para el proyecto presenta un área importante cubierta de agua que representa el 48.33% del mismo y el resto la parte terrestre, por lo que casi la mitad del SAR se considera cuerpo de agua.

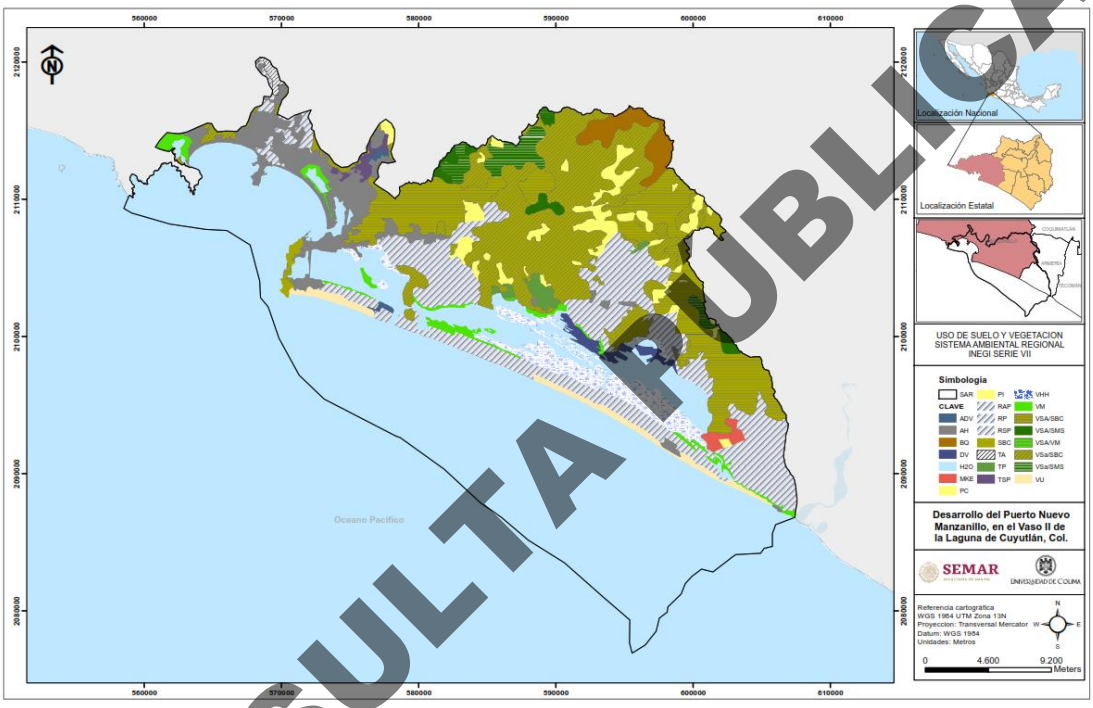


Figura IV. 392 Mapa de uso de suelo y vegetación del SAR de acuerdo serie VII INEGI.

Tabla IV. 43 Tipo de ecosistema del SAR

Ecosistema	Superficie Ha	%
Acuático	48,204.86	48.33%
Terrestre	51,531.88	51.67%
TOTAL	**99,736.74**	**100.00%**

De acuerdo con la información de INEGI en el SAR definido para el proyecto representado en el mapa anterior, se desglosan las siguientes superficies de acuerdo con los diferentes usos y tipos de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 44 Tipos de uso de uso de suelo y vegetación del Sistema Ambiental Regional.

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie Ha	%
Agricultura de riego anual y permanente	603.34	0.61%
Agricultura de riego permanente	3,148.07	3.16%
Agricultura de riego semipermanente y permanente	8,769.66	8.80%
Agricultura de temporal anual	171.12	0.17%
Agricultura de temporal permanente	484.17	0.49%
Agricultura de temporal semipermanente y permanente	308.80	0.31%
Asentamientos humanos	4,718.37	4.73%
Bosque de encino	1,326.35	1.33%
Cuerpo de agua	48,175.06	48.33%
Desprovisto de vegetación	134.21	0.13%
Manglar	1,227.27	1.23%
Mezquital tropical	325.68	0.33%
Pastizal cultivado	2,646.77	2.66%
Pastizal inducido	68.88	0.07%
Selva baja caducifolia	211.46	0.21%
Sin vegetación aparente	614.18	0.62%
Vegetación de dunas costeras	1,034.37	1.04%
Vegetación halófila hidrófila	2,939.09	2.95%
Vegetación secundaria arbórea de manglar	63.54	0.06%
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	8,854.28	8.88%
Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subcaducifolia	670.60	0.67%
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	11,809.32	11.85%
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subcaducifolia	1,371.43	1.38%
TOTAL	**99,676.01**	**100.00%**

Fuente: INEGI Serie VII

CONSULTA PÚBLICA

La vegetación y el uso de la superficie continental del área del SAR definida para su estudio, cuenta con una variedad de usos y tipos de vegetación. Para el caso de la vegetación forestal se presentan desde bosques de encino en la parte alta, junto con áreas de selva mediana subcaducifolia en las áreas más húmedas como las barrancas, con transición a las áreas de selva baja caducifolia que es el tipo de vegetación con mayor superficie del SAR, hasta la vegetación de manglar y la vegetación halófila-hidrófila en las áreas de la laguna de Cuyutlán. El resto de la superficie terrestre del SAR lo integran áreas de pastizal inducido en lomeríos, áreas agrícolas de riego y temporal en las partes con menor pendiente en la parte baja del SAR, áreas desprovistas de vegetación, cuerpos de agua y los asentamientos humanos que se describen más adelante en el medio socioeconómico.

Tabla IV. 45. Uso de suelo y vegetación concentrado Serie VII INEGI

Uso de suelo y vegetación	Superficie ha	%
Agrícola	16,200.80	16.25%
Forestal	29,833.38	29.93%
Asentamientos humanos	4,718.37	4.73%
Cuerpo de agua	48,175.06	48.33%
Desprovistos de vegetación	748.39	0.75%
TOTAL	**99,676.01**	**100%**

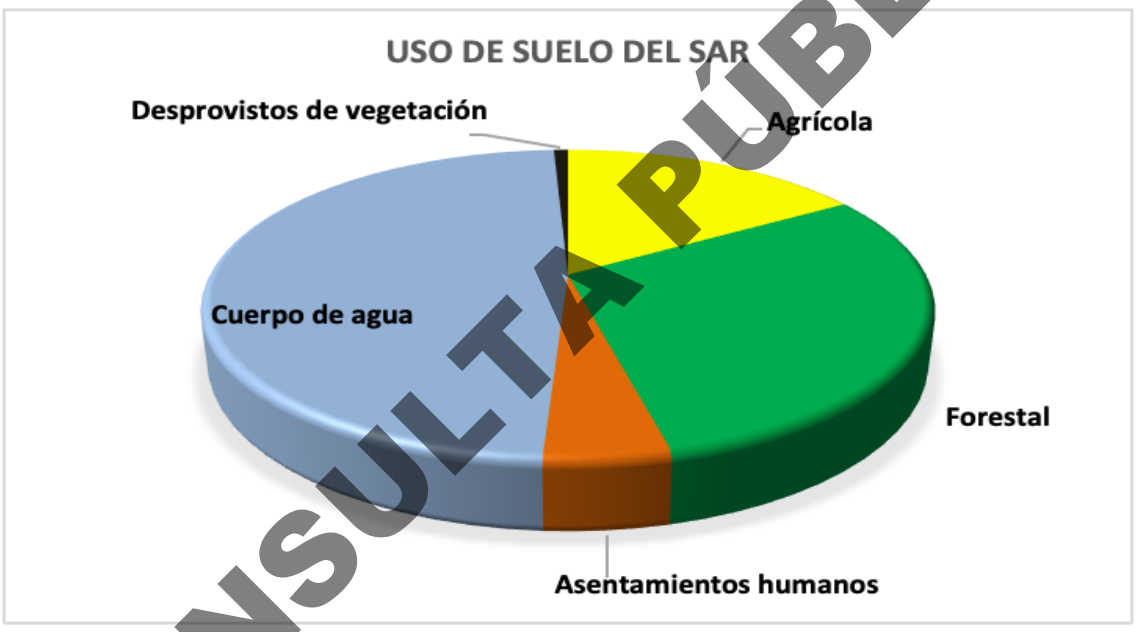


Figura IV. 393. Grafica de la distribución del uso del suelo y vegetación del SAR

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con la clasificación del INEGI (Serie VII) se tienen 29,833 hectáreas de vegetación forestal, que representa el 30% del total del SAR, de las cuales 20,875 hectáreas están cubiertas de selva baja caducifolia en diferentes estratos de sucesión que representan el 70% de la superficie forestal del SAR y en consecuencia es el tipo de vegetación más abundante del SAR de acuerdo con la clasificación de INEGI. El resto de los tipos de vegetación que son cinco, presentan diferentes superficies siendo el 30% de la cubierta forestal, como se puede apreciar en la tabla siguiente:

Tabla IV.46. Concentrado por tipo de vegetación en el SAR

Tipo de Vegetación	Superficie Ha	%
Selva baja caducifolia	20,875.05	70%
Vegetación halófila hidrófila	2,939.09	10%
Selva mediana subcaducifolia	2,042.02	7%
Bosque de encino	1,326.35	4%
Manglar	1,290.82	4%
Vegetación de dunas costeras	1,034.37	3%
Mezquital tropical	325.68	1%
Total	**29,833.38**	**100%**

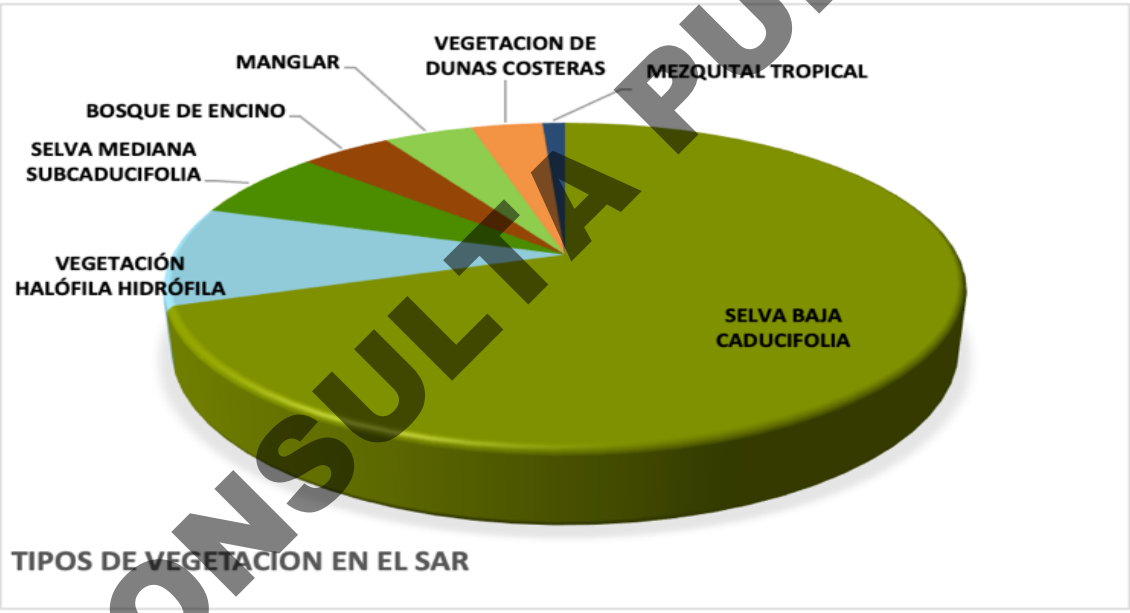


Figura IV. 394 Gráfica de la distribución de la vegetación del SAR

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.2 Estado de Conservación de la Vegetación en el SAR

Un parámetro importante al momento de describir el factor de la vegetación es el estado de conservación que presenta la misma, siendo esta variable la que identifica el grado de perturbación de la cubierta vegetal forestal, para ello el INEGI clasifica la vegetación por el nivel de afectación o perturbación de la vegetación y de acuerdo con los distintos estados sucesionales de la vegetación natural y se clasifica de la siguiente manera:

- *Vegetación primaria:* Es aquella en la que la vegetación no presenta alteración.

- *Vegetación secundaria:* Es el estado sucesional de la vegetación en el que hay indicios de que ha sido eliminada o perturbada a un grado que ha sido modificada sustancialmente.

En cuanto al grado de perturbación o de afectación se refiere a la fase sucesional que se presenta cuando la vegetación es removida o perturbada. La descripción de las fases es la siguiente:

- *Arbórea:* Se desarrolla después de trascurridos varios años del desmonte original y por lo tanto después de las etapas de herbácea y arbustiva. Según la antigüedad se pueden encontrar árboles formadas por una sola especie o varias.
- *Arbustiva:* Se desarrolla transcurrido un tiempo corto después de la eliminación o perturbación de la vegetación original; en general están formadas por muchas especies.
- *Herbácea:* Se desarrolla inmediatamente después del desmonte original, durando de 1 a 2 años según el lugar.

De acuerdo con los datos de la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI serie VII, para la cubierta clasificada como vegetación forestal (29,833.38 ha.); el 76 % del área está cubierta por vegetación forestal de tipo secundaria, es decir, aquella que ha sufrido algún tipo de deterioro, mientras que el 24% se trata de vegetación primaria, lo anterior se muestra en la tabla y figura siguientes:

Tabla IV.47. Grado de perturbación de la vegetación natural en la SAR.

Estado de la vegetación	Área ha	Porcentaje
Primario	7,068.43	23.69%
Secundario	22,764.95	76.31%
Total	**29,833.38**	**100.00%**

CONSULTA PÚBLICA

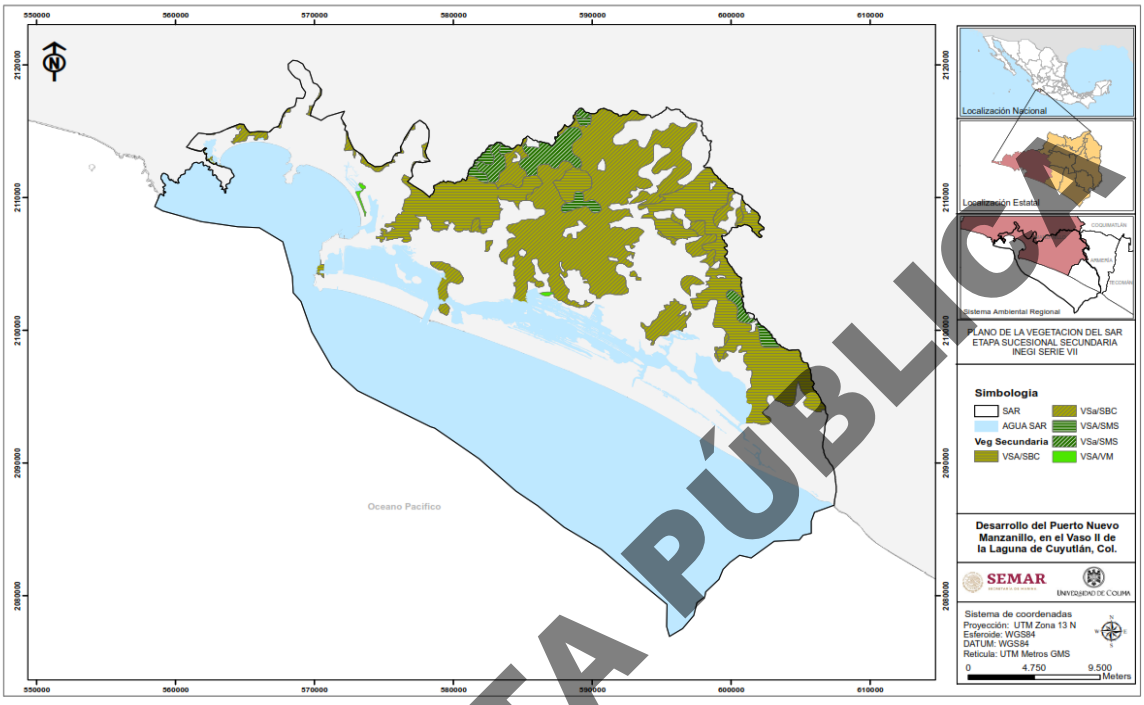


Figura IV.395. Mapa del estado de conservación de la vegetación en el SAR.

Abreviaturas del mapa anterior: VSA/SBC Vegetación secundaria arbórea de Selva Baja Caducifolia; VSa/SBC Vegetación secundaria arbustiva de Selva Baja Caducifolia; VSA/SMS Vegetación secundaria arbórea de Selva Mediana Subcaducifolia; VSa/SMS Vegetación secundaria arbustiva de Selva Mediana Subcaducifolia; VSA/M Vegetación secundaria arbórea de Manglar.

Para el caso de la vegetación secundaria dentro del SAR, la serie VII de la carta de uso de suelo y vegetación elaborada por el INEGI, muestra que el 42% corresponde a la vegetación secundaria arbórea y el 58% a vegetación secundaria arbustiva, no existiendo en el SAR en fase herbácea, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla IV.48. Nivel de perturbación de la vegetación secundaria.

Perturbación de la vegetación	Área (ha)	Porcentaje
Arbórea	9,594.02	42%
Arbustiva	13,170.93	58%
Herbácea	0	0
Total	**22,764.95**	**100%**

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.3 Vegetación y uso de suelo actual en el SAR (elaboración propia)

Derivado de que la carta de uso de suelo y vegetación de INEGI Serie VII, cuenta con una escala 1:250,000 y los polígonos pequeños de vegetación no se pueden identificar, se decidió elaborar una cartografía más detallada a una escala menor de los tipos de vegetación del SAR, para ello, se realizó la fotointerpretación de las imágenes de satélite disponibles en la plataforma *Google earth* conectadas y visualizadas con el Sistema de Información geográfica ARCGIS, con una resolución de 0.3 m de resolución con fechas de toma del año 2023-2025 para todas las imágenes utilizadas (el mosaico de imágenes de *Google earth* presenta fechas diferentes, pero del mismo año), lo que permitió tener una mayor precisión en la delimitación de los diferentes usos de suelo y tipos de vegetación que actualmente se tienen en el SAR. Para la clasificación se utilizó la misma de INEGI en cuanto al tipo de vegetación, sin especificar su estado de sucesión.

Esta delimitación de usos fue verificada en campo mediante recorridos y levantamiento de sitios de muestreo durante el mes de junio de 2025 y en los meses de enero y febrero de 2026. El resultado de la fotointerpretación se muestra en el siguiente mapa y su detalle en la tabla:

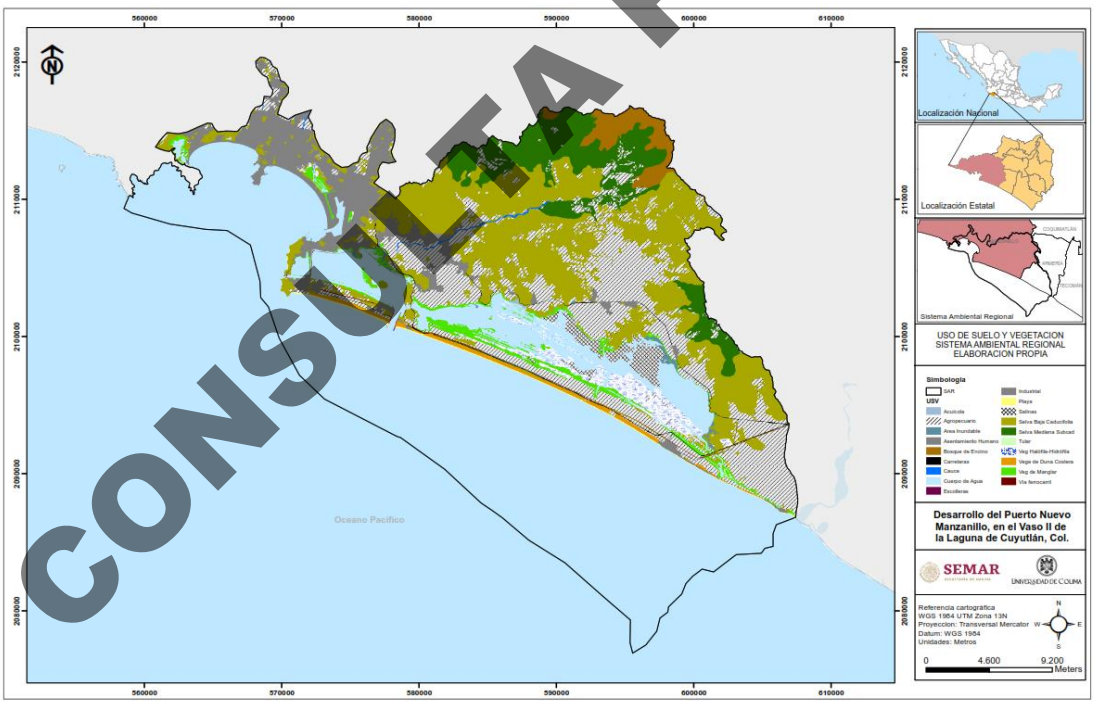


Figura IV.396. Mapa de uso de suelo y vegetación del SAR (elaboración propia)

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.49. Uso de suelo y vegetación del SAR (elaboración propia)

No.	Uso de suelo y Vegetación	Superficie ha	%
1	Acuícola	24.64	0.02%
2	Agropecuario	13,627.77	13.67%
3	Área Inundable	185.86	0.19%
4	Área urbana	6,253.59	6.27%
5	Bosque de Encino	1,515.11	1.52%
6	Carreteras	267.03	0.27%
7	Cauce	119.19	0.12%
8	Cuerpo de Agua	48,249.93	48.41%
9	Escolleras	12.17	0.01%
10	Playa	251.44	0.25%
11	Salinas	1,079.93	1.08%
12	Selva Baja Caducifolia	17,935.09	17.99%
13	Selva Mediana Subcaducifolia	5,830.63	5.85%
14	Tular	16.70	0.02%
15	Vegetación de Duna Costera	619.28	0.62%
16	Vegetación de Manglar	1,801.03	1.81%
17	Vegetación Halófila-Hidrófila	1,784.12	1.79%
18	DDV Vía ferrocarril	102.49	0.10%
	TOTAL	**99,676.01**	**100.00%**

Tabla IV.50. Concentrado de usos del suelo del SAR (elaboración propia)

Uso de suelo	Superficie	Porcentaje
Cuerpo de agua	48,554.99	48.71%
Vegetación Forestal	29,501.95	29.60%
Agropecuario, acuícola y salinas	14,732.35	14.78%
Área Urbana	6,253.59	6.27%
Infraestructura	381.69	0.38%
Playa	251.44	0.25%
TOTAL	**99,676.01**	**100%**

CONSULTA PÚBLICA

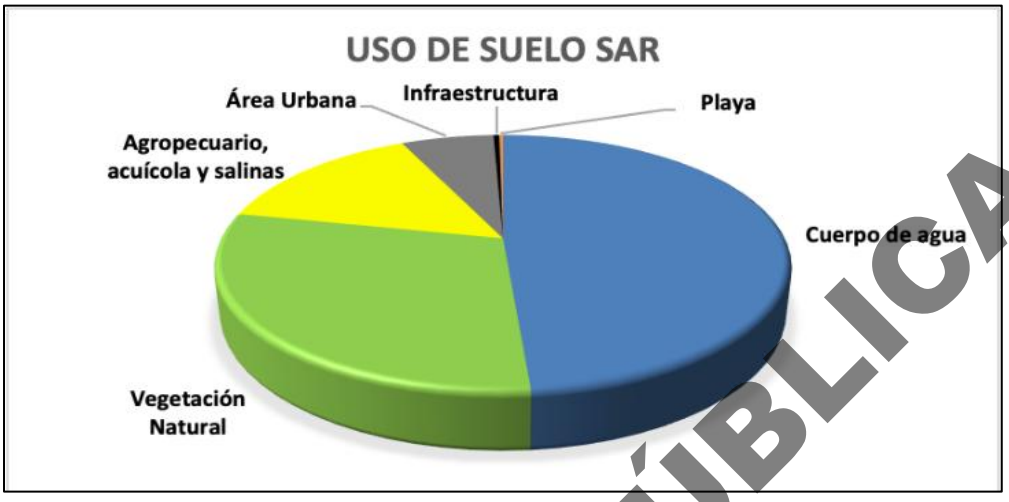


Figura IV.397. Distribución de los usos del SAR (elaboración propia)

De acuerdo con la información generada, el área del **SAR** se destaca por presentar una variedad de **8 tipos de vegetación** en distintas etapas sucesionales que conforman la superficie forestal del SAR en **29,501.95 ha**, siendo la selva baja caducifolia la vegetación de mayor importancia con el **60.79% de la superficie con vegetación del SAR** distribuida en la parte media y baja del SAR y en menor proporción la selva mediana subcaducifolia en las partes húmedas intermedias y altas del SAR representando casi el 20% de la superficie de vegetación natural. En la parte cercana y la ribera de los cuerpos lagunares se desarrolla la vegetación de manglar en 1,801 ha y la vegetación halófila hidrófila en 1,784.12 ha. El bosque de encino identificado se ubica en la parte más alta del SAR en 1,515.11 ha que representa un **9.52%** de la superficie del SAR y en los bordes de los vasos de la laguna se identificaron las áreas de vegetación de manglar en un **5.14%** de la superficie con vegetación forestal. En la proximidad con el mar se presenta una vegetación de dunas costeras en un **2.10%,** como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla IV.51. Tipos de vegetación presentes en el SAR

No.	Uso de suelo y Vegetación	Superficie ha	%
1	Selva Baja Caducifolia	17,935.09	60.79%
2	Selva Mediana Subcaducifolia	5,830.63	19.76%
3	Vegetación de Manglar	1,801.03	6.10%
4	Vegetación Halófila-Hidrófila	1,784.12	6.05%
5	Bosque de Encino	1,515.11	5.14%
6	Vegetación de Duna Costera	619.28	2.10%
7	Tular	16.70	0.06%
	TOTAL	**29,501.95**	**100.00%**

Fuente: elaboración propia

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.4 Descripción de los tipos de vegetación en el Sistema Ambiental Regional

IV.3.12.4.1 Selva Baja Caducifolia (SBC)

De acuerdo con el INEGI (2021), este tipo de vegetación se desarrolla en condiciones climáticas en donde predominan los tipos cálidos subhúmedos, semisecos o subsecos. El más común es Aw, aunque también se presenta BS y Cw. La temperatura media anual oscila entre los 18 a 28 °C. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 300 a 1 500 mm. Con una estación seca bien marcada que va de 6 a 8 meses la cual es muy severa.

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta unos 1 900 m, rara vez hasta 2 000 m de altitud, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje, en la vertiente del golfo no se le ha observado arriba de 800 m la cual se relaciona con las bajas temperaturas que ahí se tienen si se le compara con lugares de igual altitud de la vertiente del pacifico. Los componentes arbóreos de esta selva presentan baja altura, normalmente de 4 a 10 m (eventualmente hasta 15 m). El estrato herbáceo es bastante reducido y solo se puede apreciar después de que ha empezado claramente la época de lluvias y retoñan o germinan las especies herbáceas. Las formas de vidas crasas y suculentas son frecuentes, especialmente en los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*.

Esta selva se desarrolla preferentemente en terrenos de ladera, pedregosos, con suelos bastante someros arenosos o arcillosos con un drenaje superficial fuerte. Los sustratos geológicos en los que se desarrolla son bastante variables. La selva baja caducifolia ocupa extensiones considerables en la vertiente del pacífico, especialmente en la cuenca del río Balsas y en las laderas de la sierra Madre Occidental en donde se presenta en los cañones de la sierra y se extiende desde Baja California hasta Chiapas. En el Golfo se encuentra en la Huasteca, en la parte alta del Río Papaloapan y en casi todo el estado de Yucatán.

Generalmente los troncos de los árboles son cortos, robustos, torcidos y ramificados cerca de la base; muchas especies presentan cortezas escamosas papiráceas o con protuberancias espinosas o corchudas. Las copas son poco densas y muy abiertas. El estrato herbáceo es bastante reducido y solo se puede apreciar después del inicio de las lluvias. Los bejucos son abundantes, también se observan bromeliáceas y diversas orquídeas.

Las características fisionómicas principales de esta selva residen en la escasa altura que alcanzan los componentes arbóreos (normalmente entre 4 y 10 metros, eventualmente 15 metros) y en el hecho de que casi todas las especies pierden sus hojas por un periodo de 5 a 7 meses, lo cual provoca un contraste enorme en la fisionomía de la vegetación entre la época seca y la lluviosa.

Este tipo de vegetación es de fácil regeneración y reproducción y ha tenido poco interés desde el punto de vista de la obtención de productos por la industria forestal tradicional. En el SAR se distribuye principalmente en laderas, debido a que casi la totalidad de los terrenos mapas donde se distribuía originalmente ostentan actualmente cultivos agrícolas, frutícolas, ganadería, o vegetación secundaria.

En el caso del SAR definido para el proyecto, la selva baja caducifolia es el tipo de vegetación que más superficie presenta en el SAR en una superficie de 17,935 ha ubicadas principalmente de la parte media hasta el nivel del mar, en los lomeríos y en las partes colindantes con la vegetación existente a la orilla de la laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

Este tipo de vegetación ha sido muy afectada por la introducción de praderas en la segunda mitad del siglo pasado y que actualmente se viene reestableciendo como vegetación secundaria. La SBC es un tipo de vegetación que se verá directamente afectada con el desarrollo del proyecto.

Para caracterizar la SBC en el SAR se realizó mediante muestreo aleatorio en áreas donde se desarrolla la selva baja caducifolia, para ello se levantaron un total de 56 sitios de 500 m^2, cuya ubicación se reporta en el anexo de muestreo en el capítulo VIII del presente estudio, donde se detallan las coordenadas de los sitios y las tablas de los cálculos de los principales indicadores obtenidos para este tipo de vegetación.

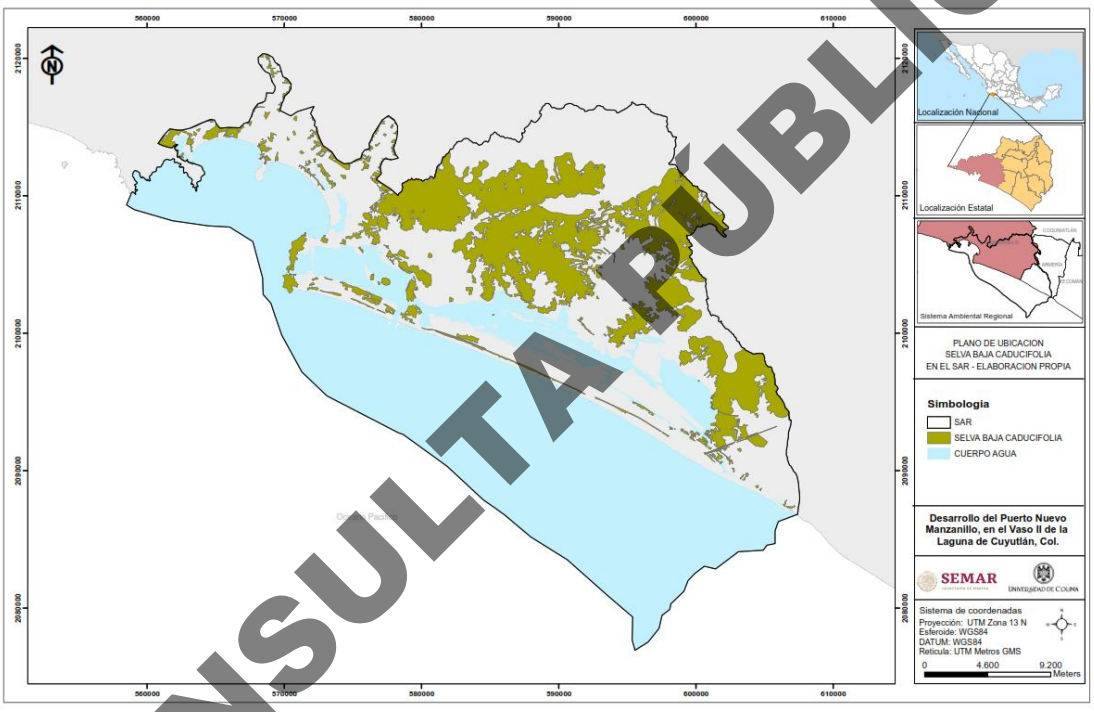


Figura IV.398.Vista de la ubicación de la Selva baja caducifolia en el SAR

Para el caso de la SBC del SAR y los demás tipos de vegetación, se identificaron 4 estratos de acuerdo con su forma de vida bien definidos: el estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y uno más definido como “otras formas de vida”, en donde se contabilizaron ejemplares que no se integran a las características definidas de los tres principales estratos y que si bien, en algunos tipos de vegetación pudieran separarse para su análisis, en nuestro caso son especies poco abundantes para ser analizadas en un estrato diferente a los ya nombrados, tales como las especies cactáceas, epífitas, bejucos y rosetófilas.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 52. Riqueza y biodiversidad de la SBC en el SAR

Estrato	Número especies	Índice de biodiversidad de Shannon- Wiener	Biodiversidad máxima	Equitatividad
Arbóreo	78	5.29	6.29	0.84
Arbustivo	28	3.97	4.81	0.83
Herbáceo	31	3.59	5.00	0.72
Otras formas de vida	18	3.48	4.17	0.84
Total	**155**			

De acuerdo con la información obtenida e los muestreos de campo, la SBC presenta una riqueza total de 155 especies, de las cuales, el 50% de las mismas corresponde al estrato arbóreo siendo el estrato con mayor riqueza y el estrato de otras formas de vida el de menor riqueza con el 12% de las especies identificadas.

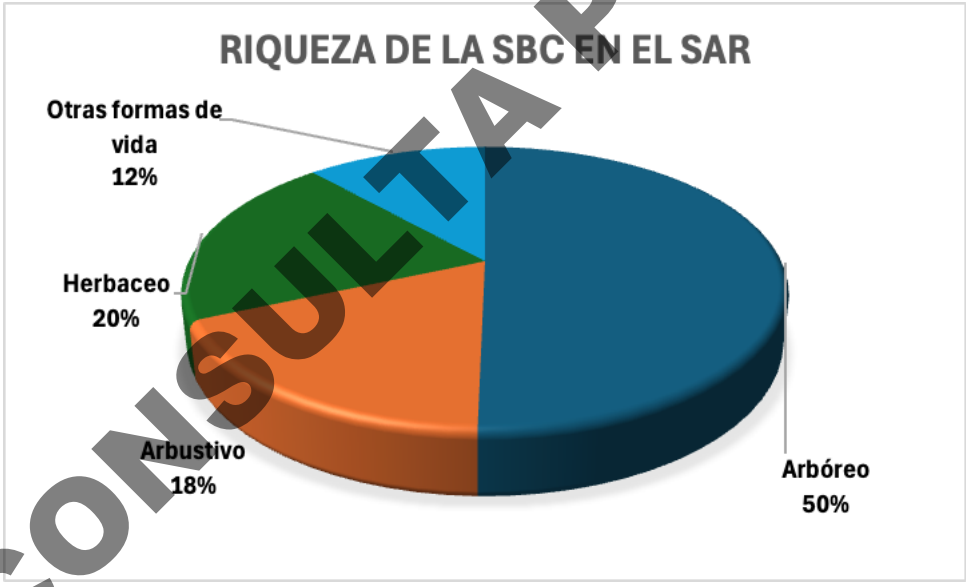


Figura IV.399. Riqueza por estrato de la SBC en el SAR

De acuerdo con los datos del muestreo, el estrato arbóreo tiene una alta riqueza con 78 especies y donde se tiene una buena distribución de la abundancia de las especies, con un índice de biodiversidad alto de 5.29 y un índice de pielou (equitatividad) de 0.84 lo que refleja una buena distribución de la abundancia, sin tener especies altamente dominantes. El alto valor de la equitatividad en la distribución de las especies se traduce en que la SBC se encuentra en proceso de recuperación o recuperada, debido a que las selvas degradadas presentan pocas especies y las especies pioneras son mucho más abundantes que el resto de las especies.

CONSULTA PÚBLICA

Se estimaron **1,029 árboles por ha**, con un diámetro normal promedio de 14 cms. y una altura total de 7 metros, siendo la especie ***Lysiloma microphyllum*** (tepemezquite), la que representa una mayor abundancia relativa con el 7.29% de las especies, junto con ***Pithecellobium lanceolatum*** (timuchil) con 7.19% de abundancia relativa, siendo estas dos especies las más abundantes. Las especies restantes no son por mucho menos abundantes del estrato, se tienen 7 especies con la menor abundancia, siendo estas ***Alstonia longifolia , Cordia gerascanthus, Jacaratia mexicana, Manihot aesculifolia, Myroxylon horridum, Pithecellobium dulce y Trophis racemosa*** con solo el 0.10% de la abundancia relativa de las especies del estrato arbóreo.

A continuación, se presenta la abundancia relativa del total de las especies del estrato arbóreo:

Tabla IV. 53. Abundancia relativa de las especies del estrato arbóreo de la SBC en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	8	0.78%
2	*Acacia glomerosa*	Espino monte	4	0.39%
3	*Acacia hindsii*	Huizcolote	3	0.29%
4	*Acacia macilenta*	Chacalcahuil	10	0.97%
5	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	3	0.29%
6	*Albizia tomentosa*	Parotilla Morada	3	0.29%
7	*Alstonia longifolia*	Frijolillo doble	1	0.10%
8	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	57	5.54%
9	*Aphananthe monoica*	Chililllo / Palo barranco	4	0.39%
10	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	67	6.51%
11	*Astronium graveolens*	Culebro	8	0.78%
12	*Bauhinia pauletia*	Pata de cabra	2	0.19%
13	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	26	2.53%
14	*Brosimum alicastrum*	Mojo	2	0.19%
15	*Bursera copallifera*	Copal	7	0.68%
16	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	41	3.98%
17	*Bursera sarcopoda*	Tecomaca	9	0.87%
18	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	13	1.26%
19	*Caesalpinia eriostachys*	Iguanero de la costa	54	5.25%
20	*Cascabela ovata*	Ayoyote	2	0.19%
21	*Casearia nitida*	Chamizo	22	2.14%
22	*Casimiroa edulis*	Zapotillo	7	0.68%
23	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	4	0.39%
24	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	4	0.39%
25	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	27	2.62%
26	*Comocladia engleriana*	Hincha huevos	6	0.58%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
27	*Cordia alliodora*	Botoncillo	17	1.65%
28	*Cordia dentata*	Tamborcillo	3	0.29%
29	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	12	1.17%
30	*Cordia gerascanthus*	Nance ogelato	1	0.10%
31	*Coulteria platyloba*	Coral	17	1.65%
32	*Crataeva tapia*	Bulillo	27	2.62%
33	*Diphysa americana*	Hormiguillo	2	0.19%
34	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	4	0.39%
35	*Erythrina americana*	Colorin	2	0.19%
36	*Ficus velutina*	Zalate	4	0.39%
37	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	15	1.46%
38	*Gliricidia sepium*	Cacanahual	4	0.39%
39	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	51	4.96%
40	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	7	0.68%
41	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	45	4.37%
42	*Hintonia latiflora*	Trepa chuy	2	0.19%
43	*Hura polyandra*	Habillo	3	0.29%
44	*Ipomoea murucoides*	Osote	2	0.19%
45	*Jacaratia mexicana*	Bonete	1	0.10%
46	*Jatropha curcas*	Piñoncillo	2	0.19%
47	*Leucaena microcarpa*	Guajillo	2	0.19%
48	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	17	1.65%
49	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	50	4.86%
50	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	13	1.26%
51	*Luehea candida*	Algodoncillo	4	0.39%
52	*Lysiloma microphyllum*	Tepemezquite	75	7.29%
53	*Manihot aesculifolia*	Manitas	2	0.19%
54	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	29	2.82%
55	*Muntingia calabura*	Juanito	2	0.19%
56	*Myroxylon horridum*	Huizcoron	2	0.19%
57	*Nectandra salicifolia*	Aguacatillo	3	0.29%
58	*Phyllanthus mocinianus*	Oreja de raton	2	0.19%
59	*Piptadenia flava*	Sierrilla arborea	2	0.19%
60	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	1	0.10%
61	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	74	7.19%
62	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	3	0.29%
63	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	11	1.07%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
64	*Psidium sartorianum*	Guayabillo	3	0.29%
65	*Recchia mexicana*	Manzanito	8	0.78%
66	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	2	0.19%
67	*Sapindus saponaria*	Bolitario	2	0.19%
68	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	3	0.29%
69	*Sideroxylon capiri*	Capire	2	0.19%
70	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	4	0.39%
71	*Spondia purpurea*	Ciruelo	32	3.11%
72	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	2	0.19%
73	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	19	1.85%
74	*Tabebuia chrysantha*	Mapilla	22	2.14%
75	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	14	1.36%
76	*Trichilia americana*	Cola de zorra	5	0.49%
77	*Trophis racemosa*	Falso ramon	1	0.10%
78	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	3	0.29%
	TOTAL		**1,029**	**100%**

Para el estrato arbustivo de la SBC se identificaron un total de 28 especies de las cuales la más abundante es ***Verbesina oligantha*** con una abundancia relativa de 21.15% que junto con ***Malvaviscus arboreus (12.65%)*** y ***Randia armata (10.32%),*** suman casi la mitad de la abundancia de las especies con 44.13% de la abundancia relativa de las especies que conforman el estrato arbustivo. En contraste, los valores de 11 especies menos abundantes del estrato poseen una abundancia relativa menor a 1% cada una, siendo las menos abundantes ***Crotalaria micans y Roldana chapalensis***, con 4 ind/ha cada una.

El estrato arbustivo de la SBC presenta un índice de biodiversidad de **3.97 bits/individuo**, que significa un **nivel aceptable medio**, con un índice de biodiversidad máxima de 3.1699 bits/ind y un índice de equitatividad de 0.83 casi igual que el estrato arbóreo. Con base en lo anterior, la comunidad florística muestreada exhibe una biodiversidad media, con una equitatividad en la distribución de individuos por especie más homogénea sin la presencia de especies claramente dominantes por lo que ratifica un estado bueno de conservación de la SBC.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 54.Abundancia relativa del estrato arbustivo de la SBC del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Acacia farnesiana*	Huizache	6	0.61%
2	*Acacia tenuifolia*	Aguilillo	8	0.81%
3	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	9	0.91%
4	*Ayenia aculeata*	Sierrilla cuadrada	8	0.81%

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
5	*Bauhinia divaricata*	Pata de cabra	24	2.43%
6	*Bonellia macrocarpa*	Pica pendejos	20	2.02%
7	*Caesalpinia pulcherrima*	Tabachincillo	17	1.72%
8	*Celtis iguanaea*	Granjeno	13	1.32%
9	*Cnidoscolus multilobus*	Quemadora palmaeda	9	0.91%
10	*Crotalaria micans*	Sonajilla lanceolada	4	0.40%
11	*Croton suberosus*	Mata corchosa	34	3.44%
12	*Eupatorium glabratum*	Arbusto de la paloma	8	0.81%
13	*Guardiola tulocarpus*	Vara prieta	50	5.06%
14	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	67	6.78%
15	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	15	1.52%
16	*Indigofera suffruticosa*	Senna arbustiva añil	8	0.81%
17	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	65	6.58%
18	*Lasianthaea fruticosa*	Vara san josé	54	5.47%
19	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	125	12.65%
20	*Manihot chlorosticta*	Manihot	8	0.81%
21	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	18	1.82%
22	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	9	0.91%
23	*Randia armata*	Crucillo	102	10.32%
24	*Rauvolfia tetraphylla*	Sarna de perro	20	2.02%
25	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	13	1.32%
26	*Roldana chapalensis*	Rondala	4	0.40%
27	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	61	6.17%
28	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	209	21.15%
			988	**100%**

CONSULTA PÚBLICA

Para el caso del estrato herbáceo de la SBC ostenta una riqueza de **31 especies** con una distribución de las especies menos homogénea que los otros estratos. El dominio es por tres especies, siendo estas ***Commelina diffusa***, ***Oplismenus compositus y Elytraria imbricata*** con una abundancia relativa de 30%, 17% y 9.7% respectivamente, lo que significa una abundancia relativa conjunta de las tres especies del 56.7% del total de los individuos presentes en el estrato. Las demás especies presentan valores menores de abundancia relativa matizando como especies de menor abundancia las siguientes: ***Mucuna pruriens*** *y* ***Sida glabra*** con 0.19% de abundancia relativa cada una.

Tabla IV.55. Abundancia relativa del estrato herbáceo de la SBC del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Abutilon trisulcatum*	Acapan	1,429	1.94%
2	*Acalypha mexicana*	Cancerina	715	0.97%
3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	1,215	1.65%
4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	250	0.34%
5	*Aphelandra linearilloba*	Afelandras	786	1.07%
6	*Calathea atropurpurea*	Tacuachin	1,858	2.52%
7	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	22,143	30.03%
8	*Costus pulverulentus*	Caña de indio	1,429	1.94%
9	*Crinum erubescens*	Lirio del valle	358	0.49%
10	*Cucurbita moschata*	Calabacilla	322	0.44%
11	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	5,250	7.12%
12	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	7,143	9.69%
13	*Gronovia scandens*	Arroz de leche	536	0.73%
14	*Hyptis suaveolens*	Chan	215	0.29%
15	*Indigofera densiflora*	Frijolillo vaina	215	0.29%
16	*Ipomoea carnea*	Amapola rosa	179	0.24%
17	*Ipomoea purpurea*	Campanilla morada	500	0.68%
18	*Lasiacis nigra*	Pasto bolita	4,072	5.52%
19	*Lasiacis procerrima*	Carricillo	322	0.44%
20	*Lygodium venustum*	Helecho enredadera	750	1.02%
21	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	2,000	2.71%
22	*Mimosa pudica*	Sierrilla	929	1.26%
23	*Momordica charantia*	Pepinillo amarillo	1,679	2.28%
24	*Mucuna pruriens*	Pica pica	143	0.19%
25	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	12,500	16.95%
26	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	536	0.73%
27	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	536	0.73%
28	*Sicyos barbatus*	Chayotillo tronador	4,465	6.06%
29	*Sida glabra*	Guinar escobero	143	0.19%
30	*Sporobolus virginicus*	Pasto amarillo	215	0.29%
31	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	893	1.21%
	Total		**73,726**	**100.00%**

CONSULTA PÚBLICA

La comunidad herbácea de SBC del SAR de acuerdo con los cálculos realizados cuenta con un índice de biodiversidad de **3.57 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máxima de **4.95** bits/ind, y como cociente de

los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad **de 0.72**. Como se puede observar la biodiversidad es ligeramente menor al estrato arbustivo, teniendo valores **medios-bajos,** pero no cerca de alcanzar los niveles de la biodiversidad máxima, por otro lado, se observa la existencia de especies dominantes cuya población es significativamente mayor al de las especies menos abundantes, lo cual enmarca condiciones y perturbaciones en este estrato que favorecen a algunos tipos de herbáceas sobre otras.

Para el estrato otras formas de vida se identificaron 18 especies principalmente de cactáceas, bejucos y una especie epífita, estimándose una abundancia de 860 individuos por hectárea. La especie más abundante es ***Pilosocereus purpusii*** (pitayo serpetinum) con 20.34% de abundancia relativa que junto con ***Pachycereus pecten-aboriginum*** (15.30%) y ***Paullinia sessiliflora*** (12.58%), suman el 48% de la abundancia relativa de este estrato.

Tabla IV. 56. Abundancia relativa del estrato otras formas de vida de la SBC del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Acanthocereus tetragonus*	Tazajo	11	1.26%
2	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla	15	1.68%
3	*Ampelocissus acapulcensis*	Uva cimarrona	4	0.42%
4	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	86	10.06%
5	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	68	7.97%
6	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	50	5.87%
7	*Cocos nucifera*	Palma de coco	4	0.42%
8	*Combretum fruticosum*	Bejuco peineta	61	7.13%
9	*Dioscorea mexicana*	Camote de cerro	11	1.26%
10	*Mimosa albida*	Sierrilla	13	1.47%
11	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cactus organo pitayo	131	15.30%
12	*Paullinia sessiliflora*	Bejuco Costillon	108	12.58%
13	*Pilosocereus purpusii*	Pitayo serpetinum	174	20.34%
14	*Scaevola plumieri*	Bejuco costero	2	0.21%
15	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	49	5.66%
16	*Smilax spinosa*	Bejuco alambre	29	3.35%
17	*Stegnosperma cubense*	Bejuco de arena	38	4.40%
18	*Tillandsia intermedia*	Tillandicia	6	0.63%
	Total		**921**	**100%**

Para las especies definidas en el estrato otras formas de vida de la SBC presentan un índice de biodiversidad de **3.48 bits/individuo**, que significa un **nivel medio**, con un índice de biodiversidad máxima de **4.17** bits/ind y un índice de equitatividad de **0.84**, con una buena heterogeneidad en la distribución de las especies.

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo a los valores de riqueza y de biodiversidad se considera que la selva baja caducifolia se encuentra en un buen grado de recuperación, debido a que se ha reducido la intensa actividad de rosa-tumba-quema que se realizaba en los años sesenta, setenta y ochenta del siglo pasado y que ha permitido que la selva tenga un proceso de recuperación que se ha considerado en muchos casos con un estado de sucesión secundaria como el caso de la clasificación de INEGI en su serie VII, sin embargo por la riqueza y homogeneidad de la presencia de especies se considera una selva relativamente recuperada o en proceso de recuperación.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.4.2 Selva mediana subcaducifolia (SMS)

La Selva Mediana Subcaducifolia se presenta en áreas cercanas a los ríos o en barrancas y laderas más húmedas, que provocan un mejor desarrollo de estas especies representadas como comunidades vegetales arbóreas densas y de composición compleja, consideradas como el tipo de vegetación más exuberante de climas sub-tropicales.

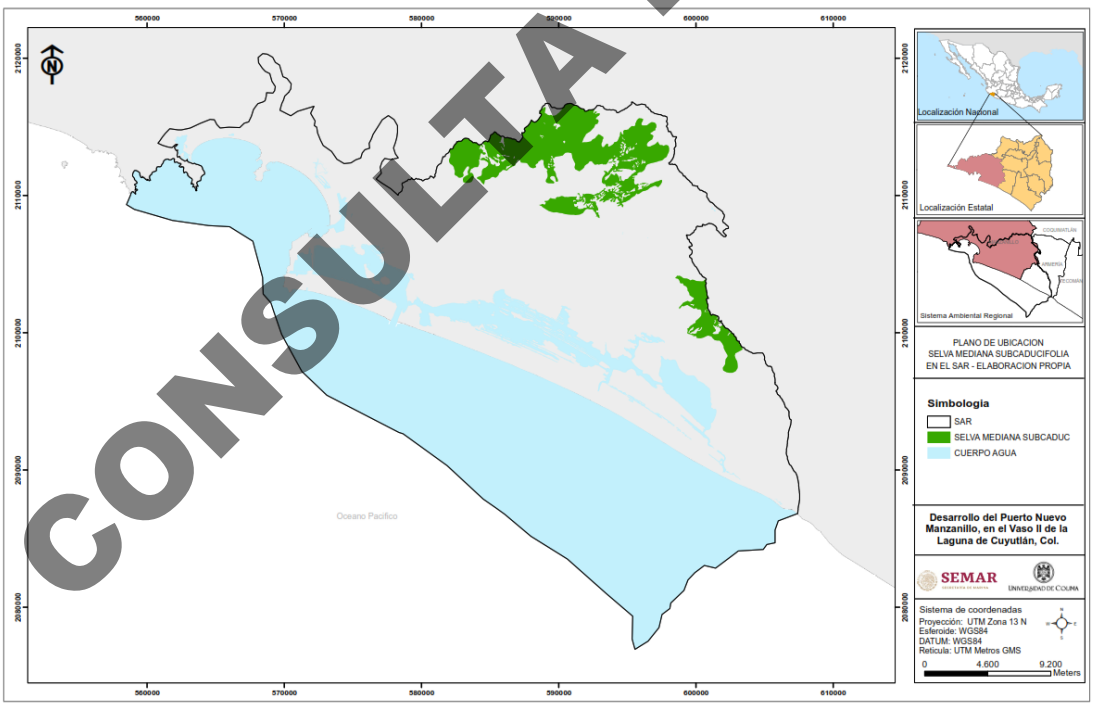


Figura IV.400. Ubicación de la selva mediana subcaducifolia del SAR.

El estrato superior mide por lo general 30 m. Con frecuencia se presentan individuos de más de 45 m de alto. Los otros dos o tres estratos arbóreos ocupan los espacios correspondientes a alturas de 5 a 20 m. Por lo común no todos los componentes son estrictamente perennifolios, pues algunos pierden sus hojas durante una

corta temporada en la parte seca del año, que a menudo coincide con la época de la floración del árbol. A pesar de ello y debido sobre todo a la falta de coincidencia del periodo de caída de las hojas entre las diferentes especies, el bosque nunca pierde totalmente su verdor.

Este tipo de vegetación se caracteriza por ser áreas arboladas dominados por elementos latifoliados de 25 a 30 m de altura con una composición de especies diversa que incluye elementos de afinidad neotropical. Se encuentran en condiciones topográficas y de humedad similares a las del bosque Mesófilo de montaña, y en el caso del SAR del proyecto se encuentra en la parte media y alta del SAR en una superficie de **5,830 ha** representado el 5.85% de la superficie del SAR en zonas con mayor humedad, topografía accidentada y menor accesibilidad. Como se ha mencionado, este tipo de selva se encuentra en sitios húmedos con suelos profundos (barrancas, valles intermontanos, depresiones) entre los 350 msnm hasta los 1,140 msnm, limitando con el parteaguas al Norte y este del SAR.

Para caracterizar este tipo de vegetación en el SAR del proyecto, se realizó un muestreo de campo dentro de las áreas con este tipo de vegetación de acuerdo con la fotointerpretación, por lo que se levantó información en 11 sitios de 500 m^2 en 4 diferentes estratos por forma de vida, tales como el estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y el estrato “otras formas de vida” donde se identificaron bejucos principalmente y la palma cayaco.

De acuerdo con la información obtenida e los muestreos de campo en este tipo de vegetación (SMS), se identificaron 4 estratos de acuerdo con su forma de vida bien definidos: el estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y uno más definido como otras formas de vida, en donde se contabilizaron las especies de bejucos y una palma identificada en los sitios y que por su forma de vida no entra en los otros tres estratos principales.

Tabla IV.57. Riqueza y biodiversidad de la SMS en el SAR

Estrato	Número especies	Índice de biodiversidad de Shannon- Wiener	Biodiversidad máxima	Equitatividad
Arbóreo	48	4.84	5.58	0.87
Arbustivo	14	3.48	3.81	0.91
Herbáceo	12	2.95	3.59	0.82
Otras formas de vida	7	2.16	2.81	0.77
Total	**81**			

CONSULTA PÚBLICA

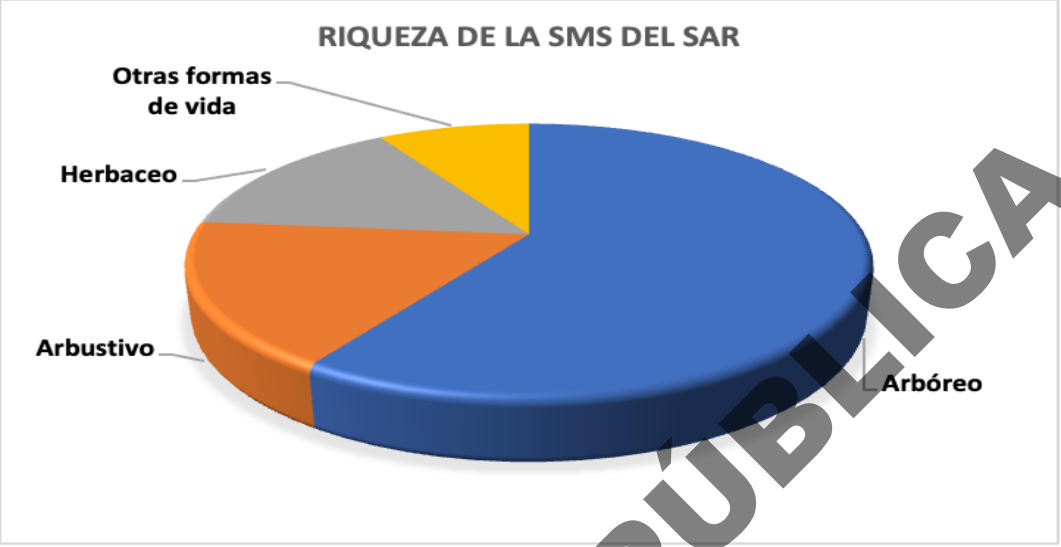


Figura IV.401. Grafica de la distribución de la riqueza de especies de la SMS en el SAR

La SMS presenta una riqueza total de **81 especies**, de las cuales, el 59% de las mismas corresponde al estrato arbóreo siendo el estrato con mayor riqueza y el estrato de otras formas de vida el de menor riqueza con 7 especies que equivalen al 8.6% de las especies identificadas.

De acuerdo con la información recabada en campo, se estimó una densidad del arbolado para este tipo de vegetación y estrato de 716 árboles /ha., de los cuales existe una especie ***Cupania dentata*** con 119 arb/ha que representa la de mayor abundancia relativa con el 16.62%. la especie ***Brosimum alicastrum*** muy característica de este tipo de vegetación, ocupa el segundo lugar de abundancia con 55 arb/ha que representa el 7.68% de la abundancia relativa del estrato. Las demás especies presentan menos de 50 arb/ha hasta las especies que presentaron 2 arb/ha que son ***Clethra hartwegii y Lonchocarpus sericeus,*** como se observa en la tabla siguiente:

Tabla IV.58. Abundancia de las especies del estrato arbóreo de la SMS en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Agonandra racemosa*	Chilcahuite	8	1.12%
2	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	19	2.65%
3	*Andira inermis*	Almendro de río	10	1.40%
4	*Annona purpurea*	Cabeza de negro	22	3.07%
5	*Aphananthe monoica*	Palo barranco	11	1.54%
6	*Astronium graveolens*	Culebro	13	1.82%
7	*Brosimum alicastrum*	Mojo	55	7.68%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
8	*Bursera grandifolia*	Papelillo verde	4	0.56%
9	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	11	1.54%
10	*Calophyllum brasiliense*	Palo maría	35	4.89%
11	*Casearia nitida*	Chamizo	13	1.82%
12	*Cecropia obtusifolia*	Trompetero	17	2.37%
13	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	8	1.12%
14	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	4	0.56%
15	*Chloroleucon mangense*	Borcelano	42	5.87%
16	*Clethra hartwegii*	Cucharo	2	0.28%
17	*Cordia alliodora*	Botoncillo	17	2.37%
18	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	6	0.84%
19	*Cupania dentata*	Palo acanalado	119	16.62%
20	*Dendropanax arboreus*	Macarmina	2	0.28%
21	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	6	0.84%
22	*Ficus cotinifolia*	Tescalama	6	0.84%
23	*Ficus maxima*	Higuera blanca	15	2.09%
24	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	2	0.28%
25	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	4	0.56%
26	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	2	0.28%
27	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	13	1.82%
28	*Hura polyandra*	Habillo	4	0.56%
29	*Inga eriocarpa*	Cuil	24	3.35%
30	*Jacaratia mexicana*	Bonete	8	1.12%
31	*Licania arborea*	Cuirindo	39	5.45%
32	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	13	1.82%
33	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	11	1.54%
34	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	2	0.28%
35	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	6	0.84%
36	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	4	0.56%
37	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	4	0.56%
38	*Meliosma dentata*	Aguacatillo	11	1.54%
39	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	4	0.56%
40	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	4	0.56%
41	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	20	2.79%
42	*Senna atomaria*	Vainillo	4	0.56%
43	*Spondia purpurea*	Ciruelo	6	0.84%
44	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	4	0.56%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
45	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	39	5.45%
46	*Tabebuia rosea*	Rosa morada	28	3.91%
47	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	4	0.56%
48	*Trichilia americana*	Cola de zorra	11	1.54%
	TOTAL		**716**	**100%**

De acuerdo con los datos recabados y el análisis pertinente del estrato arbóreo de la selva mediana subcaducifolia, se obtuvo un índice de biodiversidad de **4.84 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máxima de 5.58 bits/ind, y un índice de equitatividad de 0.87. Por lo anterior, se concluye que la biodiversidad que presenta el estrato dado el índice obtenido es alta, si bien no cerca de alcanzar biodiversidad máxima, pero si es un índice alto. Por otro lado, la equitatividad con la que son distribuidos el número de individuos por especies resulta ser cercano al homogéneo, existiendo especies poco dominantes con poca diferencia en sus abundancias, como se ha analizado en párrafos anteriores, lo cual indica la existencia de condiciones para el buen desarrollo de este tipo de vegetación.

En lo que corresponde al estrato arbustivo de la SMS, se identificaron y cuantificaron 14 especies, de las cuales la especie ***Piper hispidum*** presenta una abundancia relativa del 20.81% con 200 ejemplares promedio por hectárea, con 128 individuos por hectárea se encuentra la especie ***Randia armata***, con el 13.32% de la abundancia relativa de las especies de este estrato. Por lo anterior, estas dos especies arbustivas son las más abundantes en la SMS. Las especies *Guettarda elliptica y Pisonia aculeata,* son las menos abundantes del estrato, con 19 ejemplares promedio por hectárea y una abundancia relativa de 1.98%.

Tabla IV.59. Abundancia de las especies del estrato arbustivo de la SMS en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Aphelandra scabra*	Afelandra	37	3.85%
2	*Ardisia compressa*	Chico corriozo	73	7.60%
3	*Commicarpus scandens*	Bellesa del pacifico pegajosila	100	10.41%
4	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	19	1.98%
5	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	55	5.72%
6	*Miconia xalapensis*	Mora	64	6.66%
7	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	200	20.81%
8	*Piper peltatum*	Piper acorazonado	73	7.60%
9	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	19	1.98%
10	*Randia armata*	Crucillo	128	13.32%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
11	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	100	10.41%
12	*Senna obtusifolia*	Retama	28	2.91%
13	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	37	3.85%
14	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	28	2.91%
	Total		**961**	**100%**

El estrato arbustivo de la SMS presenta un índice de biodiversidad de **3.48 bits/individuo**, que significa un nivel aceptable medio, con un índice de biodiversidad máxima de 3.81 bits/ind y un índice de equitatividad de 0.91 siendo el estrato más homogéneo en cuanto a la abundancia de las especies, por tener el índice cercano a la unidad, dando lugar a la ausencia de especies claramente dominantes.

En lo que respecta a la comunidad herbácea de la SMS ostenta una riqueza de **12 especies** con una clara existencia de dominio por cuatro especies, siendo estas ***Oplismenus compositus, Ambrosia psilostachya, Adiantum tricholepis y Elytraria imbricata*** con una abundancia relativa de 24.64%, 18.48%, 16.67% y 16.67% respectivamente, lo que significa una abundancia del 76.46% del total de los individuos presentes en el estrato. Las demás especies presentan valores menores a 7% de abundancia relativa matizando como especie de menor abundancia la siguiente: *Antigonon flavescens* con 0.73%.

Tabla IV.60. Abundancia de las especies del estrato herbáceo de la SMS en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Adiantum concinnum*	Helecho bipinado	1,637	3.26%
2	*Adiantum tricholepis*	Helecho dentado	8,364	16.67%
3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	9,273	18.48%
4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	364	0.73%
5	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	728	1.45%
6	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	8,364	16.67%
7	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	2,000	3.99%
8	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	12,364	24.64%
9	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	1,819	3.62%
10	*Philodendron hederaceum*	Colomo trepador	3,273	6.52%
11	*Sida glabra*	Guinar escobero	1,455	2.90%
12	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	546	1.09%
	Total		**50,187**	**100%**

CONSULTA PÚBLICA

La comunidad herbácea de la SMS en el SAR de acuerdo con los cálculos realizados y mostrados en tablas anteriores cuenta con un índice de biodiversidad de **2.95 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máxima de 3.59 bits/ind, y como cociente de los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad de 0.82. Como se puede observar la biodiversidad es menor a los estratos arbóreo y arbustivo y poco mayor que el de otras formas de vida, teniendo valores bajos, sin embargo a pesar de la dominancia de 4 especies se tiene un bien índice de equitatividad por lo que existe un cierto grado de homogeneidad en la abundancia de las diferentes especies pero no cerca de alcanzar los niveles de la biodiversidad máxima, por otro lado, se observa la existencia de especies dominantes cuya población es significativamente mayor al de las especies menos abundantes, lo cual enmarca condiciones y perturbaciones en el sitio que favorecen a algunos tipos de herbáceas sobre otras.

Dentro del estrato denominado otras formas de vida, los bejucos son los más abundantes, que significan poco más del 60% de la abundancia relativa de este grupo de especies. Las especies ***Paullinia clavigera y Attalea cohune*** con valores de 39.13% y 33.33% de abundancia relativa respectivamente son las especies más abundantes de este estrato. Las especies menos abundantes son ***Adenopodia gymnantha*** con 2.90% *y* ***Smilax spinosa*** con 2.90% de abundancia relativa, ambos bejucos.

Tabla IV. 61. Abundancia de las especies del estrato otras formas de vida de la SMS en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla de agua	19	2.90%
2	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	73	11.59%
3	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	28	4.35%
4	*Attalea cohune*	Palma de cayaco	210	33.33%
5	*Paullinia clavigera*	Bejuco Castillón	246	39.13%
6	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	37	5.80%
7	*Smilax spinosa*	Bejuco de alambre	19	2.90%
	Total		**632**	**100%**

De acuerdo con las estimaciones realizadas este estrato presenta un Índice de Biodiversidad de **2.16 bits/ind**, un Índice Máximo de Biodiversidad de 2.81 bits/ind, y un Índice de Equitatividad de 0.77. La biodiversidad, como resultado del cálculo del valor del índice obtenido se considera como media/baja, mientras que la equitatividad en la distribución de abundancias por especies resulta ser poco homogénea, con la existencia de las especies de bejucos dominantes característico de este tipo de vegetación.

IV.3.12.4.3 Manglar (M)

La vegetación de mangle es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas conocidas como mangles, que se distribuye en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de California y

CONSULTA PÚBLICA

Océano Atlántico, en zonas con climas cálidos húmedos y subhúmedos y de muy baja altitud (fuente: INEGI, Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V.)

Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada. Un rasgo peculiar que presentan los mangles es la presencia de raíces en forma de zancos, o bien de neumatóforos, características de adaptación que les permiten estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas.

Los mangles son especies perennifolias y el estrato dominante que forman es generalmente arbóreo, aunque también puede ser subarbóreo o hasta arbustivo; las alturas de los mangles pueden variar, de manera general, desde 1 hasta 30 metros. Para verificar esta información, se realizaron muestreos, tanto en el área del proyecto como en el SAR y que se detallan más adelante en este capítulo.

Por tratarse de una zona costera el área del SAR, se encuentran áreas de esteros o humedales, representados por manglares, los cuales proveen hábitat y también nido y sitios migratorios para cientos de especies de aves. De igual manera, los mangles apoyan extensas redes alimenticias de la costa, proveen estabilidad en la línea costera, previenen la erosión y protegen de las tormentas. Los bosques de mangle viven literalmente en dos mundos al mismo tiempo, actuando como punto de contacto entre el mar y la tierra. Los mangles actúan como amortiguador y valla para capturar sedimentos y materia aluvial estabilizando así la elevación de la tierra y promoviendo la construcción de sedimentos en las áreas de marea. El efecto de filtro de los bosques de Mangles protege también los vitales arrecifes de coral y pastizales marinos del daño por erosión.

El manglar que se presenta en el SAR se localiza en **1,801.03** hectáreas distribuido en los márgenes de los 4 vasos de la laguna de Cuyutlán, en la laguna de Juluapan, La laguna de las Garzas, la Laguna de Tapeixtles y en el estero Palo verde, siendo el manglar en los vaso III y IV de la laguna de Cuyutlán los que mayor superficie representan, siendo el 66.28% del manglar identificado en el SAR en los diferentes cuerpos lagunares y la laguna de Tapeixtles cercana al puerto interior y el Vaso I de la laguna de Cuyutlán son los que menos superficie de manglar presentan, como se puede observar en la siguiente figura. Esta comunidad se encuentra a la orilla de las lagunas formando una franja de ancho variable que varía mucho el ancho dependiendo de las condiciones abióticas del lugar.

CONSULTA PÚBLICA

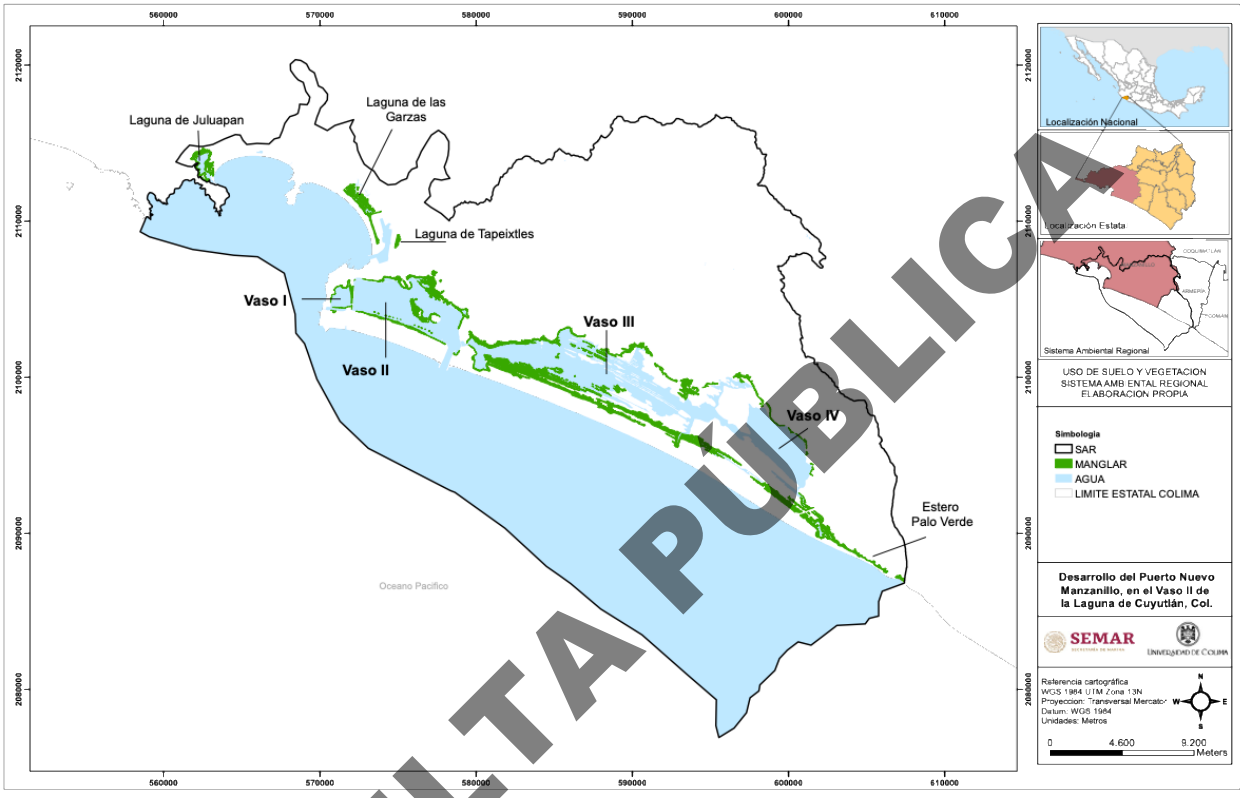


Figura IV.402. Mapa de ubicación del manglar en el SAR

Tabla IV.62. Superficie del manglar del SAR por sitio

Lugar	Superficie ha	%
Laguna de Juluapan	76.43	4.24%
Laguna de las garzas	93.39	5.19%
San Pedrito, Puerto interior	23.96	1.33%
Laguna de Tapeixtles	15.64	0.87%
Vaso I	15.6	0.87%
Vaso II	246.6	13.69%
Vaso III y IV	1,193.69	66.28%
Estero Palo verde	135.72	7.54%
Total	**1,801.03**	**100.00%**

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con las diferentes áreas donde se ubica el mangle, se puede concluir que los vasos III y IV de la laguna de Cuyutlán concentran el 66% de la superficie de mangle del SAR.

De acuerdo con la información obtenida de los muestreos de campo en la vegetación de manglar en el SAR (77 sitios de 100 m^2, cuyas coordenadas de ubicación forma parte de los anexos en el capítulo VIII del presente estudio, se identificó sólo el estrato arbóreo que por su forma de crecimiento difícilmente crecen estratos abajo y se obtuvieron los siguientes indicadores para el manglar en el SAR.

Tabla IV. 63. Riqueza y biodiversidad del manglar en el SAR

Estrato	Número especies	Índice de biodiversidad de Shannon- Wiener	Biodiversidad máxima	Equitatividad
Arbóreo	6	1.44	2.58	0.56

CONSULTA PÚBLICA

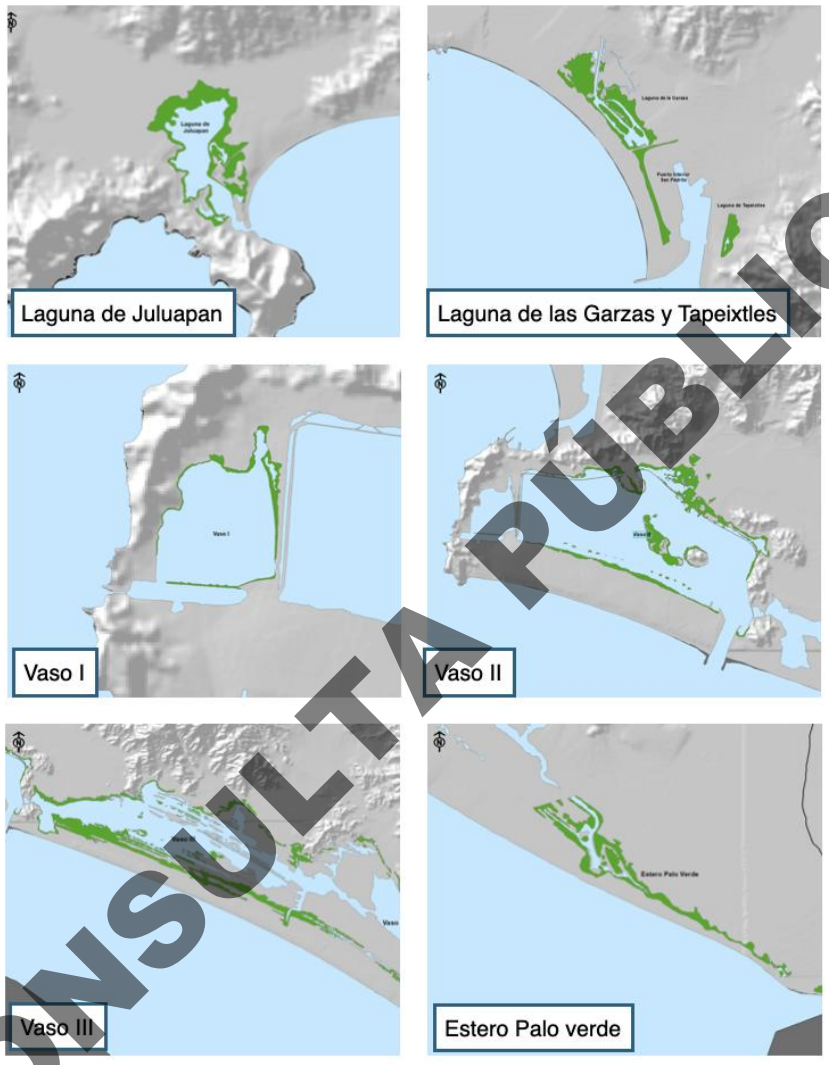


Figura IV.403. Vista de las diferentes áreas de manglar del SAR (elaboración propia)

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con los datos del muestreo, el manglar presenta una riqueza total de **6 especies**, todas ellas corresponden al estrato arbóreo, siendo el estrato característico del manglar y cuyas especies definen este tipo de vegetación que en la mayoría de las veces carece de otros estratos de vegetación.

De acuerdo con el muestreo y su análisis, se identificaron 6 especies estimando un promedio de 4,248 individuos por hectárea, siendo la especie más abundante el mangle blanco (*Laguncularia racemosa)* con 1,959 individuos por hectárea, teniendo muy poca diferencia con el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) que promedia 1,955 individuos por hectárea.

Tabla IV.64. Abundancia de las especies del estrato arbóreo del manglar en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Avicennia germinans*	Mangle negro	184	4.33%
2	*Conocarpus erectus*	Mangle botoncillo	86	2.02%
3	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	1,959	46.12%
4	*Phyllanthus elsiae*	Carne de gallina	4	0.09%
5	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	60	1.41%
6	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	1,955	46.02%
	Total		**4,248**	**100%**



Figura IV.404. Gráfica de la distribución de las especies del estrato arbóreo del manglar

CONSULTA PÚBLICA

Además del mangle blanco y rojo, se identificaron otras dos especies de mangle, conocidos como mangle prieto (*Avicennia germinans)* y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*,) con 184 y 86 individuos por hectárea, que representan en conjunto poco más del 6% de la abundancia relativa, lo que significa que son muy escazas estas especies de mangle en el SAR.

Las otras dos especies presentes en el manglar, *Pithecellobium lanceolatum y Phyllanthus elsiae,* tienen muy poca presencia y solo se identificaron en algunos sitios de manglar, por lo que su presencia es mínima en este ecosistema del SAR, con el 1.41% y 0.09% de abundancia relativa respectivamente.

Como se puede observar, el estrato arbóreo del manglar del SAR se caracteriza por ser una comunidad denominada por dos especies de mangle, el rojo *Rhizophora mangle y* el blanco *Laguncularia racemosa* y en forma muy escasa se encuentran otras dos especies de mangle *Avicennia germinans y Conocarpus erectus*, los cuales se encuentran dispuestos de manera irregular en el borde litoral interno de la laguna de Cuyutlán; sin embargo, esta disposición ha ido cambiando conforme se acentúan las presiones antropogénicas a los estados sometidos los diferentes vasos.

De acuerdo con los datos recabados y el análisis pertinente del estrato arbóreo del manglar, se obtuvo un índice de biodiversidad de **1.43 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máxima de 2.58 bits/ind, y un índice de equitatividad de 0.56. Por lo anterior, se concluye que la biodiversidad que presenta el estrato dado el índice obtenido es baja, sin embargo, es característica del manglar por presentar poca variabilidad de especies. Por otro lado, la equitatividad con la que son distribuidos el número de individuos por especies resulta ser heterogéneo, existiendo dos especies muy dominantes como se ha analizado en párrafos anteriores, lo cual y de igual manera es característico del manglar.

De manera general, considerando la información de todos los sitios del SAR, los árboles tienen un diámetro normal promedio de entre 10 y 20 cm y una altura promedio de 7 metros. Teniendo muy pocos ejemplares con un diámetro normal mayor a los 30 cm y una altura de 15 metros.

Tabla IV.65. Distribución por categoría diamétrica de los árboles de manglar

Categoría diamétrica	Numero de arboles muestreados	%
menor de 10 cm	487	33.82%
de 10 a 20	893	62.01%
de 21 a 30	57	3.96%
mayor de 30	3	0.21%
Total	1,440	100.00%

La especie dominante del manglar dentro del vaso II de la Laguna es mayormente la especie mangle rojo ***Rhizophora mangle*** debido a su presencia en los márgenes de las islas ubicadas en el mismo Vaso II; por otro lado, en los vasos III y IV es dominante el mangle blanco ***Laguncularia racemosa***. Ambas especies se encuentran en la categoría de amenazadas de los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En general el manglar de la Laguna de Cuyutlán es una comunidad que presenta una diversidad diferente que otras áreas del país, ya que en un manglar típico se encuentran 4 especies, mientras que aquí solo se presentan mayoritariamente 2 especies dominantes y 2 muy escazas; no se muestra como una comunidad continua sino fragmentada de acuerdo con las diferentes condiciones de los diferentes vasos de la laguna y su ubicación con relación al canal de Tepalcates donde es el ingreso del agua marina. De acuerdo con los datos del muestreo, los individuos arbóreos presentan alturas menores a 12 metros, lo cual es común en manglares que se encuentran en otras zonas de latitud similar y además, en los sitios donde hay menos flujo de agua hay una invasión de suelos hipersalinos, donde se encuentran especies asociadas como *Salicornia* spp.. En muchas

CONSULTA PÚBLICA

áreas se puede llegar a observar individuos con bajo vigor, producto principalmente del estrés hídrico. El manglar ubicado en la laguna de Cuyutlán responde de diferentes maneras a la hidrodinámica y demás presiones antropogénicas que ocurren en el SAR, siendo beneficiada la vegetación en los últimos años con la apertura del canal Tepalcates, donde hay un mayor flujo de agua marina.

El manglar de laguna de Juluapan con una superficie de 76.43 ha de acuerdo con información de estudios recientes (DTU Fraccionamiento Puerto Santiago, 2025), presenta una riqueza de 5 especies, cuya abundancia total asciende a 1,289 ind/ha., donde la especie ***Laguncularia racemosa*** es la más abundante 87.23%, en segundo se encuentra ***Rhizophora mangle*** (5.85%). El resto lo conforman 3 especies con una abundancia mínima, estas especies son: ***Conocarpus erectus*** (4.65%), ***Avicennia germinans*** (1.55%) y ***Neltuma juliflora*** (0.72%). Como se puede apreciar en esta parte del SAR se tiene la presencia de las 4 especies de mangle reportadas, siendo mayoriyariamente representado el manglar por el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).

En el caso de la laguna de Tapeixtles, en un estudio realizado en el año 2021 (MIA, "Trabajos de mantenimiento y rescate de la laguna de tapeixtles y sus ramales principales, limpieza y desazolve de área hidráulica y canales interiores y canales exteriores", API Manzanillo), se encontró la existencia de solo dos especies en el manglar, siendo igualmente dominante o más abundante la especie ***Laguncularia racemosa*** con un 98% de abundancia y el resto le corresponde a ***Rizophora mangle***. Se estimó una existencia o densidad del manglar de 3,594 plantas por hectárea. Cabe mencionar que este cuerpo de agua, de acuerdo con el mismo estudio (2021), la Laguna Tapeixtles ha tenido una pérdida del espejo del agua de aproximadamente el 77%, por lo que se requirió trabajos de mantenimiento mediante dragado.

En lo que respecta a la Laguna Valle de las Garzas, se ha incrementado la cobertura de mangle debido al arrastre de cantidades importantes de azolve de la parte alta de la microcuenca, que han ocasionado condiciones para el desarrollo del manglar y reducción del espejo de agua. Entre 2021 y 2022, se han realizado actividades de dragado por pate de ASIPONA, para desazolvar la laguna y permitir mayor circulación de agua.

En los vasos III y IV de la laguna de Cuyutlán la vegetación dominante es el manglar, el cual está constituido por las especies ***Rhizophora mangle*** (mangle rojo) y ***Laguncularia racemosa*** (mangle blanco). Esta comunidad tiene forma de crecimiento arbórea. Otras especies acuáticas registradas en la zona fueron *Batis maritima L., Sesuvium portulacastrum* y algunas especies de la familia Cyperaceae. Cabe mencionar que el manglar ha sido sustituido en varias zonas por cultivos y de actividades para llevar a cabo la extracción de sal.

En lo que respecta al Estero Palo Verde, si bien es una prolongación natural del Vaso IV de la Laguna de Cuyutlán al poniente de esta, se consideró analizarlo aparte debido a las condiciones de estero en forma de canal que presenta a diferencia del manglar ubicado en las márgenes de la laguna. De acuerdo con un estudio de Tellez y Valdez (2012), hicieron la caracterización estructural del manglar en el estero Palo Verde en el cual concluyen que las características estructurales del manglar en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima, fueron significativamente diferentes entre los rodales estudiados. La densidad, área basal y volumen fueron mayores, para la categoría diamétrica más pequeña (5 cm DAP), en el rodal monoespecífico de ***Rizophora mangle*** que en el monoespecífico de ***Laguncularia racemosa***. Sin embargo, para las categorías más grandes (20-30 cm DAP), el área basal fue mayor en el rodal monoespecífico *de L. racemosa* que en el mixto de *L. racemosa-R. mangle*. De acuerdo con los muestreos de campo realizados en este estero para el presente estudio, se encontraron 4 especies diferentes con una densidad de 1,920 árboles por hectárea, de las cuales se tiene una clara dominancia de ***Laguncularia racemosa*** con un 80% de la

CONSULTA PÚBLICA

abundancia relativa, ***Rizophora mangle*** con el 13 % de la abundancia y 2 especies poco presentes como son *Phyllanthus elsiae* y *Pithecellobium lanceolatum* con el resto de los individuos. *L. racemosa* presenta diámetro normal promedio de 16.71 cm y altura de 7.20, mientras que *R. mangle* presenta un diámetro normal promedio de 12 cm y altura de 6.5 m. estando ambas especies en los promedios de DN del SAR.

IV.3.12.4.4 Bosque de encino (BQ)

Este tipo de bosques de encino generalmente se encuentran como una transición entre los bosques de coníferas y las selvas, los individuos pueden alcanzar desde los 2 hasta los 30 m de altura más o menos abiertos o muy densos, De acuerdo a lo descrito anteriormente, el desarrollo del género *Quercus* no se limita su desarrollo a climas del tipo templado y frío, aunque la bibliografía reporta que el 95% de la extensión de los bosques de encino se ubica en altitudes entre 1,200 y 2,800 msnm (Rzedowski, 1986).

Las variaciones altitudinales, exposiciones y actividades antropogénicas en el ambiente físico de la parte Norte del SAR han dado como resultado una mezcla de asociaciones vegetales, marcados principalmente por una zona de transición del bosque tropical caducifolio al bosque de encino, con presencia de selva mediana subcaducifolia, por lo que en muchas ocasiones se encuentran especies de encino en las selvas y viceversa

Como se puede apreciar en el mapa del bosque de encino del SAR este se ubica en la parte más alta del SAR al norte de este y ocupa sólo el 1.5% del SAR y 5.14% de la parte terrestre con **1,515 ha** . Se ubica este tipo de vegetación a partir de los 700 msnm hasta los 11400 m snm dentro del SAR, sin embargo, se puede encontrar la especie de *Quercus obtusata* intercalada en las áreas de selva baja caducifolia de mayor altitud con quien limita.

Por las características de la mayoría de los encinos del SAR, estos bosques y es el caso que nos ocupa, han sido subvaluados y han sido eliminados para dar paso a terrenos con propósitos ganaderos con el establecimiento de praderas o en otros casos se han visto muy explotados con fines forestales para la extracción de madera para la elaboración de carbón y tablas para el uso doméstico, lo cual provoca que este tipo de vegetación tienda a fases secundarias las que a su vez sean incorporadas a la actividad agrícola y pecuaria.

Para caracterizar este tipo de vegetación se levantaron 8 sitios de muestreo de 500 m^2, obteniendo información para cuatro estratos diferenciados por su forma de vida, estos son, estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo y otras formas de vida en la que se incluyeron especies que no representan los tres estratos anteriores. De acuerdo con esta información de campo y su análisis se identificaron 40 especies, como se puede observar en la tabla siguiente.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.66. Riqueza y biodiversidad del bosque de encino en el SAR

Estrato	Riqueza	Índice de biodiversidad	Biodiversidad máxima	Índice de equidad
Arbóreo	12	2.28	3.58	0.64
Arbustivo	11	1.52	3.46	0.44
Herbáceo	12	2.31	3.58	0.64

Otras formas de vida	5	2.19	2.32	0.94
Total	**40**			

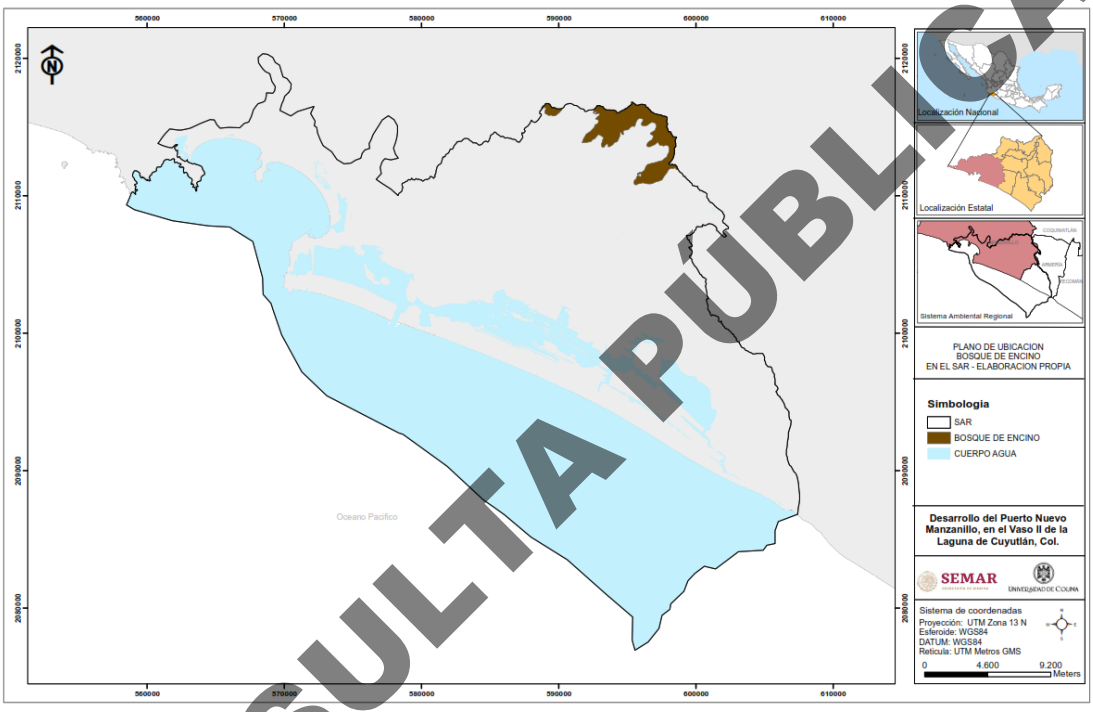


Figura IV.405. Mapa de ubicación del bosque de encino en el SAR

CONSULTA PÚBLICA

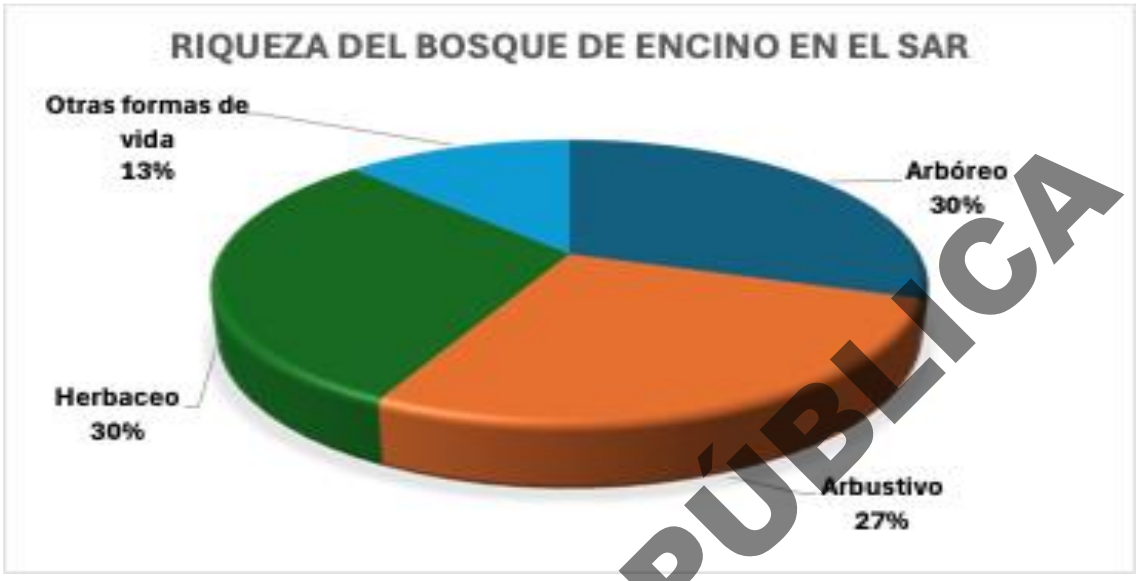


Figura IV.406. Grafica de la distribución de la riqueza de especies en el bosque de encino del SAR

Para el estrato arbóreo del bosque de encino se identificaron 12 especies, de las cuales, como es normal las especies del género *Quercus* son las más abundantes, para este caso son ***Quercus obtusata*** y ***Quercus magnoliifolia*** con el 43.62% y 32.98% de la abundancia relativa respectivamente, sumando entre ambas el 76.6% de la abundancia relativa, lo que significa las tres cuartas partes de las especies presentes son de estas dos especies. De igual manera se identificó otra especie de encino ***Quercus acutifolia***, con una abundancia mucho menor que las otras dos especies, presentando 3.55% de abundancia relativa.

Tabla IV.67. Abundancia de especies del estrato arbóreo del bosque de encino del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Bursera copallifera*	Copal	3	1.06%
2	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	8	2.84%
3	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	8	2.84%
4	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	3	1.06%
5	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	8	2.84%
6	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	13	4.61%
7	*Quercus acutifolia*	Encino rojo	10	3.55%
8	*Quercus magnoliifolia*	Encino Amarillo	93	32.98%
9	*Quercus obtusata*	Encino blanco	123	43.62%
10	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	5	1.77%
11	*Tabebuia rosea*	Rosa morada	5	1.77%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
12	*Trichilia americana*	Cola de zorra	3	1.06%
	Total		**282**	**100%**

Como se puede observar en la tabla anterior, las 9 especies restantes, son características tanto de la selva mediana subcaducifolia y la selva baja caducifolia, por la cercanía con estos tipos de vegetación, siendo dominante el género *Quercus* por lo que se definió el tipo de vegetación como bosque de encino, de tipo caducifolio, el cual se encuentra

perturbad. El estrato arbóreo es de 10 a 12 m. de altura, y por lo general los diámetros de los individuos no superan los 30 cm. Sin embargo, se identificó un 5% de arbolado con diámetro normal mayor a 40 cm y alturas hasta de 15 metros.

De acuerdo con el análisis pertinente de los datos del muestreo del estrato arbóreo del BQ, se obtuvo un índice de biodiversidad de **2.28 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máxima de 3.58 bits/ind, y un índice de equitatividad de 0.64, lo que se traduce en un índice de biodiversidad bajo con una equitatividad baja también por la heterogeneidad de la presencia de las diferentes especies, que como se ha mencionado es una comunidad dominada por 2 especies del género *Quercus*.

En lo que respecta al estrato arbustivo del BQ se identificaron un total de 11 especies de las cuales la más abundante es la ***Verbesina oligantha*** conocida como vara blanca con una abundancia relativa de 76%. Las otras 10 especies presentan una abundancia de individuos más o menos homogénea con muy poca presencia en este tipo de vegetación.

Tabla IV.68. Abundancia de especies del estrato arbustivo del bosque de encino del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Calliandra caeciliae*	Vara de angel	75	3.92%
2	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	25	1.31%
3	*Miconia xalapensis*	Mora	63	3.29%
4	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	50	2.61%
5	*Piper peltatum*	Piper acorazonado	25	1.31%
6	*Randia armata*	Crucillo	25	1.31%
7	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	38	1.99%
8	*Senna obtusifolia*	Retama	25	1.31%
9	*Tournefortia mutabilis*	Huele de noche	25	1.31%
10	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	100	5.22%
11	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	1463	76.44%
	Total		**1,914**	**100%**

CONSULTA PÚBLICA

El estrato arbustivo del BQ presenta un índice de biodiversidad de **1.52 bits/individuo**, que significa un nivel muy bajo, con un índice de biodiversidad máxima de 3.46 bits/ind y un índice de equitatividad de 0.44 que significa un alto grado de heterogeneidad en la presencia de las diferentes especies en esta comunidad florística.

La comunidad o estrato herbáceo del BQ ostenta una riqueza de **12 especies** con una clara existencia de dominio de un pasto conocido como pasto huevero ***Oplismenus compositus*** con una abundancia relativa de 59.69%, lo que significa que esta especie presenta más de la mitad de los individuos presentes en el estrato herbáceo. Las demás especies presentan valores menores a 7% de abundancia relativa, matizando como especie de menor abundancia ***Hyptis suaveolens*** (1.49%).

Tabla IV.69. Abundancia de las especies herbáceas del bosque de encino del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Adiantum tricholepis*	Helecho dentado	1,250	1.87%
2	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	3,250	4.85%
3	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	3,750	5.60%
4	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	1,250	1.87%
5	*Conium maculatum*	Cilantrillo	1,500	2.24%
6	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	2,750	4.10%
7	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	4,500	6.72%
8	*Hyptis suaveolens*	Chan	1,000	1.49%
9	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	40,000	59.70%
10	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	2,250	3.36%
11	*Rhynchosia precatoria*	Frijolillo	2,000	2.99%
12	*Sida glabra*	Guinar escobero	3,500	5.22%
	Total		**67,000**	**100%**

La comunidad herbácea del BQ en el SAR de acuerdo con los cálculos realizados cuenta con un índice de biodiversidad de **2.31 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máxima de 3.58 bits/ind, y como cociente de los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad de 0.64. Como se puede observar la biodiversidad es muy similar en todos los estratos, teniendo valores considerados como bajos, lejos de alcanzar los niveles de la biodiversidad máxima, por otro lado, se observa la existencia de especies dominantes cuya población es significativamente mayor al de las especies menos abundantes, lo cual enmarca condiciones y perturbaciones en el sitio que favorecen a algunos tipos de herbáceas sobre otras.

Derivado de que se identificaron especies con diferente forma de vida, se identificaron 5 especies, de las cuales dos son bejucos, una palma, una epífita y una cícada. Dentro de este estrato denominado otras formas de vida, los bejucos (***Serjania brachycarpa*** y ***Cissus verticillata***) son los más abundantes, que significan poco el 40% de la abundancia relativa de este grupo de especies. Sin embargo, de manera individual la especie ***Zamia***

CONSULTA PÚBLICA

paucijuga, presenta una abundancia relativa del 33.33%. La especie menos abundante es ***Aechmea bracteata*** una bromelia que presenta una abundancia relativa de 6.87%.

Es importante mencionar que se identificó una especie de palma (***Cryosophila nana***) especie que se encuentra en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de Amenazada, se estimó una presencia promedio de 38 plantas por hectárea, sin embargo, los individuos identificados en sitios de 100 m² son de porte bajo o de regeneración por eso es una cantidad de individuos alta.

Tabla IV.70. Abundancia de las especies de otras formas de vida del bosque de encino del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Aechmea bracteata*	Bromelia aserrada	13	6.67%
2	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	38	20.00%
3	*Cryosophila nana*	Palma escobera	38	20.00%
4	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	38	20.00%
5	*Zamia paucijuga*	samia de colima	63	33.33%
	Total		**190**	**100%**

Este estrato de otras formas de vida del BQ en el SAR de acuerdo con los cálculos realizados cuenta con un índice de biodiversidad de **2.19 bits/individuo** que se considera baja al igual que los otros estratos, un índice de biodiversidad máxima de 2.32 bits/ind, y como cociente de los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad de 0.94 que este último se considera muy alto cercano a la unidad, lo que significa una homogeneidad en la presencia del número de individuos en este estrato, a pesar de sus diferentes formas de vida.

IV.3.12.4.5 Vegetación Halófila Hidrófila

Este tipo de vegetación, la constituyen comunidades dominadas por especies herbáceas o raramente arbustivas, que se distribuyen en ambientes litorales (lagunas costeras, marismas salinas y playas) que reciben aportación de agua salina; en sitios de muy baja altitud, con climas cálidos húmedos o subhúmedos, sobre suelos generalmente arenosos con altas concentraciones de sales y que en algún periodo están sujetos a grandes aportaciones de humedad.

Generalmente la vegetación halófila - hidrófila está constituida por un solo estrato herbáceo de plantas perennes suculentas, pero puede estar constituida por elementos arbustivos como los del género *Atriplex*. Especies comunes de este tipo de vegetación son: *Batis marítima* (vidrillo), *Frankenia spp.* (Hierba reuma), *Atriplex spp.* (chamizo), y diversos pastos marinos como *Zostera marina* y *Spartina foliosa*.

Este tipo de vegetación se ubica al interior de la laguna donde ocupa una superficie de 1,784.12 hectáreas que abarca un 1.79% del SAR, pero 6.07% de la parte terrestre con vegetación, superficie que es variable

CONSULTA PÚBLICA

dependiendo conforme crece o baja el nivel del agua en la laguna, ubicándose mayormente dentro de los vasos III y IV.

Para caracterizar este tipo de vegetación en el SAR, de igual manera se levantaron sitios de muestreo, en este caso se cuantificaron los individuos en sitios de un m^2 en conglomerados de 5 sitios, sumando un total de 7 conglomerados haciendo un total de 35 sitios, encontrándose un solo estrato herbáceo.

Tabla IV.71. Riqueza y biodiversidad de la vegetación Halófila - Hidrófila

Estrato	Riqueza	Índice de biodiversidad	Biodiversidad máxima	Índice de equidad
Herbáceo	3	1.37	1.58	0.87

De acuerdo con la información del muestreo de campo se identificaron solo tres especies, siendo una de ellas ampliamente dominante como es ***Batis maritima*** (vidrillo o saladilla) con el 59.07% de la abundancia relativa, así como se identificaron individuos de ***Sesuvium portulacastrum*** que representan el 24.65% y el restante 16.30% de la abundancia relativa le corresponde a la especie ***Sporobolus virginicus.***

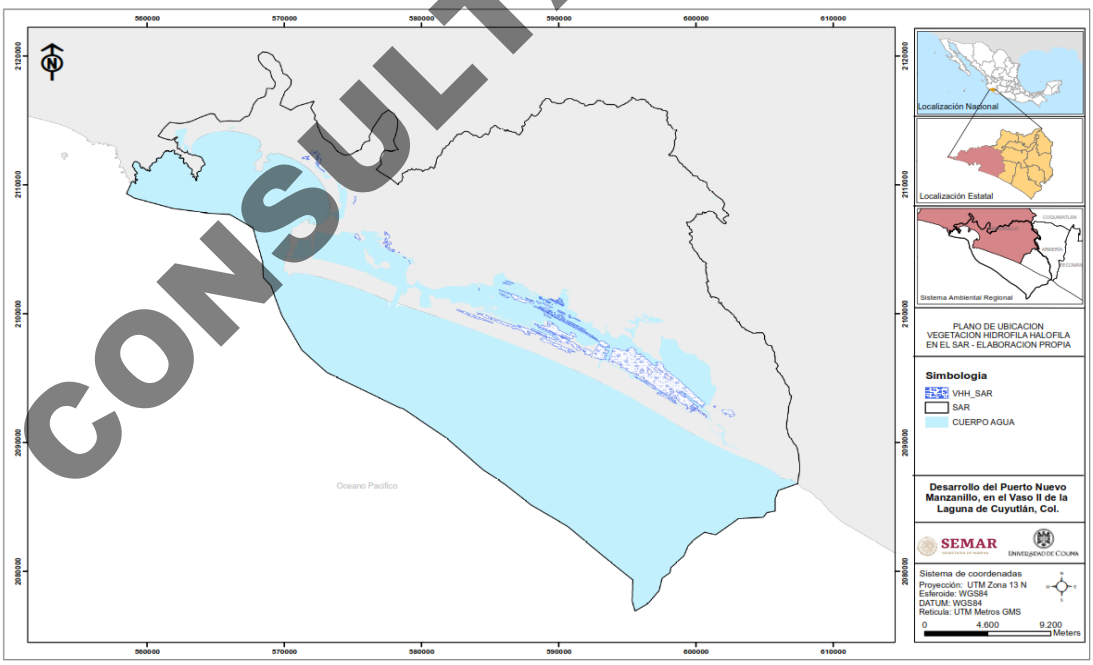


Figura IV.407. Mapa de ubicación de la vegetación Halófila – Hidrófila en el SAR

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.72. Abundancia de las especies de vegetación halófila – hidrófila en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Batis marítima*	Saladilla	91,143	59.07%
2	*Sesuvium portulacastrum*	Verdolaga de playa	38,000	24.63%
3	*Sporobolus virginicus*	Pasto amarillo	25,143	16.30%
			154,286	**100.00%**

De acuerdo con la información recabada, se determinó un índice de biodiversidad de Shannon-Wiener de **1.37 bits/individuo** que se considera muy baja característico de este tipo de vegetación con presencia de pocas especies, en este caso de solo tres especies, un índice de biodiversidad máxima de 1.58 bits/ind, y como cociente de los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad de 0.87 que este último se considera medio-alto tendiendo a la homogeneidad dado por la dominancia no tan amplia de la especie ***Batis maritima*** sobre las otras especies.

IV.3.12.4.6 Vegetación de dunas costeras (VU)

Comunidad vegetal que se establece a lo largo de las costas, se caracteriza por plantas pequeñas y suculentas. Las especies que la forman juegan un papel importante como pioneras y fijadoras de arena, evitando con ello que sean arrastradas por el viento y el oleaje. Algunas de las especies que se pueden encontrar son nopal (*Opuntia dillenii*), riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), alfombrilla (*Abronia maritima), (Croton* spp.*),* verdolaga *(Sesuvium portulacastrum), etcétera.* También se pueden encontrar algunas leñosas y gramíneas como el uvero *(Coccoloba uvifera),* pepe *(Chrysobalanos icacos),* cruceto *(Randia* sp.*),* espino blanco *(Acacia sphaerocephala),* mezquite *(Prosopis juliflora),* zacate salado *(Distichlis spicata),* zacate *(Sporobolus* sp.*)* entre otros.

Fuente: INEGI. Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie V.

Los ecosistemas de dunas tienen la característica de ser uno de los ambientes más frágiles, y con la mayor posibilidad de sufrir una interacción que derive en la alteración de su dinámica litoral, en los que cobran notable protagonismo las acciones humanas, como modificadores de su evolución. Ante las numerosas alteraciones sufridas, estos espacios han tenido una importancia progresiva en los últimos años en cuanto a iniciativas por resguardar sus valores.

En el SAR se ubica en la zona colindante con el mar en forma de franja (dunas), ocupando el **0.62%** del SAR definido para el proyecto y el 2.10% de los diferentes tipos de vegetación del SAR, con una superficie con **619 ha**, en un sistema de costas arenosas, constituidas por una playa y un sistema de dunas o montículos de arena, que conforman sistemas frágiles que sirven de límite entre el mar y la tierra. Como tales se localizan a lo largo de todos los continentes abarcando climas fríos, templados, subtropicales y tropicales. La característica fundamental que los define es la presencia de un sustrato arenoso, móvil en diverso grado, la acción del mar y segundo el viento.

CONSULTA PÚBLICA

Para caracterizar este tipo de vegetación en el SAR, de igual manera se levantaron sitios de muestreo, en este caso se cuantificaron los individuos en 25 sitios de 5 m^2, encontrándose un estrato arbóreo representado por una sola especie de manera aislada, 5 plantas rastreras del estrato herbáceo característica de este tipo de vegetación y 2 especies del estrato definido como otras formas de vida.

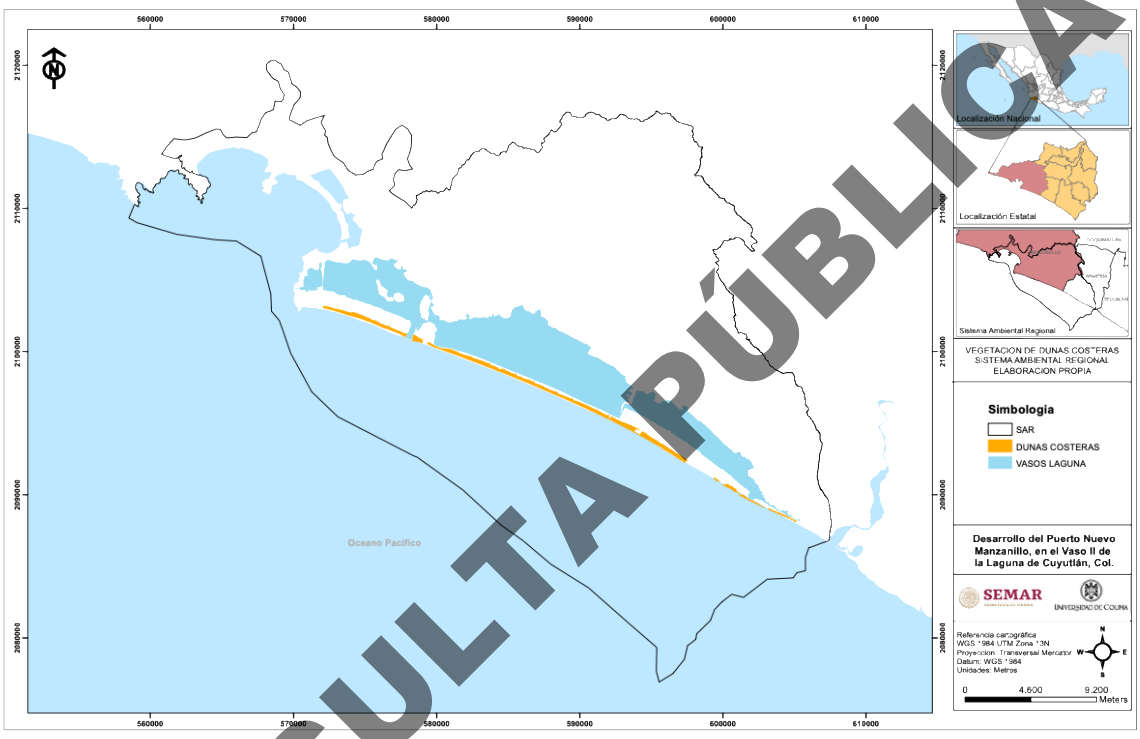


Figura IV.408.. Mapa de ubicación de la vegetación dunas costeras del SAR

Tabla IV.73. Riqueza y biodiversidad de las dunas costeras en el SAR

Estrato	Riqueza	Índice de biodiversidad	Biodiversidad máxima	Índice de equidad
Arbóreo	1	-	-	-
Herbáceo	5	1.44	2.32	0.62
Otras formas de vida	2	1.00	1.00	1.00
Total	**8**			

De acuerdo con la información del muestreo de campo se identificó una especie arbórea de manera aislada conocida como mezquite ***Neltuma juliflora*** contabilizándose solo dos ejemplares en los sitios de muestreo,

CONSULTA PÚBLICA

que, extrapolando a una hectárea, nos arroja una existencia potencial promedio de 40 árboles por hectárea. Para este caso como se trata de una sola especie no existen valores de biodiversidad.

En el estrato herbáceo que es dominante para el caso de las dunas costeras, se identificaron 5 especies, siendo una especie ampliamente dominante como es el caso del pasto salado (***Sporobolus pyramidatus)*** con el 62.94% de la abundancia relativa, muy superior al resto de las especies, destacándose la especie ***Acalypha microphylla*** que representa el 25.88% y el restante 11% de la abundancia relativa les corresponde a tres especies como comunes.

Tabla IV.74. Abundancia de las especies del estrato herbáceo de las dunas costeras del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Acalypha microphylla*	Cancerina	3,520	25.88%
2	*Astraea lobata*	Manzanita	320	2.35%
3	*Canavalia rosea*	*Canavalia*	400	2.94%
4	*Pectis multiflosculosa*	*Verdolaga*	800	5.88%
5	*Sporobolus pyramidatus*	*Pasto salado*	8,560	62.94%
			13,600	**100.00%**

Para la vegetación de dunas costeras, se determinó un índice de biodiversidad de Shannon- Wiener de **1.44 bits/individuo** que se considera muy baja, dada la presencia de solo cinco especies, un índice de biodiversidad máxima de 2.32 bits/ind, y como cociente de los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad de 0.62 que este último se considera medio-bajo tendiendo a la heterogeneidad en la presencia de las especies debido a la dominancia amplia de la especie ***Sporobolus pyramidatus*** sobre las otras especies.

De igual manera se identificaron dos especies clasificadas en el estrato de otras formas de vida, que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla IV.75. Abundancia de las especies del estrato otras formas de vida de las dunas costeras del SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Stegnosperma cubense*	Bejuco de playa	340	50%
2	*Struthanthus interruptus*	Mal ojo	340	50%
			680	**100.00%**

De acuerdo con las existencias por especie se determinó un índice de biodiversidad de Shannon- Wiener de **1.0 bits/individuo** que se considera muy baja, dada la presencia de solo dos especies, un índice de

CONSULTA PÚBLICA

biodiversidad máxima de 1.0 bits/ind, y como cociente de los dos valores anteriormente mencionados el estrato cuenta con un índice de equitatividad de 1.0 dada la igual abundancia de ambas especies, por lo que se considera totalmente homogénea la distribución de la abundancia de las especies.

IV.3.12.5 Resumen de la riqueza de especies del SAR

De acuerdo con la información del muestreo de campo, la vegetación de selva baja caducifolia es la que presenta una mayor riqueza de especies en el SAR definido para el proyecto; con mediana riqueza se caracteriza la selva mediana subcaducifolia y el bosque de encino; el manglar debido a sus características y composición de especies presenta una riqueza muy baja al igual que la vegetación halófila hidrófila y la de dunas costeras, como se puede apreciar en la tabla siguiente:

Tabla IV.76. Riqueza de especies de flora en la vegetación del SAR

Uso De Suelo y Vegetación	Número especies
Selva baja caducifolia	156
Selva mediana subcaducifolia	81
Bosque de encino	40
Manglar	6
Vegetación halófila hidrófila	3
Vegetación de dunas costeras	8

Nota: no se considera la sumatoria, debido a que hay especies que se encontraron en más de un tipo de vegetación.

IV.3.12.6 Listado de flora del SAR (muestreo)

De acuerdo con los sitios de muestreo se identificaron **211 especies** de **seis tipos de vegetación** como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla IV.77. Listado de flora del muestreo en el SAR

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
1	*Abutilon trisulcatum*	Acapan	Herbáceo	X					
2	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	Arbóreo	X					
3	*Acacia farnesiana*	Huizache	Arbustivo	X					
4	*Acacia glomerosa*	Espino monte	Arbóreo	X					
5	*Acacia hindsii*	Huizcolote	Arbóreo	X					
6	*Acacia macilenta*	Chacalcahuil	Arbóreo	X					

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
7	*Acacia tenuifolia*	Aguilillo	Arbustivo	X					
8	*Acalypha mexicana*	Cancerina	Herbáceo	X					X
9	*Acanthocereus tetragonus*	Tazajo	Otras especies	X	X				
10	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla	Otras especies						
11	*Adiantum concinnum*	Helecho bipinado	Herbáceo		X				
12	*Adiantum tricholepis*	Helecho dentado	Herbáceo		X	X			
13	*Aechmea bracteata*	Bromelia aserrada	Otras especies			X			
14	*Agonandra racemosa*	Chilcahuite	Arbóreo		X				
15	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	Arbóreo	X	X				
16	*Albizia tomentosa*	Parotilla Morada	Arbóreo	X					
17	*Alstonia longifolia*	Frijolillo doble	Arbóreo	X					
18	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	Herbáceo	X	X	X			
19	*Ampelocissus acapulcensis*	Uva cimarrona	Otras especies	X					
20	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	Otras especies	X	X				
21	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	Arbóreo	X					
22	*Andira inermis*	Almendro de río	Arbóreo		X				
23	*Annona purpurea*	Cabeza de negro	Arbóreo		X				
24	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	Herbáceo	X	X				
25	*Aphananthe monoica*	Chilillo / Palo barranco	Arbóreo	X	X				
26	*Aphelandra lineariloba*	Afelandras	Herbáceo	X					
27	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	Arbustivo	X	X				
28	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	Arbóreo	X					
29	*Ardisia compressa*	Chico corriozo	Arbustivo		X				
30	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	Otras especies	X	X				
31	*Astraea lobata*	Manzanita	herbáceo						X
32	*Astronium graveolens*	Culebro	Arbóreo	X	X				
33	*Attalea cohune*	Palma de cayaco	Otras especies		X				
34	*Avicennia germinans*	Mangle prieto	Arbóreo				X		
35	*Ayenia aculeata*	Sierrilla cuadrada	Arbustivo	X					
36	*Batis maritima*	Saladilla	Herbáceo					X	
37	*Bauhinia divaricata*	Pata de cabra	Arbustivo	X					
38	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	Herbáceo			X			
39	*Bonellia macrocarpa*	Pica pendejos	Arbustivo	X					
40	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	Arbóreo	X					
41	*Brosimum alicastrum*	Mojo	Arbóreo	X	X				
42	*Bursera copallifera*	Copal	Arbóreo	X		X			
43	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	Arbóreo	X	X				
44	*Bursera sarcopoda*	Tecomaca	Arbóreo	X					

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
45	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	Arbóreo	X	X				
46	*Caesalpinia pulcherrima*	Tabachincillo	Arbustivo	X					
47	*Calathea atropurpurea*	Tacuachin	Herbáceo	X					
48	*Calliandra caeciliae*	Vara de angel	Arbustivo			X			
49	*Calophyllum brasiliense*	Palo maría	Arbóreo		X				
50	*Canavalia rosea*	*Canavalia*	herbáceo						X
51	*Cascabela ovata*	Ayoyote	Arbóreo	X					
52	*Casearia nitida*	Chamizo	Arbóreo	X	X				
53	*Casimiroa edulis*	Zapotillo	Arbóreo	X					
54	*Cecropia obtusifolia*	Trompetero	Arbóreo		X				
55	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	Arbóreo		X	X			
56	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	Arbóreo	X					
57	*Celtis iguanaea*	Granjeno	Arbustivo	X					
58	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	Arbóreo	X	X				
59	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	Arbóreo	X	X				
60	*Cissus microcarpa*	Bejuco tripa de vaca	Otras especies	X					
61	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	Otras especies	X		X			
62	*Clethra hartwegii*	Cucharo	Arbóreo		X				
63	*Cnidoscolus multilobus*	Quemadora palmaeda	Arbustivo	X					
64	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	Arbóreo	X		X			
65	*Cocos nucifera*	Palma de coco	Otras especies	X					
66	*Combretum fruticosum*	Bejuco corona	Otras especies	X					
67	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	Herbáceo	X		X			
68	*Commicarpus scandens*	Bellesa del pacifico pegajosila	Arbustivo		X				
69	*Comocladia engleriana*	Hincha huevos	Arbóreo	X					
70	*Conium maculatum*	Cilantrillo	Herbáceo			X			
71	*Conocarpus erectus*	Mangle botoncillo	Arbóreo				X		
72	*Cordia alliodora*	Botoncillo	Arbóreo	X	X				
73	*Cordia dentata*	Tamborcillo	Arbóreo	X					
74	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	Arbóreo	X	X				
75	*Cordia gerascanthus*	Nance ogelato	Arbóreo	X					
76	*Costus pulverulentus*	Caña de indio	Herbáceo	X					
77	*Coulteria platyloba*	Coral	Arbóreo	X					
78	*Crataeva tapia*	Bulillo	Arbóreo	X					
79	*Crinum erubescens*	Lirio del valle	Herbáceo	X					
80	*Crotalaria micans*	Sonajilla lanceolada	Arbustivo	X					
81	*Croton suberosus*	Mata corchosa	Arbustivo	X					
82	*Cryosophila nana*	Palma escobera	Otras especies			X			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
83	*Cucurbita moschata*	Calabacilla	Herbáceo	X					
84	*Cupania dentata*	Palo acanalado	Arbóreo		X				
85	*Dendropanax arboreus*	Macarmina	Arbóreo		X				
86	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	Arbustivo			X			
87	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	Herbáceo	X	X				
88	*Dioscorea mexicana*	Camote de cerro	Herbáceo	X					
89	*Diphysa americana*	Hormiguillo	Arbóreo	X					
90	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	Herbáceo	X	X	X			
91	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	Arbóreo	X	X	X			
92	*Erythrina americana*	Colorin	Arbóreo	X					
93	*Eupatorium glabratum*	Arbusto de la paloma	Arbustivo	X					
94	*Ficus cotinifolia*	Tescalama	Arbóreo		X				
95	*Ficus maxima*	Higuera blanca	Arbóreo		X				
96	*Ficus velutina*	Zalate	Arbóreo	X					
97	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	Arbóreo	X	X				
98	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	Herbáceo		X	X			
99	*Gliricidia sepium*	Cacanahual	Arbóreo	X					
100	*Gronovia scandens*	Arroz de leche	Herbáceo	X					
101	*Guardiola tulocarpus*	Vara prieta	Arbustivo	X					
102	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	Arbóreo	X	X				
103	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	Arbustivo	X	X				
104	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	Arbóreo	X	X				
105	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	Arbóreo	X	X	X			
106	*Hintonia latiflora*	Trepa chuy	Arbóreo	X					
107	*Hura polyandra*	Habillo	Arbóreo	X	X				
108	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	Arbustivo	X					
109	*Hyptis suaveolens*	Chan	Herbáceo	X		X			
110	*Indigofera densiflora*	Frijolillo vaina	Herbáceo	X					
111	*Indigofera suffruticosa*	Senna arbustiva añil	Arbustivo	X					
112	*Inga eriocarpa*	Cuil	Arbóreo		X				
113	*Ipomoea carnea*	Amapola rosa	Herbáceo	X					
114	*Ipomoea murucoides*	Osote	Arbóreo	X					
115	*Ipomoea purpurea*	Campanilla morada	Herbáceo	X					
116	*Jacaratia mexicana*	Bonete	Arbóreo	X	X				
117	*Jatropha curcas*	Piñoncillo	Arbóreo	X					
118	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	Arbóreo				X		
119	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	Arbustivo	X					
120	*Lasiacis nigra*	Pasto bolita	Herbáceo	X					

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
121	*Lasiacis procerrima*	Carricillo	Herbáceo	X					
122	*Lasianthaea fruticosa*	Vara san josé	Arbustivo	X					
123	*Leucaena microcarpa*	Guajillo	Arbóreo	X					
124	*Licania arborea*	Cuirindo	Arbóreo		X				
125	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	Arbóreo	X	X				
126	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	Arbóreo	X	X				
127	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	Arbóreo	X	X				
128	*Luehea candida*	Algodoncillo	Arbóreo	X					
129	*Lygodium venustum*	Helecho enredadera	Herbáceo	X					
130	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	Arbóreo		X	X			
131	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	Arbóreo		X				
132	*Lysiloma microphyllum*	Tepemezquite	Arbóreo	X					
133	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	Herbáceo	X					
134	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	Arbustivo	X	X				
135	*Manihot aesculifolia*	Manitas	Arbóreo	X					
136	*Manihot chlorosticta*	Manihot	Arbustivo	X					
137	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	Arbóreo	X	X				
138	*Meliosma dentata*	Aguacatillo	Arbóreo		X				
139	*Miconia xalapensis*	Mora	Arbustivo		X	X			
140	*Mimosa albida*	Sierrilla	Otras especies	X					
141	*Mimosa pudica*	Sierrilla	Herbáceo	X					
142	*Momordica charantia*	Pepinillo amarillo	Herbáceo	X					
143	*Mucuna pruriens*	Pica pica	Herbáceo	X					
144	*Muntingia calabura*	Juanito	Arbóreo	X					
145	*Myroxylon horridum*	Huizcoron	Arbóreo	X					
146	*Nectandra salicifolia*	Aguacatillo	Arbóreo	X					
147	*Neltuma juliflora*	Mezquite	Arboreo						X
148	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	Herbáceo	X	X	X			
149	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cactus organo pitayo	Otras especies	X					
150	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	Herbáceo	X		X			
151	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	Otras especies		X				
152	*Paullinia sessiliflora*	Bejuco Costillon	Otras especies	X					
153	*Pectis multiflosculosa*	*Verdolaga*	herbáceo						X
154	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	Herbáceo		X				
155	*Philodendron hederaceum*	Colomo trepador	Herbáceo		X				
156	*Phyllanthus elsiae*	Carne de gallina	Arbóreo				X		
157	*Phyllanthus mocinianus*	Oreja de raton	Arbóreo	X					
158	*Pilosocereus purpusii*	Pitayo serpetinum	Otras especies	X					

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
159	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	Arbustivo	X	X	X			
160	*Piper peltatum*	Piper acorazonado	Arbustivo		X	X			
161	*Piptadenia flava*	Sierrilla arborea	Arbóreo	X					
162	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	Arbustivo	X	X				
163	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	Arbóreo	X					
164	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	Arbóreo	X			X		
165	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	Arbóreo	X	X				
166	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	Arbóreo	X					
167	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	Herbáceo	X					
168	*Psidium sartorianum*	Guayabillo	Arbóreo	X					
169	*Quercus acutifolia*	Encino rojo	Arboreo			X			
170	*Quercus magnoliifolia*	Encino Amarillo	Arboreo			X			
171	*Quercus obtusata*	Encino blanco	Arboreo			X			
172	*Randia armata*	Crucillo	Arbustivo	X	X	X			
173	*Rauvolfia tetraphylla*	Sarna de perro	Arbustivo	X					
174	*Recchia mexicana*	Manzanito	Arbóreo	X					
175	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	Arbustivo	X	X	X			
176	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	Arbóreo				X		
177	*Rhynchosia precatoria*	Frijolillo	Herbáceo			X			
178	*Roldana chapalensis*	Rondala	Arbustivo	X					
179	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	Arbóreo	X	X				
180	*Sapindus saponaria*	Bolitario	Arbóreo	X					
181	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	Arbóreo	X	X	X			
182	*Scaevola plumieri*	Bejuco costero	Otras especies	X					
183	*Senna atomaria*	Vainillo	Arbóreo		X				
184	*Senna obtusifolia*	Retama	Arbustivo		X	X			
185	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	Otras especies	X	X	X			
186	*Sesuvium portulacastrum*	Verdolaga de playa	Herbáceo					X	
187	*Sicyos barbatus*	Chayotillo tronador	Herbáceo	X					
188	*Sida glabra*	Guinar escobero	Herbáceo	X	X	X			
189	*Sideroxylon capiri*	Capire	Arbóreo	X					
190	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	Arbóreo	X					
191	*Smilax spinosa*	Bejuco alambre	Otras especies	X	X				
192	*Spondia purpurea*	Ciruelo	Arbóreo	X	X				
193	*Sporobolus pyramidatus*	*Pasto salado*	herbáceo						X
194	*Sporobolus virginicus*	Pasto amarillo	Herbáceo	X				X	
195	*Stegnosperma cubense*	Bejuco de arena	Otras especies						X
196	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	Arbóreo	X	X				

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC
197	*Struthanthus interruptus*	Mal ojo	Otras especies						X
198	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	Arbóreo	X	X				
199	*Tabebuia chrysantha*	Mapilla	Arbóreo	X					
200	*Tabebuia rosea*	Rosa morada	Arbóreo		X	X			
201	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	Arbóreo	X	X				
202	*Tillandsia intermedia*	Tillandicia	Otras especies	X					
203	*Tournefortia mutabilis*	Huele de noche	Arbustivo			X			
204	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	Herbáceo	X	X				
205	*Trichilia americana*	Cola de zorra	Arbóreo	X	X	X			
206	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	Arbustivo			X			
207	*Trophis racemosa*	Falso ramon	Arbóreo	X					
208	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	Arbustivo	X	X				
209	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	Arbustivo	X	X	X			
210	*Zamia paucijuga*	samia de colima	Otras especies			X			
211	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	Arbóreo	X					

IV.3.12.7 Flora potencial en el SAR

Considerando que las bases de datos de la CONABIO representan la fuente de información de flora y fauna más extensa en nuestro país se optó por recopilar la flora reportada en el portal de la CONABIO (http://geoportal.conabio.gob.mx/) dentro del área definida como Sistema Ambiental Regional, obteniéndose los registros de **397 especies de flora**, más las especies reportadas en el muestreo no consideradas por los listados de Conabio, obteniéndose un listado de flora total de **540 especies**, como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla IV.78. Listado de flora potencial en el SAR (Conabio + muestreo)

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
1	Malvaceae	*Abutilon abutiloides*			
2	Malvaceae	*Abutilon trisulcatum*			
3	Fabaceae	*Acacia cochliacantha cochliacantha*			
4	Fabaceae	*Acacia cornigera*			
5	Fabaceae	*Acacia coulteri*			
6	Fabaceae	*Acacia farnesiana*			
7	Fabaceae	*Acacia glomerosa*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
8	Fabaceae	*Acacia hindsii*			
9	Fabaceae	*Acacia macilenta*			
10	Fabaceae	*Acacia macracantha*			
11	Fabaceae	*Acacia tenuifolia*			
12	Fabaceae	*Acaciella angustissima*			
13	Fabaceae	*Acaciella chamelensis*			
14	Fabaceae	*Acaciella rosei*			
15	Euphorbiaceae	*Acalypha alopecuroidea*			
16	Euphorbiaceae	*Acalypha filipes*			
17	Euphorbiaceae	*Acalypha langiana langiana*			
18	Euphorbiaceae	*Acalypha mexicana*			
19	Euphorbiaceae	*Acalypha microphylla interior*			
20	Euphorbiaceae	*Acalypha ostryifolia*			
21	Cactaceae	*Acanthocereus tetragonus*		Apéndice II	LC
22	Pteridaceae	*Acrostichum aureum*			LC
23	Pteridaceae	*Acrostichum danaeifolium*			LC
24	Fabaceae	*Adenopodia gymnantha*			
25	Pteridaceae	*Adiantum concinnum*			
26	Pteridaceae	*Adiantum tricholepis*			
27	Bromeliaceae	*Aechmea bracteata*			LC
28	Asparagaceae	*Agave (Littaea) colimana*			
29	Asparagaceae	*Agave (Littaea) filifera*			LC
30	Asparagaceae	*Agave (Littaea) pendula*			
31	Phytolaccaceae	*Agdestis clematidea*			
32	Opiliaceae	*Agonandra racemosa*			
33	Fabaceae	*Albizia occidentalis*	Amenazada (A)		
34	Fabaceae	*Albizia tomentosa*			
35	Apocynaceae	*Alstonia longifolia*			
36	Amaranthaceae	*Amaranthus scariosus*			
37	Asteraceae	*Ambrosia psilostachya*			
38	Vitaceae	*Ampelocissus acapulcensis*			
39	Bignoniaceae	*Amphilophium crucigerum*			
40	Anacardiaceae	*Amphipterygium adstringens*			
41	Anacardiaceae	*Anacardium occidentale*			LC
42	Fabaceae	*Andira inermis*			LC
43	Annonaceae	*Annona purpurea*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
44	Poaceae	*Anthephora hermaphrodita*			
45	Polygonaceae	*Antigonon flavescens*			
46	Polygonaceae	*Antigonon leptopus*			
47	Cannabaceae	*Aphananthe monoica*			
48	Acanthaceae	*Aphelandra lineariloba*			
49	Acanthaceae	*Aphelandra scabra*			
50	Fabaceae	*Apoplanesia paniculata*			
51	Alismataceae	*Aquarius subalatus*			
52	Primulaceae	*Ardisia compressa*			
53	Poaceae	*Aristida jorullensis*			
54	Poaceae	*Aristida ternipes*			
55	Poaceae	*Aristida ternipes ternipes*			
56	Aristolochiaceae	*Aristolochia acontophylla*			
57	Aristolochiaceae	*Aristolochia carterae*			
58	Aristolochiaceae	*Aristolochia pardina*			
59	Aristolochiaceae	*Aristolochia taliscana*			
60	Euphorbiaceae	*Astraea lobata*			
61	Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	Amenazada (A)		EN
62	Athyriaceae	*Athyrium skinneri*			
63	Arecaceae	*Attalea cohune*	Protección especial (Pr)		LC
64	Acanthaceae	*Avicennia germinans*	Amenazada (A)		LC
65	Poaceae	*Axonopus compressus*			
66	Malvaceae	*Ayenia aculeata*			
67	Meliaceae	*Azadirachta indica*			LC
68	Malvaceae	*Bastardiastrum incanum*			
69	Bataceae	*Batis maritima*			LC
70	Fabaceae	*Bauhinia cookii*			
71	Fabaceae	*Bauhinia divaricata*			
72	Fabaceae	*Bauhinia pauletia*			
73	Fabaceae	*Bauhinia subrotundifolia*			
74	Begoniaceae	*Begonia asteroides*			
75	Asteraceae	*Bidens riparia*			
76	Acanthaceae	*Blechum pyramidatum*			
77	Nyctaginaceae	*Boerhavia coccinea*			
78	Nyctaginaceae	*Boerhavia diffusa*			
79	Cyperaceae	*Bolboschoenus maritimus*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
80	Cyperaceae	*Bolboschoenus maritimus paludosus*			
81	Nyctaginaceae	*Boldoa purpurascens*			
82	Primulaceae	*Bonellia macrocarpa*			
83	Ehretiaceae	*Bourreria andrieuxii*			
84	Poaceae	*Bouteloua aristidoides*			
85	Poaceae	*Bouteloua aristidoides aristidoides*			
86	Poaceae	*Bouteloua repens*			
87	Poaceae	*Brachiaria fasciculata*			
88	Acanthaceae	*Bravaisia integerrima*	Amenazada (A)		
89	Asteraceae	*Brickellia coulteri*			
90	Moraceae	*Brosimum alicastrum*			LC
91	Burseraceae	*Bursera copallifera*			
92	Burseraceae	*Bursera epinnata*			
93	Burseraceae	*Bursera excelsa*			
94	Burseraceae	*Bursera grandifolia*			
95	Burseraceae	*Bursera instabilis*			
96	Burseraceae	*Bursera sarcopoda*			
97	Burseraceae	*Bursera simaruba*			LC
98	Malpighiaceae	*Byrsonima crassifolia*			LC
99	Fabaceae	*Caesalpinia crista*			
100	Fabaceae	*Caesalpinia eriostachys*			
101	Fabaceae	*Caesalpinia pulcherrima*			LC
102	Marantaceae	*Calathea atropurpurea*			
103	Malpighiaceae	*Callaeum macropterum*			
104	Fabaceae	*Calliandra caeciliae*			
105	Fabaceae	*Calliandra tergemina emarginata*			
106	Calophyllaceae	*Calophyllum brasiliense*	Amenazada (A)		LC
107	Fabaceae	*Canavalia acuminata*			
108	Fabaceae	*Canavalia brasiliensis*			
109	Fabaceae	*Canavalia maritima*			
110	Fabaceae	*Canavalia rosea*			LC
111	Scrophulariaceae	*Capraria biflora*			LC
112	Solanaceae	*Capsicum baccatum*			
113	Sapindaceae	*Cardiospermum halicacabum*			
114	Apocynaceae	*Cascabela ovata*			
115	Salicaceae	*Casearia corymbosa*			
116	Salicaceae	*Casearia nitida*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
117	Rutaceae	*Casimiroa edulis*			
118	Fabaceae	*Cassia hintonii*			
119	Apocynaceae	*Catharanthus roseus*			LC
120	Urticaceae	*Cecropia obtusifolia*			LC
121	Meliaceae	*Cedrela odorata*	Protección especial (Pr)	Apendice II	EN
122	Malvaceae	*Ceiba aesculifolia*			LC
123	Cannabaceae	*Celtis iguanaea*			
124	Poaceae	*Cenchrus brownii*			
125	Poaceae	*Cenchrus echinatus*			
126	Poaceae	*Cenchrus pilosus*			
127	Poaceae	*Cenchrus spinifex*			
128	Fabaceae	*Cenostigma eriostachys*			
129	Fabaceae	*Centrosema plumieri*			
130	Fabaceae	*Centrosema pubescens*			
131	Fabaceae	*Chloroleucon mangense leucospermum*			
132	Asteraceae	*Chromolaena odorata*			
133	Vitaceae	*Cissus microcarpa*			
134	Vitaceae	*Cissus verticillata*			
135	Cleomaceae	*Cleome viscosa*			
136	Clethraceae	*Clethra hartwegii*			
137	Fabaceae	*Clitoria ternatea*			
138	Euphorbiaceae	*Cnidoscolus multilobus*			
139	Euphorbiaceae	*Cnidoscolus spinosus*			
140	Bixaceae	*Cochlospermum (Cochlospermun) vitifolium*			
141	Bixaceae	*Cochlospermum vitifolium*			
142	Arecaceae	*Cocos nucifera*			DD
143	Combretaceae	*Combretum fruticosum*			
144	Commelinaceae	*Commelina diffusa*			
145	Commelinaceae	*Commelina erecta*			
146	Nyctaginaceae	*Commicarpus scandens*			
147	Anacardiaceae	*Comocladia dentata*			
148	Anacardiaceae	*Comocladia engleriana*			
149	Apiaceae	*Conium maculatum*			
150	Combretaceae	*Conocarpus erectus*	Amenazada (A)		LC
151	Fabaceae	*Conzattia multiflora*			
152	Malvaceae	*Corchorus aestuans*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
153	Malvaceae	*Corchorus hirtus*			
154	Malvaceae	*Corchorus siliquosus*			
155	Cordiaceae	*Cordia alliodora*			LC
156	Cordiaceae	*Cordia colimensis*			
157	Cordiaceae	*Cordia dentata*			
158	Cordiaceae	*Cordia elaeagnoides*			
159	Cordiaceae	*Cordia gerascanthus*			
160	Cordiaceae	*Cordia seleriana*			
161	Costaceae	*Costus pulverulentus*			
162	Fabaceae	*Coulteria platyloba*			
163	Fabaceae	*Coursetia caribaea caribaea*			
164	Capparaceae	*Crateva tapia*			
165	Bignoniaceae	*Crescentia alata*			LC
166	Convolvulaceae	*Cressa truxillensis*			
167	Amaryllidaceae	*Crinum erubescens*			
168	Fabaceae	*Crotalaria cajanifolia*			
169	Fabaceae	*Crotalaria longirostrata*			
170	Fabaceae	*Crotalaria micans*			
171	Fabaceae	*Crotalaria vitellina*			
172	Euphorbiaceae	*Croton niveus*			
173	Euphorbiaceae	*Croton roxanae*			
174	Euphorbiaceae	*Croton suberosus*			
175	Arecaceae	*Cryosophila nana*	Amenazada (A)		
176	Cucurbitaceae	*Cucurbita argyrosperma sororia*			
177	Cucurbitaceae	*Cucurbita moschata*			
178	Sapindaceae	*Cupania dentata*			
179	Convolvulaceae	*Cuscuta (Grammica) desmouliniana*			
180	Poaceae	*Cynodon dactylon*			LC
181	Fabaceae	*Cynometra oaxacana*			
182	Capparaceae	*Cynophalla verrucosa*			
183	Cyperaceae	*Cyperus articulatus*			
184	Cyperaceae	*Cyperus compressus*			
185	Cyperaceae	*Cyperus fugax*			
186	Cyperaceae	*Cyperus giganteus*			
187	Cyperaceae	*Cyperus ligularis*			
188	Cyperaceae	*Cyperus odoratus*			
189	Cyperaceae	*Cyperus oxylepis*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
190	Cyperaceae	*Cyperus regiomontanus*			
191	Poaceae	*Dactyloctenium aegyptium*			
192	Fabaceae	*Dalea cliffortiana*			
193	Araliaceae	*Dendropanax arboreus*			LC
194	Fabaceae	*Desmanthus bicornutus*			
195	Fabaceae	*Desmodium Incanum*			
196	Acanthaceae	*Dicliptera resupinata*			
197	Poaceae	*Digitaria bicornis*			
198	Poaceae	*Dinebra panicea brachiata*			
199	Poaceae	*Dinebra panicea mucronata*			
200	Dioscoreaceae	*Dioscorea mexicana*			LC
201	Dioscoreaceae	*Dioscorea plumifera*			
202	Fabaceae	*Diphysa americana*			LC
203	Fabaceae	*Diphysa sennoides*			
204	Convolvulaceae	*Distimake quinquefolius*			
205	Euphorbiaceae	*Ditaxis manzanilloana*			
206	Bignoniaceae	*Dolichandra unguis-cati*			LC
207	Cucurbitaceae	*Doyerea emetocathartica*			
208	Poaceae	*Echinochloa colona*			
209	Cyperaceae	*Eleocharis interstincta*			
210	Acanthaceae	*Elytraria imbricata*			
211	Fabaceae	*Entada polystachya*			
212	Fabaceae	*Enterolobium cyclocarpum*			LC
213	Poaceae	*Eragrostis amabilis*			
214	Poaceae	*Eragrostis ciliaris*			
215	Poaceae	*Eragrostis pectinacea pectinacea*			
216	Poaceae	*Eragrostis prolifera*			
217	Poaceae	*Eriochloa aristata*			
218	Poaceae	*Eriochloa contracta*			
219	Fabaceae	*Erythrina (Erythrina) lanata occidentalis*			
220	Fabaceae	*Erythrina americana*			LC
221	Fabaceae	*Erythrostemon caladenia*			
222	Fabaceae	*Erythrostemon exostemma*			
223	Myrtaceae	*Eugenia rekoi*			
224	Asteraceae	*Eupatorium glabratum*			
225	Euphorbiaceae	*Euphorbia colletioides*		Apéndice II	

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
226	Euphorbiaceae	*Euphorbia graminea*		Apéndice II	
227	Euphorbiaceae	*Euphorbia thymifolia*		Apéndice II	
228	Euphorbiaceae	*Euphorbia tresmariae*		Apéndice II	
229	Heliotropiaceae	*Euploca procumbens*			
230	Moraceae	*Ficus cotinifolia*			
231	Moraceae	*Ficus insipida*			LC
232	Moraceae	*Ficus maxima*			LC
233	Moraceae	*Ficus velutina*			
234	Cyperaceae	*Fimbristylis spadicea*			
235	Resedaceae	*Forchhammeria pallida*			
236	Cyperaceae	*Fuirena umbellata*			
237	Apocynaceae	*Funastrum clausum*			
238	Asteraceae	*Galinsoga parviflora*			
239	Fabaceae	*Gliricidia sepium*			LC
240	Amaranthaceae	*Gomphrena serrata*			
241	Malvaceae	*Gossypium hirsutum*	Sujeta a protección especial (Pr)		LC
242	Rhamnaceae	*Gouania rosei*			
243	Poaceae	*Gouinia virgata*			
244	Poaceae	*Gouinia virgata virgata*			
245	Loasaceae	*Gronovia scandens*			
246	Asteraceae	*Guardiola tulocarpus*			
247	Malvaceae	*Guazuma ulmifolia*			LC
248	Rubiaceae	*Guettarda elliptica*			
249	Hernandiaceae	*Gyrocarpus jatrophifolius*			
250	Malvaceae	*Hampea tomentosa*			
251	Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Amenazada (A)		LC
252	Asteraceae	*Helianthus annuus*			LC
253	Malvaceae	*Heliocarpus occidentalis*			
254	Malvaceae	*Heliocarpus terebinthinaceus*			
255	Heliotropiaceae	*Heliotropium angiospermum*			
256	Heliotropiaceae	*Heliotropium curassavicum*			
257	Heliotropiaceae	*Heliotropium fruticosum*			
258	Pteridaceae	*Hemionitis palmata*			
259	Acanthaceae	*Henrya insularis*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
260	Poaceae	*Heteropogon contortus*			
261	Malvaceae	*Hibiscus pernambucensis*			
262	Malvaceae	*Hibiscus rosa-sinensis*			LC
263	Malvaceae	*Hibiscus sabdariffa*			LC
264	Rubiaceae	*Hintonia latiflora*			
265	Asteraceae	*Hofmeisteria dissecta*			
266	Euphorbiaceae	*Hura polyandra*			LC
267	Menispermaceae	*Hyperbaena ilicifolia*			
268	Menispermaceae	*Hyperbaena mexicana*			
269	Lamiaceae	*Hyptis suaveolens*			
270	Fabaceae	*Indigofera densiflora*			
271	Fabaceae	*Indigofera suffruticosa*			
272	Fabaceae	*Inga eriocarpa*			
273	Fabaceae	*Inga vera*			
274	Convolvulaceae	*Ipomoea bracteata*			
275	Convolvulaceae	*Ipomoea carnea*			
276	Convolvulaceae	*Ipomoea indica*			
277	Convolvulaceae	*Ipomoea murucoides*			
278	Convolvulaceae	*Ipomoea pes-caprae*			LC
279	Convolvulaceae	*Ipomoea purpurea*			LC
280	Convolvulaceae	*Ipomoea quamoclit*			
281	Convolvulaceae	*Ipomoea ternifolia valida*			
282	Convolvulaceae	*Ipomoea trifida*			
283	Convolvulaceae	*Ipomoea wolcottiana*			
284	Caricaceae	*Jacaratia mexicana*			
285	Euphorbiaceae	*Jatropha curcas*			LC
286	Euphorbiaceae	*Jatropha gossypiifolia*			
287	Poaceae	*Jouvea pilosa*			
288	Acanthaceae	*Justicia californica*			
289	Acanthaceae	*Justicia roseana*			
290	Zygophyllaceae	*Kallstroemia grandiflora*			
291	Zygophyllaceae	*Kallstroemia maxima*			
292	Zygophyllaceae	*Kallstroemia parviflora*			
293	Malvaceae	*Kosteletzkya depressa*			
294	Malvaceae	*Kosteletzkya tubiflora*			
295	Asteraceae	*Lagascea mollis*			
296	Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	Amenazada (A)		LC

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
297	Verbenaceae	*Lantana camara*			LC
298	Poaceae	*Lasiacis divaricata*			
299	Poaceae	*Lasiacis nigra*			
300	Poaceae	*Lasiacis procerrima*			
301	Poaceae	*Lasiacis ruscifolia*			
302	Poaceae	*Lasiacis ruscifolia ruscifolia*			
303	Asteraceae	*Lasianthaea fruticosa*			
304	Araceae	*Lemna aequinoctialis*			
305	Araceae	*Lemna valdiviana*			
306	Fabaceae	*Lennea viridiflora viridiflora*			
307	Fabaceae	*Leucaena lanceolata*			
308	Fabaceae	*Leucaena leucocephala*			LC
309	Fabaceae	*Leucaena microcarpa*			
310	Fabaceae	*Libidibia coriaria*			
311	Chrysobalanaceae	*Licania arborea*	Amenazada (A)		EN
312	Poaceae	*Lolium multiflorum*			
313	Fabaceae	*Lonchocarpus constrictus*			
314	Fabaceae	*Lonchocarpus eriocarinalis*			
315	Fabaceae	*Lonchocarpus guatemalensis*			
316	Fabaceae	*Lonchocarpus mutans*			
317	Fabaceae	*Lonchocarpus sericeus*			
318	Fabaceae	*Lonchocarpus sericeus palmeri*			
319	Malvaceae	*Luehea candida*			
320	Cucurbitaceae	*Luffa cylindrica*			
321	Cucurbitaceae	*Luffa operculata*			
322	Solanaceae	*Lycium carolinianum*			
323	Lygodiaceae	*Lygodium venustum*			
324	Fabaceae	*Lysiloma acapulcensis*			
325	Fabaceae	*Lysiloma divaricatum*			
326	Fabaceae	*Lysiloma microphyllum*			
327	Fabaceae	*Macroptilium atropurpureum*			
328	Malpighiaceae	*Malpighia ovata*			
329	Malvaceae	*Malva parviflora*			
330	Malvaceae	*Malvaviscus arboreus*			
331	Cactaceae	*Mammillaria mazatlanensis*		Apéndice II	LC
332	Cactaceae	*Mammillaria mazatlanensis mazatlanensis*		Apéndice II	LC

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
333	Anacardiaceae	*Mangifera indica*			DD
334	Euphorbiaceae	*Manihot aesculifolia*			
335	Euphorbiaceae	*Manihot chlorosticta*			
336	Phyllanthaceae	*Margaritaria nobilis*			
337	Poaceae	*Megathyrsus maximus*			
338	Asteraceae	*Melampodium divaricatum*			
339	Poaceae	*Melinis repens*			
340	Sabiaceae	*Meliosma dentata*			
341	Malvaceae	*Melochia tomentosa*			
342	Melastomataceae	*Miconia xalapensis*			
343	Asteraceae	*Mikania micrantha*			
344	Fabaceae	*Mimosa albida*			
345	Fabaceae	*Mimosa distachya*			
346	Fabaceae	*Mimosa leptocarpa*			
347	Fabaceae	*Mimosa pellita*			
348	Fabaceae	*Mimosa pigra*			LC
349	Fabaceae	*Mimosa pigra pigra*			LC
350	Fabaceae	*Mimosa pudica*			LC
351	Fabaceae	*Mimosa quadrivalvis diffusa*			
352	Fabaceae	*Mimosa sicyocarpa*			
353	Cucurbitaceae	*Momordica charantia*			
354	Capparaceae	*Morisonia americana*			
355	Fabaceae	*Mucuna pruriens*			
356	Poaceae	*Muhlenbergia diversiglumis*			
357	Muntingiaceae	*Muntingia calabura*			
358	Salicaceae	*Myroxylon horridum*			
359	Lauraceae	*Nectandra hihua*			
360	Lauraceae	*Nectandra salicifolia*			
361	Fabaceae	*Neltuma juliflora*			
362	Fabaceae	*Neptunia plena*			
363	Asparagaceae	*Nolina parviflora*			LC
364	Nymphaeaceae	*Nymphaea ampla*			LC
365	Lamiaceae	*Ocimum basilicum*			
366	Poaceae	*Oplismenus compositus*			
367	Cactaceae	*Opuntia decumbens*		Apéndice II	

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
368	Cactaceae	*Opuntia excelsa*	Sujeta a protección especial (Pr)	Apéndice II	
369	Cactaceae	*Opuntia ficus-indica*		Apéndice II	DD
370	Cactaceae	*Opuntia karwinskiana*		Apéndice II	
371	Cactaceae	*Opuntia puberula*		Apéndice II	
372	Cactaceae	*Opuntia velutina*		Apéndice II	
373	Cactaceae	*Opuntia wilcoxii*		Apéndice II	
374	Cactaceae	*Pachycereus pecten-aboriginum*		Apéndice II	LC
375	Poaceae	*Panicum hirsutum*			
376	Poaceae	*Panicum trichoides*			
377	Bignoniaceae	*Parmentiera millspaughiana*			
378	Poaceae	*Paspalidium geminatum*			
379	Poaceae	*Paspalum conjugatum*			
380	Poaceae	*Paspalum paniculatum*			
381	Poaceae	*Paspalum vaginatum*			LC
382	Passifloraceae	*Passiflora foetida*			
383	Passifloraceae	*Passiflora holosericea*			
384	Passifloraceae	*Passiflora juliana*			
385	Passifloraceae	*Passiflora mexicana*			
386	Sapindaceae	*Paullinia clavigera*			
387	Sapindaceae	*Paullinia sessiliflora*			
388	Malvaceae	*Pavonia fryxellii*			
389	Asteraceae	*Pectis exserta*			
390	Asteraceae	*Pectis multiflosculosa*			
391	Asteraceae	*Perityle microglossa*			
392	Phytolaccaceae	*Petiveria alliacea*			LC
393	Fabaceae	*Phaseolus lunatus*			LC
394	Araceae	*Philodendron hederaceum*			LC
395	Poaceae	*Phragmites australis*			LC
396	Verbenaceae	*Phyla nodiflora*			
397	Phyllanthaceae	*Phyllanthus elsiae*			
398	Phyllanthaceae	*Phyllanthus mocinianus*			
399	Cactaceae	*Pilosocereus alensis*		Apéndice II	

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
400	Cactaceae	*Pilosocereus purpusii*		Apéndice II	
401	Piperaceae	*Piper hispidum*			
402	Piperaceae	*Piper marginatum*			
403	Piperaceae	*Piper peltatum*			
404	Fabaceae	*Piptadenia flava*			
405	Fabaceae	*Piptadenia obliqua*			
406	Picrodendraceae	*Piranhea mexicana*			
407	Nyctaginaceae	*Pisonia aculeata*			
408	Araceae	*Pistia stratiotes*			LC
409	Fabaceae	*Pithecellobium dulce*			LC
410	Fabaceae	*Pithecellobium lanceolatum*			
411	Fabaceae	*Pithecellobium unguis-cati*			
412	Asteraceae	*Pittocaulon filare*			
413	Fabaceae	*Platymiscium lasiocarpum*	Peligro de extinsion (P)		
414	Asteraceae	*Pluchea odorata*			
415	Plumbaginaceae	*Plumbago zeylanica*			LC
416	Apocynaceae	*Plumeria rubra*			LC
417	Fabaceae	*Poeppigia procera*			
418	Apocynaceae	*Polystemma guatemalense*			
419	Portulacaceae	*Portulaca oleracea*			LC
420	Apocynaceae	*Prestonia mexicana*			
421	Malvaceae	*Pseudobombax ellipticum*			
422	Myrtaceae	*Psidium sartorianum*			LC
423	Fagaceae	*Quercus acutifolia*			LC
424	Fagaceae	*Quercus magnoliifolia*			LC
425	Fagaceae	*Quercus obtusata*			LC
426	Fabaceae	*Ramirezella strobilophora*			
427	Rubiaceae	*Randia armata*			
428	Apocynaceae	*Rauvolfia tetraphylla*			
429	Surianaceae	*Recchia mexicana*			
430	Poaceae	*Rhipidocladum racemiflorum*			
431	Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	Amenazada (A)		LC
432	Fabaceae	*Rhynchosia precatoria*			
433	Euphorbiaceae	*Ricinus communis*			LC
434	Petiveriaceae	*Rivina humilis*			
435	Asteraceae	*Roldana chapalensis*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
436	Bignoniaceae	*Roseodendron donnell-smithii*			
437	Connaraceae	*Rourea glabra*			
438	Apocynaceae	*Ruehssia astephanoides*			
439	Apocynaceae	*Ruehssia lanata*			
440	Acanthaceae	*Ruellia blechum*			
441	Ruppiaceae	*Ruppia didyma*			LC
442	Plantaginaceae	*Russelia retrorsa*			
443	Alismataceae	*Sagittaria lancifolia media*			LC
444	Lamiaceae	*Salvia karwinskii*			
445	Lamiaceae	*Salvia misella*			
446	Sapindaceae	*Sapindus saponaria*			LC
447	Sapindaceae	*Sapium macrocarpum*	Amenazada (A)		
448	Goodeniaceae	*Scaevola plumieri*			LC
449	Cucurbitaceae	*Schizocarpum palmeri*			
450	Cucurbitaceae	*Schizocarpum reflexum*			
451	Cyperaceae	*Schoenoplectus tabernaemontani*			
452	Asteraceae	*Sclerocarpus divaricatus*			
453	Plantaginaceae	*Scoparia dulcis*			LC
454	Cucurbitaceae	*Sechiopsis tetraptera*			
455	Selaginellaceae	*Selaginella lepidophylla*			
456	Fabaceae	*Senegalia polyphylla*			
457	Fabaceae	*Senna atomaria*			
458	Fabaceae	*Senna fruticosa*			
459	Fabaceae	*Senna hirsuta hirta*			
460	Fabaceae	*Senna mollissima*			
461	Fabaceae	*Senna mollissima glabrata*			
462	Fabaceae	*Senna obtusifolia*			
463	Fabaceae	*Senna occidentalis*			LC
464	Fabaceae	*Senna pendula advena*			
465	Fabaceae	*Senna pendula pendula*			
466	Fabaceae	*Senna uniflora*			
467	Sapindaceae	*Serjania brachycarpa*			
468	Fabaceae	*Sesbania herbacea*			
469	Aizoaceae	*Sesuvium portulacastrum*			LC
470	Poaceae	*Setaria grisebachii*			
471	Poaceae	*Setaria liebmannii*			
472	Cucurbitaceae	*Sicyos barbatus*			

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
473	Malvaceae	*Sida glabra*			
474	Malvaceae	*Sida rhombifolia*			LC
475	Sapotaceae	*Sideroxylon capiri*	Amenazada (A)		VU
476	Sapotaceae	*Sideroxylon persimile*			
477	Smilacaceae	*Smilax spinosa*			
478	Solanaceae	*Solanum (Leptostemomum) ferrugineum*			
479	Solanaceae	*Solanum (Solanum) diphyllum*			LC
480	Solanaceae	*Solanum houstonii*			
481	Solanaceae	*Solanum umbellatum*			
482	Bignoniaceae	*Spathodea campanulata*			LC
483	Loganiaceae	*Spigelia humboldtiana*			
484	Araceae	*Spirodela polyrhiza*			LC
485	Anacardiaceae	*Spondias purpurea*			LC
486	Poaceae	*Sporobolus pyramidatus*			
487	Poaceae	*Sporobolus virginicus*			
488	Stegnospermataceae	*Stegnosperma cubense*			
489	Stegnospermataceae	*Stegnosperma halimifolium*			
490	Apocynaceae	*Stemmadenia grandiflora*			
491	Apocynaceae	*Stemmadenia tomentosa*			
492	Cactaceae	*Stenocereus kerberi*		Apéndice II	LC
493	Cactaceae	*Stenocereus standleyi*		Apéndice II	LC
494	Loranthaceae	*Struthanthus interruptus*			
495	Styraceae	*Styrax argenteus var. ramirezii*			
496	Fabaceae	*Swartzia simplex continentalis*			LC
497	Bignociaceae	*Tabebuia chrysantha*	Amenazada (A)	Apéndice II	LC
498	Bignociaceae	*Tabebuia rosea*			LC
499	Talinaceae	*Talinum fruticosum*			LC
500	Fabaceae	*Tara cacalaco*			
501	Fabaceae	*Tephrosia multifolia*			
502	Fabaceae	*Tephrosia vicioides*			
503	Acanthaceae	*Tetramerium diffusum*			
504	Acanthaceae	*Tetramerium nervosum*			
505	Sapindaceae	*Thouinia serrata*			
506	Malvaceae	*Tilia caroliniana occidentalis*	En peligro de extinción (P)		LC

CONSULTA PÚBLICA

No.	Familia	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	UICN
507	Bromeliaceae	*Tillandsia intermedia*			
508	Asteraceae	*Tithonia rotundifolia*			
509	Asteraceae	*Tithonia tubaeformis*			
510	Heliotropiaceae	*Tournefortia mutabilis*			
511	Commelinaceae	*Tradescantia mcvaughii*			
512	Zygophyllaceae	*Tribulus cistoides*			LC
513	Meliaceae	*Trichilia americana*			
514	Meliaceae	*Trichilia hirta*			
515	Meliaceae	*Trichilia parvifolia*			
516	Meliaceae	*Trichilia trifolia*			
517	Meliaceae	*Trichilia trifolia palmeri*			
518	Poaceae	*Tripsacum dactyloides*			LC
519	Poaceae	*Tripsacum dactyloides hispidum*			LC
520	Malvaceae	*Triumfetta semitriloba*			
521	Asteraceae	*Trixis pterocaulis*			
522	Moraceae	*Trophis racemosa*			
523	Poaceae	*Uniola pittieri*			
524	Urticaceae	*Urera caracasana*			
525	Poaceae	*Urochloa arizonica*			
526	Poaceae	*Urochloa fasciculata*			
527	Poaceae	*Urochloa fusca*			
528	Poaceae	*Urochloa mollis*			
529	Poaceae	*Urochloa mutica*			
530	Fabaceae	*Vachellia campechiana*			
531	Asteraceae	*Verbesina oligantha*			
532	Malvaceae	*Waltheria indica*			LC
533	Bignoniaceae	*Xylophragma seemannianum*			
534	Salicaceae	*Xylosma flexuosa*			
535	Salicaceae	*Xylosma intermedia*			
536	Zamiaceae	*Zamia paucijuga*	Protección especial (Pr)	Apéndice II	EN
537	Rutaceae	*Zanthoxylum arborescens*			
538	Fabaceae	*Zapoteca formosa rosei*			
539	Asteraceae	*Zinnia maritima*			
540	Asteraceae	*Zinnia maritima palmeri*			

CONSULTA PÚBLICA

Las 540 especies de flora en el SAR pertenecen a 101 familias, de las cuales la familia Fabaceae es la que cuenta con mayor representación con 115 especies que representan el 21% de las especies, como se puede observar en la gráfica siguiente:

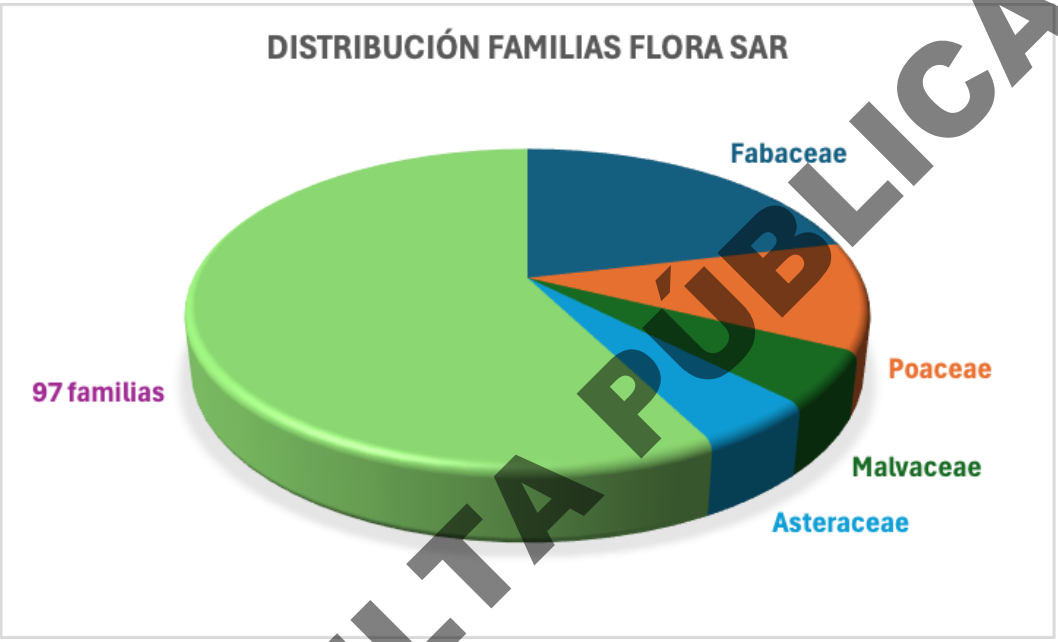


Figura IV.409. Gráfico de la distribución de familias de flora potencial en el SAR

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.8 Especies en alguna categoría de Riesgo SAR

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la que se determinan las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, en el área del SAR se identificaron en los trabajos de campo **17 especies** que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla IV.79. Listado de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

No.	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	IUCN
1	*Albizia occidentalis*	Amenazada (A)		
2	*Astronium graveolens*	Amenazada (A)		EN
3	*Attalea cohune*	Protección especial (Pr)		LC
4	*Avicennia germinans*	Amenazada (A)		LC
5	*Bravaisia integerrima*	Amenazada (A)		

No.	Nombre Científico	NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES	IUCN
6	*Calophyllum brasiliense*	Amenazada (A)		LC
7	*Cedrela odorata*	Protección especial (Pr)	Apéndice II	EN
8	*Conocarpus erectus*	Amenazada (A)		LC
9	*Cryosophila nana*	Amenazada (A)		
10	*Laguncularia racemosa*	Amenazada (A)		LC
11	*Licania arborea*	Amenazada (A)		EN
12	*Platymiscium lasiocarpum*	Peligro de extinción (P)		
13	*Rhizophora mangle*	Amenazada (A)		LC
14	*Sapium macrocarpum*	Amenazada (A)		
15	*Sideroxylon capiri*	Amenazada (A)		VU
16	*Tabebuia chrysantha*	Amenazada (A)	Apéndice II	LC
17	*Zamia paucijuga*	Protección especial (Pr)	Apéndice II	EN

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.9 Grados de conservación y fuentes de deterioro de la vegetación del SAR.

Para la descripción retrospectiva del SAR se utilizó como información de interés las características de vegetación, comprendida esta como la expresión evolutiva de aglomerados de especies en un lugar y a un tiempo determinado, este concepto resulta ser el mejor indicador espacial y temporal del capital natural de los ecosistemas. En este contexto, a efecto de caracterizar y analizar la calidad ambiental pretérita del Sistema Ambiental Regional, se utilizó la cartografía de uso de suelo y vegetación elaborada por parte del INEGI.

Los estudios para entender la dinámica de la vegetación en el tiempo son los más atendidos y los que sirven de base para la elaboración de planes de manejo, estrategias de conservación e identificación de áreas de importancia para la conservación. Así mismo, el análisis del uso del suelo es un tema que debe ser abordado de manera paralela al estudio de la vegetación. En su conjunto, el uso del suelo y la vegetación y su dinámica se engloban en el análisis del cambio de uso del suelo.

Metodología

Teniendo en cuenta la extensión del área de estudio (SAR) y a fin de vincular la información disponible por parte del INEGI de la más antigua a la más reciente (cartas de uso de suelo y vegetación Series I y VII) llevando a cabo una revisión de la vegetación (expresada por sus coberturas) y el uso del suelo a nivel de “Formación”. Las características de la información utilizada se presentan en la tabla siguiente:

Tabla IV.80. Información de las cartas de USV escala 1:250,000

Característica	Serie I	Serie VII
Periodo de Elaboración	1978-1991	2017-2021
Fecha de Datos de Campo	1978-1990	2018
Año de Referencia de la Información	1985	2018
Escala	1:250,000	1:250,000
Datos	Fotografías aéreas	LANDSAT 8 (30m)
Metodología	Producto mapa analógico	Información digital
Información	Analógica	15 capas

Fuente: Información de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000.

La cartografía de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250.000, ofrece una visión de la distribución de cada uno de los diferentes tipos de vegetación reconocidos por el INEGI, y permite evaluar los cambios que han tenido lugar en el territorio mexicano las zonas agrícolas y urbanas. La información corresponde a la totalidad del territorio nacional. la Serie I (elaborada en la década de 1980) como la primera capa a nivel nacional y la más actual publicada por el INEGI y la Serie VII (desarrollada en el periodo 2017-2021).

Del análisis de la cartografía de Uso del Suelo y Vegetación se pueden extraer algunos resultados, por ejemplo, la tendencia a nivel nacional a mantener la superficie de bosque, después de una pérdida significativa entre 1985 y 2002; actualmente ocupan cerca del 18% del territorio nacional. Las selvas secundarias ocupan casi el doble de superficie que las selvas primarias.

La vegetación de zonas áridas y semiáridas ocupa el 29% del país y es el ecosistema menos alterado, mientras que las áreas agrícolas y los pastizales cultivados cubren alrededor del 24% de México. Actualmente, la Información de Uso del Suelo y Vegetación es utilizada por dependencias de los tres niveles de gobierno, así como por los sectores académico y privado. Es un insumo básico para la implementación de programas institucionales, como la generación del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, realizado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) e informes nacionales o comunicaciones ante organismos internacionales.

Con base a la información anterior se presenta la superficie por uso de suelo y vegetación en el SAR de cada una de las cartas anteriormente expuestas:

Tabla IV.81. Área de USV de las cartas escala 1:250,000 en el SAR

Serie	Uso de suelo y vegetación	Área (ha)	Porcentaje
I	Agricultura De Humedad	3,630.15	3.64%
	Agricultura De Riego	11,045.06	11.08%
	Agricultura De Temporal	3,996.25	4.01%
	Bosque De Encino	1,262.67	1.27%
	Bosque De Galería	85.61	0.09%
	Cuerpo De Agua	47,099.93	47.25%
	Manglar	652.60	0.65%

CONSULTA PÚBLICA

Serie	Uso de suelo y vegetación	Área (ha)	Porcentaje
	Palmar Natural	68.15	0.07%
	Pastizal Cultivado Permanente	2,167.00	2.17%
	Pastizal Inducido	182.91	0.18%
	Selva Baja Caducifolia	19,346.97	19.41%
	Selva Mediana Subcaducifolia	1,762.77	1.77%
	Vegetación De Dunas Costeras	2,047.26	2.05%
	Vegetación De Galería	255.93	0.26%
	Vegetación Halófila	1,810.57	1.82%
	Vegetación Secundaria Arbórea De Selva Mediana Subcaducifolia	242.57	0.24%
	Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Baja Caducifolia	3,853.80	3.87%
	Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Mediana Subcaducifolia	71.05	0.07%
	Zona Urbana	94.75	0.10%
	Total	**99,676.01**	**100.00%**
VII	Agricultura De Riego Anual Y Permanente	603.34	0.61%
	Agricultura De Riego Permanente	3,148.07	3.16%
	Agricultura De Riego Semipermanente Y Permanente	8,769.66	8.80%
	Agricultura De Temporal Anual	171.12	0.17%
	Agricultura De Temporal Permanente	484.17	0.49%
	Agricultura De Temporal Semipermanente Y Permanente	308.80	0.31%
	Asentamientos Humanos	4,718.37	4.73%
	Bosque De Encino	1,326.35	1.33%
	Cuerpo De Agua	48,175.06	48.33%
	Desprovisto De Vegetación	134.21	0.13%
	Manglar	1,227.27	1.23%
	Mezquital Tropical	325.68	0.33%
	Pastizal Cultivado	2,646.77	2.66%
	Pastizal Inducido	68.88	0.07%
	Selva Baja Caducifolia	211.46	0.21%
	Sin Vegetación Aparente	614.18	0.62%
	Vegetación De Dunas Costeras	1,034.37	1.04%
	Vegetación Halófila Hidrófila	2,939.09	2.95%
	Vegetación Secundaria Arbórea De Manglar	63.54	0.06%
	Vegetación Secundaria Arbórea De Selva Baja Caducifolia	8,854.28	8.88%
	Vegetación Secundaria Arbórea De Selva Mediana Subcaducifolia	670.60	0.67%
	Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Baja Caducifolia	11,809.32	11.85%
	Vegetación Secundaria Arbustiva De Selva Mediana Subcaducifolia	1,371.43	1.38%
	Total	**99,676.01**	**100.00%**

CONSULTA PÚBLICA

Por cuestión de resolución, así como de evolución en la información presentada por parte de la fuente oficial (INEGI) se procede a realizar una clasificación de cada uno de los usos del suelo y tipos de vegetación conforme

a la formación, el cual, es un proceso básico e importante como para la estandarización de las leyendas (ya que es la base para la generación de los demás indicadores relacionados al uso del suelo) de los insumos cartográficos. Previo a este paso se realizó una revisión minuciosa de los códigos de los polígonos para las fechas, con el objetivo de detectar y eliminar errores de etiquetación y así reducir al máximo los choques cartográficos. Posteriormente se cuantificaron las superficies para cada fecha y se agruparon por cobertura y formación. Lo anterior con la finalidad de obtener una mayor claridad de las tendencias de cambio que ocurren en la vegetación y el uso de suelo en el SAR, por lo que se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla IV.82. Formaciones de acuerdo con las cartas de USV escala 1:250,000 en el SAR.

Formación	Área (ha)	Porcentaje
I		
Agricultura	18,671.46	18.73%
Pastizal	2,349.90	2.36%
Selva	25,277.16	25.36%
Bosque	1,262.67	1.27%
Manglar	652.60	0.65%
Otros tipos de vegetación	4,267.53	4.28%
Otras coberturas	47,194.68	47.35%
Total	**99,676.01**	**100.00%**
VII		
Agricultura	13,485.15	13.53%
Pastizal	2,715.65	2.72%
Selva	22,917.07	22.99%
Bosque	1,326.35	1.33%
Manglar	1,290.82	1.30%
Otros tipos de vegetación	4,299.14	4.31%
Otras coberturas	53,641.83	53.82%
Total	**99,676.01**	**100.00%**

CONSULTA PÚBLICA

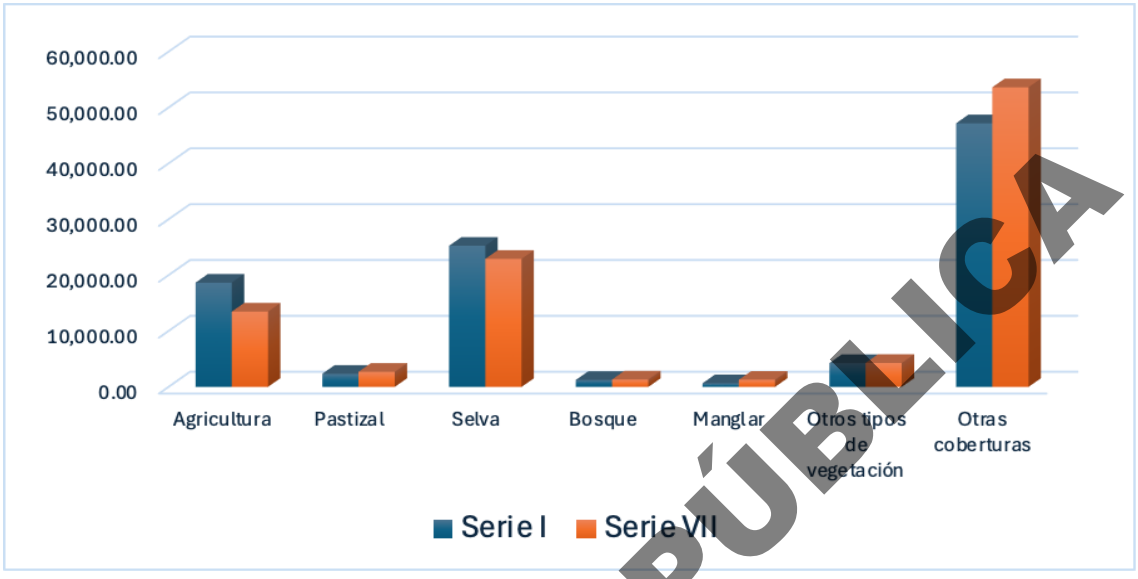


Figura IV.410. Gráfico de USV por formación de cada carta de USV escala1:250,000.

CONSULTA PÚBLICA

Resultados

Se ha considerado a la vegetación como uno de los indicadores más importantes de las condiciones naturales del territorio, y no sólo de las condiciones naturales como clima, suelo y agua que se analizan en lo posterior en el capítulo, sino también de las influencias antrópicas recibidas. El análisis de los cambios producidos a la cobertura vegetal engloba básicamente aquellos cambios ocasionados por las actividades antrópicas.

Tasas de Cambio

Este indicador permite ubicar espacialmente y cuantificar las extensiones de los cambios de las coberturas de vegetación y uso del suelo que han ocurrido en un período de tiempo definido; partiendo del concepto de dinámica de coberturas, lo que permite caracterizar e identificar las áreas de atención prioritarias debido al impacto de las actividades económicas y el desarrollo de las comunidades humanas sobre el territorio y sus recursos, además permite identificar problemas relativos a la sustentabilidad de las actividades humanas (INE, SEMARNAT).

Derivado del proceso se calcularon las tasas de cambio de acuerdo con la ecuación utilizada por Velázquez et al., (2002). Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año.

$$tc =: \left[1 - \frac{S1-S2}{S1}\right]^{1/n} - 1\text{x}100$$

En donde:

tc = la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100),

S1 = superficie en la fecha 1,

S2 = superficie en la fecha 2,

n = número de años entre las dos fechas.

Para nuestro caso, se procedió a la obtención de las tasas de cambio conforme a una secuencia de publicación de las cartas de USV escala 1:250,000 contemplándose una comparativa de Serie I y VII.

Tasas de Deforestación Global

La tasa de deforestación es un indicador de presión sobre los recursos forestales y resulta un elemento esencial en la evaluación y diagnóstico del comportamiento de otras variables ambientales (clima, suelos, hidrología, entre otras) y socioeconómicas (crecimiento demográfico, densidad de población, actividades económicas, entre otras) asociadas.

Este indicador se deriva de la metodología descrita en el indicador anterior y se basa en los datos que igualmente se obtienen del mismo. Antes de proceder al desarrollo del indicador, debe asegurarse la calidad de las bases de datos a utilizarse y la compatibilidad de las leyendas, como se describe en el indicador anterior.

Las coberturas leñosas (bosques, selvas y matorrales en sus condiciones primarias y secundarias) se agregan, y su dinámica de cambio se describe en un modelo. En éste se enfatiza la probabilidad de cambio de cualquiera de estas categorías hacia las cubiertas antropogénicas. A este cambio se le denomina proceso de deforestación y a partir del mismo se calculan las tasas de cambio de acuerdo con la ecuación utilizada por la FAO (1995). Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie al inicio de cada año

$$Df =: \left(\frac{S2}{S1}\right)^{1/n} - 1$$

En donde: Df = tasa de deforestación (para expresar en %, hay que multiplicar por 100), S1= superficie en la fecha 1 (año de inicio, con el que se quiere comparar), S2= superficie en la fecha 2 (año actual o más reciente), n= número de años entre las dos fechas.

Para este análisis, se utilizó la misma información basada en los datos de las cartas de USV escala 1:250,000, y la comparativa se realizó de acuerdo con la cobertura forestal de la información de la serie I (más antigua) y la serie VII (más actualizada), por lo que se obtuvieron los siguientes resultados.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.83. Tasa de deforestación del área forestal de las cartas de USV serie I y VII.

Formación	Serie		Tasa de Cambio
	I (ha)	VII (ha)	
Agricultura	18,671.46	13,485.15	-0.98
Pastizal	2,349.90	2,715.65	0.44
Selva	25,277.16	22,917.07	-0.30
Bosque	1,262.67	1,326.35	0.15
Manglar	652.60	1,290.82	2.09
Otros tipos de vegetación	4,267.53	4,299.14	0.02
Otras coberturas	47,194.68	53,641.83	0.39

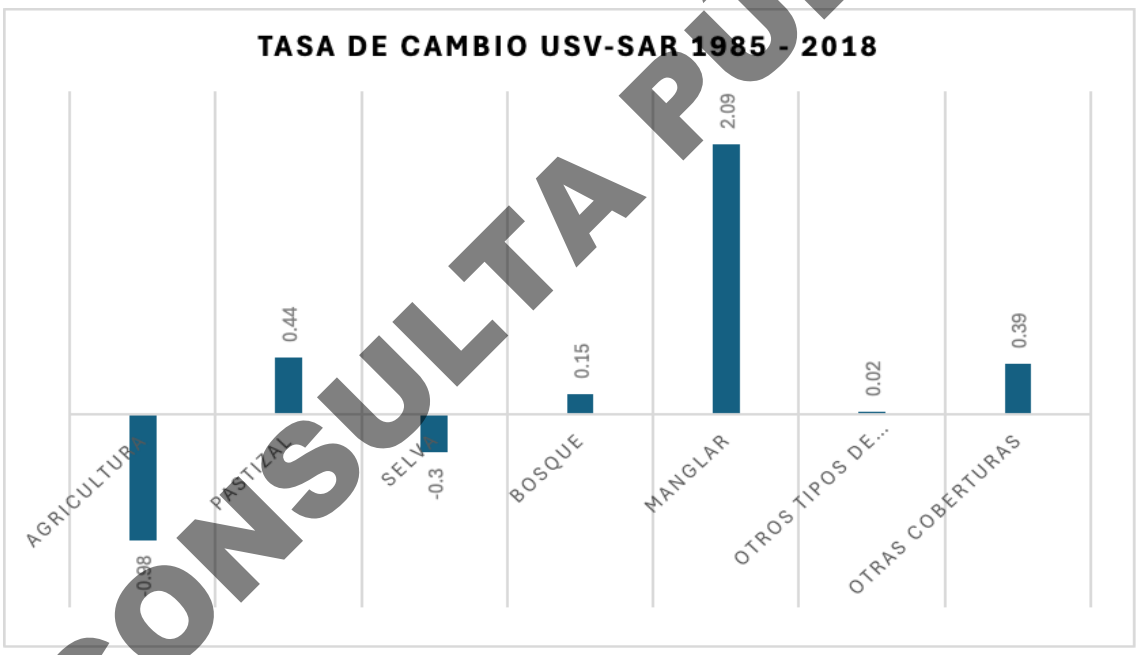


Figura IV.411. Gráfico de la tasa de cambio del área de las formaciones de las cartas de USV serie I y VII.

CONSULTA PÚBLICA

Como se puede observar la tasa de deforestación señala que los tipos de vegetación comprendidos dentro de la formación "Vegetación de selva" con una superficie inicial de 25,277.16 ha y una final de 22,917.07 ha presentó en el periodo una tasa de deforestación -0.30%, mientras que la vegetación de manglar tuvo un incremento, desde una superficie inicial de 652.60 ha y la final de 1,290.82 ha con una tasa de incremento de 2.09%, para el caso de los bosques con una superficie inicial de 1,262.67 ha en la serie I y para la serie VII una superficie de 1,326.35 ha lo cual refleja un incremento anual de 0.15, otros tipos de vegetación también incrementaron su superficie al pasar de 4,267.53 a 4,299.14 ha lo que traduce un incremento de 0.02%, mientras que con un valor negativo para la agricultura de -0.98%, al pasar de 18,671.46 ha a 13,485.15 ha esto

es debido al crecimiento de la zona urbana la cual se ha englobado en otras cobertura con un incremento anual de 0.39%. Cabe señalar que estos cambios podrían tener un origen en la utilización de nuevas tecnologías que permiten cuantificar con mayor precisión las diferentes coberturas del suelo.

Lo anterior se confirma con los datos obtenidos y generados por la Conabio (Manglares de México, 2021) que en la totalidad del territorio nacional se identificaron ganancias y pérdidas de manglares durante cuatro periodos evaluados. Desde 1970/1980 hasta 2010 predominaron las pérdidas, mientras que entre los periodos 2010–2015 y 2015–2020 predominaron cambios positivos en general. Este último, es el resultado de la recuperación natural de los manglares, el asentamiento de nuevas áreas, el éxito de los programas de restauración y además por la disponibilidad de nueva información y mejoras técnicas y metodológicas en el Sistema de Monitoreo de Manglares de México (smmm), que permitieron una mejor identificación del ecosistema. En este mismo estudio se identificó la evolución de la superficie de mangle para el estado de Colima en el que se tiene un incremento en su superficie del periodo de 2015 al 2020, como se muestra en la siguiente gráfica:

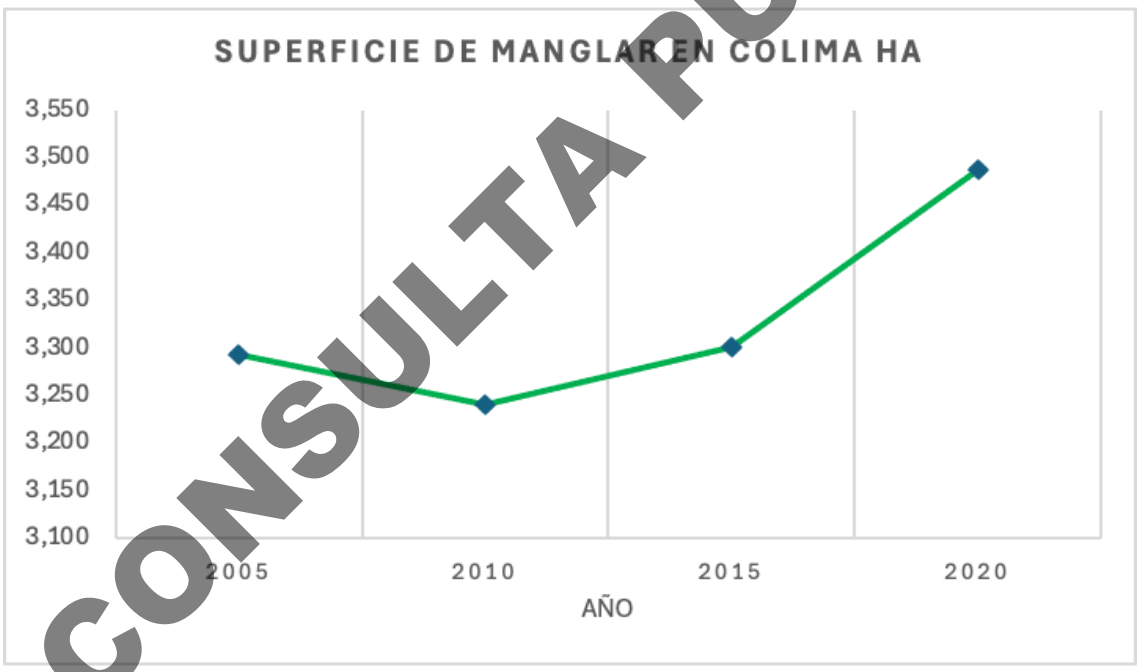


Figura IV.412. Evolución del manglar en el estado de Colima (Conabio).

Se concluye que de manera general superficie de manglar del SAR y en especial de la laguna de Cuyutlán se encuentra en buen estado de Conservación y de acuerdo a los análisis retrospectivos se ha obtenido un incremento en su superficie en los últimos años, debido a un mejor funcionamiento de la hidrodinámica de la laguna provocada inicialmente por la ampliación del canal de Tepalcates, que ha permitido el establecimiento de mangle en sitios colindantes de las obras realizadas como es el caso del viaducto ferroviario, por lo que, una

CONSULTA PÚBLICA

vez establecido el nuevo puerto existe un alta probabilidad de establecimiento de mangle en áreas colindantes con la infraestructura del puerto.

IV.3.12.10 Descripción de la Vegetación en el área del Proyecto

IV.3.12.10.1 Caracterización de la vegetación

De acuerdo con la cartografía de INEGI Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación, en el área del proyecto se presentan los siguientes usos de suelo y vegetación:

Tabla IV.84. Tipos de uso de suelo y vegetación en el área del proyecto de acuerdo con la serie VII de INEGI

Clave	Uso De Suelo y Vegetación	Superficie (ha)	%
1	Cuerpo de agua	874.7230	87.08%
2	Agricultura de riego semipermanente y permanente	61.9551	6.17%
3	Agricultura de riego permanente	17.5031	1.74%
4	Asentamientos humanos	1.2779	0.13%
5	Vegetación halófila hidrófila	27.9669	2.78%
6	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	19.5176	1.94%
7	Manglar	0.7061	0.07%
8	Desprovisto de vegetación	0.8003	0.08%
	TOTAL	**1,004.45**	**100%**

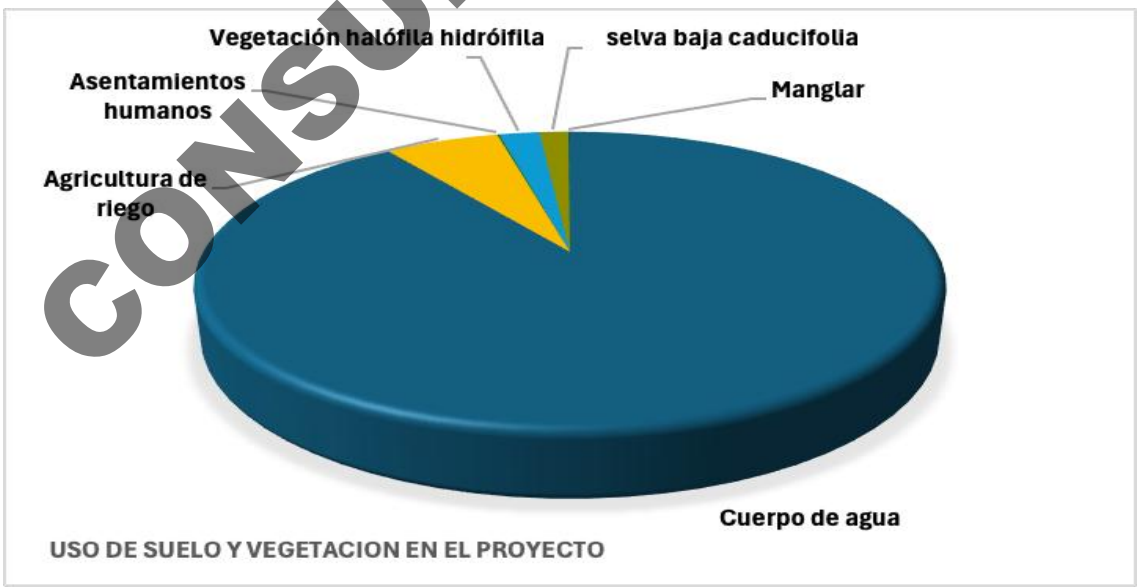


Figura IV.413. Uso de suelo y vegetación del proyecto (serie VII INEGI).

CONSULTA PÚBLICA

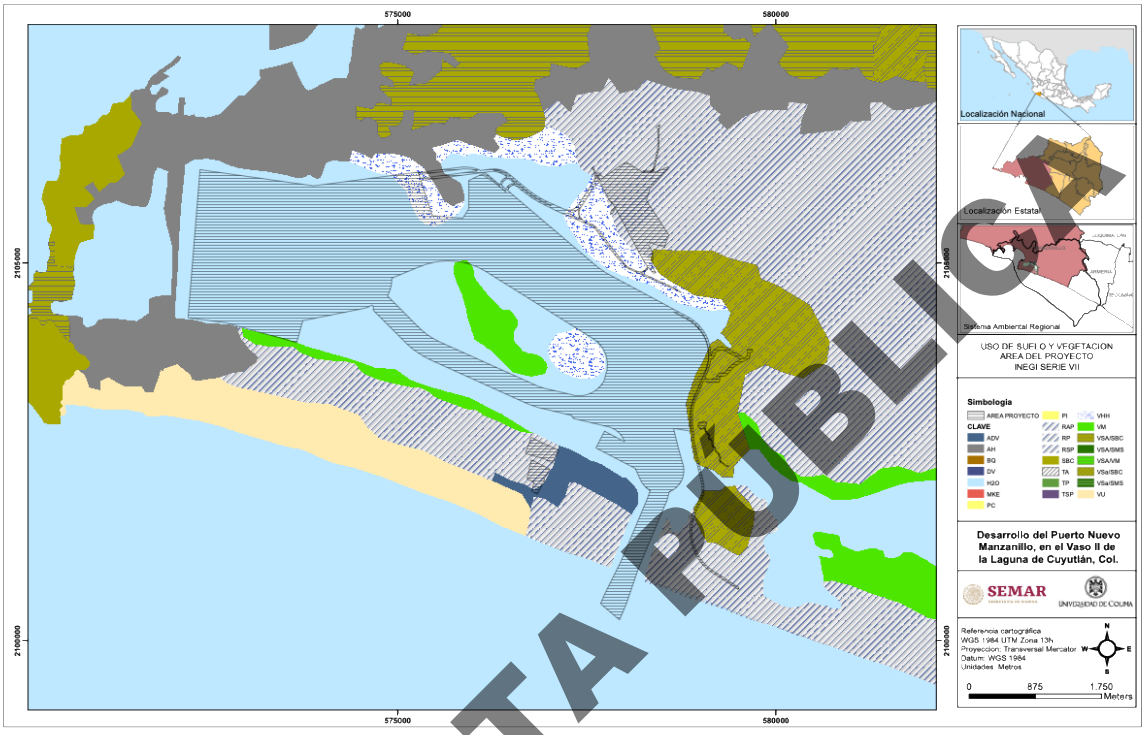


Figura IV.414. Mapa de uso de suelo y vegetación del área del proyecto de acuerdo con INEGI serie VII

Es importante mencionar que existen diferencias con la Cartografía Uso del Suelo y Vegetación Serie VII de INEGI y la fotointerpretación y levantamiento de muestreo de campo que se realizó para el presente proyecto. Esto debido básicamente a la escala de 1:250,000 utilizada en la Serie VII, en donde las superficies fragmentadas en polígonos pequeños no alcanzan el área mínima cartografiable, que es de 100 hectáreas para la escala 1:250,000. Lo anterior significa que, unidades menores a esta superficie no son cartográficamente distinguibles, por lo que se generaliza el uso de mayor superficie y en nuestro caso áreas de manglar no son reportadas por tener algunas franjas lineales, así como también áreas que en la actualidad se tiene presencia de especies de selva baja caducifolia, como se puede observar en el mapa elaborado para el presente estudio.

De acuerdo con la fotointerpretación de las imágenes de satélite disponibles en la plataforma Google earth utilizadas en el SIG ARCGIS y los trabajos de campo llevados a cabo mediante el levantamiento de sitios de muestreo, la identificación de las especies presentes y dominantes, que se detallan más adelante, se clasificó el tipo de vegetación en el área del proyecto como **Selva baja caducifolia (SBC) y Manglar (M).**

CONSULTA PÚBLICA

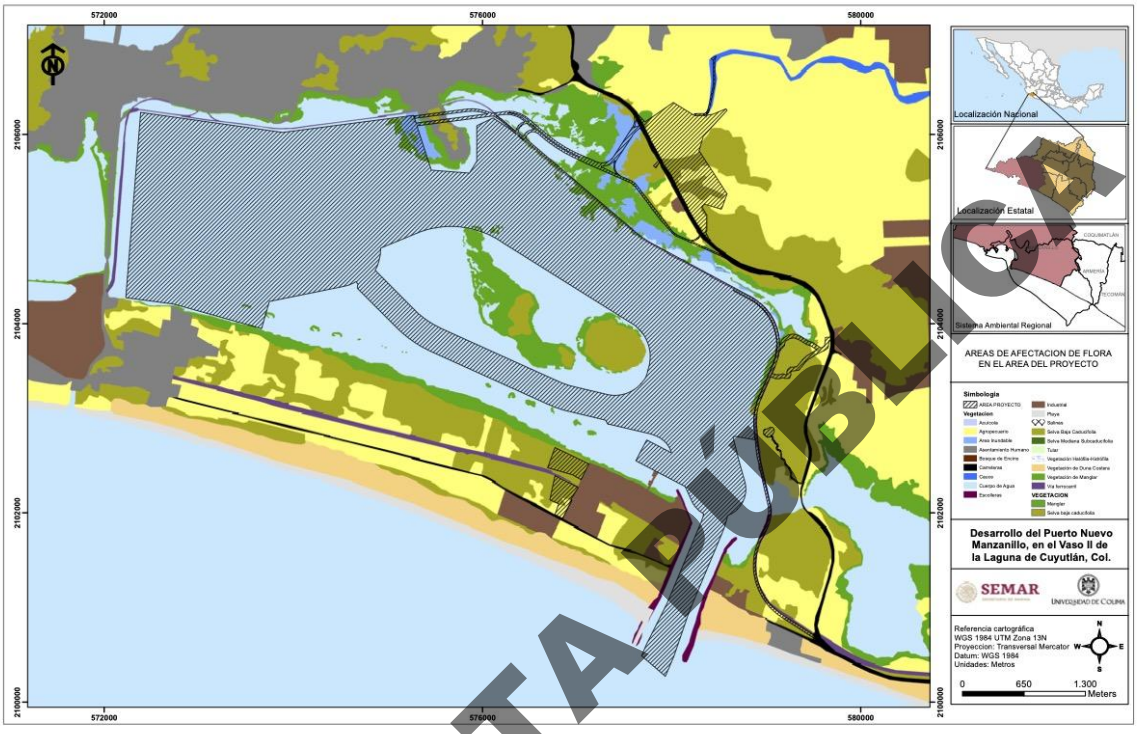


Figura IV.415. Uso de suelo y vegetación del área del proyecto elaboración propia

La distribución de los diferentes usos de suelo y vegetación del área del proyecto de acuerdo con la fotointerpretación y corroboración en campo mediante el levantamiento de sitios de muestreo es la siguiente:

Tabla IV.85. Tipo de vegetación en el área del proyecto (elaboración propia).

Vegetación	Superficie ha	%
Manglar	21.87	39%
Selva Baja caducifolia	33.79	61%
Total	55.66	100%

CONSULTA PÚBLICA

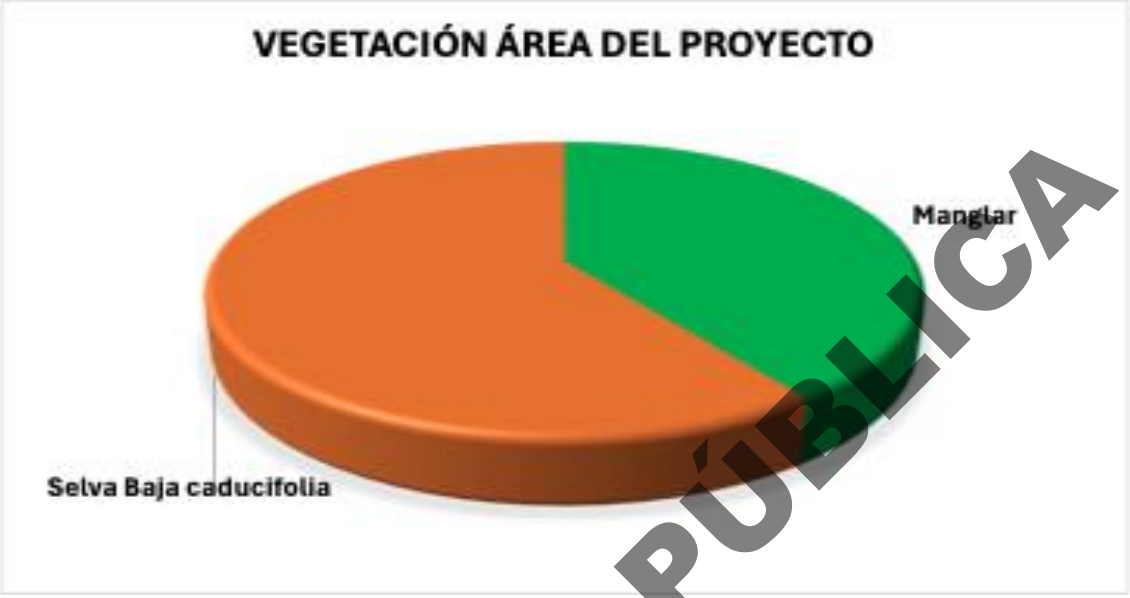


Figura IV.416. Gráfico de la distribución de la vegetación en el área del proyecto

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con el polígono general de las obras y actividades del proyecto, el área del proyecto en su mayor parte se desarrollará sobre el cuerpo de agua del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, mientras que la superficie terrestre con vegetación natural es en un 61% cubierta por selva baja caducifolia y el 39% lo ocupan terrenos con vegetación de manglar con **21.87 ha** de la vegetación por afectar con el proyecto. El manglar dentro del proyecto se ubica en la parte norte del vaso II de la laguna de Cuyutlán y solo una pequeña parte de 0.77 has de mangle se ubican en una punta de la isla central del vaso II, conservándose el resto de la superficie con mangle en las dos islas conocidas como islas Cocodrilo y que presentan una superficie importante con vegetación de mangle bordeando las islas y vegetación de selva baja caducifolia en las partes con mayor altitud y pendiente de las mismas.

IV.3.12.10.2 Muestreo de campo

Para caracterizar la vegetación existente en el área del proyecto y que será removida por las diferentes obras y actividades del proyecto, en una superficie de **55.66 ha**, se realizó mediante **muestreo aleatorio estratificado**; siendo **2 estratos**, uno por cada tipo de vegetación, esto significa que en resumen el análisis de la información de campo se realizó por separado por cada tipo de vegetación identificado**.**

De acuerdo con lo anterior, para la vegetación de selva baja caducifolia se levantaron un total de 21sitios para los estratos arbóreo y arbustivo y 105 sitios para el estrato herbáceo. Para la vegetación de manglar se levantaron 19 sitios para el estrato arbóreo, arbustos y otras formas de vida y 95 sitios herbáceos en donde se identificaron especies en muy pocos de ellos.

Tabla IV.86. Número y dimensiones de los sitios de muestreo en el área de influencia del proyecto.

Tipo de vegetación	Estrato	No. Sitios	Dimensión (m²)	Superficie muestreada m²
Selva baja caducifolia	Arbóreo	21	500	10,500
	Arbustivo	21	100	2,100
	Herbáceo	105	1	105
	Otras formas de vida	21	100	2,100
Manglar	Arbóreo	19	100	1,900
	Herbáceo	95	1	95
	Otras formas de vida	19	100	1,900

Las actividades de muestreo en el área del proyecto se realizaron en dos momentos, el primero durante mes de junio del 2025 y el segundo en el mes de febrero de 2026. La ubicación detallada de los sitios de muestreo de flora correspondientes al área del proyecto se presenta a continuación:

Tabla IV.87. Centroide de los sitios de muestreo.

Sitio	X	Y	Vegetación
1	577912	2105544	Selva baja caducifolia
2	577877	2105490	Manglar
3	577779	2105456	Manglar
4	577492	2105578	Manglar
5	577530	2105516	Manglar
6	578171	2104891	Manglar
7	575516	2106210	Selva baja caducifolia
8	575455	2106202	Selva baja caducifolia
9	575524	2106132	Selva baja caducifolia
10	575596	2106138	Selva baja caducifolia
11	577993	2105597	Selva baja caducifolia
12	577799	2105781	Selva baja caducifolia
13	577703	2105685	Selva baja caducifolia
14	577604	2105631	Selva baja caducifolia
15	578070	2105457	Selva baja caducifolia
16	578495	2104738	Selva baja caducifolia
17	575237	2105867	Manglar
18	575116	2106107	Manglar
19	577758	2106137	Selva baja caducifolia
20	577793	2106195	Selva baja caducifolia

CONSULTA PÚBLICA

Sitio	X	Y	Vegetación
21	577333	2105646	Manglar
22	579124	2103753	Manglar
23	579035	2103596	Manglar
24	579054	2103545	Selva baja caducifolia
25	579005	2103489	Manglar
26	578984	2103348	Selva baja caducifolia
27	578944	2103257	Selva baja caducifolia
28	578885	2103071	Selva baja caducifolia
29	577280	2105626	Manglar
30	577617	2104945	Manglar
31	577444	2105036	Manglar
32	577354	2105149	Manglar
33	577232	2105234	Manglar
34	577152	2105112	Manglar
35	573511	2104189	Manglar
36	578894	2101615	Selva baja caducifolia
37	578892	2101297	Selva baja caducifolia
38	578922	2101205	Selva baja caducifolia
39	578983	2101086	Selva baja caducifolia
40	579021	2103539	Manglar

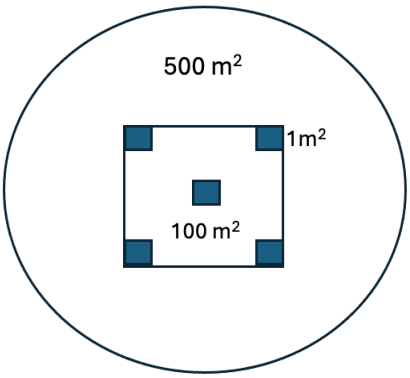
Coordenadas UTM. Datum WGS1984. Z13N.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.3 Forma y tamaño de los sitios

El tamaño y forma de los sitios de muestreo en inventarios forestales ha sido muy variable en todo el mundo, siendo de los más utilizados en nuestro país sitios de 1,000 m^2 y 500 m^2, tamaños que se utilizaron en el inventario forestal nacional de 1984 y que son de los más utilizados para estudios de vegetación forestal.

Para el caso de la Selva baja caducifolia se levantaron sitios para el estrato arbóreo circulares de 500 m^2; para el estrato arbustivo y otras formas de vida se levantó el muestreo en sitios cuadrados de 100 m^2 en el centro del sitio arbóreo, y en el estrato herbáceo se delimitaron 5 sitios cuadrados de 1m^2 por cada sitio de 100m^2, esto para contabilizar las especies más pequeñas representativas de este estrato. Para el caso de la vegetación de manglar, se levantó la información en sitios cuadrados de 100 m^2 para el estrato arbóreo, debido a la alta densidad del arbolado y reducir el error de delimitación del sitio, así como el conteo y medición de los ejemplares dentro de cada sitio. En el mismo manglar, se delimitaron los sitios de los otros dos estratos.



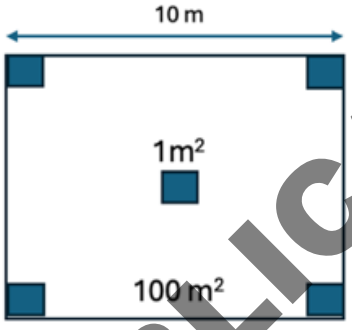


Figura IV.417. Forma y tamaño de los sitios levantados en SBC (izquierda) y Manglar (derecha)

Los sitios de muestreo pueden ser rectangulares, cuadrados o circulares. Los sitios circulares son los que más frecuentemente se usan en inventarios forestales en América del Norte, incluyendo a México, y del noroeste de Europa, especialmente Escandinavia y Finlandia. Su gran popularidad radica en la relativa facilidad para delimitarlos, ya que una vez establecida la posición de su centro basta con "lanzar" radios desde éste hacia la periferia. Este tipo de sitios fueron utilizados para el caso de la Selva baja caducifolia. Para el caso del manglar, se optó por sitios cuadrangulares para tener una mejor visibilidad y reducir la dificultad de definir sus perímetros, como es el caso que nos ocupa.

IV.3.12.10.4 Toma de datos

El proceso de caracterización de la vegetación en el sitio comenzó con datos ecológicos y dasométricos del lugar, identificando principalmente la especie, diámetro del follaje o copa, diámetro normal y altura total de los individuos, así como las condiciones ecológicas más importantes del sitio. La información recabada en el campo se agrupa por tipo de vegetación y a su vez cada uno se divide en cuatro estratos, dividiendo la flora en arbóreo, arbustivo, herbáceo y otras formas de vida.

En el estrato arbóreo se capta información sobre las características generales (especies, diámetro normal de aquellos individuos iguales o mayores a 7 cm y su altura total), esto con la finalidad de cuantificar las especies y su valor de importancia dentro del sitio, mientras que en la información de los demás estratos se identificó la especie, forma de vida y número de individuos dentro del sitio, así mismo se cuantificaron los individuos de este estrato producto de la regeneración natural. En el tipo de datos de control se toma en cuenta la información referente a la ubicación geográfica del sitio, brigada que tomó la información, fecha en que se realizó el muestreo y condiciones especiales que pudieran presentarse en el sitio, tales como presencia de plagas, arbolado muerto, evidencia de incendio o cualesquier otra situación que es importante mencionar.

Para cumplir con la justificación de la representatividad del tamaño de muestreo, se anexa en el capítulo VII del presente estudio el análisis de la suficiencia del muestreo al 95% de confiabilidad por tipo de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.5 Riqueza, Abundancia y Biodiversidad de la Vegetación del área del proyecto

La riqueza se define como el número de especies presentes en una comunidad y se utiliza como indicador de la reducción de especies como respuesta ante disturbios (McIntosh, 1967); La abundancia relativa es el número de especímenes de una especie que se registran dentro de las unidades de muestreo en relación con el número total de especies presentes en las unidades de muestreo, calculada mediante la siguiente fórmula:

$$Ar = \frac{Ax}{A_{total}} \times 100$$

Donde:

Ar =Abundancia Relativa; Ax = Número total de individuos de la especie x; Atotal = Número Total de individuos de todas las especies

De acuerdo con la información recabada en el muestreo, se obtuvieron los datos de riqueza y abundancia relativa de las especies en los diferentes estratos. Cabe mencionar que para el estrato arbóreo se cuantificaron los individuos cuyas dimensiones no alcanzan los valores de diámetro y altura mínimos para considerarse como especies adultas, por lo tanto, se consideran como especies de regeneración. De acuerdo con los datos de campo, se tiene la siguiente riqueza de especies por tipo de vegetación:

Tabla IV.88. Riqueza de especies de flora en el área del proyecto

Estrato	SBC	Manglar
Arbóreo	46	3
Arbustivo	16	
Herbáceo	14	1
Otras formas de vida	8	2
Total	**84**	**6**

A continuación, se muestran los valores obtenidos del muestreo en campo por estrato y tipo de vegetación.

IV.3.12.10.5.1 Selva Baja Caducifolia

Este tipo de vegetación se ubica principalmente al Norte y Poniente del Vaso II, en otros puntos colindando con la autopista Colima-Manzanillo y otra parte en una zona que anteriormente era agrícola y que en el abandono ha crecido vegetación característica de selva baja caducifolia, como se puede observar en la siguiente ilustración.

CONSULTA PÚBLICA

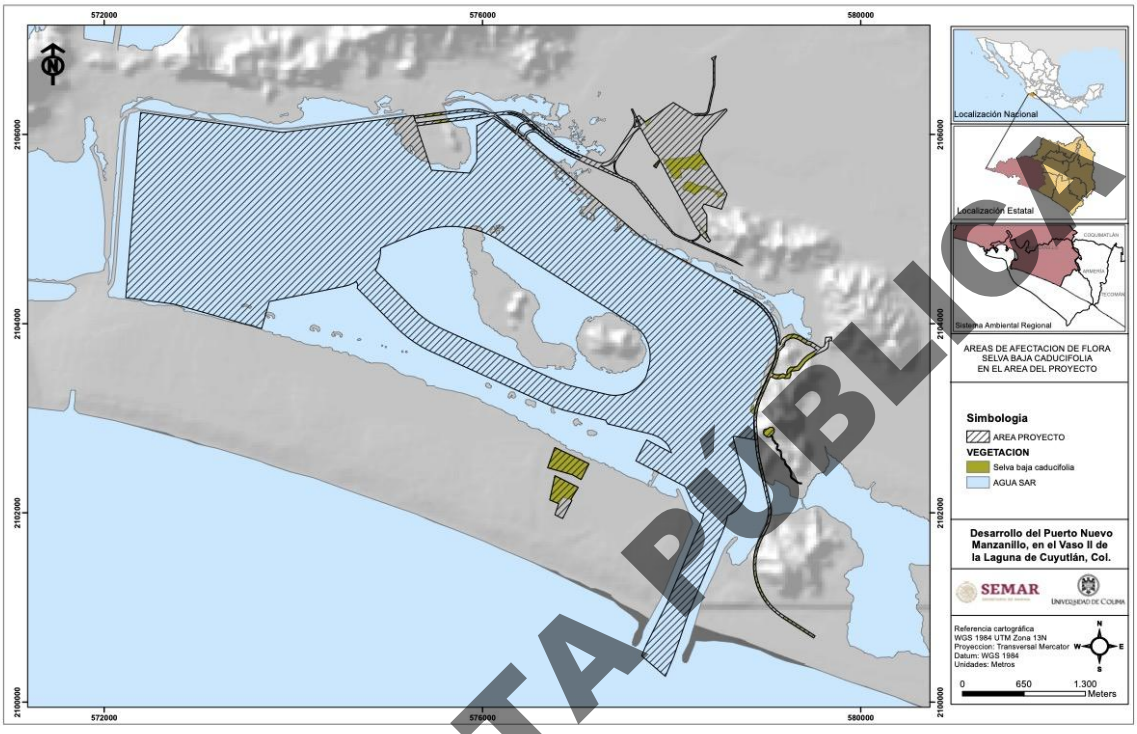


Figura IV.418. Vista de la ubicación de la SBC en el área del proyecto

De acuerdo con el levantamiento de la información del muestreo se obtuvieron los siguientes resultados para este tipo de vegetación por estrato o forma de vida:

Tabla IV.89. Riqueza y biodiversidad de la SBC en el área del proyecto

Estrato	Número de especies	Índice de Shannon-Wiener	Ind max de biodiv	Equitatividad
Arbóreo	46	4.53	5.52	0.82
Arbustivo	16	3.76	4.00	0.94
Herbáceo	14	3.22	3.81	0.85
Otras formas de vida	8	2.60	3.00	0.87
	84			

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV.419. Distribución de las especies de la SBC en el área del proyecto

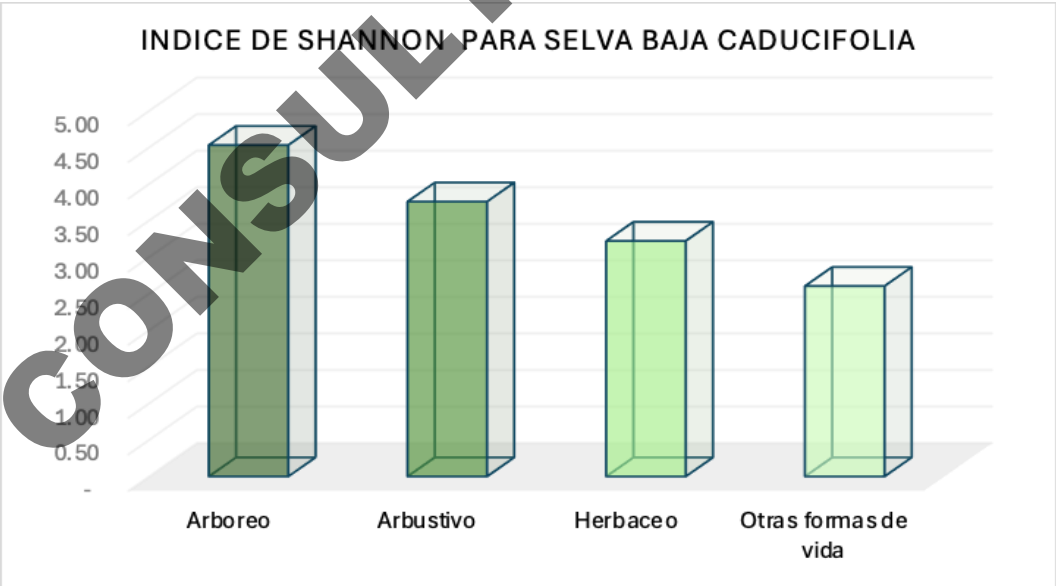


Figura IV.420. Índice de biodiversidad de Shannon- Wiener de la SBC en el área del proyecto

CONSULTA PÚBLICA

Estrato Arbóreo

Tabla IV.90. Número de individuos y abundancia relativa del estrato arbóreo en el área de SBC del AP.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
1	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	5	0.87%
2	*Acacia hindsii*	Huizcolote	12	2.08%
3	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	2	0.35%
4	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	20	3.47%
5	*Bixa orellana*	Achiote	4	0.69%
6	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	2	0.35%
7	*Bursera copallifera*	Copal	2	0.35%
8	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	12	2.08%
9	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	3	0.52%
10	*Casearia nitida*	Chamizo	5	0.87%
11	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	25	4.34%
12	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	6	1.04%
13	*Coccoloba barbadensis*	Cahuite	3	0.52%
14	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	3	0.52%
15	*Cordia alliodora*	Botoncillo	4	0.69%
16	*Cordia dentata*	Tamborcillo	4	0.69%
17	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	15	2.60%
18	*Cordia seleriana*	Coliguana	20	3.47%
19	*Crataeva tapia*	Bulillo	14	2.43%
20	*Cupania dentata*	Palo canalado	51	8.85%
21	*Cyrtocarpa procera*	Chupalcojote	6	1.04%
22	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	4	0.69%
23	*Ficus maxima*	Higuera blanca	8	1.39%
24	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	10	1.74%
25	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	62	10.76%
26	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	3	0.52%
27	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	11	1.91%
28	*Inga eriocarpa*	Cuil	4	0.69%
29	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	Guajillo	6	1.04%
30	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	5	0.87%
31	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	8	1.39%
32	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	12	2.08%
33	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	6	1.04%
34	*Myrcia schiedeana*	Uva cimarrona	7	1.22%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	No. Individuos por Hectárea	Abundancia relativa
35	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	28	4.86%
36	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	129	22.40%
37	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	4	0.69%
38	*Sapindus saponaria*	Bolitario	9	1.56%
39	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	4	0.69%
40	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	11	1.91%
41	*Spondias purpurea*	Ciruelo	7	1.22%
42	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	4	0.69%
43	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	5	0.87%
44	*Trichilia americana*	Cola de zorra	3	0.52%
45	*Xylosma horrida*	Huizcoron	5	0.87%
46	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	3	0.52%
	TOTALES		**576**	**100%**

De acuerdo con la tabla anterior, el número de especies identificadas dentro del muestreo llevado a cabo sobre en el área del proyecto en el estrato arbóreo es de **46 especies** de árboles cuya abundancia total es de **576 ind./ha**., en donde ***Pithecellobium lanceolatum*** se destaca como la especie más abundante con un 22.40% de abundancia relativa, siendo muy superior al resto de las especies, por lo que se estima que se trata de una especie muy dominante de la comunidad arbórea que indica un cierto grado de deterioro de la selva. Además de la especie anterior, destacan las especies ***Guazuma ulmifolia*** y ***Cupania dentata***, con abundancias de 10.76% y 8.85% respectivamente. El resto de las **43 especies** presentan abundancias relativas menores al 5%, existiendo **22 especies** con valores menores al 1% de la abundancia relativa del estrato. Las especies con menor abundancia son ***Amphipterygium adstringens, Bravaisia integerrima y Bursera copallifera*** con una abundancia relativa de 0.35%.

CONSULTA PÚBLICA

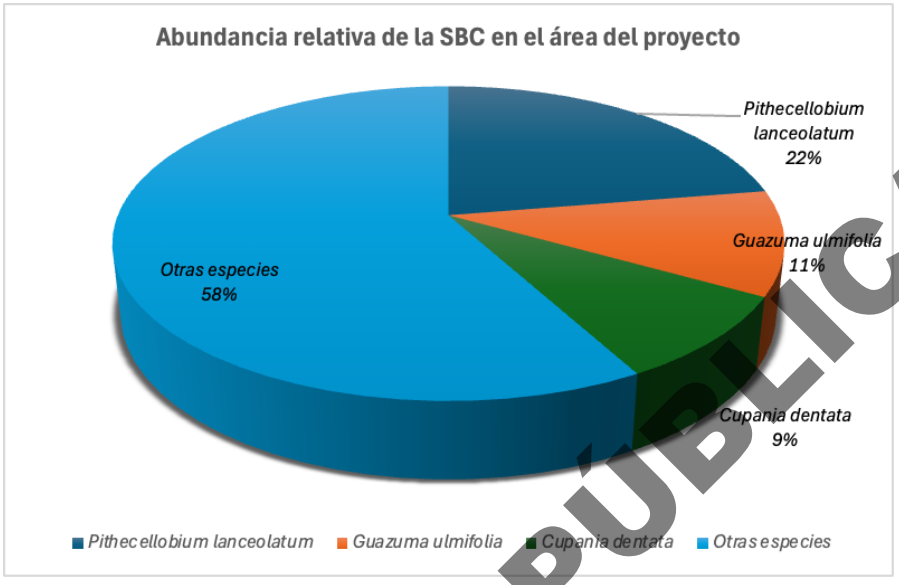


Figura IV.421. Gráfico de la abundancia de las especies arbóreas de la SBC en el área del proyecto

La especie ***Pithecellobium lanceolatum (timuchil),*** se distribuye en ambas vertientes del país, en el Pacífico centro al sur y en el Golfo de México reportada en acahuales o vegetación secundaria, considerándose una especie dulceacuícola por lo que en nuestro caso se desarrolla en sitios cercanos a la laguna (Vaso II).

De acuerdo con estos datos, se puede decir que se trata de una composición del estrato algo heterogénea, con una especie más abundante y con una riqueza de 46 especies que es de regular a baja para este tipo de ecosistemas, como es el caso del SAR donde se identificaron 78 especies para el estrato arbóreo de la SBC.

Estrato Arbustivo

Tabla IV.91. Número de individuos y abundancia relativa del estrato arbustivo en SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos/	Abundancia
1	*Acacia farnesiana*	Huizache	20	3.17%
2	*Aphelandra scabra*	Afelandra arbustiva	20	3.17%
3	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	Pica pendejos	29	4.60%
4	*Celtis iguanaea*	Granjeno	24	3.80%
5	*Commicarpus scandens*	Beleza del pacifico	48	7.61%
6	*Croton suberosus*	Mata corchosa	24	3.80%
7	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	43	6.81%
8	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	43	6.81%
9	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	24	3.80%
10	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	72	11.41%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos/	Abundancia
11	*Mimosa acantholoba*	Sierrilla de humadal	29	4.60%
12	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	29	4.60%
13	*Randia armata*	Crucillo	29	4.60%
14	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	29	4.60%
15	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	39	6.18%
16	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	129	20.44%
Total			**631**	**100.00%**

En el estrato arbustivo, en relación con la tabla anterior, se contabilizaron un total de 16 especies y una abundancia total de 631 ind/ha; la especie en este caso más abundante es ***Verbesina oligantha*** (vara blanca) quien por sí misma posee el 20.44% de abundancia relativa, que junto con las especies ***Lasiacis divaricata*** y ***Commicarpus scandens*** suman casi el 40% de la abundancia de las 16 especies presentes en el estrato arbustivo de la SBC.

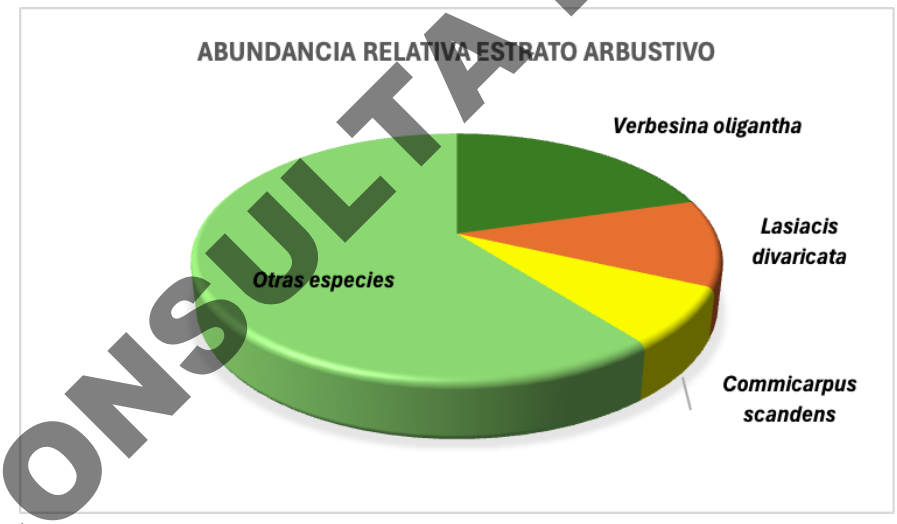


Figura IV.422. Gráfico de la distribución de la abundancia de las especies del estrato arbustivo de la SBC

CONSULTA PÚBLICA

Estrato Herbáceo

La comunidad herbácea cuenta con una riqueza de 14 especies que para este tipo de vegetación se considera buena, en virtud de que en muchas ocasiones es un estrato escaso o mínimo. 4 especies son las más dominantes o con mayor abundancia representando el 60% de la misma, estas son: ***Elytraria imbricata (21.47%)***, ***Panicum máximum (15.82%)***, ***Petiveria alliacea (14.12%)*** y ***Ambrosia psilostachya (13.56%)***. Las otras 10 especies presentan una abundancia menor, siendo la menos abundante ***Abutilon trisulcatum*** con 0.85% de abundancia relativa.

Tabla IV.92. Número de individuos y abundancia relativa del estrato herbáceo en la SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos/ ha	Abundancia relativa
1	*Abutilon grandifolium*	Acapan	381	1.13%
2	*Abutilon trisulcatum*	Acapan Aserrado	286	0.85%
3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	4,572	13.56%
4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	572	1.70%
5	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	3,620	10.73%
6	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	1,524	4.52%
7	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	477	1.41%
8	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	7,239	21.47%
9	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	858	2.54%
10	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	858	2.54%
11	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	2,477	7.35%
12	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	5,334	15.82%
13	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	4,762	14.12%
14	*Sida glabra*	Guinar escobero	762	2.26%
Total			**33,722**	**100.00%**

Cabe destacar que la especie ***Elytraria imbricata*** es una planta herbácea tropical que se considera como una maleza tropical de amplia distribución, que se encuentra distribuida desde Arizona, Nuevo México y Texas hasta las Antillas, Centroamérica y el sur de Sudamérica. Se encuentra principalmente en zonas áridas y en las regiones de la selva baja caducifolia y la selva alta perennifolia, llegando a veces a la zona del bosque de pino-encino. En la zona se reporta que es aceptada por el ganado como forraje. (Fuente. Malezas de México, Conabio.)

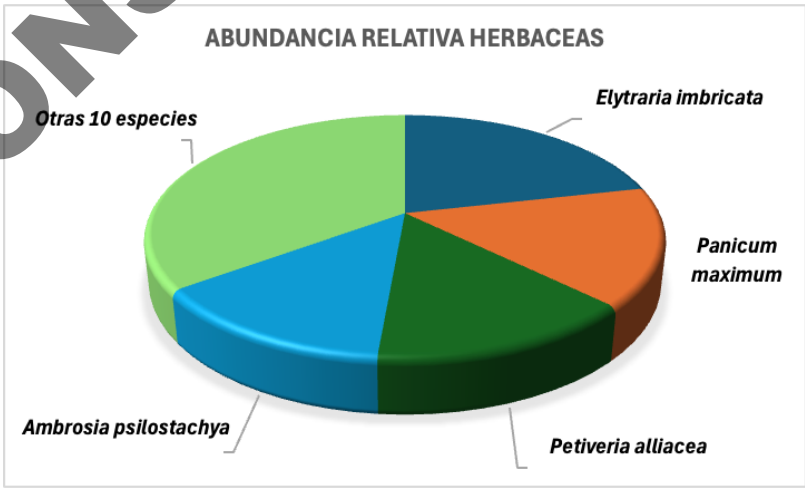


Figura IV.423 Gráfico de la distribución de la abundancia de las especies del estrato herbáceo de la SBC

CONSULTA PÚBLICA

Estrato Otras formas de vida

Tabla IV.93. Número de individuos y abundancia relativa del estrato de las otras formas de vida en SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos/ ha	Abundancia relativa
1	*Acanthocereus tetragonus*	tazajo de monte	148	25.83%
2	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla de agua	58	10.00%
3	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	158	27.50%
4	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	39	6.67%
5	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	15	2.50%
6	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Pitayo 8 costillas	20	3.33%
7	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	34	5.83%
8	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	105	18.33%
Total			577	100.00%

Como se observa en la tabla anterior, el estrato de otras formas de vida posee una riqueza de 8 especies en su mayoría bejucos y un pitayo. La especie ***Amphilophium crucigerum*** es la más abundante con el 27.5% de la abundancia relativa total de la comunidad. La especie anterior junto con ***Acanthocereus tetragonus y Serjania brachycarpa*** representan el 72% de la comunidad definida como otras formas de vida. El resto de las especies (5 especies) concentran el restante 28% de la abundancia relativa total; la especie de menor abundancia es ***Cissus verticillata*** con una abundancia relativa de 2.50%.

IV.3.12.10.5.2 Vegetación de Manglar

La superficie cubierta de manglar en el polígono del proyecto se ubica principalmente en la parte norte del vaso II, ocupando la mayor área, una pequeña parte de las islas donde se tiene una mayor área de inundación bordeando la isla; de igual manera se tiene un polígono al oriente del Vaso II colindando con la vegetación de selva baja caducifolia.

CONSULTA PÚBLICA

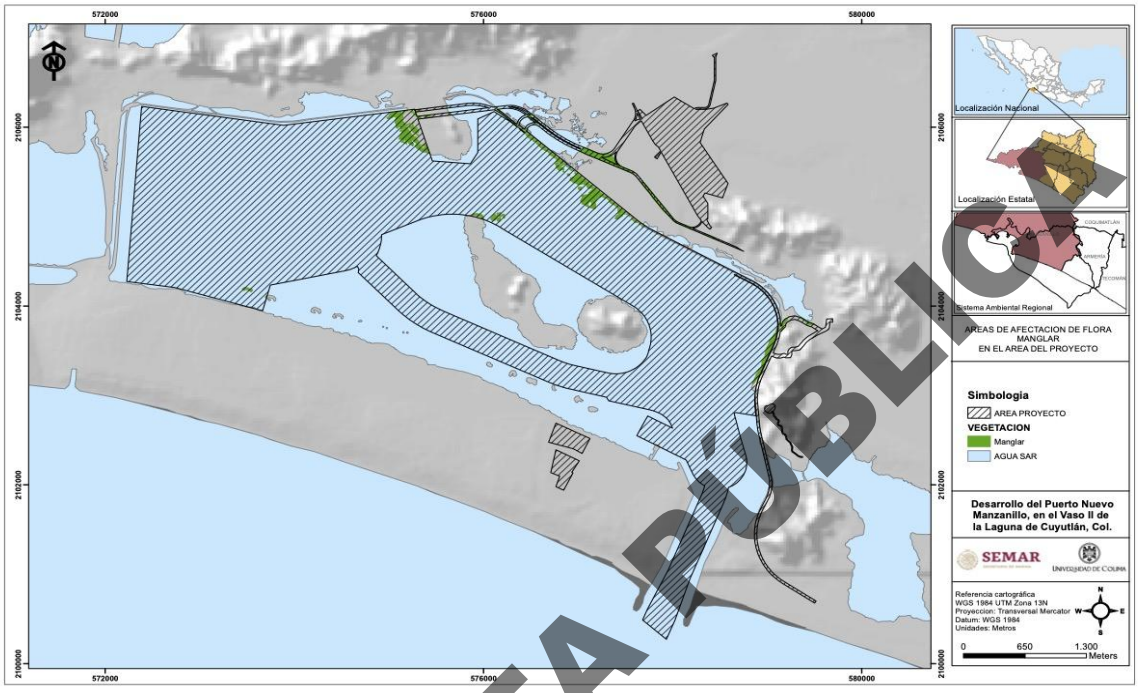


Figura IV.424. Mapa de ubicación del manglar en el área del proyecto

De acuerdo con la información obtenida de los muestreos de campo en manglar, se identificó sólo 2 estratos de acuerdo con su forma de vida bien definidos: el estrato arbóreo que por su forma de crecimiento difícilmente crecen estratos abajo y se identificó en algunos sitios un estrato definido como otras formas de vida, en donde se contabilizaron una especie de bejuco y una planta parasita y que por su forma de vida no se clasifica en otro estrato.

Estrato Arbóreo

De acuerdo con los sitios de muestreo de la vegetación de manglar en el área del proyecto, se identificaron especies en su gran mayoría del estrato arbóreo, y dos especies que se consideran como un estrato de otras formas de vida, debido a que no se consideran como arbustos o herbáceas.

Tabla IV.94. Número de individuos y abundancia relativa del estrato arbóreo en manglar.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos/ ha	Abundancia relativa
1	*Avicennia germinans*	Mangle negro o prieto	1,390	24.70%
2	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	1,795	31.89%
3	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	2,443	43.41%
Total			**5,628**	**100.00%**

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con la tabla anterior, el número de especies identificadas dentro del muestreo llevado a cabo sobre en el área de cambio de uso de suelo en el estrato arbóreo es de 3 especies de árboles, todos ellos considerados como mangles y los tres están dentro de la categoría de Amenazadas del listado de las especies en protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe destacar, que en esta zona del proyecto la especie dominante es ***Rhizophora mangle*** (mangle rojo) con 43.41% de la abundancia relativa, mientras que ***Laguncularia racemosa*** (mangle blanco) con el 31.89% de la abundancia relativa, esto significa que en el vaso II de la laguna de Cuyutlán la especie dominante es ***Rhizophora mangle*** y por otro lado, la especie ***Avicennia germinans*** tiene una presencia importante en esta área con 24.70% de la abundancia relativa, debido a bastantes individuos de regeneración natural que se tiene en la parte Norte del Vaso II de la laguna en el área propuesta para el desarrollo del proyecto.



Figura IV.425. Grafica de la abundancia relativa del manglar en el área del proyecto

El mangle rojo ***Rhizophora mangle***, que representa el 43.41% de la abundancia relativa, es un árbol o arbusto perennifolio, halófito, de 1.5 a 15 m (hasta 30 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de hasta 50 cm. Es una especie característica de los litorales donde forma a menudo masas puras en las zonas intermareales de lagunas costeras y esteros con influencia de agua salada. Crece en ambientes de continuo movimiento de agua y salinidad variable (hipersalino a salobre). Su mejor desarrollo es en litorales someros, con poca pendiente donde la marea entra con mayor facilidad. Se desarrolla en los sitios protegidos contra la acción del oleaje fuerte. Los manglares más productivos se desarrollan en estuarios con lodo fino, compuesto de cieno, arcilla y alto porcentaje de materia orgánica. Los suelos en los manglares de *Rhizophora* contienen generalmente mayores porcentajes de materia orgánica comparado con los suelos de *Avicennia* reportándose cantidades promedios de 49.26 ± 8 ppm. Suelos: sustrato lodoso, turba, negro-arenoso muy húmedo, negro-arcilloso, café claro, areno-arcilloso, zona pantanosa o inundada y roca coralina. Con un pH de 6.6 cuando está

CONSULTA PÚBLICA

saturado de agua y de 2.2 a 3 al secarse. La especificidad de su hábitat hace a los manglares muy sensibles a la perturbación. (Fuente: Ficha técnica de la especie, CONABIO).

Típicamente es la especie de mangle ubicada en la parte de mayor influencia salina (frente del manglar) y en la que el nivel de inundación es mayor, aunque se trata de una especie con buenas capacidades para explotar hábitats con condiciones particulares diversas, pudiendo habitar en sitios con baja disponibilidad de nutrientes y baja salinidad.

Para el caso del área del proyecto, se encontraron individuos de ***Rhizophora mangle*** que en su mayoría (60% de los individuos) presentan menos de 10 cm de diámetro normal y una altura promedio de 6 metros, por lo que se considera una especie en crecimiento derivado de las condiciones presentes en el Vaso II de la laguna de Cuyutlán.

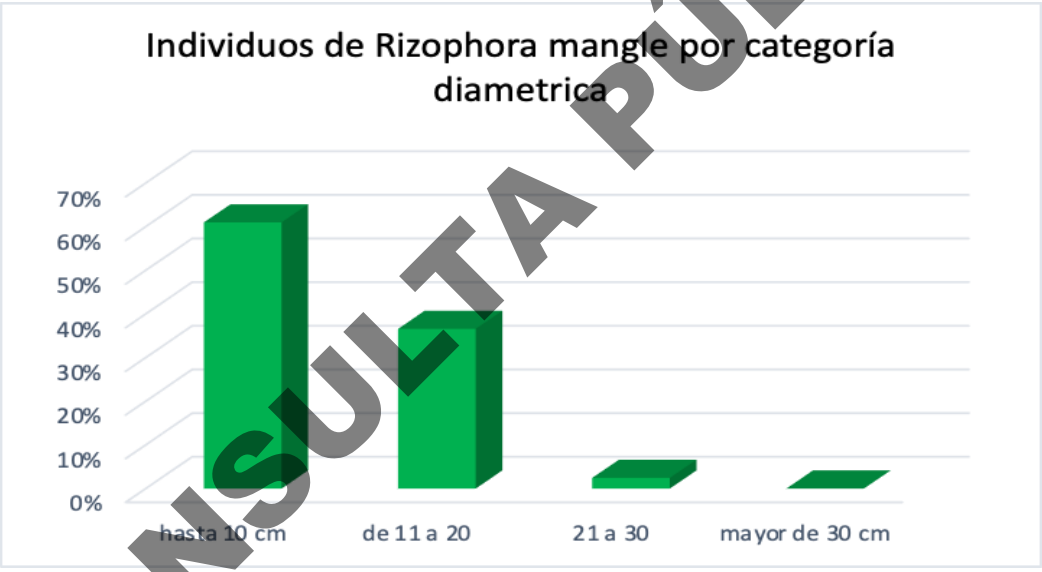


Figura IV.426. Grafica de los individuos de *Rhizophora mangle* por categoría diamétrica.

En lo que respecta a la especie ***Laguncularia racemosa*** se distribuye en los manglares de ambas vertientes del país (Pacífico y Golfo de México). Generalmente son arboles de 15 a 22 m de altura y de 40 a 70 cm de diámetro normal. Para el caso del área del proyecto, se encontraron individuos que en su mayoría presentan menos de 20 cm de diámetro normal y una altura promedio de 6 metros, por lo que se considera una especie en crecimiento debido a algunos de casos de daños por la presencia de ciclones en la zona y que vuelven a establecerse.

CONSULTA PÚBLICA

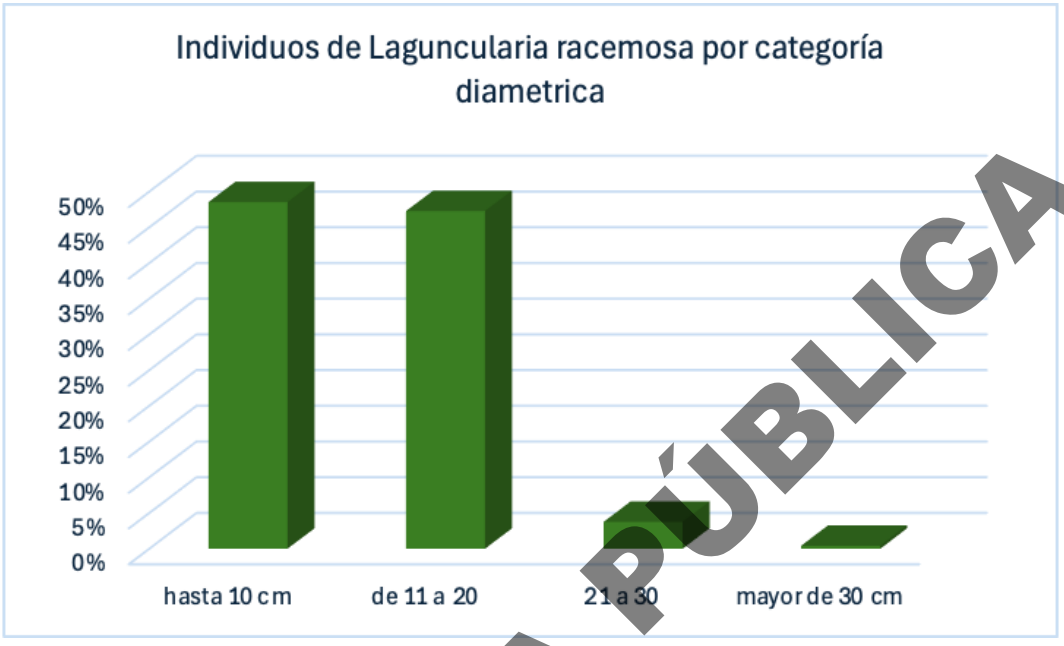


Figura IV.427. Grafica de la distribución de los individuos de *Laguncularia racemosa* por categoría diamétrica

CONSULTA PÚBLICA

De acuerdo con la ficha técnica de la especie (CONAFOR), esta se desarrolla en áreas de la marisma donde se ha presentado la mayor sedimentación y menor influencia de mareas y forma suelos profundos de turbera. Lo anterior se ratifica en esta zona, debido a que se ubica mayormente en la parte más lejana del canal de Tepalcates donde se tiene menor influencia marina.

Avicennia germinans con 24.70% de la abundancia relativa del manglar en el área del proyecto, es un árbol con alturas de 15 a 30 m y diámetro normal de 20 a 60 cm de acuerdo con la ficha técnica de la especie (CONAFOR-CONABIO). Cuenta con neumatóforos (raíces arqueadas que quedan expuestas durante la bajamar, algunas de ellas son aéreas y se prolongan por encima de las aguas). Tolerante a la sombra. Crece en rodales puros en la parte más alta del manglar. Se localiza en los sitios cenagosos más alejados de la inundación y con niveles de salinidad menores que el resto de las especies que se localizan en el manglar. La sucesión vegetal de este tipo de vegetación se da de la orilla del estero o una laguna hacia tierra adentro, como es el caso del área del proyecto en la parte Norte del vaso II de la laguna de Cuyutlán.

Esta especie se distribuye y se le encuentra a lo largo de la costa del Golfo de México en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En el Pacífico desde Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Crece en aguas someras y fangosas o salobres, principalmente en costas y estuarios de aguas tranquilas, en suelos sedimentarios de arcilla y limo. Los manglares se presentan principalmente en llanuras litorales y formando deltas relativamente abrigados. No se le conocen usos comerciales, debido a que frecuentemente su tronco está hueco y su madera tiene baja durabilidad.

En lo que respecta al estrato otras formas de vida se identificaron dos especies, con una abundancia promedio de 38 plantas/ha., con una distribución homogénea entre ellas. ***Struthanthus interruptus*** conocido comúnmente como "injerto" presenta una abundancia relativa del 57.14%; es un muérdago verdadero hemiparásito nativo de México, caracterizado por su crecimiento enredado, colgante y dioico, que afecta principalmente a árboles urbanos y forestales.

Tabla IV.95. Número de individuos y abundancia relativa del estrato otras formas de vida en manglar.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Individuos/ ha	Abundancia relativa
1	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	16	42.86%
2	*Struthanthus interruptus*	Injerto	22	57.14%
Total			**38**	**100.00%**

Por su parte ***Amphilophium crucigerum*** conocido como bejuco corona presenta el 42.86% de la abundancia relativa de este estrato, es un bejuco de amplia distribución en el pacífico y el sureste Mexicano, además de Centroamérica y Sudamérica.

IV.3.12.10.6 Análisis de la Diversidad de la vegetación

Para calcular la biodiversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas. Es importante tener en cuenta que la utilización de estos índices aporta una visión parcial, pues no dan información acerca de la distribución espacial de las especies, aunque sí intentan incluir la riqueza y la equitatividad. Para el cálculo del índice de biodiversidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H').

Si bien, como ocurre con numerosos métodos, el cálculo de índices de diversidad es relativamente sencillo, aún desde un conocimiento rudimentario, es fundamental al utilizarlos considerar atentamente sus limitaciones para poder interpretar adecuadamente su significado en cada caso particular.

Las comunidades biológicas poseen una propiedad emergente, la diversidad específica, que se relaciona con la variedad dentro de esas comunidades, este atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies. El segundo componente es la equitatividad, que se refiere a cómo la abundancia se distribuye entre las especies de la comunidad. Por ejemplo, en una comunidad con 10 especies, si el 90% de los individuos pertenecen a una sola especie y el restante 10% se distribuye entre las otras 9, la equitatividad se considera baja. En cambio, si cada una de las 10 especies cuenta con el 10% del total de los individuos, la equitatividad se considera máxima.

Para estimar la diversidad debe considerarse que:

CONSULTA PÚBLICA

Se tiene buen conocimiento de la composición taxonómica. Es raro que se estime la diversidad de toda la comunidad, por lo general, se mide la diversidad en un fragmento de la misma que se denomina taxocenosis (e.g., diversidad de aves, de árboles, del fitoplancton, etc.).

Los individuos asignados a una clase (especie) son considerados idénticos. Es decir, no se reconoce la variabilidad que puede existir entre, por ejemplo, los sexos de una misma especie o, entre etapas del desarrollo (larva – pupa – adulto).

Para interpretar la diversidad debe tenerse en cuenta que se está trabajando con una variable nominal. Las categorías son las especies y por lo tanto el único valor de tendencia central que puede obtenerse es la moda (categoría con mayor frecuencia, en este caso la especie más abundante), siendo imposible calcular un promedio o una mediana. Sí puede medirse la dispersión, la distribución de las observaciones entre categorías que se relacionan con el concepto de diversidad. Numerosos índices han sido propuestos para caracterizar la riqueza de especies y la equitatividad, denominados índices de riqueza e índices de equitatividad, respectivamente. Los índices que combinan tanto la riqueza de especies como la equitatividad en un solo valor se denominan índices de biodiversidad. Una de las principales críticas a estos índices es que combinan y, por lo tanto, confunden un conjunto de variables que caracterizan a la estructura de la comunidad: (a) el número de especies (riqueza específica), (b) la abundancia relativa de las especies (equitatividad), y (c) la homogeneidad y el tamaño del área muestreada.

Los índices de biodiversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitatividad. En algunos casos un valor dado de un índice de diversidad puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitatividad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitatividad como de una comunidad con alta riqueza y baja equitatividad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitatividad). Algunos de los índices de diversidad más ampliamente utilizados son (1) el índice de Simpson (DSi), y (2) el índice de Shannon-Wiener (H').

El Índice de Shannon-Wiener (Shannon- Wiener, 1949), H', se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son pi...pS) y es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades.

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (Pi \times \log_2 Pi)$$

Donde H' es el índice de Shannon-Wiener que, en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S. También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por lo tanto, H' = 0 cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos ni, es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa. Este índice subestima la

CONSULTA PÚBLICA

diversidad específica si la muestra es pequeña. Se utilizan logaritmos en base 2, las unidades se expresan como bits/ind., pero pueden emplearse otras bases como e (nits/ind.) o 10 (decits/ind.).

$$H'_{máx} = -S\left(\frac{1}{S} \times \log_2 \frac{1}{S}\right) = \log_2 S$$

Valores más altos de este índice indican que los individuos están más equitativamente distribuidos, o sea que una comunidad es más diversa si tiene menos grupos dominantes.

De acuerdo con lo anterior, el valor máximo suele estar cerca de 5, pero hay ecosistemas excepcionalmente ricos que pueden presentar valores aún más altos. Por tanto, un mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema. La interpretación de este índice se hizo en base a lo indicado por Magurran (1988), quien menciona que los valores menores a 1,5 se consideran como de diversidad baja, los valores entre 1,5 a 3.5 como de diversidad media y a valores mayores a 3,5 como de diversidad alta.

En cuanto al Índice de Equitatividad (J), se define como el grado de igualdad de la distribución de la abundancia (número de individuos, cobertura o biomasa) de las especies. El valor máximo ocurre cuando todas las especies presentan la misma abundancia (J=1). Por lo tanto, este índice se calcula de la siguiente forma:

$$J = \frac{H}{H_{max}} = \frac{-\sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i}{\log_2 S}$$

Los resultados a partir de los datos levantados en el muestreo propio de riqueza, abundancia relativa y biodiversidad por tipo de vegetación se presentan a continuación.

IV.3.12.10.7 Índice de biodiversidad en la SBC del área del proyecto

Estrato Arbóreo

Conforme a los análisis realizados de la información de campo, el estrato arbóreo obtuvo un índice de biodiversidad de **4.53 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máximo de **5.52 bits/individuo**, y un índice de equitatividad, como resultado del cociente entre los dos valores antes mencionados de **0.82**. En resumen, el estrato muestra una biodiversidad alta, con una equitatividad alta cercana a la unidad, en cuyo caso se encontrasen todas las especies con la misma abundancia, por lo que la actual estructura de la SBC, presenta una homogeneidad con poca diferencia en la abundancia de las diferentes especies que conforman el estrato.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.96. Índice de Shannon-Wiener del estrato arbóreo en SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
1	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	-0.0594
2	*Acacia hindsii*	Huizcolote	-0.1164
3	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	-0.0284
4	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	-0.1683
5	*Bixa orellana*	Achiote	-0.0498
6	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	-0.0284
7	*Bursera copallifera*	Copal	-0.0284
8	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	-0.1164
9	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	-0.0395
10	*Casearia nitida*	Chamizo	-0.0594
11	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	-0.1964
12	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	-0.0686
13	*Coccoloba barbadensis*	Cahuite	-0.0395
14	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	-0.0395
15	*Cordia alliodora*	Botoncillo	-0.0498
16	*Cordia dentata*	Tamborcillo	-0.0498
17	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	-0.1371
18	*Cordia seleriana*	Coliguana	-0.1683
19	*Crataeva tapia*	Bulillo	-0.1303
20	*Cupania dentata*	Palo canalado	-0.3097
21	*Cyrtocarpa procera*	Chupalcojote	-0.0686
22	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	-0.0498
23	*Ficus maxima*	Higuera blanca	-0.0857
24	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	-0.1015
25	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	-0.3461
26	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	-0.0395
27	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	-0.1091
28	*Inga eriocarpa*	Cuil	-0.0498
29	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	Guajillo	-0.0686
30	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	-0.0594
31	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	-0.0857
32	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	-0.1164
33	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	-0.0686
34	*Myrcia schiedeana*	Uva cimarrona	-0.0773
35	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	-0.2121
36	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	-0.4835
37	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	-0.0498
38	*Sapindus saponaria*	Bolitario	-0.0938
39	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	-0.0498
40	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	-0.1091
41	*Spondias purpurea*	Ciruelo	-0.0773
42	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	-0.0498
43	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	-0.0594
44	*Trichilia americana*	Cola de zorra	-0.0395
45	*Xylosma horrida*	Huizcoron	-0.0594

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
46	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	-0.0395
		Sumatoria	**4.53**

Estrato Arbustivo

Para el estrato arbustivo se estimó un índice de biodiversidad de **3.76 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máximo de **4.0 bits/individuo**, y un índice de equitatividad de **0.94**. La biodiversidad de este estrato se establece como ligeramente alta, de igual manera la biodiversidad máxima, por último, en cuanto a la equitatividad que se proyecta con la actual estructura, tiende a la homogeneidad de la presencia de las especies, existiendo especies poco más abundantes sin ser muy sobresaliente.

Tabla IV.97. Índice de Shannon-Wiener del estrato arbustivo de SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
1	*Acacia farnesiana*	Huizache	-0.1578
2	*Aphelandra scabra*	Afelandra arbustiva	-0.1578
3	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	Pica pendejos	-0.2042
4	*Celtis iguanaea*	Granjeno	-0.1794
5	*Commicarpus scandens*	Beleza del pacifico	-0.2827
6	*Croton suberosus*	Mata corchosa	-0.1794
7	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	-0.2641
8	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	-0.2641
9	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	-0.1794
10	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	-0.3573
11	*Mimosa acantholoba*	Sierrilla de humadal	-0.2042
12	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	-0.2042
13	*Randia armata*	Crucillo	-0.2042
14	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	-0.2042
15	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	-0.2482
16	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	-0.4682
		Sumatoria	**3.76**

Estrato Herbáceo

Para la comunidad herbácea se calculó un índice de biodiversidad de **3.22 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máximo de **3.81 bits/individuo** y, como cociente de los dos índices anteriores, un índice de equitatividad de 0.85. En conclusión, el estrato posee una biodiversidad media, con la capacidad de ascender de clasificación hacia una biodiversidad media-alta, por otra parte, en la estructura vegetal de este estrato se observa la presencia de una especie dominante pero no tan significativa, sin embargo, por las características

CONSULTA PÚBLICA

de las especies dominantes se infiere a que están presentes en el sitio debido a perturbaciones que comienzan a degradar la población de una especie sobre otras, resultando mayormente afectadas las menos adaptadas.

Tabla IV. 98. Índice de Shannon-Wiener del estrato herbáceo en SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
1	*Abutilon grandifolium*	Acapan	-0.0731
2	*Abutilon trisulcatum*	Acapan Aserrado	-0.0583
3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	-0.3909
4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	-0.0997
5	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	-0.3456
6	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	-0.2019
7	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	-0.0868
8	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	-0.4765
9	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	-0.1347
10	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	-0.1347
11	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	-0.2767
12	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	-0.4208
13	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	-0.3988
14	*Sida glabra*	Guinar escobero	-0.1236
		Sumatoria	**3.22**

Estrato Otras formas de vida

De acuerdo con los análisis realizados, el índice de biodiversidad del estrato “otras formas de vida” es de **2.60 bits/individuo**, mientras que el índice de biodiversidad máximo de **3.0 bits/individuo**, y finalmente el índice de equitatividad, como resultado del cociente entre los dos valores antes mencionados, es de **0.87**. Como resultado de lo anterior, se deduce que, el estrato muestra una biodiversidad media, con la capacidad de ascender de clasificación hacia una biodiversidad media-alta, en cuyo caso se equilibren las especies con abundancias similares, caso contrario a lo que se proyecta con la actual estructura poblacional que se observa la existencia de tres especies mayormente abundantes.

Tabla IV.99. Índice de Shannon-Wiener del estrato de otras formas de vida en SBC.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
1	*Acanthocereus tetragonus*	tazajo de monte	-0.5035
2	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla de agua	-0.3332
3	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	-0.5117
4	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	-0.2627

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
5	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	-0.1369
6	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Pitayo 8 costillas	-0.1681
7	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	-0.2407
8	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	-0.4473
		Sumatoria	**2.60**

IV.3.12.10.8 Índice de biodiversidad en Manglar en el área del proyecto

Estrato Arbóreo

Conforme a los análisis realizados de la información de campo, el estrato arbóreo del manglar obtuvo un índice de biodiversidad de **1.54 bits/individuo**, un índice de biodiversidad máximo de **1.58 bits/individuo**, y un índice de equitatividad, como resultado del cociente entre los dos valores antes mencionados de **0.98**. De acuerdo con estos índices, el estrato muestra una biodiversidad baja, característica de este tipo de vegetación de pocas especies, con una especie ligeramente mayor dominante que hace bastante homogénea la distribución de las especies a pesar de la ligera dominancia de ***Rhizophora mangle*** sobre las otras dos especies de mangle.

Tabla IV.100. Índice de Shannon-Wiener del estrato arbóreo en el área de manglar.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
1	*Avicennia germinans*	Mangle negro o prieto	-0.4983
2	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	-0.5258
3	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	-0.5226
		Sumatoria	**1.5467**

Estrato Otras formas de vida

Para el estrato "otras formas de vida" del manglar se obtuvo un índice de biodiversidad de **0.98 bits/individuo que** se considera muy baja, un índice de biodiversidad máximo de **1.00 bits/individuo**, y un índice de equitatividad, como resultado del cociente entre los dos valores antes mencionados de **0.98,** dado el equilibrio de la abundancia de ambas especies presentes en este estrato**.**

Tabla IV.101. índice de biodiversidad del estrato otras formas de vida en manglar.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Pi*Log2Pi
1	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	-0.5254
2	*Struthanthus interruptus*	Injerto	-0.4565
		Sumatoria	**0.98**

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.9 Resumen del índice de biodiversidad

Conforme a la información de campo y su análisis correspondiente por tipo de vegetación, se obtuvo el Índice de Shannon-Wiener para el área del proyecto por tipo de vegetación lo que derivó en los siguientes resultados:

Tabla IV.102. Resumen del Índice de Biodiversidad de ambos tipos de vegetación.

Estrato	SBC		Manglar	
	Riqueza	Biodiversidad	Riqueza	Biodiversidad
Arbóreo	46	4.53	3	1.54
Arbustivo	16	3.76		
Herbáceo	14	3.22		
Otras formas de vida	8	2.60	2	0.98
Total	**84**		**5**	

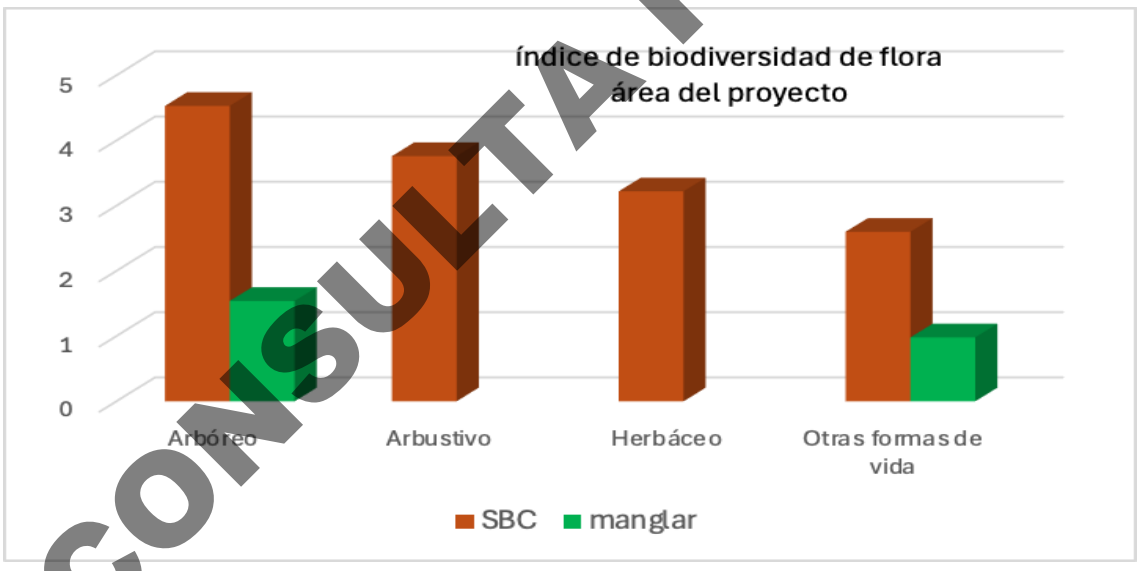


Figura IV.428. Gráfico de la biodiversidad por estrato en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.10 Índice de Valor de Importancia de las especies del área del proyecto (IVI)

Este índice indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a los demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985).

Las especies que obtienen más altos valores son las especies más importantes en el ecosistema (área de estudio) es decir, que tienen más abundancia, cobertura y frecuencia relativas y dependiendo de las especies que presenten estos valores es como se interpretará el ecosistema.

El análisis del valor de importancia de las especies cobra sentido si tenemos presente que el objetivo de medir la biodiversidad es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación del taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente.

VI = Densidad relativa + Frecuencia relativa + Dominancia relativa

Donde:

Frecuencia relativa (FR).- La frecuencia es estimada como el número de unidades de muestreo (parcelas) en que apareció cada especie, es la probabilidad de encontrar uno o más individuos en una unidad muestral particular.

FR= Frecuencia de la especie x / Sumatoria de todas las frecuencias de las especies x (100)

Densidad relativa (DR).- Es el número de individuos (n) en un área determinada (A) y se estima a partir del conteo del número de individuos en un área dada.

Densidad= Núm. Individuos / Área muestreada

Densidad Relativa= Densidad de una Especie / Densidad de Todas las especies x (100)

Dominancia relativa (DmR).- Dominancia relativa (DmR). Para el estrato arbóreo se puede calcular con base en el área basal y se convierte a porcentaje de cobertura, para las herbáceas y arbustivas se puede expresar únicamente como porcentaje de cobertura.

DmR= área basal de la especie x / sumatoria del Ab de todas las especies x (100)

Los datos para este cálculo se obtuvieron a partir de la información levantada en el muestreo propio; a continuación, se presentan los resultados del Índice de Valor de Importancia para cada uno de los estratos por tipo de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.11 Índice de Valor de importancia en la SBC del área del proyecto

Estrato Arbóreo

Tabla IV.103. Índice de valor de importancia de las especies del estrato arbóreo de la SBC

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	1.53%	0.87%	1.05%	3.45%

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
2	*Acacia hindsii*	Huizcolote	2.55%	2.08%	1.31%	5.94%
3	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	1.02%	0.35%	0.24%	1.61%
4	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	3.06%	3.47%	1.32%	7.85%
5	*Bixa orellana*	Achiote	1.02%	0.69%	1.09%	2.81%
6	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	1.02%	0.35%	0.73%	2.09%
7	*Bursera copallifera*	Copal	1.02%	0.35%	0.91%	2.28%
8	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	3.57%	2.08%	1.83%	7.49%
9	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	1.02%	0.52%	0.23%	1.78%
10	*Casearia nitida*	Chamizo	2.04%	0.87%	0.20%	3.10%
11	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	4.59%	4.34%	6.19%	15.12%
12	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	2.04%	1.04%	0.66%	3.74%
13	*Coccoloba barbadensis*	Cahuite	1.53%	0.52%	0.00%	2.05%
14	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	1.53%	0.52%	0.26%	2.31%
15	*Cordia alliodora*	Botoncillo	1.02%	0.69%	0.42%	2.14%
16	*Cordia dentata*	Tamborcillo	2.04%	0.69%	0.00%	2.74%
17	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	2.55%	2.60%	3.25%	8.41%
18	*Cordia seleriana*	Coliguana	2.55%	3.47%	0.58%	6.60%
19	*Crataeva tapia*	Bulillo	3.57%	2.43%	0.52%	6.52%
20	*Cupania dentata*	Palo canalado	1.02%	8.85%	2.59%	12.46%
21	*Cyrtocarpa procera*	Chupalcojote	2.04%	1.04%	0.69%	3.78%
22	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	2.04%	0.69%	0.24%	2.98%
23	*Ficus maxima*	Higuera blanca	1.53%	1.39%	1.10%	4.02%
24	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	3.06%	1.74%	0.26%	5.05%
25	***Guazuma ulmifolia***	**Guásima**	**8.67%**	10.76%	17.62%	37.06%
26	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	1.53%	0.52%	0.00%	2.05%
27	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	1.53%	1.91%	0.72%	4.16%
28	*Inga eriocarpa*	Cuil	2.04%	0.69%	0.11%	2.85%
29	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	Guajillo	2.04%	1.04%	0.64%	3.72%
30	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	2.04%	0.87%	1.13%	4.04%
31	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	1.53%	1.39%	0.39%	3.31%
32	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	1.53%	2.08%	1.22%	4.84%
33	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	2.04%	1.04%	0.09%	3.17%
34	*Myrcia schiedeana*	Uva cimarrona	2.04%	1.22%	1.77%	5.03%
35	*Pithecellobium dulce*	Guamúchil	4.59%	4.86%	18.55%	28.01%
36	***Pithecellobium lanceolatum***	**Timuchil**	**4.08%**	**22.40%**	**25.63%**	**52.10%**
37	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	2.04%	0.69%	0.09%	2.83%
38	*Sapindus saponaria*	Bolitario	1.53%	1.56%	0.11%	3.20%

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
39	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	1.53%	0.69%	0.00%	2.23%
40	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	1.53%	1.91%	1.71%	5.15%
41	*Spondias purpurea*	Ciruelo	2.55%	1.22%	1.35%	5.12%
42	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	1.53%	0.69%	1.94%	4.16%
43	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	2.04%	0.87%	0.56%	3.47%
44	*Trichilia americana*	Cola de zorra	1.53%	0.52%	0.00%	2.05%
45	*Xylosma horrida*	Huizcoron	2.04%	0.87%	0.57%	3.48%
46	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	1.02%	0.52%	0.14%	1.68%
	TOTALES		**100%**	**100%**	**100%**	**300%**

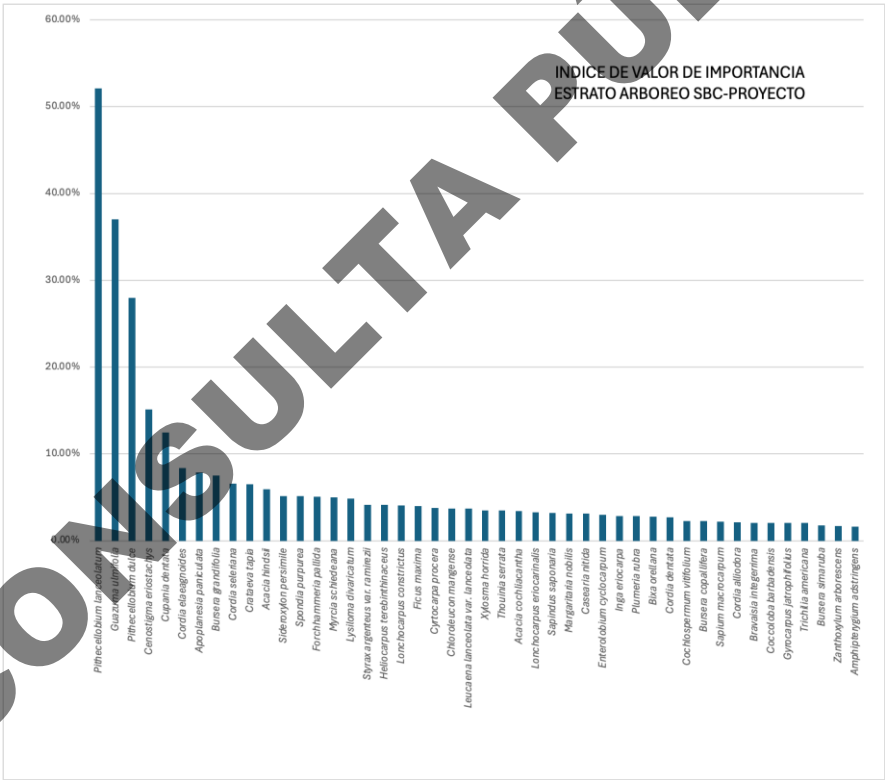


Figura IV.429. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato arbóreo

De acuerdo con los cálculos realizados se puede observar que para la selva baja caducifolia en el área del proyecto la especie ***Pithecellobium lanceolatum*** es la especie de mayor valor de importancia (IVI) con 52.10% siendo superior en 2 de los 3 parámetros que se requieren para su cálculo, esto es con mayor número de ejemplares por ha (densidad) y con mayor cobertura en sus dimensiones (dominancia).

CONSULTA PÚBLICA

La segunda especie con mayor valor de importancia es ***Guazuma ulmifolia*** con 37.06%, siendo la especie con mayor presencia en los sitios de muestreo (frecuencia).

Las dos especies con mayor IVI refleja que se tiene una vegetación dominada por especies pioneras características de áreas con cierto grado de degradación, por lo que se podría considerar en su estado de sucesión secundaria.

Estrato Arbustivo

Tabla IV.104. Índice de valor de importancia de las especies del estrato arbustivo de la SBC del área del proyecto

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Acacia farnesiana*	Huizache	7.14%	3.17%	7.85%	18.16%
2	*Aphelandra scabra*	Afelandra arbustiva	5.36%	3.17%	1.39%	9.91%
3	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	Pica pendejos	7.14%	4.60%	9.87%	21.61%
4	*Celtis iguanaea*	Granjeno	7.14%	3.80%	2.50%	13.44%
5	*Commicarpus scandens*	Beleza del pacifico	7.14%	7.61%	4.30%	19.05%
6	*Croton suberosus*	Mata corchosa	7.14%	3.80%	2.59%	13.53%
7	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	5.36%	6.81%	1.21%	13.38%
8	***Guettarda elliptica***	**Limoncillo tronco de guayabo**	7.14%	6.81%	**23.30%**	37.26%
9	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	7.14%	3.80%	6.07%	17.02%
10	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	5.36%	11.41%	0.64%	17.41%
11	*Mimosa acantholoba*	Sierrilla de humadal	3.57%	4.60%	4.47%	12.64%
12	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	5.36%	4.60%	8.70%	18.65%
13	*Randia armata*	Crucillo	5.36%	4.60%	6.29%	16.24%
14	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	3.57%	4.60%	2.59%	10.76%
15	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	7.14%	6.18%	5.55%	18.87%
16	***Verbesina oligantha***	**Vara blanca**	**8.93%**	**20.44%**	12.68%	**42.05%**
Total			**100%**	**100%**	**100%**	**300%**

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV.430. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato arbustivo de la SBC

CONSULTA PÚBLICA

Para el caso del estrato arbustivo de la SBC en el área del proyecto, la especie con mayor valor de importancia es ***Verbesina oligantha*** conocida como vara blanca, que tuvo los valores más altos de mayor frecuencia en los sitios de muestreo y mayor número de ejemplares por ha, obteniendo un IVI de 42.05%.

Guettarda elliptica es la especie de este estrato con el segundo valor más alto del IVI con 37.26%, destacándose por tener el mayor valor de dominancia, debido a una mayor cobertura de los individuos presentes resultado de sus dimensiones mayores que el resto de las especies.

En México se enlistan 165 especies nativas del género *Verbesina*, de las que 138 son exclusivas del país (Villaseñor, 2018, citado por Castro, et al, 2025.) así, es uno de los géneros de la familia Asteraceae con mayor componente endémico (Rzedowski, 2019) destaca a *Verbesina* entre los grupos no restringidos al país que son componentes insignes de sus comunidades vegetales. Sus especies son tolerantes a una amplia variación de condiciones ambientales, se desarrollan desde el nivel del mar hasta las partes altas de los principales sistemas montañosos y logran colonizar el bosque tropical seco y húmedo, bosque templado y matorral xerófilo, y otras se comportan como malezas ruderales. (fuente: CASTRO-CASTRO, Arturo et al. Dos especies nuevas de Verbesina sección Pterophyton (Asteraceae, Heliantheae) de la Sierra Madre Occidental, México. *Bot. sci* [online]. 2025, vol.103, n.4 [citado 2026-04-04], pp.965-982

Por su parte la especie ***Guettarda elliptica*** prospera en hábitats costeros, donde su resistencia a la sal y al viento ejemplifica una adaptación evolutiva a su entorno. Las delicadas flores blancas desprenden una fragancia suave, atrayendo a varios polinizadores mientras se mezclan sin esfuerzo en el paisaje tropical.

Estrato herbáceo

Tabla IV. 105. Índice de valor de importancia de las especies del estrato herbáceo de la SBC

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Abutilon grandifolium*	Acapan	3.88%	1.13%	3.30%	8.31%
2	*Abutilon trisulcatum*	Acapan Aserrado	2.91%	0.85%	2.20%	5.96%
3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	12.62%	13.56%	8.97%	35.16%
4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	5.83%	1.69%	9.71%	17.23%
5	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	7.77%	10.73%	8.06%	26.56%
6	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	2.91%	4.52%	2.20%	9.63%
7	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	1.94%	1.41%	2.01%	5.37%
8	***Elytraria imbricata***	**Cordoncillo**	**20.39%**	**21.47%**	**14.84%**	**56.69%**
9	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	2.91%	2.54%	2.56%	8.02%
10	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	2.91%	2.54%	2.20%	7.65%
11	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	3.88%	7.34%	3.11%	14.34%
12	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	13.59%	15.82%	19.05%	48.46%
13	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	14.56%	14.12%	18.32%	47.00%
14	*Sida glabra*	Guinar escobero	3.88%	2.26%	3.48%	9.62%
Total			**100%**	**100%**	**100%**	**300%**

De las 14 especies registradas en el estrato herbáceo de la SBC en el área del proyecto, la especie ***Elytraria imbricata*** es la especie con mayor valor de IVI con 56.69%, siendo superior en los tres parámetros que conforman el IVI, teniendo mayor frecuencia en los sitios de muestreo, más individuos por ha y mayor cobertura o dominancia.

Elytraria imbricata se considera una maleza de amplia distribución de clima tropical, se encuentra principalmente en zonas áridas y en las regiones de la selva baja caducifolia y la selva alta perennifolia, llegando a veces a la zona del bosque de pino-encino.

CONSULTA PÚBLICA

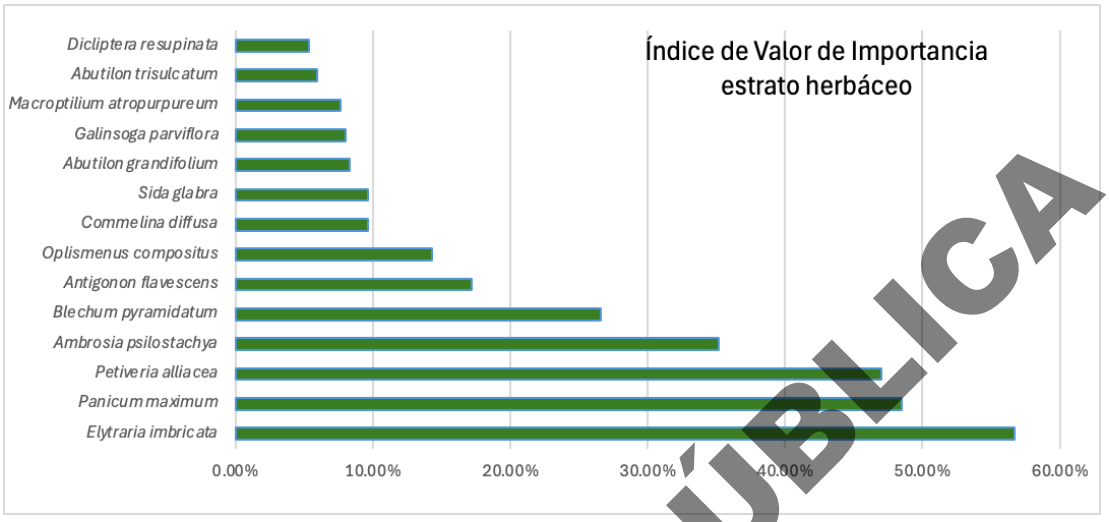


Figura IV.431. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato herbáceo de la SBC

CONSULTA PÚBLICA

Estrato Otras formas de vida

Tabla IV.106. Índice de valor de importancia de las especies del estrato otras formas de vida de la SBC del área del proyecto

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Acanthocereus tetragonus*	tazajo de monte	8.51%	25.83%	0.32%	34.66%
2	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla de agua	6.38%	10.00%	2.78%	19.16%
3	***Amphilophium crucigerum***	**Bejuco corona**	**36.17%**	**27.50%**	**61.52%**	**125.19%**
4	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	12.77%	6.67%	7.75%	27.18%
5	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	6.38%	2.50%	8.74%	17.62%
6	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Pitayo 8 costillas	8.51%	3.33%	0.01%	11.86%
7	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	8.51%	5.83%	12.52%	26.86%
8	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	12.77%	18.33%	6.36%	37.46%
Total			**100%**	**100%**	**100%**	**300%**

En el estrato definido como Otras formas de vida, la especie con mayor valor de IVI es ***Amphilophium crucigerum*** que es un bejuco con un IVI de 125.19% con los mayor valores en las tres variables que conforman el valor de importancia.

IV.3.12.10.12 Índice de Valor de importancia en Manglar

Estrato Arbóreo

Tabla IV.107. Índice de valor de importancia de las especies del estrato arbóreo del manglar

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Avicennia germinans*	Mangle negro o prieto	21.88%	24.70%	6.95%	53.52%
2	***Laguncularia racemosa***	**Mangle blanco**	**46.88%**	31.89%	**81.82%**	160.59%
3	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	31.25%	**43.41%**	11.23%	85.88%
Total			**100%**	**100%**	**100%**	**300%**

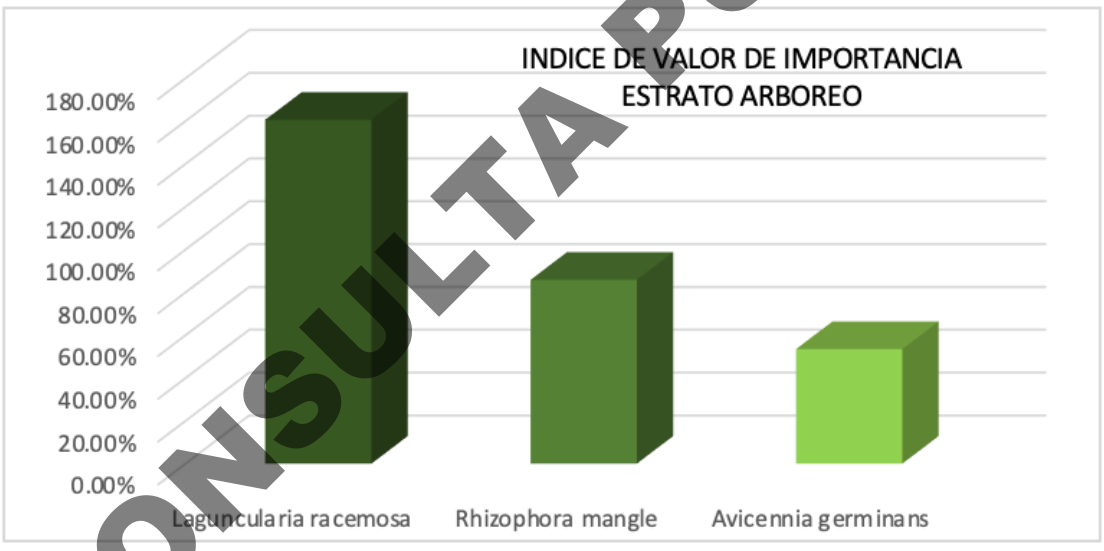


Figura IV.432. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato arbóreo del manglar

La especie ***Laguncularia racemosa*** es la especie de mayor valor de importancia en el manglar del área del proyecto con 160.59%, siendo muy superior en la variable dominancia relativa por las dimensiones de sus ejemplares, mientras que en la densidad el mangle rojo es el que tiene mayor número de individuos por ha derivado de que existe mayor regeneración natural de este mangle, en cuanto a la presencia en los sitios de muestreo (frecuencia relativa) el mangle blanco es mayor que las otras dos especies. Cabe resaltar un valor de importancia significativo del mangle negro, que tiene buena presencia en el área del proyecto, sin embargo, por sus pequeñas dimensiones no alcanza valores de IVI más altos, sin embargo, son mayores que los valores de la misma especie en el manglar del SAR.

CONSULTA PÚBLICA

Estrato Otras formas de vida

Tabla IV.108. Índice de valor de importancia de las especies del estrato otras formas de vida del manglar

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Dominancia relativa	IVI
1	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	42.86%	42.86%	97.50%	183.21%
2	*Struthanthus interruptus*	Injerto	57.14%	57.14%	2.50%	116.79%
Total			**100%**	**100%**	**100%**	**300%**

En virtud de que se conformó otro estrato en el manglar de acuerdo con la forma de vida de dos especies identificadas, se identifica a la especie ***Amphilophium crucigerum,*** como la especie conmayor valor de importancia que la otra espcie identificada. Cabe destacar que esta misma espcie obtuvo el mayor valor de importancia en la vegetación de selva baja caducifolia.

En México se conocen actualmente cuatro especies: ***Amphilophium crucigerum*** (L.) L.G. Lohmann, *A. paniculatum*(L.) Kunth, *A. laxiflorum* (DC.) L.G. Lohmann y *A. buccinatorium* (DC.) L.G. Lohmann, las cuales se caracterizan por presentar un tallo hexagonal y frutos con valvas convexas. Las primeras dos especies se distribuyen ampliamente en bosque seco, selva alta y bosque de pino-encino de la región neotropica.

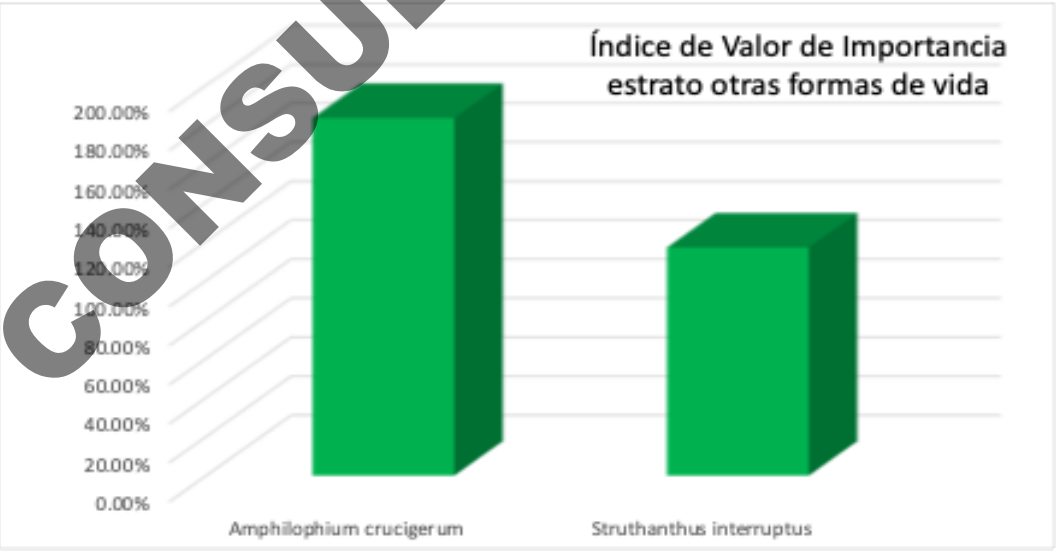


Figura IV.433. Gráfica del índice del valor de importancia de las especies del estrato otras formas de vida del manglar

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.13 Listado de la flora en el área del proyecto

De acuerdo con los trabajos de campo realizados en el área del proyecto, se identificaron 89 especies, de las cuales 6 corresponden al manglar y 84 a la selva baja caducifolia, existiendo una especie que se identificó en ambos tipos de vegetación, como se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla IV.109. Listado de flora presente en el área del proyecto

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	Vegetación
1	*Abutilon grandifolium*	Acapan	Herbáceo	SBC
2	*Abutilon trisulcatum*	Acapan Aserrado	Herbáceo	SBC
3	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	Arbóreo	SBC
4	*Acacia farnesiana*	Huizache	Arbustivo	SBC
5	*Acacia hindsii*	Huizcolote	Arbóreo	SBC
6	*Acanthocereus tetragonus*	tazajo de monte	Otras formas	SBC
7	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla de agua	Otras formas	SBC
8	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	Herbáceo	SBC
9	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	Otras formas	SBC y M
10	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	Arbóreo	SBC
11	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	Herbáceo	SBC
12	*Aphelandra scabra*	Afelandra arbustiva	Arbustivo	SBC
13	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	Arbóreo	SBC
14	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	Otras formas	SBC
15	*Avicennia germinans*	Mangle prieto	Arbóreo	Manglar
16	*Batis maritima*	saladilla	Herbáceo	Manglar
17	*Bixa orellana*	Achiote	Arbóreo	SBC
18	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	Herbáceo	SBC
19	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	Pica pendejos	Arbustivo	SBC
20	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	Arbóreo	SBC
21	*Bursera copallifera*	Copal	Arbóreo	SBC
22	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	Arbóreo	SBC
23	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	Arbóreo	SBC
24	*Casearia nitida*	Chamizo	Arbóreo	SBC
25	*Celtis iguanaea*	Granjeno	Arbustivo	SBC
26	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	Arbóreo	SBC
27	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	Arbóreo	SBC
28	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	Otras formas	SBC
29	*Coccoloba barbadensis*	Cahuite	Arbóreo	SBC

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	Vegetación
30	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	Arbóreo	SBC
31	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	Herbáceo	SBC
32	*Commicarpus scandens*	Beleza del pacifico	Arbustivo	SBC
33	*Cordia alliodora*	Botoncillo	Arbóreo	SBC
34	*Cordia dentata*	Tamborcillo	Arbóreo	SBC
35	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	Arbóreo	SBC
36	*Cordia seleriana*	Coliguana	Arbóreo	SBC
37	*Crataeva tapia*	Bulillo	Arbóreo	SBC
38	*Croton suberosus*	Mata corchosa	Arbustivo	SBC
39	*Cupania dentata*	Palo canalado	Arbóreo	SBC
40	*Cyrtocarpa procera*	Chupalcojote	Arbóreo	SBC
41	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	Arbustivo	SBC
42	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	Herbáceo	SBC
43	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	Herbáceo	SBC
44	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	Arbóreo	SBC
45	*Ficus maxima*	Higuera blanca	Arbóreo	SBC
46	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	Arbóreo	SBC
47	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	Herbáceo	SBC
48	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	Arbóreo	SBC
49	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	Arbustivo	SBC
50	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	Arbóreo	SBC
51	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	Arbóreo	SBC
52	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	Arbustivo	SBC
53	*Inga eriocarpa*	Cuil	Arbóreo	SBC
54	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	Arbóreo	Manglar
55	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	Arbustivo	SBC
56	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	Guajillo	Arbóreo	SBC
57	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	Arbóreo	SBC
58	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	Arbóreo	SBC
59	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	Arbóreo	SBC
60	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	Herbáceo	SBC
61	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	Arbóreo	SBC
62	*Mimosa acantholoba*	Sierrilla de humadal	Arbustivo	SBC
63	*Myrcia schiedeana*	Uva cimarrona	Arbóreo	SBC
64	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	Herbáceo	SBC
65	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Pitayo 8 costillas	Otras formas	SBC
66	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	Herbáceo	SBC
67	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	Otras formas	SBC

CONSULTA PÚBLICA

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estrato	Vegetación
68	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	Herbáceo	SBC
69	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	Arbustivo	SBC
70	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	Arbóreo	SBC
71	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	Arbóreo	SBC
72	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	Arbóreo	SBC
73	*Randia armata*	Crucillo	Arbustivo	SBC
74	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	Arbóreo	Manglar
75	*Sapindus saponaria*	Bolitario	Arbóreo	SBC
76	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	Arbóreo	SBC
77	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	Otras formas	SBC
78	*Sida glabra*	Guinar escobero	Herbáceo	SBC
79	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	Arbóreo	SBC
80	*Spondias purpurea*	Ciruelo	Arbóreo	SBC
81	*Struthanthus interruptus*	Injerto	Otras formas	Manglar
82	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	Arbóreo	SBC
83	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	Arbóreo	SBC
84	*Trichilia americana*	Cola de zorra	Arbóreo	SBC
85	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	Arbustivo	SBC
86	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	Arbustivo	SBC
87	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	Arbustivo	SBC
88	*Xylosma horrida*	Huizcoron	Arbóreo	SBC
89	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	Arbóreo	SBC

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.12.10.14 Especies en alguna categoría de Riesgo

Tabla IV.110. Listado de especies dentro del área del proyecto en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

No.	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus	CITES	IUCN	Vegetación
1	*Avicennia germinans*	Mangle prieto	Amenazada	No incluida	LC	Manglar
2	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	Amenazada	No incluida		SBC
3	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	Amenazada	No incluida	LC	Manglar
4	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	Amenazada	No incluida	LC	Manglar
5	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	Amenazada	No incluida	LC	SBC

Dentro de los trabajos de campo para el área del proyecto fueron registradas **89 especies** en las diversas formas de vida, dentro de estas, 5 especies se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo que representa el **5.6% de la riqueza específica**, la totalidad corresponde al nivel de amenazada (A) y todas dentro del estrato arbóreo.

IV.3.12.10.15 Análisis de integridad funcional del ecosistema de manglar

De acuerdo con los estudios de modelación hidrodinámica antes descritos, de manera particular, influye en la composición y estructura del manglar, que varía de acuerdo con la ubicación de este tipo de vegetación en los diferentes vasos de la laguna de Cuyutlán. En los Vasos I y II, la sedimentación está influenciada por el intercambio de agua a través de los canales de marea. Se ha observado que la salud y composición de los manglares en estas zonas está vinculada a la geoquímica del sedimento y al tamaño de grano, con presencia de carbono orgánico (4 – 6%) esencial para la vegetación (Zenteno-Palma et al., 2018). Para las zonas cercanas a los canales de comunicación oceánica presentan una mayor dinámica y predominio del mangle rojo (*Rhizophora mangle*), donde permanece más el agua y en el mismo vaso II hacia su parte norte donde el flujo del agua llega a desaparecer temporalmente se desarrolla el mangle negro o prieto (*Avicennia germinans*).

Ahora bien, para determinar la funcionalidad del manglar del área del proyecto y del SAR, se requiere de una serie de mediciones de parámetros que en su conjunto pueden determinar el nivel de funcionalidad del ecosistema del manglar, tales como el hidro-periodo que varía a lo largo del año, al igual que los niveles de salinidad, pH, sedimentos y otros factores hidrológicos que interaccionan con las condiciones de la vegetación, por lo que y en virtud de que se requiere de por lo menos un año de información, se diseñó una metodología alterna basada en los parámetros estructurales (dasometría del arbolado), en el sentido de que un manglar con buena estructura considerando sus dimensiones, es un reflejo de una buena calidad del sitio para su desarrollo y en consecuencia, con base en esta información inferir que grado de integridad funcional tiene el manglar en los diferentes vasos de la laguna de Cuyutlán.

Si bien con la construcción del proyecto se afectarán **21.87 ha** de superficie cubierta de mangle en el vaso II, el presente análisis se realiza con el propósito de analizar la funcionalidad actual del manglar de la Laguna de Cuyutlán y justificar que ambientalmente se puede conservar la integridad funcional del mismo al considerar a los distintos vasos lagunares una **Unidad hidrológica**.

Derivado de lo anterior, se hace la evaluación y análisis de la estructura actual del manglar en la laguna de Cuyutlán, por un lado, en el área del proyecto en el vaso II de la laguna y por el otro lado, con los datos de las áreas que no serán afectadas que incluye las áreas del resto del vaso II, los vasos III y IV, así como el Estero Palo Verde, de acuerdo con la información dasométrica levantada en campo.

Metodología alternativa

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.111. Datos integrados en el análisis del manglar

Concepto	Dimensión
Área de afectación del proyecto:	21.87 ha de manglar
Superficie del manglar en el SAR: Superficie del manglar en los Vasos II, III y IV*:	1,801.03 ha 1,440.29 ha
Afectación relativa de la laguna • (Proyecto/ Mangle SAR) • (Proyecto / Vasos II, III y IV):	 1.21% del manglar regional (SAR) 1.52% del manglar Vasos II, III y IV
Registros de individuos en el área del Proyecto:	429 (19 sitios × 100 m²)
Registros de individuos en el área Vasos II, III, IV	1,938 (77 sitios × 100 m² — Vasos II, III, IV)
Especies en el Proyecto / SAR:	3 / 6 especies arbóreas
Toma de datos	Julio 2025 y febrero 2026

*el vaso IV incluye el estero palo verde

Indicadores Utilizados

- Densidad (Individuos por hectárea). Se calculó como el número total de tallos principales (T) dividido entre el área total muestreada (incluye todos los sitios, con y sin árboles): Densidad = N_T / A_total. Las bifurcaciones (B) NO se incluyen en el conteo de densidad porque son tallos secundarios del mismo individuo y contarían dos veces al mismo árbol.
- Área basal (m^2). AB = π × (DN/2)² para cada tallo, sumando T y B porque ambos aportan superficie de conducción y fotosintética. Expresado en m² y escalado a ha: AB_ha = Σ AB_tallos / A_total. La inclusión de B sigue el criterio de Rodríguez-Zúñiga et al. (2018).
- Altura media: promedio de la altura medida en cada tallo principal de los sitios de cada área de estudio.
- DN medio: promedio del diámetro normal de los tallos (T) de los sitios de cada área de estudio.
- Índice de Valor de Importancia (IVI): Curtis & McIntosh (1951) = Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa.
- Regeneración: N de plántulas/juveniles (DN ≤ 2.5 cm) por hectárea.

Sistema de clasificación de la estructura y funcionalidad del manglar

Para determinar la calidad y funcionalidad de acuerdo con su estructura, se realizó una clasificación que aplica idénticamente al área del Proyecto en el Vaso II como al manglar del Vaso II, III y IV, con los seis indicadores "umbralizados", mediante una clasificación en tres categorías: Bueno (3 pts), Regular (2 pts), Deficiente (1 pt); sitios sin árboles: 0 pts. Score máximo: 18 puntos.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.112. Umbrales para la clasificación de integridad por indicador.

No.	Indicador	Bueno (3 puntos)	Regular (2 puntos)	Deficiente (1 punto)
1	Densidad (ind/ha)	≥ 1,500	500-1,499	< 500
2	Área basal (m²/ha)	≥ 20	10-19.9	< 10
3	Altura del dosel (m)	≥ 7	4-6.9	< 4
4	DN medio (cm)	≥ 10	5-9.9	< 5
5	Cobertura de copa (%)	≥ 100	50-99.9	< 50
6	Regeneración (ind/ha)	≥ 2,500	500-2,499	< 500

Posteriormente se realizó una categorización de cada sitio de muestreo determinando la calidad y en consecuencia la funcionalidad del manglar con base a los indicadores antes señalados, como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla IV.113. Categorías de calidad y funcionalidad según score agregado.

Categoría	Score (/18)
Alta funcionalidad	15 - 18
funcionalidad media-alta	11 - 14
funcionalidad media-baja	7 - 10
Baja funcionalidad	1 - 6

Esta estimación constituye la caracterización integral del manglar que sirve como línea base para cuantificar el impacto del proyecto y de acuerdo con el monitoreo una vez ejecutado el proyecto en sus diferentes fases.

Resultados

Manglar en el polígono del Proyecto

Tabla IV.114. Distribución por categoría de integridad en el Proyecto.

Categoría	N sitios	%	Sitios de muestreo
Alta funcionalidad	12	63.20	2,3,5,6,22,23,25,32,33,34,35,40
funcionalidad media-alta	4	21.10	4,18,30,31
funcionalidad media-baja	3	15.80	17,21,29
Baja funcionalidad	0	0	—

CONSULTA PÚBLICA

Aplicando el sistema de clasificación en una matriz de doble entrada (se anexa), el score promedio del manglar del Proyecto fue 14.3/18 (79.4% del máximo).

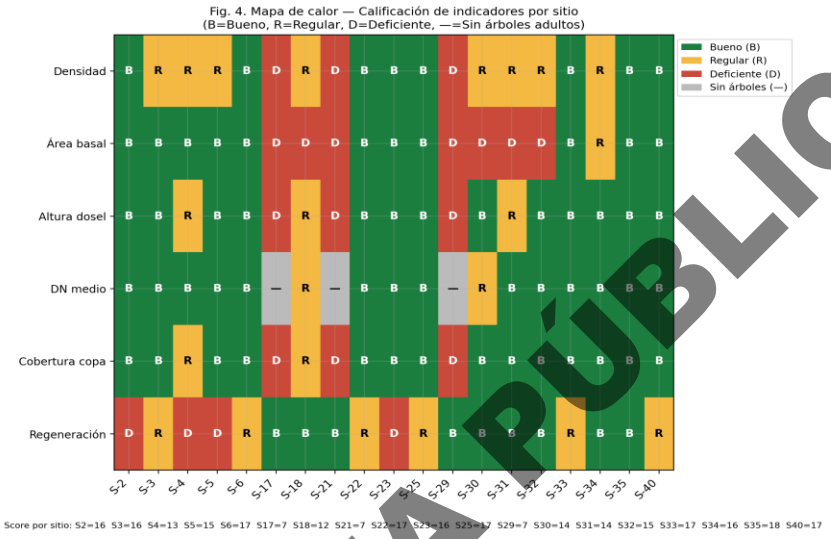


Figura IV.434. Mapa de calor de indicadores por sitio en el Proyecto.

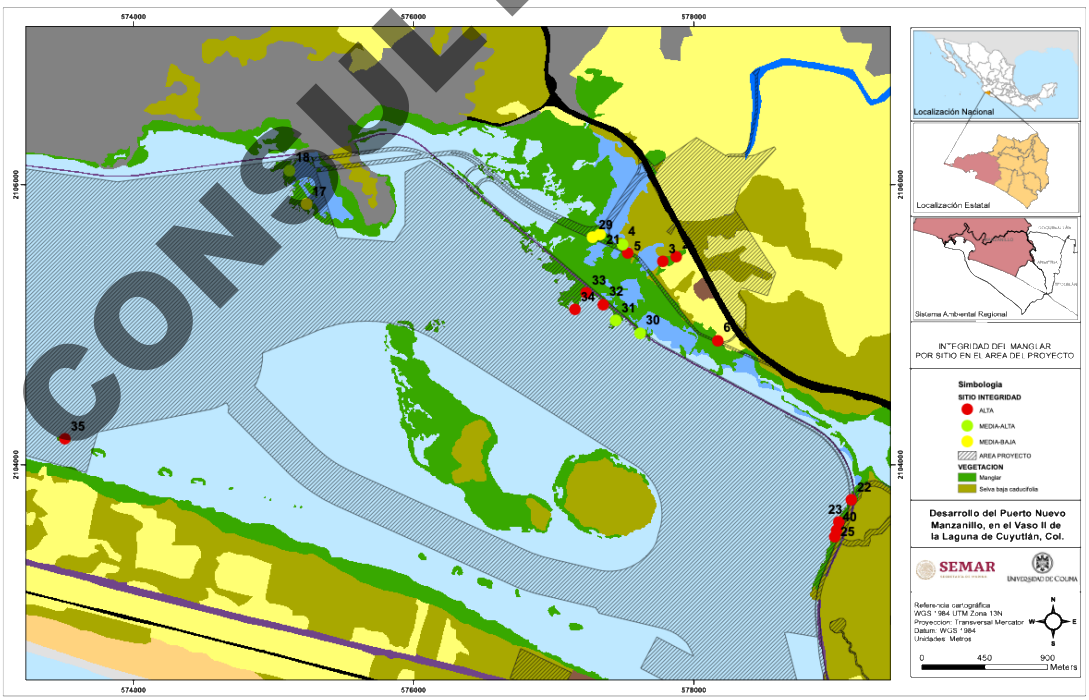


Figura IV.435. Distribución espacial por categoría de integridad en el Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Manglar en el Vaso II, III y IV

Para esta estimación, se excluyó el manglar del Vaso II que está incluido en el área del proyecto, por lo que se hicieron los cálculos con la información de 77 sitios muestreados en el SAR.

Tabla IV.115. Estructura del SAR por vaso.

Parámetro	SAR Vaso II	SAR Vaso III	SAR Vaso IV	SAR total
N° sitios muestreados	46	24	7	77
Área total muestreada (ha)	0.46	0.24	0.07	0.77
N individuos (T)	905	345	190	1,440
Densidad (ind/ha)	1,967	1,438	2,714	1,870
Área basal (m²/ha)	21.1	34.4	42.3	27.5
Altura media (m)	8.0	7.8	8.5	8.0
DN medio (cm)	10.6	14.4	11.9	11.7
Regeneración (ind/ha)	2,894	1,917	1,429	2,494
Shannon y Wiener (H')	0.95	0.87	0.00	0.91

Aplicando el sistema de clasificación idéntico al área del Proyecto, se obtuvo:

Tabla IV.116. Distribución por categoría de integridad en el SAR total.

Categoría	N sitios	% del SAR	Score típico
Alta integridad	62	80.50	15-18
Integridad media-alta	14	18.20	11-14
Integridad media-baja	1	1.30	7-10
Baja integridad	0	0	1-6
TOTAL	**77**	**100**	**—**

Score promedio del SAR total: **15.65/18 (86.9% del máximo)**, significativamente superior al del Proyecto (14.26/18). El 80.5% de los sitios del SAR están en categoría de ALTA integridad, confirmando que el ecosistema regional está en buen estado de conservación que las áreas de mangle por afectar con la construcción del proyecto.

Resultados por cada Vaso de la Laguna

Tabla IV.117. Integridad funcional por área-vaso.

Zona	N sitios	Score promedio	% Alta integridad	% Media-alta	% Media-baja
Proyecto (Vaso II)	19	14.26	63.20	21.10	15.80
SAR Vaso II	46	15.41	76.10	21.70	2.20

CONSULTA PÚBLICA

Zona	N sitios	Score promedio	% Alta integridad	% Media-alta	% Media-baja
SAR Vaso III	24	15.83	83.30	16.70	0
SAR Vaso IV	7	16.57	100	0	0
SAR total	77	15.65	80.50	18.20	1.30

Al eliminar el polígono del Proyecto (valor 14.26) del Vaso II (valor 15.41), el valor **aumenta ligeramente de 15.41 a 15.43**. Esto se debe a que el Proyecto tiene una funcionalidad valorada inferior al promedio del SAR V-II, por lo que su eliminación eleva estadísticamente el promedio del resto. Esto no significa que el proyecto sea beneficioso (se pierden 21.87 ha de hábitat), sino que **la integridad promedio del manglar remanente en el SAR V-II no disminuye**.

De acuerdo con la información generada y el análisis realizado, el SAR Vaso IV presenta el mayor score promedio (16.57/18), con el 100% de sitios en alta integridad; el Vaso III le sigue (15.83/18, 83% alta); luego el Vaso II (15.41/18, 76% alta); y finalmente el Proyecto (14.26/18, 63% alta). Esta gradación sugiere que el polígono del Proyecto está en un sector del Vaso II con relativamente menor conservación que el promedio de su propio vaso y del SAR en general. Cabe señalar que **todas las zonas de estudio califican como un manglar con una alta funcionalidad, lo que representa que actualmente (línea base) se encuentran en buenas condiciones de desarrollo y funcionalidad.**

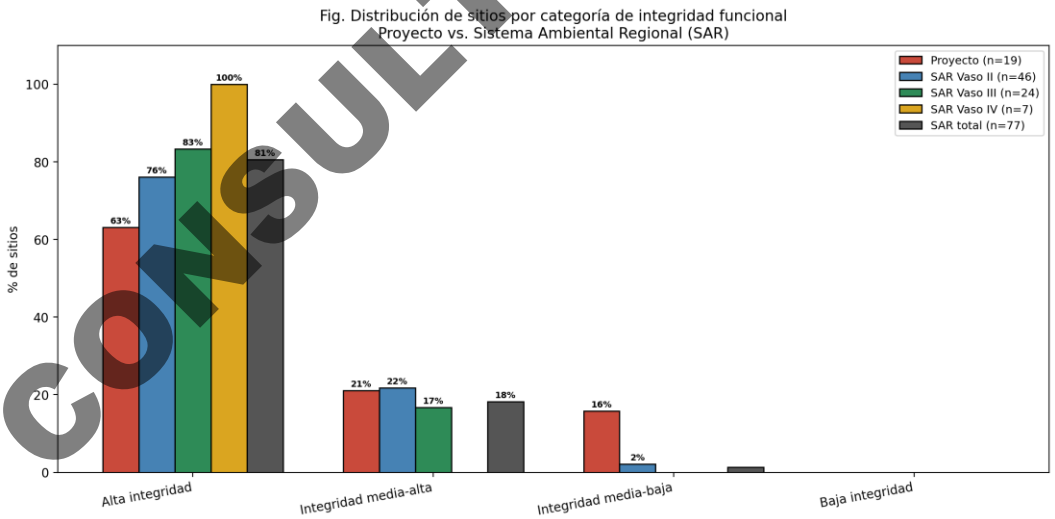


Figura IV.436. Distribución de sitios por categoría de integridad funcional en cada zona.

CONSULTA PÚBLICA

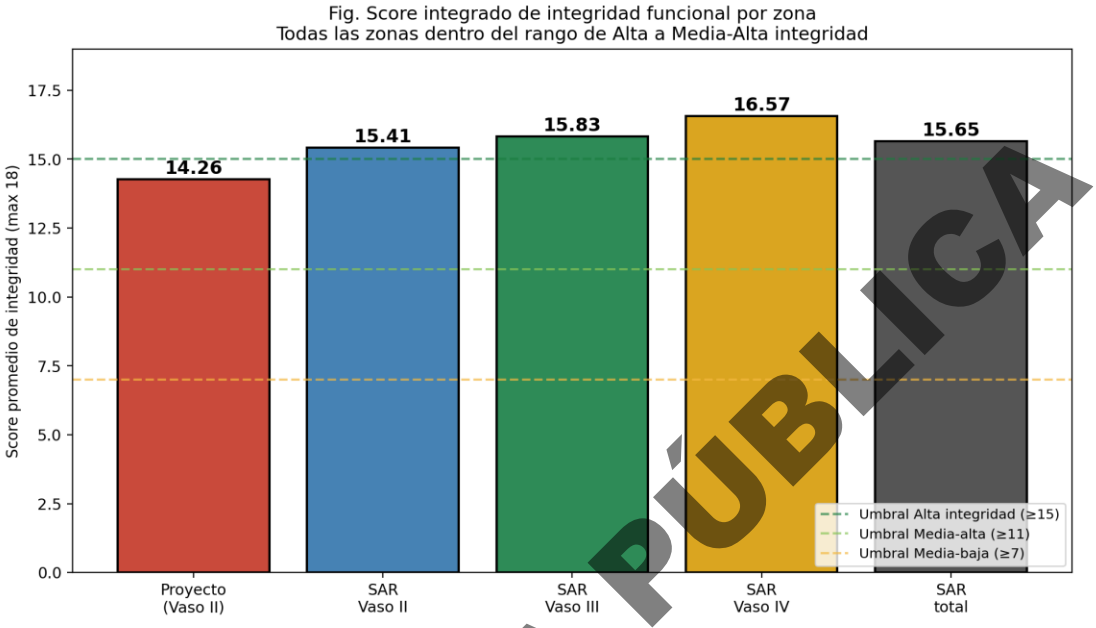


Figura IV.437. Score promedio de integridad por zona. Las 5 zonas superan el umbral de media-alta (11).



Figura IV.438. Perfil de integridad por sitio — todos los sitios del Proyecto y del SAR (96 sitios totales).

CONSULTA PÚBLICA

Contraste de la funcionalidad: Proyecto vs SAR

De acuerdo con la información generada, se hizo el siguiente contraste riguroso entre la integridad del Proyecto y la del SAR, que proporciona información relevante como línea base o cero de la actualidad de la funcionalidad del manglar basado en su estructura que tiene una relación importante con los otros factores reguladores de la integralidad del ecosistema en los que se Incluyen la salinidad, la temperatura, mareas, sedimentos y el hidroperiodo (frecuencia/duración de inundaciones), que si bien no han sido considerados hasta el momento, la estructura del estado actual de las diferentes zonas de manglar en la laguna nos indica las diferencias de crecimiento en las diferentes zonas de la laguna.

Tabla IV.118. Contraste completo entre Proyecto y SAR por zonas.

Indicador de integridad	Proyecto	Sistema Ambiental Regional			
		Vaso II	Vaso III	Vaso IV	Total
Score promedio (max 18)	14.26 / 18	15.41 / 18	15.83 / 18	16.57 / 18	15.65 / 18
% sitios Alta integridad	63.2%	76.1%	83.3%	100.0%	80.5%
% sitios Media-alta	21.1%	21.7%	16.7%	0.0%	18.2%
% sitios Media-baja	15.8%	2.2%	0.0%	0.0%	1.3%
Densidad arbórea (ind/ha)	1,326	1,926	1,438	2,714	1,870
Área basal (m²/ha)	24.7	21.1	34.4	42.3	27.5
Altura media (m)	6.7	8.0	7.8	8.5	8.0
DN medio (cm)	12.8	10.6	14.4	11.9	11.7
Riqueza de especies	3	4	5	1	6
Shannon-Wiener (H')	0.79	0.95	0.87	0.00	0.91
Regeneración (ind/ha)	4,137	2,894	1,917	1,429	2,494

- El manglar del área del Proyecto presenta un valor 9% inferior al SAR total. Esta diferencia es atribuible a los 3 sitios que se delimitaron sin árboles adultos, pero con regeneración en crecimiento que bajan significativamente el promedio (sitios 17, 21, 29). El SAR tiene un único sitio en categoría media-baja (sitio 60 del Vaso II fuera del proyecto), manteniendo un valor regional elevado.
- **Proporción de sitios Alta integridad (63% vs 80%):** el SAR tiene 17 puntos porcentuales más de sitios en alta integridad. El Vaso IV representa el ecosistema mejor conservado o con mejor estructura (100% alta), mientras que el polígono del Proyecto concentra la fracción con mayor heterogeneidad estructural.
- **Densidad (1,326 vs 1,870):** el Proyecto presenta una densidad 29% inferior al SAR total, debido a la presencia de parches sin dosel. Cuando se compara sólo con sitios ocupados, las densidades son más comparables.

CONSULTA PÚBLICA

Comparando el manglar solo el manglar del Vaso II con el del Proyecto, este último presenta una densidad 31% inferior, explicada por la presencia de 3 sitios (17, 21, 29) sin dosel arbóreo.

- **Área basal (24.7 vs 27.5):** el Proyecto está 10% por debajo del SAR total, pero supera al SAR Vaso II (21.1 m²/ha), indicando que los árboles presentes en el Proyecto son de mayor diámetro promedio.

  El área del proyecto supera ligeramente al SAR V-II en AB, indicando que los individuos son de mayor diámetro. La diferencia se revierte al considerar el SAR total (27.5 m²/ha) que incluye los robustos rodales de V-III y V-IV.
- **Regeneración (4,137 vs 2,494):** el Proyecto supera al SAR en regeneración por la alta concentración en sitios degradados (17, 21, 29). Esto refleja sucesión secundaria activa, no mayor salud del ecosistema.
- **Riqueza (3 vs 6 especies):** el Proyecto contiene la mitad de las especies arbóreas del SAR. Las 3 especies de mangle del Proyecto están todas en el SAR, y las 3 especies arbóreas de transición del SAR (*C. erectus, P. lanceolatum, P. elsiae*) no están en el Proyecto.

  El Proyecto con 3 de las 6 especies del SAR (50%), *Laguncularia racemosa* domina desproporcionadamente al 72% vs 47% en el SAR V-II, evidenciando pérdida de codominancia con *Rhizophora mangle.*

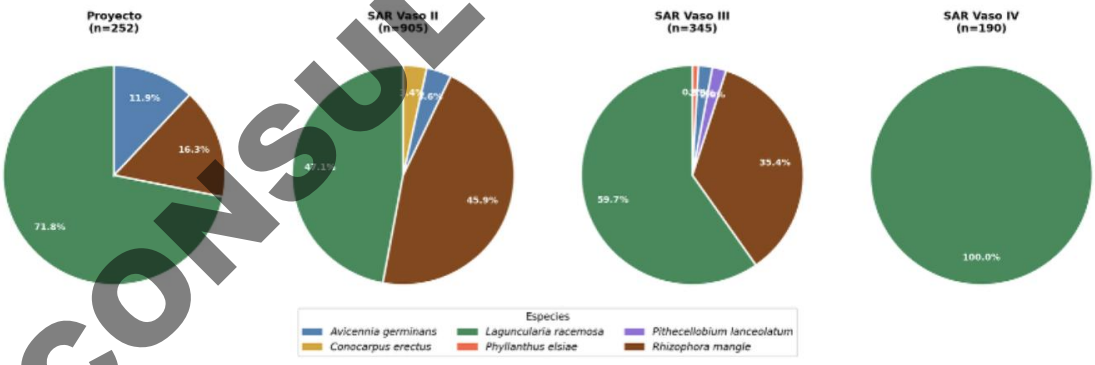


Figura IV.439. Composición específica por zona.

El manglar en el área del Proyecto representa una parte del ecosistema del manglar regional con integridad funcional ALTA (score 14.26/18) pero **ligeramente inferior al promedio del SAR (15.65/18)**. Los manglares regionales de referencia (especialmente Vasos III y IV) tienen mayor conservación o mejor estructura. Esto significa que, aunque el proyecto afectaría un manglar funcional, no representa la mejor porción del ecosistema regional, y su afectación se produciría sobre una zona con condiciones relativamente subóptimas comparada con el resto del SAR.

CONSULTA PÚBLICA

Impacto directo del proyecto

El proyecto prevé afectar **21.87 ha del polígono del Proyecto**, con los siguientes parámetros estimados con base en los sitios de muestreo.

Tabla IV.119. Cuantificación directa del impacto por afectación de 21.87 ha.

Parámetro	Valor	Método
Superficie afectada	21.87 ha	Dato del proyecto
Individuos arbóreos afectados (extrapolación)	≈ 29,000 individuos	1,326 ind/ha × 21.87 ha
Área basal afectada (extrapolación)	≈ 540 m²	24.7 m²/ha × 21.87 ha
Plántulas/juveniles afectados (extrapolación)	≈ 94,041 plántulas/juveniles	4,300 ind/ha × 21.87 ha
Tallos totales afectados (T + B)	≈ 42,920 tallos	1.48 tallos/ind × 28,400

T+B= troncos más bifurcaciones

La afectación de 21.87 ha tiene magnitudes muy diferentes según la escala de referencia:

Tabla IV.120. Proporción de afectación y evaluación del impacto por escala.

Escala	Área referencia	% afectado	Magnitud	Evaluación impacto
Polígono del Proyecto	21.87 ha	100	Total	ALTO
SAR Vaso II (~246.60 ha)	~246.60 ha	8.87%	Marginal	BAJO
SAR total (1,801.03 ha)	1,801.03 ha	1.21%	Muy baja	MUY BAJO

Este análisis multi-escala es crítico para la evaluación ambiental conforme a NOM-022. La norma exige evaluar el impacto a la escala del **Sistema Ambiental Regional (SAR)**, no solo a la del polígono del proyecto. Bajo este criterio, el impacto es **marginal (< 2%)**, lo que fundamenta técnicamente la viabilidad ambiental siempre que se implementen las medidas compensatorias adecuadas.

Disminución de integridad: balance pre/post-proyecto

La evaluación de la disminución de integridad funcional se sintetiza a continuación comparando el estado pre-proyecto y post-proyecto a las tres escalas espaciales consideradas:

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV.121. Balance de integridad funcional pre/post-proyecto por escala.

Escala	Indicador	Actual Sin proyecto	Con proyecto	Cambio
Polígono del Proyecto	Superficie manglar	21.87 ha	0.08 ha	-99.6%
	No. individuos arbóreos	≈28,500	≈0	-100%
	Score integridad promedio	14.3 / 18	— (sin manglar)	total
	No. especies	3	0	-3 (todas)
SAR Vaso II	Superficie manglar (ha)	≈246.60	≈224.73	-8.87%
	Densidad (ind./ha)	1,926	≈1,939 Valor estadístico	+0.7%
	No. especies	4	4	Sin cambio
SAR total	Superficie manglar (ha)	1,801.30	1,779.43	-1.21%
	No. especies	6	6	Sin cambio
	Conectividad ecosistémica	Alta	Media-alta sin medidas Alta con medidas	Potencialmente comprometida

De la tabla anterior se puede interpretar lo siguiente: (1) una pérdida total a escala del polígono (Lógico), consistente con la naturaleza del proyecto; (2) una afectación menor a escala del SAR Vaso II (< 10%), dentro del margen asumible para proyectos que cumplan con medidas compensatorias; y (3) una afectación muy baja a escala del SAR total (< 1.2%). Es importante notar que la densidad ponderada del SAR V-II podría incluso aumentar ligeramente post-afectación (de 1,926 a ~1,939 ind/ha), porque estadísticamente los sitios del área del Proyecto tienen densidad inferior al promedio regional del V-II.

Comparación del SAR con manglares regionales de referencia

Tabla IV.122. Comparación regional con referencias del Pacífico mexicano.

Sitio	Densidad (ind/ha)	AB (m²/ha)	H (m)
Proyecto Cuyutlán (Vaso II)	1,326	24.70	6.70
SAR Cuyutlán Vaso II (este estudio)	1,926	21.10	8
SAR Cuyutlán Vaso III	1,438	34.40	7.80
SAR Cuyutlán Vaso IV	2,714	42.30	8.50
Laguna Agua Brava, Nay.	2,400	34.20	11.50
Marismas Nacionales, Nay.	3,200	22.80	9.20
Laguna Mitla, Gro.	1,850	18.40	7.10
La Encrucijada, Chis.	3,500	42	15
Umbral funcional (Cintrón 1983)	1,000	10	4

CONSULTA PÚBLICA

Los parámetros del Proyecto y del SAR se ubican dentro del rango de los manglares del Pacífico Central como ecosistemas de tipo chaparro a bajo. Ambos superan con holgura los umbrales funcionales mínimos de Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983). La densidad del Proyecto (1,326 ind/ha) es inferior al promedio regional, pero 33% por encima del umbral mínimo; el AB (24.7 m²/ha) es 2.5 veces el umbral; y la altura (6.7 m) está 1.7 veces por encima del umbral. Por lo tanto, el ecosistema califica inequívocamente como manglar funcional sujeto a protección por NOM-022. Los tres vasos del SAR y el polígono del Proyecto se ubican dentro del rango de los manglares del Pacífico mexicano. El SAR Vaso IV (42.3 m²/ha) rivaliza con los manglares mejor desarrollados de Chiapas (La Encrucijada, 42.0 m²/ha). Todas las zonas superan ampliamente los umbrales funcionales mínimos.

Fig. 5. Comparación de la estructura del manglar de Vaso II con sitios de referencia del Pacífico mexicano

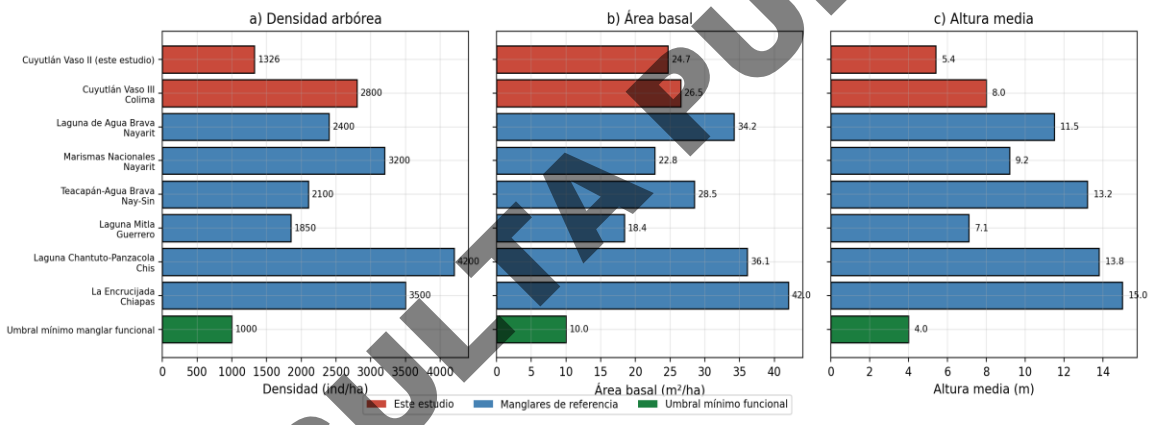


Figura IV.440. Comparación con manglares regionales de referencia.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13 Fauna

Se presentan primero los resultados de la revisión de registros de presencia de especies y subespecies de invertebrados y vertebrados incluidos en la base del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB-CONABIO) para todo Colima. Mediante el programa ArcMap10 se extrajeron los registros que cayeron dentro de los polígonos definidos para el SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto. Posteriormente se presentará el listado de especies y subespecies potenciales de vertebrados para el SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto. Este listado potencial de vertebrados incluirá el endemismo, estacionalidad, categorías de riesgo o protección, tipo de ambiente, especies indicadoras y nivel de prioridad con base a la revisión a las fuentes consultadas mencionadas en el Capítulo VIII para este fin y que permitió la revisión, actualización taxonómica y consistencia jerárquica de la información de la base de datos del SNIB así como las especies registradas en campo (previas y recientes; en la base de datos del SNIB se reporta el nivel de prioridad de las especies, mientras que las especies indicadoras se identificaron de acuerdo a las fuentes mencionadas dentro de ese apartado en el Capítulo VIII.

IV.3.13.1 Listado potencial de especies en las tres zonas evaluadas

La base de datos del SNIB para el estado de Colima (Tabla IV. 123) incluye 234,980 registros de invertebrados (39,101) y de vertebrados (14,328). Estos registros representan a 4,955 especies y subespecies de invertebrados (3,770) y vertebrados (1,185), entre las que se encuentran 251 especies y subespecies en la NOM059-2010 de invertebrados (12) y vertebrados (239), 358 endémicas (142 y 216 respectivamente), 177 en algún apéndice del CITES (22 y 155) y 114 prioritarias en el IUCN (20 y 94).

Tabla IV. 123. Listado potencial de especies en el estado de Colima según los datos del SNIB.

Grupo	Especies y subespecies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	54	18	33	2	1	4	1993
Reptiles	186	81	86	11	22	21	4946
Aves	703	104	55	48	105	52	174612
Mamíferos	242	36	42	11	27	17	14328
Invertebrados	3770	12	142	5	22	20	39101
TOTAL	4955	251	358	77	177	114	234980

La información de las especies y subespecies de invertebrados y vertebrados registradas para el SAR acorde con el SNIB puede consultarse en los Anexos IV.1 y IV.2 respectivamente. De acuerdo con el SNIB dentro del SAR (Tabla IV. 124) se ubica el 22.3% de los registros existentes en el SNIB para Colima, es decir 52,294 registros de invertebrados (10,651) y de vertebrados (41,643). Estos registros representan a 2,714 especies y subespecies de invertebrados (2,109) y vertebrados (605); que incluyen 120 especies en la NOM059-2010 de invertebrados (9) y vertebrados (111), 123 endémicas (23 y 100 respectivamente), 99 en algún apéndice del CITES (19 y 80) y 53 prioritarias en el IUCN (12 y 41).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 124. Registros de especies y subespecies encontrados en el SNIB con ocurrencia en el SAR incluyendo su estado de conservación

Grupo	Especies y subespecies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	18	4	10	0	1	1	167
Reptiles	92	40	43	7	15	6	1316
Aves	398	55	25	34	54	30	38768
Mamíferos	97	12	22	4	10	4	1392
Invertebrados	2109	9	23	4	19	12	10651
TOTAL	2714	120	123	49	99	53	52294

En la base de datos del SNIB, los registros dentro del Área de Influencia (Tabla IV. 125**)** representan el 19.7% de los registros existentes para el SAR, es decir 10,326 registros de invertebrados (1,765) y de vertebrados (41,643). Estos registros representan a 1,040 especies y subespecies de invertebrados (601) y vertebrados (439); que incluyen 73 especies en la NOM059-2010 de invertebrados (6) y vertebrados (66), 68 endémicas (6 y 62 respectivamente), 66 en algún apéndice del CITES (5 y 61) y 33 prioritarias en el IUCN (4 y 29).

Tabla IV. 125. Registros de especies encontrados en el SNIB con ocurrencia en el Área de Influencia incluyendo su estado de conservación

Grupo	Especies y subespecies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	7	0	3	0	1	0	26
Reptiles	54	22	25	6	10	4	345
Aves	323	42	21	25	45	24	7915
Mamíferos	55	3	13	1	5	1	275
Invertebrados	601	6	6	3	5	4	1765
TOTAL	1040	73	68	35	66	33	10326

Dentro del Área del Proyecto (Tabla IV. 126) y de acuerdo con el SNIB se encontraron 813 registros de especies y subespecies de invertebrados (5) y vertebrados (808) que equivalen al 1.6% de los registros existentes en el SNIB para el SAR y el 7.8% para el Área de Influencia. Estos registros representan a 164 especies y subespecies de invertebrados (3) y vertebrados (161). Dentro del proyecto no hay registros de especies de invertebrados endémicos o dentro de alguna categoría de riesgo o protección. Entre las especies de vertebrados registradas por el SNIB y ubicadas dentro del Área del Proyecto se incluyen 12 en la NOM059-2010, 15 endémicas, 12 en el CITES y 15 en el IUCN.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 126. Registros y especies y subespecies encontrados en el SNIB con ocurrencia en el Área de Proyecto incluyendo su estado de conservación

Grupo	Especies y subespecie	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	1	0	0	0	0	0	1
Reptiles	2	0	1	0	0	0	2
Aves	157	12	14	14	12	15	804
Mamíferos	1	0	0	0	0	0	1
Invertebrados	3	0	0	0	0	0	5
TOTAL	164	12	15	14	12	15	813

Los registros de invertebrados en el SNIB incluyen dentro del SAR a 47 especies que son endémicas y/o consideradas dentro de alguna categoría de riesgo y protección, Estas especies incluyen 25 artrópodos, 15 cnidarios, 1 equinodermo y 6 moluscos; 9 de ellas están presentes en el Área de Influencia, mientras que dentro del Área del Proyecto no se encontró ninguna especie o subespecie endémica o con categoría de riesgo y protección (Tabla IV. 127).

Tabla IV. 127. Especies de invertebrados endémicas y/o consideradas dentro de alguna categoría de riesgo y protección reportadas en el SNIB ubicadas dentro del SAR y Área de Influencia incluyendo su estado de conservación

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	SAR	Influencia	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN
Arthropoda	Arachnida	Scorpiones	Buthidae	*Centruroides elegans*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Arachnida	Scorpiones	Buthidae	*Centruroides limpidus*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Arachnida	Scorpiones	Buthidae	*Centruroides tecomanus*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Arachnida	Scorpiones	Vaejovidae	*Thorellius intrepidus*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Diplopoda	Polydesmida	Paradoxosomatidae	*Asiomorpha coarctata*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Diplopoda	Spirobolida	Rhinocricidae	*Eurhinocricus storkani*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Lampyridae	*Photinus bucaro*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Lampyridae	*Photinus chamelensis*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	*Cotinis (Cotinis) pauperula*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	*Golofa (Mixigenus) pusilla*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	*Megasoma occidentalis*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae	*Bothrotes cristatus*	SAR		Endémica			

CONSULTA PÚBLICA

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	SAR	Influencia	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	*Novomessor ensifer*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	*Pseudomyrmex veneficus*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Erebidae	*Hyalurga chtonophyle*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Hesperiidae	*Staphylus tierra*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Lycaenidae	*Ipidecla miadora*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	*Danaus plexippus*	SAR	Influencia		Pr		
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	*Danaus plexippus plexippus*	SAR			Pr		VU
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	*Phyciodes pallescens*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Nymphalidae	*Taygetis uncinata*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Papilionidae	*Battus eracon*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Lepidoptera	Saturniidae	*Citheronia beledonon*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Insecta	Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus bidenticulatus*	SAR		Endémica			
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Cambaridae	*Cambarellus chapalanus*	SAR					NT
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Agariciidae	*Pavona clavus*	SAR				II	
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Agariciidae	*Pavona duerdeni*	SAR				II	EN
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Agariciidae	*Pavona gigantea*	SAR				II	NT
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Fungiidae	*Cycloseris curvata*	SAR				II	
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora capitata*	SAR	Influencia				EN
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora damicornis*	SAR	Influencia				EN
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora elegans*	SAR					EN
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora eydouxi*	SAR					NT
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora inflata*	SAR			A		
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora meandrina*	SAR					EN
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Pocillopora verrucosa*	SAR	Influencia				EN
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Pocilloporidae	*Porites lobata*	SAR				II	
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Poritidae	*Porites panamensis*	SAR					NT
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Rhizangiidae	*Astrangia dentata*	SAR				II	
Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Rhizangiidae	*Oulangia bradleyi*	SAR				II	
Echinodermata	Holothuroidea	Synallactida	Stichopodidae	*Isostichopus fuscus*	SAR	Influencia		A	II	EN

CONSULTA PÚBLICA

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie	SAR	Influencia	Endemismo	NOM 059	CITES	IUCN
Mollusca	Bivalvia	Pectinida	Spondylidae	*Spondylus limbatus*	SAR	Influencia		Pr		
Mollusca	Bivalvia	Pteriida	Pteriidae	*Pinctada mazatlanica*	SAR	Influencia		Pr		
Mollusca	Bivalvia	Venerida	Veneridae	*Chionista fluctifraga*	SAR		Endémica			
Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Calyptraeidae	*Crucibulum scutellatum*	SAR	Influencia		Pr		
Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Muricidae	*Plicopurpura columellaris*	SAR	Influencia		Pr		
Mollusca	Gastropoda	Patellida	Patellidae	*Scutellastra mexicana*	SAR			Pr		

Categorías NOM059-2010, A = Amenazada, Pr = Protección especial; Categorías IUCN, EN = En peligro, NT = Casi amenazadas

Información revisada, actualización del SNIB y otras fuentes consultadas para las especies de vertebrados en el SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto.

IV.3.13.2 Listado potencial de especies de vertebrados en el SAR y su estado de conservación

A partir de la revisión de la base de datos del SNIB, la literatura, fuentes consultadas y las especies registradas en campo durante los muestreos mensuales recientes (enero a marzo 2026) junto con los realizados previamente entre 2019 y 2025 se determinó que en el SAR puede registrarse por lo menos un total de 629 especies de vertebrados; 83 subespecies incluidas (Anexo IV.3). Estas especies representan 4 clases, 40 órdenes y 126 familias (Tabla IV. 128); las aves presentan el mayor número de categorías supraespecificas y contribuyen con el 67% de las especies en el SAR, seguidas por los mamíferos (16%), reptiles (15%) y anfibios (3%). El endemismo es mayor en anfibios y reptiles (con el 55% y 53% de las especies respectivamente) que en mamíferos (18%) y aves (8%), mientras que el nivel de riesgo es mayor en reptiles (42%) que en anfibios (25%), aves (14%) y mamíferos (13%). El porcentaje de especies protegidas e incluidas en la clasificación del CITES y IUCN es para los anfibios 5% y 5% respectivamente, para los reptiles es 16% y 7%, para las aves 14% y 8% y para los mamíferos del 11% y 5%. Entre las aves, el 43% de las especies (180 spp) están incluidas dentro de una categoría de migración.

Tabla IV. 128. Especies de potencial ocurrencia y/o confirmadas dentro del SAR incluyendo su estado de conservación.

Clase	Orden	Familia	Especies	Subespecies	Endémicas	NOM059	CITES	IUCN
Amphibia	1	8	20	0	11	5	1	1
Reptilia	3	26	92	13	49	39	15	6
Aves	27	65	415	47	33	56	56	31
Mammalia	9	27	104	23	19	13	11	5
Vertebrata	40	126	631	83	112	113	83	43

CONSULTA PÚBLICA

La Tabla IV. 129 enlista las 113 especies de vertebrados presentes en el SAR y que se encuentran dentro de una categoría de riesgo dentro de la NOM059-SEMANART-2010. Entre las 12 especies consideradas en peligro de extinción se encuentran las tres especies de tortugas marinas (*Chelonia mydas*, *Dermochelys coraicea* y *Lepidochelys olivácea*) el ocelote (*Felis pardalis*) y algunas aves como el águila solitaria (*Buteogallus solitarius*), la guacamaya verde (*Ara militaris*) y el loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*). Entre las 28 determinadas como amenazadas a reptiles el garrobo (*Ctenosaura pectinata*), el yaguarundí (*Herpailurus yagouaroundi*) y el tecolote colimense (*Glaucidium palmarum*). Resaltar que en el SAR existe al menos 6 especies de cetáceos y 1 de cocodrilo, todos considerados sujetos a protección especial; existen 74 especies dentro de esta categoría e incluyen 5 anfibios, 30 reptiles, 31 aves y 8 mamíferos (Tabla IV. 129).

Tabla IV. 129. Especies de vertebrados presentes en SAR y que aparecen en alguna categoría de riesgo (NOM059-SEMARNAT-2010); (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR.

Clase	Especie	Nombre Común	NOM059
Amphibia	*Eleutherodactylus modestus*	Rana Chilladora de Dedos	Sujeta a protección especial (Pr)
Amphibia	*Exerodonta smaragdina**	Rana Arborícola	Sujeta a protección especial (Pr)
Amphibia	*Hypopachus ustus*	Sapo Boca Angosta Huasteco	Sujeta a protección especial (Pr)
Amphibia	*Lithobates forreri*	Rana Leopardo de Forrer	Sujeta a protección especial (Pr)
Amphibia	*Lithobates megapoda*	Rana Leopardo Patas Grandes	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Buteo albonotatus*	Aguililla Aura	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Buteo platypterus*	Agulilla Alas Anchas	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla Negra Menor	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Buteogallus solitarius**	Águila solitaria	En peligro de extinción (P)
Aves	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla Negra Mayor	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Chondrohierax uncinatus*	Gavilán Pico de Gancho	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Geranoaetus albicaudatus*	Aguililla Cola Blanca	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Geranospiza caerulescens*	Gavilán Zancón	Amenazada (A)
Aves	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla Rojinegra	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Rostrhamus sociabilis*	Gavilán Caracolero	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Anas diazi*	Pato Mexicano	Amenazada (A)
Aves	*Cairina moschata*	Pato Real	En peligro de extinción (P)
Aves	*Nyctibius grandis**	Nictibio grande	Amenazada (A)
Aves	*Anarhynchus nivosus*	Chorlo Nevado	Amenazada (A)
Aves	*Larus heermanni*	Gaviota Plomiza	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Larus livens*	Gaviota Bajacaliforniana	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Sternula antillarum*	Charrán Mínimo	Sujeta a protección especial (Pr)

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común	NOM059
Aves	*Thalasseus elegans*	Charrán Elegante	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Calidris mauri*	Playero Occidental	Amenazada (A)
Aves	*Limosa fedoa*	Picopando Canelo	Amenazada (A)
Aves	*Mycteria americana*	Cigüeña Americana	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Micrastur semitorquatus*	Halcón Selvático de Collar	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Aramus guarauna*	Carrao	Amenazada (A)
Aves	*Aramides axillaris**	Gallineta de color rojizo	Amenazada (A)
Aves	*Rallus tenuirostris*	Rascón Azteca	En peligro de extinción (P)
Aves	*Passerina ciris*	Colorín Sietecolores	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Geothlypis tolmiei*	Chipe Lores Negros	Amenazada (A)
Aves	*Geothlypis tolmiei tolmiei*	Chipe Lores Negros	Amenazada (A)
Aves	*Ramphotrigon flammulatum*	Papamoscas Mexicano	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Botaurus exilis*	Avetoro Norteño	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Botaurus lentiginosus*	Avetoro Norteño	Amenazada (A)
Aves	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza	En peligro de extinción (P)
Aves	*Tigrisoma mexicanum*	Garza Tigre Mexicana	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano Californiano	Amenazada (A)
Aves	*Phaethon aethereus*	Rabijunco Pico Rojo	Amenazada (A)
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Picoplata	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor Menor	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Hydrobates melania*	Paíño Negro	Amenazada (A)
Aves	*Ardenna creatopus*	Pardela Patas Rosadas	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Ardenna pacifica*	Pardela Cola Cuña	Amenazada (A)
Aves	*Puffinus opisthomelas*	Pardela Mexicana	En peligro de extinción (P)
Aves	*Amazona finschi*	Loro Corona Lila	En peligro de extinción (P)
Aves	*Amazona oratrix*	Loro Cabeza Amarilla	En peligro de extinción (P)
Aves	*Ara militaris*	Guacamaya Verde	En peligro de extinción (P)
Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico Frente Naranja	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico Frente Naranja	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Forpus cyanopygius*	Periquito Catarino	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Glaucidium palmarum*	Tecolote Colimense	Amenazada (A)
Aves	*Sula nebouxii*	Bobo Patas Azules	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Sula sula*	Bobo Patas Rojas	Amenazada (A)
Aves	*Crypturellus cinnamomeus**	Tinamú canelo	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí	Amenazada (A)
Mammali	*Leopardus pardalis*	Ocelote	En peligro de extinción (P)
Mammali	*Spilogale pygmaea**	Zorrllo Pigmeo	Amenazada (A)

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común	NOM059
Mammali	*Megaptera novaeangliae*	Ballena Jorobada	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Stenella attenuata*	Delfín Manchado Pantropical	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Stenella attenuata graffmani*	Delfín Manchado Costero	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Stenella longirostris*	Delfín Tornillo	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Stenella longirostris*	Delfín Tornillo	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Kogia breviceps*	Cachalote Pigmeo	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Tursiops truncatus**	Delfin Común	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Leptonycteris nivalis*	Murciélago Magueyero Mayor	Amenazada (A)
Mammali	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago Magueyero Menor	Sujeta a protección especial (Pr)
Mammali	*Xenomys nelsoni*	Rata Arborícola de Nelson	Amenazada (A)
Reptilia	*Crocodylus acutus*	Cocodrilo de Rio	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Barisia imbricata*	Lagarto Alicante de las	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Anolis nebuloides*	Anolis oaxaqueño	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Boa sigma*	Boa	Amenazada (A)
Reptilia	*Geagras redimitus*	Culebra Minera de Tehuantepec	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Lampropeltis polyzona*	Falsa Coralillo Real Occidental	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Leptophis diplotropis*	Culebra Verde	Amenazada (A)
Reptilia	*Salvadora mexicana*	Chirrionera	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Symphimus leucostomus**	Culebra labios blancos de	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Tantilla calamarina*	Culebra cienpiés del pacífico	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Dipsas gaigeae*	Falso Coralillo	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Hypsiglena torquata*	Culebra Nocturna	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Imantodes gemmistratus*	Cordelillo	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Leptodeira maculata*	Culebra	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Leptodeira septentrionalis*	Culebra Ojo de Gato Norteña	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Leptodeira uribei*	Culebra Ojo de Gato Falsa del	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Pseudoleptodeira latifasciata*	Culebra	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Rhadinaea hesperia*	Culebra	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Rhadinaea taeniata*	Culebra	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Micrurus distans distans*	Coralillo	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Heloderma horridum*	Escropión	Amenazada (A)
Reptilia	*Ctenosaura pectinata*	Garrobo	Amenazada (A)
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana Negra Cola Espinosa	Amenazada (A)
Reptilia	*Iguana rhinolopha*	Iguana Verde	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Loxocemus bicolor*	Boa	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Sceloporus grammicus*	Lagartija Espinosa de Mezquite	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Phyllodactylus davisi*	Gecko de Colima	Amenazada (A)
Reptilia	*Aspidoscelis communis*	Cuije de Cola Roja	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Aspidoscelis communis communis*	Cuije de Cola Roja	Sujeta a protección especial (Pr)

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común	NOM059
Reptilia	*Aspidoscelis costatus*	Huico Llanero	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus*	Cuije de Cola Azul	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus*	Cuije de Cola Azul	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus*	Cuije de Cola Azul	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Agkistrodon bilineatus*	Zolcuate o Gamarrilla	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Crotalus basiliscus*	Vibora de Cascabel	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptilia	*Chelonia mydas*	Tortuga Verde	En peligro de extinción (P)
Reptilia	*Lepidochelys olivacea*	Golfina	En peligro de extinción (P)
Reptilia	*Dermochelys coriacea*	Carey	En peligro de extinción (P)
Reptilia	*Kinosternon integrum*	Tortuga Pecho Quebrado	Sujeta a protección especial (Pr)

En el SAR aparecen 116 especies de vertebrados (Tabla IV. 130) que se encuentran en las categorías de protección del IUCN (43 especies) o CITES (83), la gran mayoría son aves (81 o 70% de las 117) seguida de reptiles (14.5%), mamíferos (13.7%) y anfibios (1.8%).

Tabla IV. 130. Especies de vertebrados presentes en SAR y que aparecen en algunas de las categorías de riesgo del IUCN o CITES); (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR.

Clase	Especie	Nombre Común	IUCN	CITES
Amphibia	*Agalychnis dacnicolor*	Rana Verde		Apéndice II
Amphibia	*Lithobates megapoda*	Rana Leopardo Patas Grandes	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper		Apéndice II
Aves	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela		Apéndice II
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo		Apéndice II
Aves	*Amazona finschi*	Loro Corona Lila	En peligro (EN)	Apéndice I
Aves	*Amazona oratrix*	Loro Cabeza Amarilla	En peligro (EN)	Apéndice I
Aves	*Anarhynchus nivosus*	Chorlo Nevado	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Ara militaris*	Guacamaya Verde	Vulnerable (VU)	Apéndice I
Aves	*Archilochus alexandri*	Colibrí Barba Negra		Apéndice II
Aves	*Archilochus colubris*	Colibrí Garganta Rubí		Apéndice II
Aves	*Ardenna creatopus*	Pardela Patas Rosadas	Vulnerable (VU)	
Aves	*Ardenna grisea*	Pardela Gris	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Arenaria interpres*	Vuelvepiedras Rojizo	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Athene cunicularia*	Tecolote Llanero		Apéndice II
Aves	*Basilinna leucotis*	Colibrí Orejas Blancas		Apéndice II
Aves	*Bubo virginianus**	Lechuza		Apéndice II
Aves	*Buteo albonotatus*	Aguililla Aura		Apéndice II
Aves	*Buteo brachyurus*	Aguililla Cola Corta		Apéndice II

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común	IUCN	CITES
Aves	*Buteo jamaicensis*	Aguililla Cola Roja		Apéndice II
Aves	*Buteo plagiatus*	Aguililla Gris		Apéndice II
Aves	*Buteo platypterus*	Agulilla Alas Anchas		Apéndice II
Aves	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson		Apéndice II
Aves	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla Negra Menor		Apéndice II
Aves	*Buteogallus solitarius**	Águila solitaria	Casi amenazado (NT)	Apéndice II
Aves	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla Negra Mayor		Apéndice II
Aves	*Calidris alpina*	Playero Dorso Rojo	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Calidris canutus*	Playero Rojo	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Calidris himantopus*	Playero Zancón	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Calidris pusilla*	Playero Semipalmeado	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Caracara plancus cheriway*	Caracara Quebrantahuesos Centroamericano		Apéndice II
Aves	*Charadrius vociferus*	Chorlo Tildío	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Chondrohierax uncinatus*	Gavilán Pico de Gancho		Apéndice II
Aves	*Circus hudsonius*	Gavilán Rastrero		Apéndice II
Aves	*Cynanthus auriceps*	Esmeralda Occidental		Apéndice II
Aves	*Cynanthus canivetii*	Esmeralda Tijereta		Apéndice II
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí Pico Ancho		Apéndice II
Aves	*Cypseloides niger**	Vencejo negro	Vulnerable (VU)	
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas		Apéndice III
Aves	*Dendrocygna autumnalis fulgens*	Pijije Alas Blancas		Apéndice III
Aves	*Dendrocygna bicolor*	Pijije Canelo		Apéndice III
Aves	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Elanus leucurus*	Milano Cola Blanca		Apéndice II
Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico Frente Naranja	Vulnerable (VU)	Apéndice II
Aves	*Eupsittula canicularis eburnirostrum*	Perico Frente Naranja	Vulnerable (VU)	
Aves	*Eupsittula canicularis eburnirostrum*	Perico Frente Naranja		Apéndice II
Aves	*Falco columbarius*	Halcón Esmerejón		Apéndice II
Aves	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino		Apéndice I
Aves	*Falco rufigularis*	Halcón Murcielaguero		Apéndice II
Aves	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano		Apéndice II
Aves	*Falco sparverius sparverius*	Cernícalo Americano		Apéndice II

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común	IUCN	CITES
Aves	*Forpus cyanopygius*	Periquito Catarino	Casi amenazado (NT)	Apéndice II
Aves	*Geranoaetus albicaudatus*	Aguililla Cola Blanca		Apéndice II
Aves	*Geranospiza caerulescens*	Gavilán Zancón		Apéndice II
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote Bajeño		Apéndice II
Aves	*Glaucidium palmarum*	Tecolote Colimense		Apéndice II
Aves	*Heliomaster constantii*	Colibrí Picudo Occidental		Apéndice II
Aves	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón Guaco		Apéndice II
Aves	*Lampornis clemenciae**	Colibrí gorgiazul		Apéndice II
Aves	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Larus heermanni*	Gaviota Plomiza	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Limnodromus griseus*	Costurero Pico Corto	Vulnerable (VU)	
Aves	*Limnodromus scolopaceus*	Costurero Pico Largo	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Limosa fedoa*	Picopando Canelo	Vulnerable (VU)	
Aves	*Micrastur semitorquatus*	Halcón Selvático de Collar		Apéndice II
Aves	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora		Apéndice II
Aves	*Pandion haliaetus carolinensis*	Águila Pescadora Norteamericana		Apéndice II
Aves	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla Rojinegra		Apéndice II
Aves	*Pluvialis squatarola*	Chorlo Gris	Vulnerable (VU)	
Aves	*Puffinus opisthomelas*	Pardela Mexicana	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Rallus obsoletus*	Rascón Costero Del Pacífico	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Rallus tenuirostris*	Rascón Azteca	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Ramosomyia violiceps*	Colibrí Corona Violeta		Apéndice II
Aves	*Rostrhamus sociabilis*	Gavilán Caracolero		Apéndice II
Aves	*Rupornis magnirostris*	Aguililla Caminera		Apéndice II
Aves	*Saucerottia beryllina*	Colibrí Berilo		Apéndice II
Aves	*Strix virgata*	Búho Café		Apéndice II
Aves	*Strix virgata squamulata*	Búho Café		Apéndice II
Aves	*Thalasseus elegans*	Charrán Elegante	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Tringa flavipes*	Patamarilla Menor	Vulnerable (VU)	
Aves	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla Mayor	Casi amenazado (NT)	
Aves	*Tyto furcata*	Lechuza De Campanario		Apéndice II
Mammalia	*Dicotyles angulatus*	Pecarí de Collar Norteño		Apéndice II
Mammalia	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí		Apéndice I
Mammalia	*Kogia breviceps*	Cachalote Pigmeo		Apéndice II
Mammalia	*Leopardus pardalis*	Ocelote		Apéndice I
Mammalia	*Leptonycteris nivalis*	Murciélago Magueyero Mayor	En peligro (EN)	
Mammalia	*Leptonycteris yerbabuenae*	Murciélago Magueyero Menor	Casi amenazado (NT)	

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común	IUCN	CITES
Mammalia	*Megaptera novaeangliae*	Ballena Jorobada		Apéndice I
Mammalia	*Nasua narica*	Coatí		Apéndice III
Mammalia	*Sigmodon alleni*	Rata Algodonera de Allen	Vulnerable (VU)	
Mammalia	*Spilogale pygmaea**	Zorrllo Pigmeo	Vulnerable (VU)	
Mammalia	*Stenella attenuata*	Delfín Manchado Pantropical		Apéndice II
Mammalia	*Stenella attenuata graffmani*	Delfín Manchado Costero		Apendice II
Mammalia	*Stenella longirostris*	Delfín Tornillo		Apéndice II
Mammalia	*Stenella longirostris centroamericana*	Delfín Tornillo		Apéndice II
Mammalia	*Tursiops truncatus**	Delfín Común		Apéndice II
Mammalia	*Xenomys nelsoni*	Rata Arborícola de Nelson	En peligro (EN)	
Reptilia	*Agkistrodon bilineatus*	Zolcúate o Gamarrilla	Casi amenazado (NT)	
Reptilia	*Boa sigma*	Boa		Apéndice II
Reptilia	*Chelonia mydas*	Tortuga Verde	Vulnerable (VU)	Apéndice I
Reptilia	*Crocodylus acutus*	Cocodrilo de Rio	Vulnerable (VU)	Apéndice II
Reptilia	*Ctenosaura pectinata*	Garrobo		Apéndice II
Reptilia	*Ctenosaura similis*	Iguana Negra Cola Espinosa		Apéndice II
Reptilia	*Dermochelys coriacea*	Carey	En peligro crítico (CR)	
Reptilia	*Dermochelys coriacea*	Carey		Apéndice II
Reptilia	*Heloderma horridum*	Escorpión		Apéndice II
Reptilia	*Iguana rhinolopha*	Iguana Verde		Apéndice II
Reptilia	*Kinosternon chimalhuaca*	Tortuga Casquito de Jalisco		Apéndice II
Reptilia	*Kinosternon integrum*	Tortuga Pecho Quebrado Mexicana		Apéndice II
Reptilia	*Lampropeltis polyzona*	Falsa Coralillo Real Occidental		Apéndice II
Reptilia	*Lepidochelys olivacea*	Golfina	Vulnerable (VU)	Apéndice I
Reptilia	*Loxocemus bicolor*	Boa		Apéndice II
Reptilia	*Rhinoclemmys pulcherrima rogerbarbouri*	Tortuga Casco Rojo		Apéndice II
Reptilia	*Rhinoclemmys rubida perixantha*	Tortuga de Monte Payaso Occidental	Casi amenazado (NT)	Apéndice II

CONSULTA PÚBLICA

En el SAR aparecen 112 especies de vertebrados endémicos (Tabla IV. 131) la gran mayoría son reptiles (42%), seguida de aves (33%) mamíferos (16%) y anfibios (9%).

Tabla IV. 131. Especies de vertebrados endémicos presentes en SAR; (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR.

Clase	Especie	Nombre Común
Amphibia	*Agalychnis dacnicolor*	Ranita Verduzca
Amphibia	*Craugastor occidentalis*	Rana Ladradora Costeña
Amphibia	*Eleutherodactylus modestus*	Rana Chirriadora Dedos Chatos
Amphibia	*Eleutherodactylus nitidus*	Rana Fisgona Deslumbrante
Amphibia	*Eleutherodactylus orarius*	Rana Mirona Brillante de Colima
Amphibia	*Exerodonta smaragdina**	Ranita de Pastizal
Amphibia	*Incilius marmoreus*	Sapo Jaspeado
Amphibia	*Lithobates forreri*	Rana Leopardo de Forrer
Amphibia	*Lithobates megapoda*	Rana Leopardo Patas Grandes
Amphibia	*Tlalocohyla smithii*	Rana de Árbol Mexicana Enana
Amphibia	*Triprion spatulatus*	Rana Pico de Pato del Pacífico
Aves	*Amazona finschi*	Loro Corona Lila
Aves	*Archilochus alexandri*	Colibrí Barba Negra
Aves	*Campylorhynchus gularis*	Matraca Serrana
Aves	*Campylorhynchus humilis*	Matraca Nuca Canela
Aves	*Catharus occidentalis*	Zorzal Mexicano
Aves	*Cyanocorax sanblasianus*	Chara de San Blas
Aves	*Cynanthus auriceps*	Esmeralda Occidental
Aves	*Empidonax difficilis occidentalis*	Papamoscas Amarillo del Pacífico
Aves	*Euphonia godmani*	Eufonia Garganta Negra Mexicana
Aves	*Forpus cyanopygius*	Periquito Catarino
Aves	*Glaucidium palmarum*	Tecolote Colimense
Aves	*Granatellus venustus*	Granatelo Mexicano
Aves	*Hydrobates melania*	Paíño Negro
Aves	*Melanerpes chrysogenys*	Carpintero Enmascarado
Aves	*Melanotis caerulescens*	Mulato Azul
Aves	*Melozone kieneri*	Rascador Nuca Canela
Aves	*Ortalis poliocephala*	Chachalaca Pálida
Aves	*Passerina leclancherii*	Colorín Pecho Naranja
Aves	*Peucaea humeralis**	Zacatonero Pecho Negro
Aves	*Pheugopedius felix*	Saltapared Feliz
Aves	*Philortyx fasciatus**	Codorniz Barrada
Aves	*Polioptila nigriceps*	Perlita Sinaloense
Aves	*Puffinus opisthomelas*	Pardela Mexicana
Aves	*Rallus tenuirostris*	Rascón Azteca
Aves	*Ramphotrigon flammulatum*	Papamoscas Mexicano
Aves	*Sporophila torqueola*	Semillero Rabadilla Canela
Aves	*Sporophila torqueola torqueola*	Semillero Rabadilla Canela
Aves	*Thryophilus sinaloa*	Saltapared Sinaloense
Aves	*Toxostoma cinereum*	Cuicacoche Bajacaliforniano
Aves	*Trogon citreolus*	Coa Citrina

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común
Aves	*Trogon citreolus citreolus*	Coa Citrina
Aves	*Turdus rufopalliatus*	Mirlo Dorso Canela
Aves	*Vireo hypochryseus*	Vireo Amarillo
Mammalia	*Baiomys musculus*	Ratón Pigmeo Sureño
Mammalia	*Glossophaga morenoi*	Murciélago Lengüetón de Occidente
Mammalia	*Handleyomys melanotis*	Rata Arrocera Orejas Negras
Mammalia	*Hodomys alleni*	Rata Cambalachera
Mammalia	*Molossus sinaloae*	Murciélago Mastín de Sinaloa
Mammalia	*Notocitellus adocetus*	Cuinique
Mammalia	*Notocitellus annulatus*	Ardilla de Tierra de Cola Anillada
Mammalia	*Osgoodomys banderanus*	Rata Arrocera
Mammalia	*Pappogeomys bulleri*	Tuza de Jalisco
Mammalia	*Peromyscus perfulvus**	Ratón Pantanero
Mammalia	*Pteronotus mexicanus*	Murciélago Bigotudo de Parnell
Mammalia	*Rhogeessa parvula*	Murciélago Amarillo Menor
Mammalia	*Sciurus colliaei*	Ardilla Gris del Pacífico
Mammalia	*Sigmodon alleni*	Rata de La Caña del Pacífico
Mammalia	*Sigmodon mascotensis*	Rata de La Caña de Jalisco
Mammalia	*Spilogale pygmaea**	Zorrllo Pigmeo
Mammalia	*Sylvilagus cunicularius*	Conejo de Monte
Mammalia	*Tlacuatzin sinaloae*	Tlacuachín
Mammalia	*Xenomys nelsoni*	Rata de Magdalena
Reptilia	*Anolis nebuloides*	Anolis oaxaqueño
Reptilia	*Anolis nebulosus*	Abaniquillo Pañuelo del Pacífico
Reptilia	*Aspidoscelis communis*	Huico Moteado Gigante de la costa de Jalisco
Reptilia	*Aspidoscelis communis communis*	Huico Moteado Gigante de la costa de Jalisco
Reptilia	*Aspidoscelis costatus*	Huico Llanero
Reptilia	*Aspidoscelis guttatus*	Ticuiliche Mexicano
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus*	Huico de Líneas de Jalisco
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus duodecemlineatus*	Huico de Líneas de Jalisco
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus lineattissimus*	Huico de Líneas de Jalisco
Reptilia	*Aspidoscelis sackii*	Huico Manchado
Reptilia	*Barisia imbricata*	Lagarto Alicante de las Montañas
Reptilia	*Boa sigma*	Mazacuata
Reptilia	*Coleonyx nemoralis*	Geco de Bandas
Reptilia	*Crotalus basiliscus*	Cascabel del Pacífico
Reptilia	*Ctenosaura pectinata*	Iguana Mexicana de Cola Espinosa
Reptilia	*Dipsas gaigeae*	Culebra Caracolera
Reptilia	*Geagras redimitus*	Culebra Minera de Tehuantepec
Reptilia	*Heloderma horridum*	Lagarto de Chaquira
Reptilia	*Holcosus sinister*	Lagartija Arcorirs de Jalisco

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Nombre Común
Reptilia	*Hypsiglena torquata*	Culebra Nocturna
Reptilia	*Kinosternon chimalhuaca*	Tortuga Jalisciense de Pecho Quebrado
Reptilia	*Kinosternon integrum*	Tortuga Pecho Quebrado Mexicana
Reptilia	*Leptodeira uribei*	Culebra Ojo de Gato Falsa del Pacífico
Reptilia	*Leptophis diplotropis*	Culebra Perico del Pacífico
Reptilia	*Manolepis putnami*	Culebra Cabeza Surcada
Reptilia	*Marisora aquilonaria*	Eslizón Occidental
Reptilia	*Masticophis lineatus*	Culebra Chirriadora Sonorense
Reptilia	*Phyllodactylus davisi*	Salamanquesa de Colima
Reptilia	*Phyllodactylus lanei*	Salamanquesa Patas de Res
Reptilia	*Plestiodon brevirostris*	Eslizón Chato
Reptilia	*Plestiodon parvulus**	Eslizón Pigmeo de Occidente
Reptilia	*Pseudoleptodeira latifasciata*	Culebra Ojo de Gato Falsa Cabeza Roja
Reptilia	*Rena dugesii**	Culebra Ciega
Reptilia	*Rhadinaea hesperia*	Culebra Rayada Occidental
Reptilia	*Rhadinaea taeniata*	Culebra Café de Pino Encino
Reptilia	*Rhinoclemmys pulcherrima rogerbarbouri*	Tortuga de Monte Pintada Occidental
Reptilia	*Rhinoclemmys rubida perixantha*	Tortuga de Monte Payaso Occidental
Reptilia	*Salvadora lemniscata*	Culebra Chata Sureña
Reptilia	*Salvadora mexicana*	Culebra Chata del Pacífico
Reptilia	*Sceloporus horridus*	Lagartija Espinosa del Pacífico
Reptilia	*Sceloporus pyrocephalus*	Lagartija Espinosa de Cabeza Roja
Reptilia	*Sceloporus utiformis*	Lagartija Espinosa del Pacífico
Reptilia	*Symphimus leucostomus**	Culebra labios blancos de Tehuantepec
Reptilia	*Tantilla calamarina*	Culebrita Cabeza Negra del Pacífico
Reptilia	*Thamnophis validus*	Culebra Listonada de la Costa Oeste
Reptilia	*Trimorphodon paucimaculatus*	Serpiente Lira Sinaloense
Reptilia	*Trimorphodon tau*	Falsa Nauyaca Mexicana
Reptilia	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de Árbol del Pacífico
Reptilia	*Urosaurus bicarinatus tuberculatus*	Lagartija de Árbol del Pacífico

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.3 Gremios alimenticios

La determinación de la estructura de gremios alimenticios en el componente de la fauna del SAR permite establecer una línea base funcional dentro del ecosistema ya que la proporción de gremios actúa como un bioindicador, por ejemplo, una alta proporción de aves y reptiles carnívoros indica una base de presas (peces e invertebrados) saludable. Además, si el porcentaje por grupo taxonómico dentro de cada gremio (por ejemplo, qué porcentaje de los carnívoros son reptiles vs. mamíferos) revela la redundancia funcional. Si un gremio está dominado por una sola especie o grupo, el sistema es más vulnerable; de esta manera, un sistema con gremios equilibrados tiene mayor capacidad de absorber perturbaciones. El monitoreo de las especies y su gremio alimenticio permite dar seguimiento de la estructura trófica de la fauna y la integridad funcional del ecosistema.

Por último, los gremios están ligados a los servicios ecosistémicos que las especies ofrecen, como dispersoras de semillas, control de plagas, transporte de biomasa y energía, entre otros.

La proporción de especies presentes en el SAR con respecto al tipo de gremios alimenticios es variada e incluye 8 categorías, siendo el de los carnívoros (29.8%), omnívoros (26.9%) e insectívoros (28.7%) los más importantes, y equivalen al 85% de total de especies, mientras que el resto corresponden al 15% (frugívoros, 2.5%; granívoros, 3.3%; hematófago, 0.3%; herbívoros, 5.4% y nectarívoros, 3%).

En términos generales, los anfibios son totalmente insectívoros, mientras que los reptiles son principalmente insectívoros y carnívoros. Las aves son principalmente omnívoras, carnívoras e insectívoras, y los mamíferos con la mayor variedad de gremios, son predominantemente omnívoros, carnívoros, herbívoros e insectívoras (Figura IV. 441.). La información completa de todas las especies puede consultarse en el Anexo IV.3.

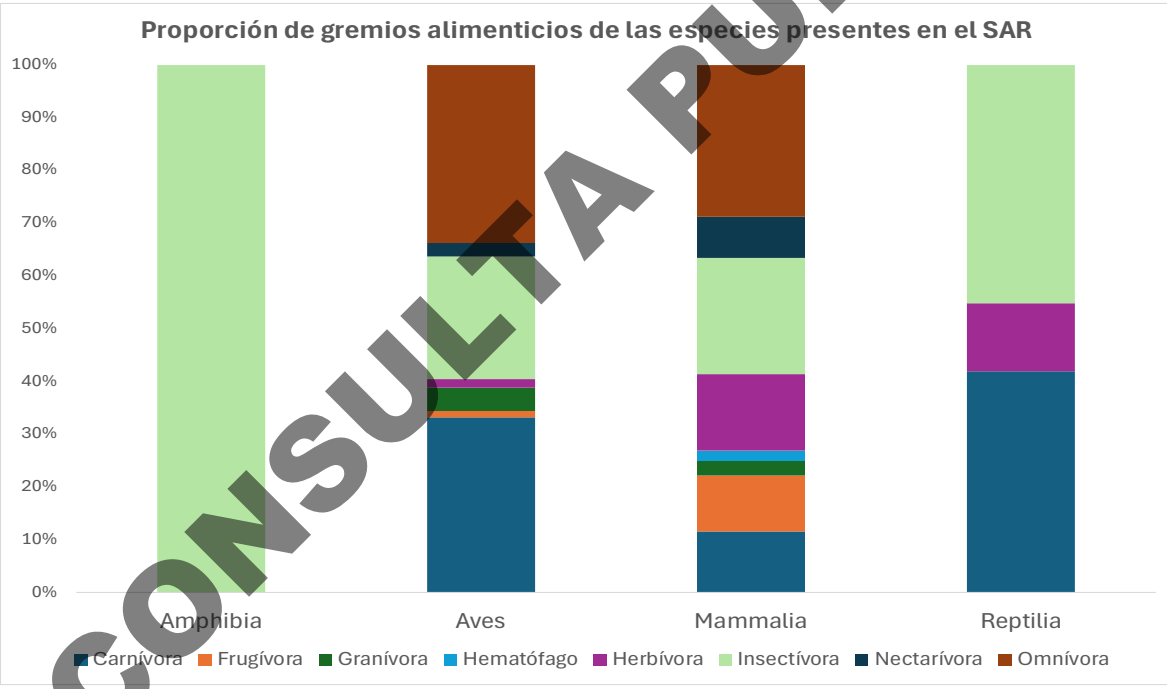


Figura IV. 441. Proporción de las especies presentes en el SAR por gremio alimenticio

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.4 Especies migratorias

De las 415 especies de aves presentes en el SAR (Tabla IV. 132), 235 son residentes (57%) y 180 (43%) están consideradas dentro de alguna categoría migratoria siendo en términos generales. De las 180 especies migratorias, las visitantes de invierno representan el 87%. El estatus migratorio de las especies fue determinado a partir de la página de https://avesmx.conabio.gob.mx/Especies.html, se revisó la categoría asignada para cada especie y se hizo zoom al mapa correspondiente de la especie para distinguir claramente la categoría

dentro del área del SAR y el resto del estado de Colima. En el caso de las especies que aparecen con dos categorías (muy pocas) se debe a que en el SAR la especie presenta ambas.

Tabla IV. 132. Número de especies y porcentaje por categoría migratoria de las especies de aves migratorias dentro del SAR.

Estatus	Total	Porcentaje
Residente (R); Migratoria de invierno (MI)	6	3.3
Migratoria de invierno (MI)	157	87.22
Migratoria de invierno (MI); Migratoria de verano (MV)	1	0.56
Migratoria de invierno (MI); Transitoria (T)	2	1.1
Migratoria de verano (MV)	3	1.7
Transitoria (T)	11	6.11

Existen en el SAR 88 especies de aves migratorias que habitan ambientes acuáticos, ya sea marino, dulceacuícola o salobre por lo que los humedales, estuarios y demás cuerpos de agua son de gran importancia para este grupo de especies (Tabla IV. 133); La presencia del 48% de estas especies ha sido corroborada en campo durante los muestreos previos y actuales aquí reportados. Un 35% de estas especies (31) son estrictamente dulceacuícolas, mientras que 38% (33) habitan en áreas dulceacuícolas-marinas-salobres y el 16% son dulceacuícolas y marinas; el resto (10) son marinas, salobres o utilizan ambientes terrestres y dulceacuícolas.

Tabla IV. 133. Especies de aves migratorias registradas en el SAR y que habitan en ambientes acuáticos; (*) especies sin registros en el SNIB para el SAR.

Especies y subespecies	Nombre Común	Previos	MIA 2026	Estacionalidad	Ambiente
Actitis macularius	Playero Alzacolita	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Anarhynchus nivosus	Chorlo Nevado	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Anarhynchus wilsonia	Chorlo Pico Grueso			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Anas acuta	Pato Golondrino			MI	Dulceacuícola
Anas crecca	Cerceta Alas Verdes			MI	Dulceacuícola
Anthus rubescens	Bisbita Norteamericana			MI	Dulceacuícola
Ardea alba egretta	Garza Blanca Grande	Registrada	Registrada	MI; MV	Dulceacuícola
Arenaria interpres	Vuelvepiedras Rojizo			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Aythya affinis	Pato Boludo Menor			MI	Dulceacuícola
Aythya americana	Pato Cabeza Roja			MI	Dulceacuícola

CONSULTA PÚBLICA

Especies y subespecies	Nombre Común	Previos	MIA 2026	Estacionalidad	Ambiente
Aythya collaris	Pato Pico Anillado			MI	Dulceacuícola
Aythya valisineria	Pato Coacoxtle			MI	Dulceacuícola
Botaurus lentiginosus	Avetoro Norteño			MI	Dulceacuícola
*Branta hutchinsii**	Ganso Candiense Menor	Registrada		MI	Dulceacuícola
Bucephala albeola	Pato Monja			MI	Dulceacuícola
Calidris alba	Playero Blanco			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris alpina	Playero Dorso Rojo			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
*Calidris bairdii**	Playero de Baird	Registrada	Registrada	T	Dulceacuícola
Calidris canutus	Playero Rojo			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris himantopus	Playero Zancón	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris mauri	Playero Occidental	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris melanotos	Playero Pectoral	Registrada		T	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris minutilla	Playero Diminuto	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris pusilla	Playero Semipalmeado			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris virgata	Playero Brincaolas			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Charadrius semipalmatus	Chorlo Semipalmeado	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Chlidonias niger	Charrán Negro	Registrada	Registrada	MI; T	Dulceacuícola-Marino
Chlidonias niger surinamensis	Charrán Negro Americano			MI; T	Marino
Chroicocephalus philadelphia	Gaviota de Bonaparte	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino
Cistothorus palustris	Saltapared Pantanero			MI	Dulceacuícola-Terrestre
Gallinago delicata	Agachona Norteamericana			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Gavia immer	Colimbo Común			MI	Dulceacuícola
Gelochelidon nilotica	Charrán Pico Grueso	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino
Geothlypis trichas	Mascarita Común	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Terrestre
Hydroprogne caspia	Charrán del Caspio	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino
Larus argentatus	Gaviota Plateada			MI	Dulceacuícola-Marino
Larus californicus	Gaviota Californiana			MI	Dulceacuícola-Marino
Larus delawarensis	Gaviota Pico Anillado			MI	Dulceacuícola-Marino
Larus occidentalis	Gaviota Occidental			MI	Dulceacuícola-Marino

CONSULTA PÚBLICA

Especies y subespecies	Nombre Común	Previos	MIA 2026	Estacionalidad	Ambiente
Leucophaeus atricilla	Gaviota Reidora	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino
Leucophaeus pipixcan	Gaviota de Franklin	Registrada		T	Dulceacuícola-Marino
Limnodromus griseus	Costurero Pico Corto	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Limnodromus scolopaceus	Costurero Pico Largo	Registrada		MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Limosa fedoa	Picopando Canelo	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Mareca americana	Pato Chalcuán			MI	Dulceacuícola
Mareca strepera	Pato Friso			MI	Dulceacuícola
Megaceryle alcyon	Martín Pescador Norteño	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola
Mycteria americana	Cigüeña Americana	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola
Nannopterum auritum	Cormorán Orejudo			R; MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Numenius americanus	Zarapito Pico Largo		Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Numenius hudsonicus	Zarapito Trinador Americano			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Numenius phaeopus	Zarapito Trinador	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Nycticorax nycticorax hoactli	Garza Nocturna Corona Negra			R; MI	Dulceacuícola
Pandion haliaetus	Águila Pescadora	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola
Pandion haliaetus carolinensis	Águila Pescadora Norteamericana			MI	Dulceacuícola-Salobre
Parkesia motacilla	Chipe Arroyero	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Terrestre
Parkesia noveboracensis	Chipe Charquero	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Terrestre
Pelecanus erythrorhynchos	Pelícano Blanco Americano	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Salobre
Pelecanus occidentalis californicus	Pelícano Californiano			R; MI	Marino-Salobre
Phalaropus fulicarius	Falaropo Pico Grueso			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Phalaropus lobatus	Falaropo Cuello Rojo			T	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Phalaropus tricolor	Falaropo Pico Largo			T	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Plegadis chihi	Ibis Ojos Rojos	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola
Plegadis falcinellus	Ibis Cara Oscura			R; MI	Dulceacuícola
Pluvialis squatarola	Chorlo Gris			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Podiceps nigricollis	Zambullidor Orejón			MI	Dulceacuícola

CONSULTA PÚBLICA

Especies y subespecies	Nombre Común	Previos	MIA 2026	Estacionalidad	Ambiente
Porzana carolina	Polluela Sora	Registrada		MI	Dulceacuícola
Recurvirostra americana	Avoceta Americana	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola
Riparia riparia	Golondrina Ribereña			MI	Dulceacuícola-Terrestre
Rynchops niger	Rayador Americano	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino
Spatula clypeata	Pato Cucharón Norteño	Registrada		MI	Dulceacuícola
Spatula cyanoptera	Cerceta Canela	Registrada		MI	Dulceacuícola
*Spatula cyanoptera**	Cerceta Canela			MI	Dulceacuícola-Terrestre
Spatula discors	Cerceta Alas Azules	Registrada		MI	Dulceacuícola
*Spatula discors**	Cerceta Alas Azules			MI	Dulceacuícola-Terrestre
Sterna forsteri	Charrán De Forster			MI	Dulceacuícola-Marino
Sterna hirundo	Charrán Común	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino
Thalasseus elegans	Charrán Elegante	Registrada	Registrada	MI	Marino
Thalasseus maximus	Charrán Real	Registrada	Registrada	MI	Marino
Thalasseus sandvicensis	Charrán de Sandwich			MI	Marino
Tringa flavipes	Patamarilla Menor	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa incana	Playero Vagabundo			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa melanoleuca	Patamarilla Mayor	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa semipalmata	Playero Pihuiuí	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa solitaria	Playero Solitario	Registrada	Registrada	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa solitaria cinnamomea	Playero Solitario			MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Xema sabini	Gaviota Cola Hendida			T	Dulceacuícola-Marino

Migratoria de invierno (MI), Migratoria de Verano (MV), Transitoria (T), Residente (R)

CONSULTA PÚBLICA

El reconocimiento de las aves migratorias dentro del área de influencia del proyecto es crítico, no solo por su valor taxonómico, sino por su extrema vulnerabilidad biológica. A diferencia de las especies residentes, las aves migratorias dependen de una red de sitios específicos (nodos) para su supervivencia; la alteración de un solo eslabón, como la Laguna de Cuyutlán en la Ruta del Pacífico (Figura IV. 442), puede comprometer ciclos vitales iniciados a miles de kilómetros de distancia. La importancia de identificar estas especies radica en su dependencia de "sitios de parada" (stopover sites). Durante su trayecto desde Alaska, las aves operan bajo un balance energético precario. La pérdida de áreas de forrajeo y descanso en el sistema lagunar debido a la expansión portuaria no representa un impacto local desplazable, sino una amenaza directa a su supervivencia,

ya que estas aves carecen de la flexibilidad temporal para buscar sitios alternos tras el agotamiento de sus reservas de grasa. Es imperativo reconocer a estas especies porque actúan como vectores de flujo de energía y nutrientes entre ecosistemas distantes. Su presencia estacional en Manzanillo regula las poblaciones de invertebrados y pequeños peces en la laguna. La disminución de estas poblaciones debido a perturbaciones en el hábitat genera un efecto dominó que degrada la salud del ecosistema regional, afectando incluso los servicios ambientales que el puerto requiere para su viabilidad a largo plazo. Su conservación es fundamental, ya que la pérdida o degradación de sitios a lo largo de ruta puede afectar directamente la viabilidad de múltiples especies a nivel continental. Las Figura IV. 443 y Figura IV. 444 muestran la densidad de rutas en México y en la región de Cuyutlán

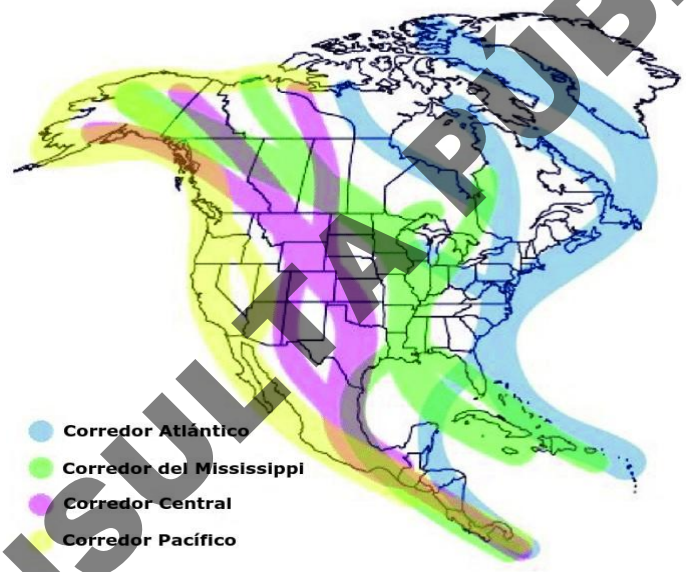


Figura IV. 442. Principales rutas migratorias de las especies de aves en México: tomado de http://birding.about.com/od/birdingbasics/ss/North-America-Migration-Flyways.htm.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 443. Densidad de las rutas migratorias de las especies de aves en México: tomado de explorer.audubon.org

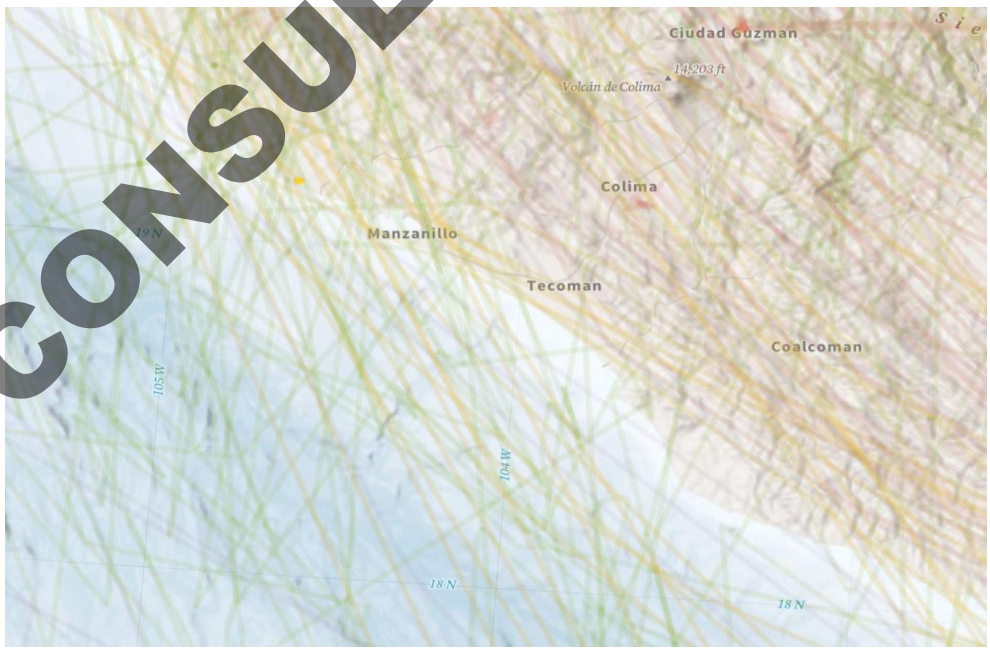


Figura IV. 444. Densidad trayectorias en la ruta del Pacífico en la región de Cuyutlán: tomado de explorer.audubon.org

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.5 Importancia de las especies

En el contexto de la expansión portuaria en la Laguna de Cuyutlán, transitar de un listado de especies a una clasificación por categorías de importancia es fundamental para transformar un inventario biológico en una herramienta de gestión de riesgos y toma de decisiones. Esta categorización permite traducir el valor biológico en términos de Servicios Ecosistémicos. Estas especies de interés cinegético y comercial representan el sustento de las comunidades locales. Por ejemplo, Las especies dispersoras de semillas y polinizadoras son esenciales en la restauración natural del ecosistema.

Todas las 361 especies presentes en el SAR tienen una importancia ecológica que es esencial para el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas, como parte de las cadenas y redes tróficas como parte integral del intercambio de materia y energía a través de los ecosistemas a diferentes escalas temporales y espaciales. De acuerdo con fuentes consultadas (Ver Capitulo VIII) y haciendo un análisis más específico, en el SAR se ha permitido identificar 158 especies (27% del total) con una relevancia particular (Tabla IV. 134). Entre ellas hay 23 especies de importancia cinegética (6 de ellas además consideradas como dispersores), 43 de importancia cultural, 78 que son dispersoras y/o polinizadoras, 8 de importancia en salud pública. Entre las especies de importancia cinegética podemos mencionar a la paloma alas blancas (Zenaida asiatica), el venado cola blanca (*Odocoileus mexicanus*) y la cerceta de alas verdes (*Anas crecca*), Entre las de importancia cultural a la Chara de San Blas (*Cyanocorax sanblasianus*) y el Chotacabras Pauraque (*Nyctidromus albicollis*), mientras que entre las polinizadoras o dispersoras a la Coa Citrina (*Trogon citreolus*), el Saltapared Feliz (*Pheugopedius felix*), el Colibrí Canelo (*Amazilia rutila*), Luisito Común (*Myiozetetes similis)* y la Iguana Verde *(Iguana rhinolopha).* La información completa de todas las especies puede consultarse en el Anexo IV.3.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 134 Importancia de las especies de vertebrados presentes en el SAR.

Importancia	Amphibia	Aves	Mammalia	Reptilia	Vertebrata
Cinegética		15	2		17
Cinegética y Dispersor			4		4
Cultural		38	2	3	43
Cultural y Económica		2	2		4
Dispersor		61	6	2	69
Dispersor y Cinegética		2			2
Dispersor, Polinizadora			2		2
Ecológica	20	289	82	82	473
Económica		1	1		2
Polinizadora		7			7
Salud Pública			3	5	8
Total	20	415	104	92	631

Si tomamos en cuenta la Figura IV. 441 (presentada anteriormente) en la que se presenta la proporción de especies por gremio alimenticio podemos que las 188 especies carnívoras (29.8% del total de especies en el

SAR) y 181 insectívoras (28.7%) las tienen funciones de control de poblaciones, las 56 que son frugívoras, granívoras o nectarívoras (8.9%) son importantes en el dispersión y polinización de plantas. De igual las 170 omnívoras (26.9%) son importantes en el dispersión y polinización de plantas, así como para el control de poblaciones. La información completa de todas las especies puede consultarse en el Anexo IV.3.

IV.3.13.6 Distribución geográfica de las especies: amplitud del rango

El análisis del rango de distribución geográfica es lo que permite determinar el grado de responsabilidad por parte del proyecto frente a la posible pérdida de biodiversidad. El riesgo de pérdida de especies está relacionado con la amplitud del rango de distribución, es decir en las de distribución mundial o continental la perturbación potencial de las poblaciones locales no pone en riesgo a la especie, mientras que las de amplitud regional permite evaluar que especies podrían verse afectadas por una posible pérdida de la conectividad de hábitat a lo largo de la vertiente del Pacífico mexicano. Por último, conocer que especies son restringidas geográficamente permite identificar aquellas especies que requieran medidas de mitigación en caso de verse perturbadas por las actividades del proyecto.

El Anexo IV.3. presenta información de la descripción de la distribución geográfica de las especies presentes en el SAR, debido a la variedad de patrones de distribución geográfica de las especies, se realizó una categorización de su rango de distribución que permite en la Tabla IV. 135 facilitar el análisis de las tendencias en la distribución geográfica de las especies. En el Anexo IV.3 se puede revisar la información detallada de la distribución y su categorización. Tomando lo anterior en cuenta dentro del SAR el 64% tiene amplia distribución (incluyendo diferentes regiones, de México y otros países de América), el 8.1% tiene distribución global, otro 8.1% cubre todo el continente americano o partes de este y otras partes del mundo (rango muy amplio), mientras que el 4.3% cubre gran parte de México, el 14.6% cubre regiones de la costa del Pacífico mexicano y solo el 1% tiene distribución restringida (reptiles que se encuentran en Colima y Jalisco): las categorías mencionadas anteriormente para cada categoría de rango establecida fue con base a la revisión del mapa de distribución presentada en el sitio de Enclycovida de la CONABIO (https://enciclovida.mx › especies)

Tabla IV. 135. Categoría del rango de distribución geográfica de las de las especies de vertebrados presentes en el SAR.

Etiquetas de fila	Amphibia	Aves	Mammalia	Reptilia	Total general	% Especies
Amplio	9	293	73	29	404	64.0
Global		34	8	9	51	8.1
Muy amplio		47	1	3	51	8.1
Nacional	1	10	5	11	27	4.3
Regional	10	31	17	34	92	14.6
Restringido				6	6	1.0

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.7 Especies indicadores de salud o perturbación en el ecosistema

Para la identificación de especies indicadoras de perturbación o salud del ecosistema se revisaron varios trabajos (Davis, 1982; Coulter & Bryan, 1993; Seston, 2009; Monterrubio-Rico et al, 2010; Ochoa, 2014; Gasca, 2011; Rutherford, 2012; Senzano, 2013; Gonzáles-Varo et al, 2015; Pacheco-Figueroa et al, 2015; Navarro et al, 2016; Sosa & Mena, 2016; Duran, 2017; García-Grajales & Buenrostro-Silva, 2017; Giner et al., 2017; Cross-Buchanan. 2018; Patiño-González & Pineda-López, 2018; Peña-Joya et al, 2018; Tarof & Briske, 2020; Vennesland & Buffer, 2020; Balderas-Valdivia et al, 2021; CONABIO, 2021; Farías-González & Hernández-Mendoza, 2021; Martínez-Ruiz, 2021; Panebianco & Cáceres-Sáez, 2021; Pérez y Soto, 2021; Ortiz-Pulido et al, 2021; Orozco, 2021; Albores, 2002; Alcalá 2022; Becerril- González, 2022; Farías-Rivero et al., 2022; Quintero-Díaz & Balderas-Valdivia, 2022; Rojo-Gutiérrez et al, 2022; González, 2023; Amador-Larios et al., 2025; Beteta et al., 2025; Zuluaga, 2025; CONABIO, 2026).

En SAR hay al menos 57 especies indicadoras de perturbación (47) o de salud (10) del ecosistema; el resto de las especies presentes en el SAR son esenciales para mantener la estructura y función de los ecosistemas. Entre estas especies indicadoras que fueron registradas, se encuentra 1 anfibio, 6 reptiles, 46 aves y 4 mamíferos.

Tabla IV. 136. Especies de vertebrados indicadoras de salud o perturbación presentes en el SAR.

Clase	Especie	Perturbación	Salud	Justificación
Amphibia	*Leptodactylus melanonotus*	X		A diferencia de especies sensibles, L. melanonotus es una especie altamente tolerante a ambientes perturbados y modificados por actividades humanas.
Aves	*Amazona oratrix*		X	Su presencia se asocia con ecosistemas estructuralmente conservados, debido a que la especie depende de cavidades naturales en árboles grandes y maduros para su anidación. Asimismo, su alimentación está estrechamente vinculada a la disponibilidad de semillas provenientes de especies características del bosque semicaducifolio y del bosque tropical seco caducifolio, lo que refuerza su relación con hábitats que mantienen una composición y estructura vegetal adecuadas.
Aves	*Anarhynchus wilsonia*		X	Bioindicadora de salud de humedales y calidad de agua. Sensibles a la perturbación humana, actividades recreativas y gestión de las playas causan el descenso de su población.
Aves	*Anas diazi*		X	Su presencia refleja la calidad del ecosistema acuático, como los humedales. Al ser una especie Amenazada (A) por la NOM 059, implica que podría llegar a desaparecer a corto o mediano plazo, si continúan factores que contribuyan al deterioro o modificación de su hábitat o influyan directamente en el tamaño de sus poblaciones.

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Perturbación	Salud	Justificación
Aves	*Archilochus alexandri*		X	Tolera los cambios en el paisaje, adaptándose a los hábitats alterados. Al ser adaptable a una gran variedad de entornos y por su abundancia, hacen que la especie sea de especial interés para investigación y conservación.
Aves	*Ardea herodias*		X	Funciona como una especie bioindicadora o centinela, porque acumula contaminantes del ecosistema acuático dentro de sus tejidos y permite evaluar la salud ambiental del sitio donde vive. En particular, las concentraciones de contaminantes pueden monitorearse en los huevos. Si bien es una especie que históricamente se ha visto afectada por la bioacumulación de contaminantes, en las últimas dos décadas, estos contaminantes parecen generar menos problemas en sus poblaciones
Aves	*Ardea ibis*	X		Especie indicadora de perturbación antrópica y modificación del paisaje, debido a que su presencia indica la conversión de hábitats naturales en sistemas productivos como pastizales, campos de cultivo, zonas ganaderas y humedales perturbados.
Aves	*Buteo brachyurus*		X	Considerada una especie indicadora de salud de manglares y bosques tropicales y subtropicales.
Aves	*Buteogallus anthracinus*		X	Suele encontrarse en ecosistemas acuáticos y costeros, en especial zonas de manglares. Su presencia indica la salud de estos hábitats. Por lo tanto, su declive puede señalar problemas de contaminación o pérdida del hábitat.
Aves	*Butorides virescens*		X	Indicador de impacto ambiental de la actividad humana, su abundancia y densidad de población pueden reflejar los niveles de perturbación.
Aves	*Calidris mauri*		X	La presencia y abundancia de esta ave migratoria, en playas y costas está ligada al buen estado de salud y disponibilidad de alimento (invertebrados bentónicos) de estos ecosistemas. Además de ser sensibles a los cambios en su hábitat.
Aves	*Cassiculus melanicterus*		X	Su presencia señala ecosistemas con árboles altos, disponibilidad de alimento como frutos y agua. Indicando salud en bosques caducifolios. También se asocia a zonas bastante perturbadas y con tasas de deforestación altas
Aves	*Columba livia*	X		Especie indicadora de entornos urbanos y antropizados, ya que utiliza construcciones humanas como refugio, por lo cual su presencia es muy abundante en radios urbanos. Además, se utiliza para biomonitoreos ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Perturbación	Salud	Justificación
Aves	*Columbina inca*	X		Su presencia indica áreas modificadas por la actividad humana. Al ser una especie generalista y que se adapta bien a condiciones urbanas o agrícolas, indica urbanización consolidada.
Aves	*Crotophaga sulcirostris*	X		Se asocia principalmente a ambientes abiertos y perturbados tales como potreros y zonas agropecuarias. Asimismo, su presencia en ciertas áreas suele relacionarse a la abundancia que existe de plagas y garrapatas.
Aves	*Cynanthus latirostris*		X	Indicadora de disponibilidad de flora nativa
Aves	*Egretta rufescens*		X	Es un indicador importante de la salud de los humedales costeros. Debido a que esta especie es sensible a la perturbación humana en sus áreas de alimentación y anidación.
Aves	*Empidonax minimus*		X	Al ser un insectívoro que caza "al vuelo", requiere de una alta disponibilidad de insectos, lo cual es señal de un suelo y vegetación sanos y libres de pesticidas de alto impacto.
Aves	*Falco sparverius*		X	Al alimentarse de insectos en zonas de cultivo, la acumulación de agroquímicos en su organismo alerta sobre la toxicidad del suelo y el agua.
Aves	*Fulica americana*		X	Reflejan la salud ambiental en humedales, lagos y zonas costeras, debido a su alta dependencia del agua y su sensibilidad a las perturbaciones del hábitat.
Aves	*Haemorhous mexicanus*	X		Su notable adaptabilidad a entornos alterados por el ser humano lo convierte en una especie para evaluar el impacto de la urbanización y la contaminación.
Aves	*Icterus gularis*		X	Al ser principalmente insectívora y frugívora, su abundancia refleja una cadena alimenticia funcional y la ausencia de niveles críticos de pesticidas que podrían reducir sus fuentes de alimento.
Aves	*Jacana spinosa*		X	La especie requiere de áreas abiertas de agua combinadas con vegetación flotante (como lirios) para anidar, lo que indica un ecosistema saludable y con buena cobertura vegetal.
Aves	*Leucophaeus atricilla*	X		Es una especie oportunista y carroñera que se beneficia de la actividad humana, aumentando sus poblaciones cerca de basureros, áreas agrícolas, puertos y zonas turísticas.
Aves	*Limosa fedoa*		X	Al alimentarse en marismas y lodos, su presencia indica la calidad de los humedales y estuarios, hábitats que están bajo presión por el desarrollo urbano.

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Perturbación	Salud	Justificación
Aves	*Megaceryle alcyon*		X	Debido a su alimentación (piscívoros), son monitoreados para evaluar la calidad del agua, la integridad del hábitat ripario y la acumulación de contaminantes.
Aves	*Megaceryle torquata*		X	Dependen de cuerpos de agua con buena visibilidad para cazar. Estudios muestran que acumulan mercurio en sus plumas, lo que los convierte en buenos indicadores de la contaminación por metales pesados en la red trófica.
Aves	*Micrastur semitorquatus*		X	Su presencia indica la salud del hábitat, pues selecciona árboles viejos y de gran porte para anidar, lo que refleja un ecosistema forestal maduro y saludable.
Aves	*Mimus polyglottos*	X		Su presencia es común en paisajes con alta "huella humana", lo que indica capacidad de adaptación a la perturbación.
Aves	*Morococcyx erythropygus*	X		A menudo se le encuentra en ecosistemas que han sufrido intervenciones humanas o naturales prosperando en hábitats secundarios.
Aves	*Mycteria americana*		X	Su presencia y éxito reproductivo son indicadores de la salud del ecosistema, particularmente en la gestión de aguas en los humedales, y al alimentarse de peces muertos y carroña, contribuye a mejorar la calidad de los cuerpos de agua.
Aves	*Numenius phaeopus*		X	La presencia y abundancia de esta especie refleja la calidad de los humedales, marismas y manglares. Son sensibles a la contaminación ambiental, particularmente a metales pesados como el cadmio, lo que ayuda a monitorear la salud de estos ecosistemas.
Aves	*Pandion haliaetus*		X	Bioindicador de la salud de ecosistemas acuáticos, reflejando la calidad del agua y la abundancia de peces. Requiere cuerpos de agua con alta disponibilidad de peces y baja contaminación
Aves	*Parkesia motacilla*		X	Muy sensible a contaminación y sedimentación en arroyos; indicador de agua limpia.
Aves	*Passer domesticus*	X		Especie sinantrópica asociada a ambientes urbanos y actividad humana.
Aves	*Pitangus sulphuratus*	X		Generalista que prospera en ambientes modificados y abiertos.
Aves	*Platalea ajaja*		X	Requiere humedales someros productivos con abundancia de presas.
Aves	*Quiscalus mexicanus*	X		Alta abundancia en zonas urbanas, agrícolas y eutrofizadas.
Aves	*Rynchops niger*		X	Sensible a disturbio humano en playas y estuarios; requiere hábitats poco alterados.

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Perturbación	Salud	Justificación
Aves	*Streptopelia decaocto*	X		Especie invasora ligada a ambientes urbanos y agrícolas.
Aves	*Sula brewsteri*		X	Dependiente de alta disponibilidad de peces pelágicos; refleja productividad marina.
Aves	*Thalasseus maximus*		X	Indicador de abundancia de peces en ecosistemas marinos costeros.
Aves	*Vireo bellii*		X	Asociado a vegetación ribereña bien conservada.
Aves	*Xiphorhynchus flavigaster*		X	Requiere bosques maduros con estructura compleja y árboles grandes.
Aves	*Zenaida asiatica*	X		Favorecida por agricultura, apertura del hábitat y urbanización.
Mammalia	*Conepatus mesoleucus*		X	La presencia de esta especie se debe a una cobertura vegetal funcional y disponibilidad de recursos asociados al suelo con macrofauna activa.
Mammalia	*Procyon lotor*	X		Generalista oportunista favorecido por recursos de origen humano.
Mammalia	*Sciurus aureogaster*	X		Asociado a fragmentación y ambientes urbanos.
Mammalia	*Tursiops truncatus*		X	Su presencia indica un ecosistema marino sano, permitiendo evaluar la contaminación, especialmente la acumulación de metales, en áreas como el Mediterráneo.
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus*		X	Su presencia indica la salud de los ecosistemas costeros de Jalisco y Colima, así como la integridad de la selva baja caducifolia.
Reptilia	*Crocodylus acutus*		X	Su presencia está relacionada con las condiciones hidrológicas regionales. Ya que señalan la salud de los humedales y cumplen un papel importante en el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y al contribuir al ciclo de transformación de nutrientes.
Reptilia	*Hemidactylus frenatus*	X		Su presencia masiva en casas, edificios y áreas iluminadas es una señal clara de la transformación del hábitat natural en ambientes urbanos o suburbanos.
Reptilia	*Holcosus sinister*	X		Puede indicar áreas perturbadas de manera moderada, pues pueden tolerar ciertos niveles de intervención humana.
Reptilia	*Lepdidochelys olivacea*		X	Como especie con amplia distribución, su salud, comportamiento de anidación y éxito reproductivo reflejan las condiciones de los océanos y las costas, aunque su estado actual de vulnerabilidad la convierte también en una señal de alerta sobre la perturbación antropogénica.
Reptilia	*Leptodeira maculata*		X	Indicadora de la salud del ecosistema, específicamente de la presencia de cuerpos de agua, anfibios y un hábitat no completamente destruido.

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie	Perturbación	Salud	Justificación
Reptilia	*Oxybelis microphthalmus*		X	Debido a su actividad arbórea, esta serpiente está limitada a regiones forestales o áreas con una gran cantidad de arbustos, lo que la convierte en una especie indicadora de la salud de estos ecosistemas.

IV.3.13.8 Resultados del muestreo de campo (enero – marzo 2026)

Durante los tres muestreos mensuales de campo llevados a cabo en los 35 sitios de muestreo (más un en el estero Palo Verde); Figura IV. 445. Estos sitios a lo largo del SAR (9 sitios), Área de Influencia (13 sitios) Área del Proyecto (13 sitios); así existen 13 sitios dentro del proyecto y 22 fuera de éste entre los que incluyen sitios en la cuenca, frente de playa frente al área del proyecto y parte del polígono de la ANP en proceso de establecimiento. En el Capítulo VIII se mencionan las técnicas de muestro para cada grupo en particular de las cuales podemos mencionar de forma resumida que comprendieron uso de transectos visuales lineares para el registro de ejemplares y el registro de huellas, búsqueda activa y el uso de binoculares, pinzas herpetológicas y lámparas de mano. Se registró un total de 10457 individuos pertenecientes a 203 especies de vertebrados (Tabla IV. 137). La información detallada de las especies registradas en campo puede consultarse en el Anexo IV.5. a partir del cual se harán todas las siguientes descripciones y análisis.

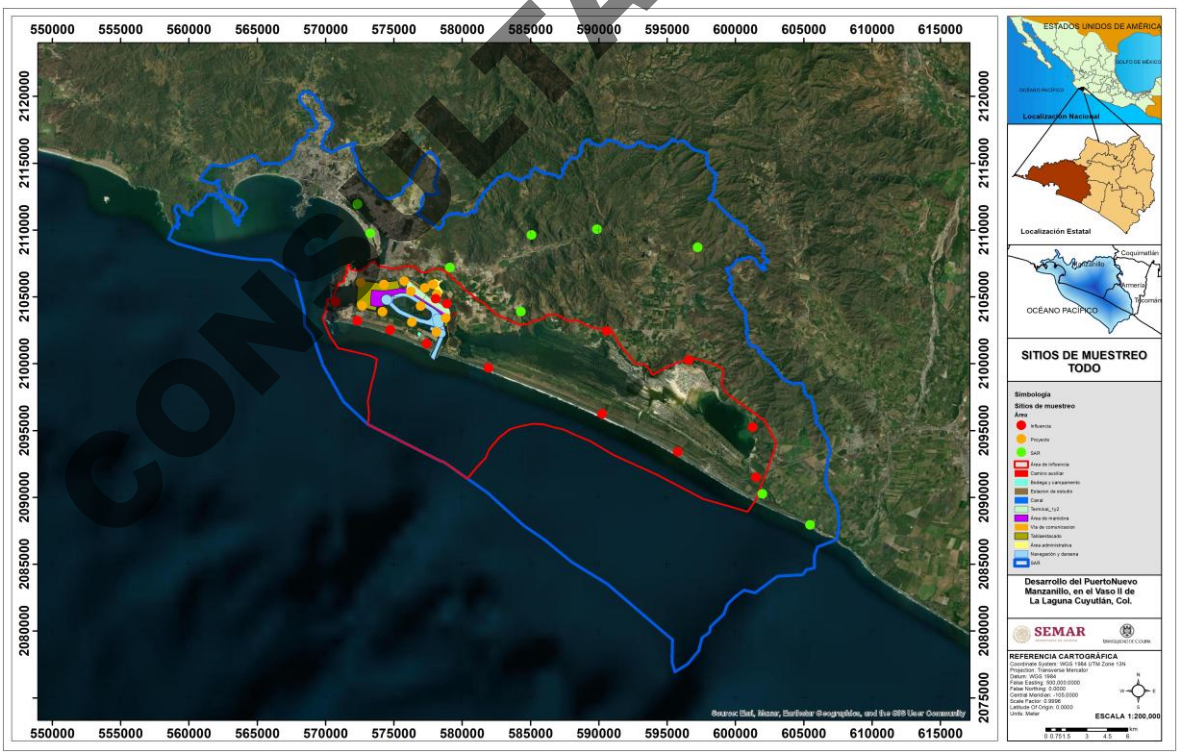


Figura IV. 445. Ubicación de los sitios para el monitoreo de la fauna dentro del SAR (azul), área de influencia (verde) y proyecto (polígono rojo).

CONSULTA PÚBLICA

Con respecto al total de especies de vertebrados de posible ocurrencia dentro del SAR (631 especies; Tabla IV. 128), durante las visitas de campo en el área de estudio, las 203 especies registradas equivalen al 32% de lo reportado para el SAR Las 203 especies registradas en campo están incluidas en 4 clases, 32 órdenes y 76 familias. La riqueza de especies registrada en campo fue 2 anfibios, 29 reptiles, 152 aves y 18 mamíferos, por lo que la mayor contribución a la riqueza de especies registrada corresponde a las aves (76%). El nivel de endemismo y riesgo de las especies de vertebrados registradas en campo es del 17% 35) y 17% (35) respectivamente, mientras que el 7% y 14% de las especies de vertebrados registradas tienen una categoría de riesgo en el IUCN o están incluidas en algún apéndice del CITES respectivamente; el 25% de las aves registradas (51 especies) son migratorias (Tabla IV. 137).

Tabla IV. 137 Especies registradas en campo dentro del área de estudio y su estado de conservación

Clase	Orden	Familia	Especies	Endémicas	NOM059	IUCN	CITES	Migratorias
Amphibia	1	2	2	1	0	0	0	0
Reptilia	3	13	29	14	9	2	5	0
Aves	19	48	154	15	23	11	20	51
Mammalia	9	13	18	5	3	1	4	0
Vertebrata	32	76	203	35	35	14	29	51

Existen 79 especies de vertebrados enlistadas en la Tabla IV. 138 que son endémicas y/o aparecen en uno de los listados de la NOM059-SEMARNAT-2010, CITES o IUCN. Entre estas especies podemos resaltar tres especies que son endémicas y que aparecen en la NOM059 y con categoría de protección ya sea en el CITES o IUCN, tal es el caso del Tecolote Colimense (*Glaucidium palmarum*), la Boa (*Boa sigma*) y el Garrobo (*Ctenosaura pectinata*). Ocho especies son endémicas y están protegidas por la NOM059, tal es el caso del Bejuquillo Verde (*Leptophis diplotropis*), el Roño de Paño (*Anolis nebulosus*), Las Cuijes de Cola Roja y de Cola Azul (*Aspidoscelis communis* y *A. lineattissimus*), La Culebras (*Rhadinaea taeniata* y *Salvadora mexicana*), el Zorrillo Pigmeo (Spilogale pigmaea) y el Papamoscas Mexicano (*Ramphotrigon flammulatum*).

Tabla IV. 138. Especies registradas en campo dentro del área de estudio, endémicas y o dentro de alguna categoría de riesgo; en Endémicas (End), NOM059 (Amenazadas = A, En Peligro = P, Protección Especial = Pr), Apéndices en el CITES (Apéndice I = I, Apéndice II = II, Apéndice III = III) y IUCN (Preocupación menor = LC, Casi Amenazada = NT, Vulnerable (VU).

Clase	Especie y subespecie	Nombre Común	Endemismo	NOM059	CITES	IUCN
Amphibia	*Tlalocohyla smithii*	Rana de Árbol Mexicana Enana	Endémica			
Aves	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo			II	
Aves	*Amazona oratrix*	Loro Cabeza Amarilla	Cuasiendémica	P	I	EN

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie y subespecie	Nombre Común	Endemismo	NOM059	CITES	IUCN
Aves	*Anarhynchus nivosus*	Chorlo Nevado		A		NT
Aves	*Anas diazi*	Pato Mexicano		A		
Aves	*Aramus guarauna*	Carrao		A		
Aves	*Archilochus alexandri*	Colibrí Barba Negra	Endémica		II	
Aves	*Astur cooperii*	Gavilán de Cooper		Pr	II	
Aves	*Buteo brachyurus*	Aguililla Cola Corta			II	
Aves	*Buteo plagiatus*	Aguililla Gris			II	
Aves	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson		Pr	II	
Aves	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla Negra Mayor		Pr	II	
Aves	*Calidris mauri*	Playero Occidental		A		
Aves	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto				NT
Aves	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado		Pr		
Aves	*Caracara plancus cheriway*	Caracara Quebrantahuesos Centroamericano			II	
Aves	*Charadrius vociferus*	Chorlo Tildío				NT
Aves	*Cyanocorax sanblasianus*	Chara de San Blas	Endémica			
Aves	*Cynanthus auriceps*	Esmeralda Occidental	Endémica		II	
Aves	*Cynanthus latirostris*	Colibrí Pico Ancho			II	
Aves	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas			III	
Aves	*Dendrocygna bicolor*	Pijije Canelo			III	
Aves	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza		P		NT
Aves	*Euphonia godmani*	Eufonia Garganta Negra Mexicana	Endémica			
Aves	*Eupsittula canicularis*	Perico Frente Naranja		Pr	II	VU
Aves	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano			II	
Aves	*Geothlypis tolmiei*	Chipe Lores Negros		A		
Aves	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote Bajeño			II	
Aves	*Glaucidium palmarum*	Tecolote Colimense	Endémica	A	II	
Aves	*Granatellus venustus*	Granatelo Mexicano	Endémica			
Aves	*Larus heermanni*	Gaviota Plomiza		Pr		NT
Aves	*Limosa fedoa*	Picopando Canelo		A		VU
Aves	*Melanerpes chrysogenys*	Carpintero Enmascarado	Endémica			
Aves	*Micrastur semitorquatus*	Halcón Selvático de Collar		Pr	II	
Aves	*Mycteria americana*	Cigüeña Americana		Pr		
Aves	*Ortalis poliocephala*	Chachalaca Pálida	Endémica			
Aves	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora			II	
Aves	*Passerina ciris*	Colorín Sietecolores		Pr		
Aves	*Passerina leclancherii*	Colorín Pecho Naranja	Endémica			

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie y subespecie	Nombre Común	Endemismo	NOM059	CITES	IUCN
Aves	*Pheugopedius felix*	Saltapared Feliz	Endémica			
Aves	*Ramphotrigon flammulatum*	Papamoscas Mexicano	Endémica	Pr		
Aves	*Rupornis magnirostris*	Aguililla Caminera			II	
Aves	*Sporophila torqueola*	Semillero Rabadilla Canela	Endémica			
Aves	*Sternula antillarum*	Charrán Mínimo		Pr		
Aves	*Sula nebouxii*	Bobo Patas Azules		Pr		
Aves	*Thalasseus elegans*	Charrán Elegante		Pr		NT
Aves	*Thryophilus sinaloa*	Saltapared Sinaloense	Endémica			
Aves	*Tigrisoma mexicanum*	Garza Tigre Mexicana		Pr		
Aves	*Tringa flavipes*	Patamarilla Menor				VU
Aves	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla Mayor				NT
Aves	*Trogon citreolus*	Coa Citrina	Endémica			
Aves	*Turdus rufopalliatus*	Mirlo Dorso Canela	Endémica			
Mammalia	*Dicotyles angulatus*	Pecarí de Collar Norteño			II	
Mammalia	*Megaptera novaeangliae*	Ballena Jorobada		Pr	I	
Mammalia	*Nasua narica*	Coatí			III	
Mammalia	*Notocitellus annulatus*	Ardilla de Tierra de Cola Anillada	Endémica			
Mammalia	*Osgoodomys banderanus*	Rata Arrocera	Endémica			
Mammalia	*Sciurus colliaei*	Ardilla Gris del Pacífico	Endémica			
Mammalia	*Sigmodon mascotensis*	Rata de La Caña de Jalisco	Endémica			
Mammalia	*Spilogale pygmaea*	Zorrllo Pigmeo	Endémica	A		VU
Mammalia	*Tursiops truncatus*	Delfín Mular		Pr	II	
Reptilia	*Anolis nebulosus*	Abaniquillo Pañuelo del Pacífico	Endémica			
Reptilia	*Aspidoscelis communis*	Huico Moteado Gigante de la costa de Jalisco	Endémica	Pr		
Reptilia	*Aspidoscelis lineattissimus*	Huico de Líneas de Jalisco	Endémica	Pr		
Reptilia	*Boa sigma*	Mazacuata	Endémica		II	
Reptilia	*Crocodylus acutus*	Cocodrilo de Rio		Pr	II	VU
Reptilia	*Ctenosaura pectinata*	Iguana Mexicana de Cola Espinosa	Endémica	A	II	
Reptilia	*Holcosus sinister*	Lagartija Arcorirs de Jalisco	Endémica			
Reptilia	*Iguana rhinolopha*	Iguana Verde		Pr	II	
Reptilia	*Imantodes gemmistratus*	Culebra Cordelilla Centroamericana		Pr		
Reptilia	*Lepidochelys olivacea*	Tortuga Golfina		P	I	VU
Reptilia	*Leptophis diplotropis*	Culebra Perico del Pacífico	Endémica	A		

CONSULTA PÚBLICA

Clase	Especie y subespecie	Nombre Común	Endemismo	NOM059	CITES	IUCN
Reptilia	*Phyllodactylus lanei*	Salamanquesa Patas de Res	Endémica			
Reptilia	*Rena dugesii*	Culebra Ciega	Endémica			
Reptilia	*Rhadinaea taeniata*	Culebra Café de Pino Encino	Endémica			
Reptilia	*Salvadora mexicana*	Culebra Chata del Pacífico	Endémica	Pr		
Reptilia	*Sceloporus pyrocephalus*	Lagartija Espinosa de Cabeza Roja	Endémica			
Reptilia	*Sceloporus utiformis*	Lagartija Espinosa del Pacífico	Endémica			
Reptilia	*Urosaurus bicarinatus*	Lagartija de Árbol del Pacífico	Endémica			

La relación de las 51 especies de aves migratorias se presenta en la Tabla IV. 139. Cabe resaltar que 22de estas especies (43%) dependen de los cuerpos de agua ya sea dulceacuícolas, salobres o marinos.

Tabla IV. 139. Especies de aves migratorias registradas durante los muestreos y el ambiente que ocupan.

Especie y subespecie	Nombre Común	Estacionalidad	Ambiente
Actitis macularius	Playero Alzacolita	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Anarhynchus nivosus	Chorlo Nevado	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Archilochus alexandri	Colibrí Barba Negra	MI	Terrestre
Ardea alba egretta	Garza Blanca Grande	MI; MV	Dulceacuícola
Astur cooperii	Gavilán de Cooper	MI	Terrestre
Buteo swainsoni	Aguililla de Swainson	T	Terrestre
Calidris bairdii	Playero de Baird	T	Dulceacuícola
Calidris mauri	Playero Occidental	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Calidris minutilla	Playero Diminuto	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Cardellina pusilla	Chipe Corona Negra	MI	Terrestre
Charadrius vociferus	Chorlo Tildío	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Chlidonias niger	Charrán Negro	MI; T	Dulceacuícola-Marino
Empidonax difficilis	Papamoscas Amarillo Norteño	MI	Terrestre
Empidonax minimus	Papamoscas Chico	MI	Terrestre
Falco sparverius	Cernícalo Americano	MI	Terrestre
Geothlypis tolmiei	Chipe Lores Negros	MI	Terrestre
Geothlypis trichas	Mascarita Común	MI	Dulceacuícola-Terrestre
Icteria virens	Chipe Grande	MI	Terrestre
Icterus bullockii	Calandria Cejas Naranjas	MI	Terrestre
Icterus cucullatus	Calandria Dorso Negro Menor	MI	Terrestre
Icterus spurius	Calandria Castaña	MI	Terrestre
Leiothlypis celata	Chipe Oliváceo	MI	Terrestre
Leucophaeus atricilla	Gaviota Reidora	MI	Dulceacuícola-Marino
Limosa fedoa	Picopando Canelo	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Megaceryle alcyon	Martín Pescador Norteño	MI	Dulceacuícola

CONSULTA PÚBLICA

Especie y subespecie	Nombre Común	Estacionalidad	Ambiente
Mimus polyglottos	Centzontle Norteño	MI	Terrestre
Mycteria americana	Cigüeña Americana	MI	Dulceacuícola
Numenius americanus	Zarapito Pico Largo	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Numenius phaeopus	Zarapito Trinador	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Pandion haliaetus	Águila Pescadora	MI	Dulceacuícola
Parkesia motacilla	Chipe Arroyero	MI	Dulceacuícola-Terrestre
Parkesia noveboracensis	Chipe Charquero	MI	Dulceacuícola-Terrestre
Passerina ciris	Colorín Sietecolores	MI	Terrestre
Passerina versicolor	Colorín Morado	MI	Terrestre
Pelecanus erythrorhynchos	Pelícano Blanco Americano	MI	Dulceacuícola-Salobre
Piranga ludoviciana	Piranga Capucha Roja	MI	Terrestre
Piranga rubra	Piranga Roja	MI	Terrestre
Plegadis chihi	Ibis Ojos Rojos	MI	Dulceacuícola
Polioptila caerulea	Perlita Azulgris	MI	Terrestre
Recurvirostra americana	Avoceta Americana	MI	Dulceacuícola
Rynchops niger	Rayador Americano	MI	Dulceacuícola-Marino
Setophaga petechia	Chipe Amarillo	MI	Terrestre
Sterna hirundo	Charrán Común	MI	Dulceacuícola-Marino
Thalasseus elegans	Charrán Elegante	MI	Marino
Thalasseus maximus	Charrán Real	MI	Marino
Tringa flavipes	Patamarilla Menor	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa melanoleuca	Patamarilla Mayor	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa semipalmata	Playero Pihuiuí	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Tringa solitaria	Playero Solitario	MI	Dulceacuícola-Marino-Salobre
Turdus rufopalliatus	Mirlo Dorso Canela	MI	Terrestre
Vireo bellii	Vireo De Bell	MI	Terrestre

Durante los muestreos se registraron 21 especies de aves (80%) de las 26 reportadas con actividad de anidación en la Laguna de Cuyutlán.

Tabla IV. 140. Especies de aves acuáticas que anidan en la Laguna de Cuyutlán.

Orden	Familia	ESPECIE	Nombre Común
Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas
Charadriiformes	Charadriidae	*Anarhynchus wilsonia*	Chorlo Pico Grueso
Charadriiformes	Laridae	*Gelochelidon nilotica*	Charrán Pico Grueso
Charadriiformes	Laridae	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota Reidora
Charadriiformes	Laridae	*Rynchops niger*	Rayador Americano
Charadriiformes	Laridae	*Sternula antillarum*	Charrán Mínimo

CONSULTA PÚBLICA

Orden	Familia	ESPECIE	Nombre Común
Charadriiformes	Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán Real
Charadriiformes	Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana
Ciconiiformes	Ciconiidae	*Mycteria americana*	Cigüeña Americana
Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea alba*	Garza Blanca
Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea ibis*	Garza Ganadera
Pelecaniformes	Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita Verde
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta caerulea*	Garceta Azul
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta thula*	Garza Dedos Dorados
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta tricolor*	Garza Tricolor
Pelecaniformes	Ardeidae	*Nyctanassa violacea*	Garza Nocturna Corona Clara
Pelecaniformes	Ardeidae	*Nycticorax nycticorax*	Garza Nocturna Corana Negra
Pelecaniformes	Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano Café
Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Eudocimus albus*	Ibis Blanco
Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Platalea ajaja*	Espátula Rosada
Suliformes	Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fregata Tijereta
Suliformes	Phalacrocoracidae	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.8.1 Gremios alimenticios

En la Figura IV. 446. se presenta el porcentaje de especies registradas en campo que presentan un tipo de alimentación predominante. Resulta claro que el 100% de los anfibios son insectívoros, mientras que en los reptiles dominan las especies insectívoras (48%) y carnívoras (38%), entre las aves las carnívoras (39%) y las omnívoras (30%) y en los mamíferos las omnívoras (55%) y las carnívoras (38%).

IV.3.13.8.2 Especies de Importancia

Como se mencionó anteriormente todas las especies de la fauna son componentes esenciales para el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas, sin embargo, podemos puntualizar a otras especies que forman parte de grupos funcionales (Figura IV. 447) como la polinización de plantas (6 especies), dispersión de semillas (38) o que forman parte de la cultura de la sociedad (25).

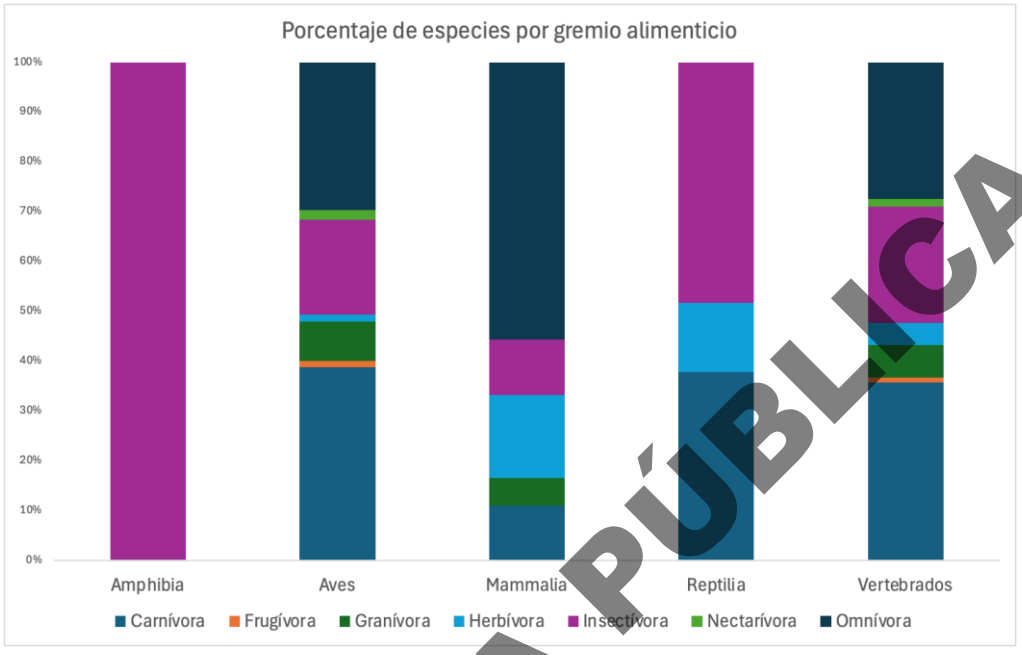


Figura IV. 446. Porcentaje de especies registradas en campo por gremio alimenticio

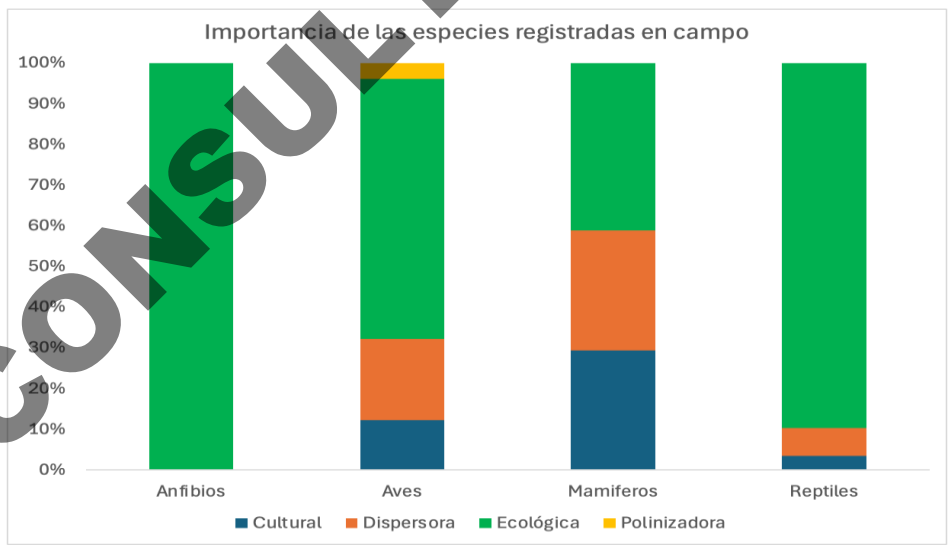


Figura IV. 447. Porcentaje de especies registradas en campo consideradas de importancia.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.8.3 Amplitud del rango de distribución

La Figura IV. 448. muestra la proporción de especies registradas de acuerdo con la amplitud de su rango de distribución donde resalta que solo un porcentaje mínimo (3.4%) de las especies de reptiles son restringidas geográficamente. Entre los vertebrados, el 83 % de las especies tienen distribución en todo el mundo o en el continente americano o en partes de éste.

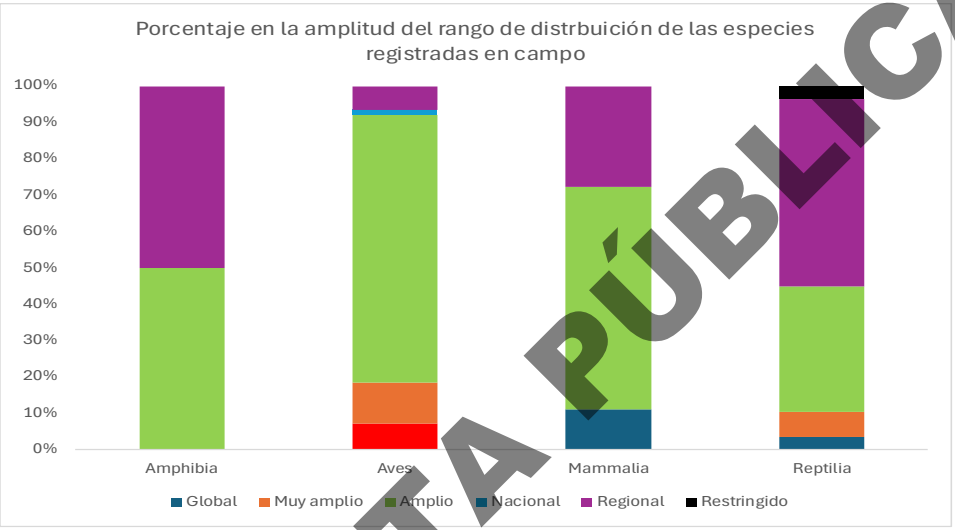


Figura IV. 448. Porcentaje de especies registradas en campo por la amplitud de su rango de distribución.

IV.3.13.8.4 Especies y tipo de ambiente frecuentado

Un gran porcentaje de las especies de vertebrados registrados en campo (67%) habitan ambientes terrestres, seguido del dulceacuícola (16%), el resto de las especies (17%) se encuentran en ambientes marinos, salobres o dulceacuícola; el grupo de aves utiliza una mayor variedad de ambientes en comparación al resto de los otros grupos de vertebrados (Figura IV. 449.).

CONSULTA PÚBLICA

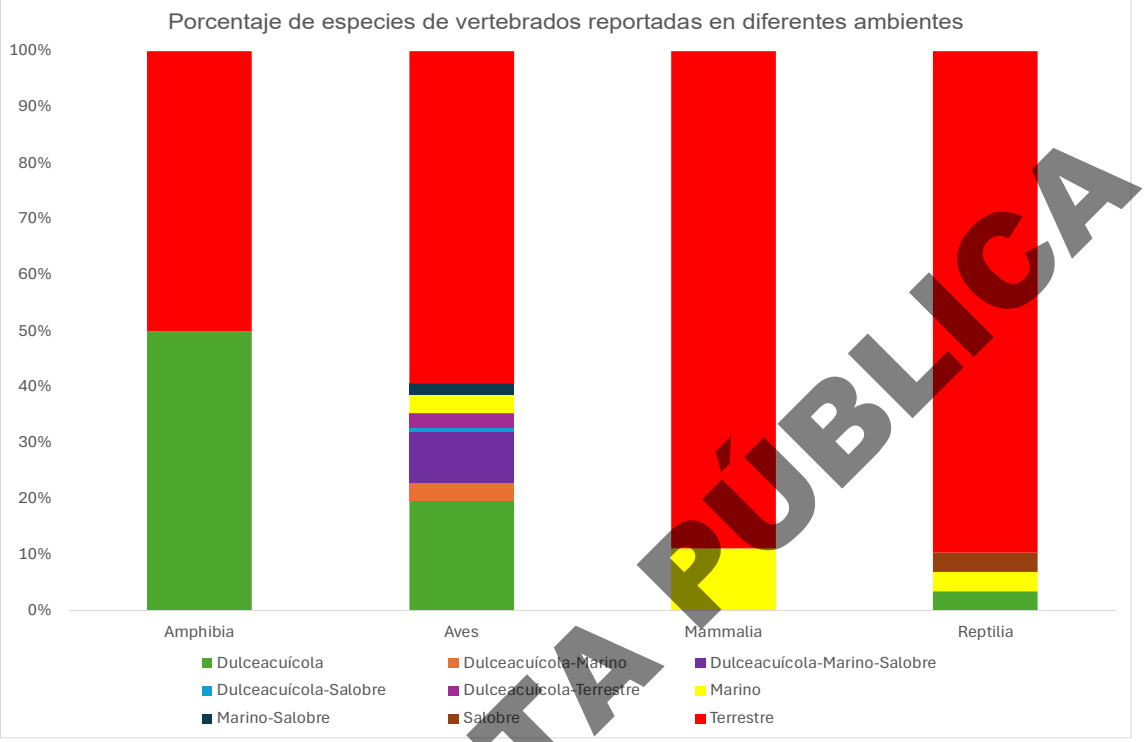


Figura IV. 449. Porcentaje de especies registradas en campo y reportadas en diferentes ambientes.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.8.5 Riqueza, composición, abundancia, diversidad y composición de la fauna por zona (SAR, Influencia y Proyecto).

Para todo el conjunto de datos (todos los sitios, las tres zonas)

La información para la estimación de los indicadores por sitio de muestreo y zona o área se encuentra en el Anexo IV.6. Durante todos los muestreos se registraron 201 especies y 10,457 individuos de vertebrados donde resalta la alta riqueza y abundancia de especies de aves, seguida por la riqueza de reptiles, mamíferos y anfibios (Tabla IV. 141Tabla IV. 141). Como es sabido, los valores de dominancia tienen una relación inversa con la equitatividad y la diversidad (Magurran, 1991) como resulta claro en el caso de anfibios con la menor diversidad de especies registrada y la mayor en aves y reptiles, con valores intermedios en mamíferos, este patrón se observa en los valores del índice de Margalef. Otros índices diversidad como el de Shannon-Wiener, Simpson siguen una tendencia similar a la de Margalef. Los índices Chao-1 y ACE sugieren una diferencia potencial de especies a registrar con respecto a las observadas. Por ejemplo, las 152 especies de aves registradas representan el 92% de las especies esperadas por el estimador Chao-1 o el 89% por el estimador ACE, mientras que los porcentajes de especies observadas con respecto a las esperadas de acuerdo con estos dos estimadores son de 66% y 43% para los mamíferos, de 80% y 78% para los reptiles y de 100% y 100% para los anfibios. Lo anterior es debido a la muy baja diversidad registrada de anfibios (2 especies) que no les

proporciona datos a los indicadores Chao y ACE sobre "especies raras" para realizar la extrapolación matemática, haciendo que la estimación sea idéntica al conteo directo.

Tabla IV. 141 Indicadores ecológicos del total de especies registradas durante los muestreos agrupando el conjunto de datos obtenidos en todos los 35 sitios de muestreo.

Indicador	Amphibia	Aves	Mammalia	Reptilia	Vertebrata
Riqueza	2	154	18	29	203
Abundancia	165.000	8931	859	502	10457
Dominancia_D	0.976	0.036	0.557	0.197	0.031
Simpson_1-D	0.024	0.964	0.443	0.803	0.970
Shannon_H	0.069	3.832	1.068	2.178	4.017
Evenness_e^H/S	0.536	0.306	0.162	0.304	0.278
Margalef	0.196	16.490	2.516	4.503	21.500
Equitability_J	0.099	0.764	0.370	0.647	0.758
Chao-1	2.000	165.900	27.320	35.990	232.200
iChao-1	2.000	167.500	35.730	41.640	241.500
ACE	2.000	169.400	41.570	36.720	236.700

Comparación de la riqueza, índices de diversidad y estimadores de riqueza entre las zonas de muestreo

Al comparar los indicadores para cada zona (Tabla IV. 142) se observa que la riqueza de especies registradas fue mayor en los sitios de muestreo ubicados en la zona de Influencia que en el SAR y este a su vez que la zona del proyecto, sin embargo, en la zona del proyecto se registró la mayor abundancia (especialmente aves acuáticas), seguida de la zona de influencia. La diversidad y equitatividad fue mayor en el SAR que en la zona de Influencia y que en la zona del proyecto, aunque los índices de Margalef, Simpson y Shannon son mayores en la zona de influencia que en la zona del SAR siendo el valor de este índice mucho más bajo en la zona del proyecto. Los índices Chao-1 y ACE sugieren que en el SAR las especies registradas representan el 91% y 86% respectivamente, mientras que dichos porcentajes son de 80% y 77% para la Zona de Influencia y de 91% y 87% para la Zona del Proyecto; lo anterior sugiere que el SAR y la Zona del Proyecto están bien caracterizados, pero la Zona de Influencia tiene un vacío de información (77-80%) que podrá cubrirse con muestreos futuros.

Tabla IV. 142. Indicadores ecológicos estimados a partir de los datos obtenidos en los sitios de muestreo en cada zona de interés, SAR, Influencia y Proyecto.

Indicador	SAR	Influencia	Proyecto
Riqueza	131	150	93
Abundancia	2284	3739	4434
Dominance_D	0.026	0.056	0.068

CONSULTA PÚBLICA

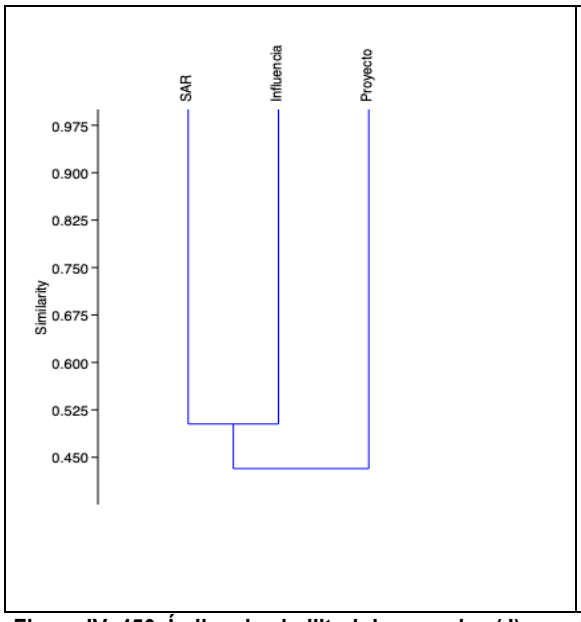
Indicador	SAR	Influencia	Proyecto
Simpson_1-D	0.974	0.944	0.932
Shannon_H	4.062	3.638	3.263
Evenness_e^H/S	0.443	0.253	0.281
Margalef	16.810	18.110	10.960
Equitability_J	0.833	0.726	0.720
Chao-1	144.60	187.30	102.50
iChao-1	145.90	199.90	104.20
ACE	151.60	193.00	106.90

Estos resultados sugieren que la zona del proyecto es un sitio de agregación crítica, probablemente una zona de forrajeo o descanso intensivo. La alta abundancia de unas pocas especies (baja equitatividad) indica que el área ofrece un recurso muy específico y abundante (ej. bancos de peces o invertebrados en aguas someras) que es aprovechado masivamente por especies gregarias (aves acuáticas). El SAR funciona como un amortiguador (buffer). Una alta equitatividad significa que no hay una especie dominante que controle todo el sistema, mientras que el hecho de que la zona de Influencia presenta la mayor riqueza y el mayor índice de Margalef sugiere que esta área funciona como una zona de transición o interfase. La alta riqueza sugiere una mayor heterogeneidad de hábitats que permite la coexistencia de especies tanto del SAR como de la zona lagunar.

Índice de similitud de especies en las zonas de interés.

El análisis de la similitud de especies entre diferentes comunidades es importante para entender la diversidad beta la cual mide el recambio de especies entre las comunidades. La diversidad beta se compone de dos procesos: el recambio (sustitución de especies de un sitio a otro) y el anidamiento (cuando una zona es un subconjunto de otra). Al aplicar el índice de similitud de especies (Jaccard; Magurran, 1991) para comparar la composición de especies registradas en cada zona con base a lo encontrado durante los muestreos en cada sitio resulta evidente la moderada similitud entre las zonas siendo ligeramente mayor entre la zona del SAR y la de Influencia (Figura IV. 450). Esta similitud puede explicarse por la dominancia de los ecosistemas muestreados en cada caso, en el proyecto dominan el cuerpo lagunar y zonas de mangle y marisma, mientras que en la zona de influencia además de cuerpos lagunares y mangles y marismas existe vegetación de dunas, zonas de playa y porciones de selva baja caducifolia, por último, el SAR se muestrearon además de todos los ecosistemas antes mencionados, otros como áreas urbanas, y vegetación de arroyo.

CONSULTA PÚBLICA



	Influencia	Proyecto	SAR
Influencia	**1.0000**	0.4464	0.5027
Proyecto	0.4464	**1.0000**	0.4177
SAR	0.5027	0.4177	**1.0000**

Figura IV. 450. Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en las tres zonas de interés.

Estos resultados sugieren que la zona del proyecto representa un subsistema especializado y registra la menor similitud relativa porque es un ambiente homogéneo (cuerpo lagunar, mangle y marisma). Al tener poca diversidad de hábitats, el recambio dentro del proyecto es bajo, pero su diferencia con las otras zonas es alta porque carece de los elementos terrestres (selva, dunas). La mayor similitud entre el SAR y la Zona de Influencia se explica porque comparten el núcleo ecológico (humedales) y añaden elementos de transición (selva baja y dunas). El recambio de especies aquí es más fluido. Las especies generalistas y las que tienen amplias áreas de actividad (como mamíferos medianos y aves de rapiña) transitan entre estas dos zonas, lo que homogeniza su composición taxonómica. La zona del proyecto es un sistema de "filtro ambiental" estricto. Solo especies tolerantes a la salinidad y dependientes de inundación (acuáticas/limícolas) están presentes, mientras que en la zona de influencia la aparición de dunas y selva baja introduce un recambio importante. Aquí aparecen gremios que no pueden estar en el proyecto (ej. reptiles terrestres, aves de bosque seco, mamíferos pequeños). Por último, el SAR al incluir zonas urbanas y vegetación de arroyo, el SAR captura especies sinantrópicas (adaptadas a humanos) y especies de agua dulce. Esto dispara la diversidad gamma (total), pero mantiene una similitud moderada con la influencia porque comparten la "columna vertebral" del ecosistema costero.

CONSULTA PÚBLICA

Curvas de acumulación de especies y esfuerzo de muestreo.

A continuación, se presenta un análisis de los sitios en cada zona. Se ubicaron 13 sitios en la zona del proyecto, 13 en la zona de influencia y 9 en el SAR (se incluye un décimo sitio que corresponde en la zona de la isla dentro del estero Palo verde). Se presenta inicialmente las curvas de acumulación de especies para cada zona. Si bien en la Tabla IV.19 se hizo mención a los indicadores Chao-1 y ACE, estos fueron realizados mediante el programa PAST 4®, sin embargo, las curvas que a continuación se presentan han sido realizadas con el

programa EstimateS® arrojando predicciones diferentes a las de PAST 4®. Las diferencias en las estimaciones se deben a la implementación algorítmica, el manejo de datos de abundancia, las correcciones estadísticas aplicadas y la forma de ordenar o muestrear los datos (aleatorización). Lo anterior no significa que uno sea correcto y el otro incorrecto, sino que EstimateS tiende a seguir las directrices más precisas de las fórmulas de Anne Chao (especialmente en la aleatorización y manejo de 0), mientras que PAST 4 ofrece un cálculo rápido basado en la abundancia observada.

La Figura IV. 451 presenta las estimaciones para los sitios del SAR en los que se registró un total de 131 especies, el estimador Chao-1 promedio (con 95% de confianza) sugiere una riqueza de 193 especies, 62 más de las registradas; se registró en campo el 68% de las estimadas. El Chao2 presenta una trayectoria de crecimiento constante y sostenida, es consistentemente el más alto de los tres estimadores en la mayoría de los puntos de datos (especialmente en los tramos intermedios y finales. El Chao2, al basarse en la frecuencia de ocurrencia (presencia/ausencia en muestras) sugiere que la comunidad SAR posee una alta heterogeneidad espacial. Esto indica que muchas especies están restringidas a pocas muestras, lo que dispara la estimación cuando se añade nueva área o esfuerzo de muestreo. El estimador Jacknife1 es consistentemente el valor más bajo de los tres estimadores en cada etapa del muestreo. Aunque también muestra una tendencia ascendente, su pendiente es menos pronunciada que la de Chao2. El estimador Jackknife 1 corrige el sesgo contando cuántas especies aparecen en una sola muestra (uniques). Al ser el valor más cercano a los "reales", nos indica que, aunque el muestreo es insuficiente, el conjunto de datos tiene una estructura donde las especies no están tan dispersas o "escondidas" como sugiere Chao2. Es una estimación más prudente y menos propensa a inflarse por muestreos de baja intensidad.

Todos los estimadores muestran una tendencia ascendente, lo cual es típico en las curvas de acumulación de especies. Esto indica que a medida que se aumenta el esfuerzo de muestreo (o número de individuos/muestras), el número de especies registradas sigue aumentando, señalando que el inventario aún no está completo. En todos los puntos, los estimadores son mayores que el valor real (observado). Esto es correcto biológicamente, ya que los estimadores intentan predecir la "riqueza asintótica" (la riqueza total real de la comunidad) que no se logra observar completamente por limitaciones de muestreo.

Para el caso del área de Influencia en la que se registraron 150 especies, el estimador Chao-1 promedio (con 95% de confianza) sugiere una riqueza de 223 especies, 73 más de las registradas (Figura IV. 452); se registró en campo el 67% de las estimadas. El estimador Chao2 muestra un crecimiento más dinámico y superior al de Jackknife 1 en las etapas intermedias, hacia el final de la serie, el valor se eleva hasta 223 especies, ya que este estimador es muy sensible a la distribución espacial, aumentando considerablemente por encima de los valores reales (observados) lo que indica que en la Zona de Influencia hay una alta tasa de recambio o especies raras que aparecen en pocas muestras (incidencia baja). Esto sugiere que la diversidad de la zona es heterogénea. Jacknife1 presenta un crecimiento más moderado y constante, terminando en 209 especies. Su valor final, al ser significativamente menor que Chao2 y Chao1, sugiere que el conjunto de especies "únicas" (aquellas observadas solo una vez) es menor de lo que Chao2 predice. En resumen, los estimadores sugieren que la Zona de Influencia exhibe una complejidad biológica donde la detección de nuevas especies no se detiene, lo cual es típico de comunidades con alta riqueza y baja abundancia relativa por especie.

CONSULTA PÚBLICA

En el caso del área del proyecto donde se registraron 93 especies el estimador Chao-1 promedio (con 95% de confianza) sugiere una riqueza de 125 especies, 32 más de las registradas (Figura IV. 453); se registró en campo el 75% de las estimadas. El Chao1 muestra un crecimiento inicial rápido, pero a partir del punto de 84.3 (reales) a comienza a decrecer lo que es importante biológicamente ya que indica que el número de especies con un solo individuo (singletons) se ha reducido drásticamente, sugiriendo que se ha alcanzado la mayoría de las especies raras presentes en esta zona. El Chao2 tiene una tendencia de crecimiento constante, lo que indica que, aunque el muestreo es bueno, todavía hay algunas especies de baja frecuencia que aparecen al añadir nuevas unidades de muestreo, mientras que el Jackknife1 muestra una tendencia de crecimiento muy suave y estable siguiendo la curva de los valores reales, lo que sugiere que es el más fiable para esta zona específica. Los resultados sugieren que, si bien los muestreos de campo no registraron todas las especies estimadas en las tres zonas, su porcentaje de registro puede considerarse adecuado, siendo el porcentaje más alto en el área del proyecto.

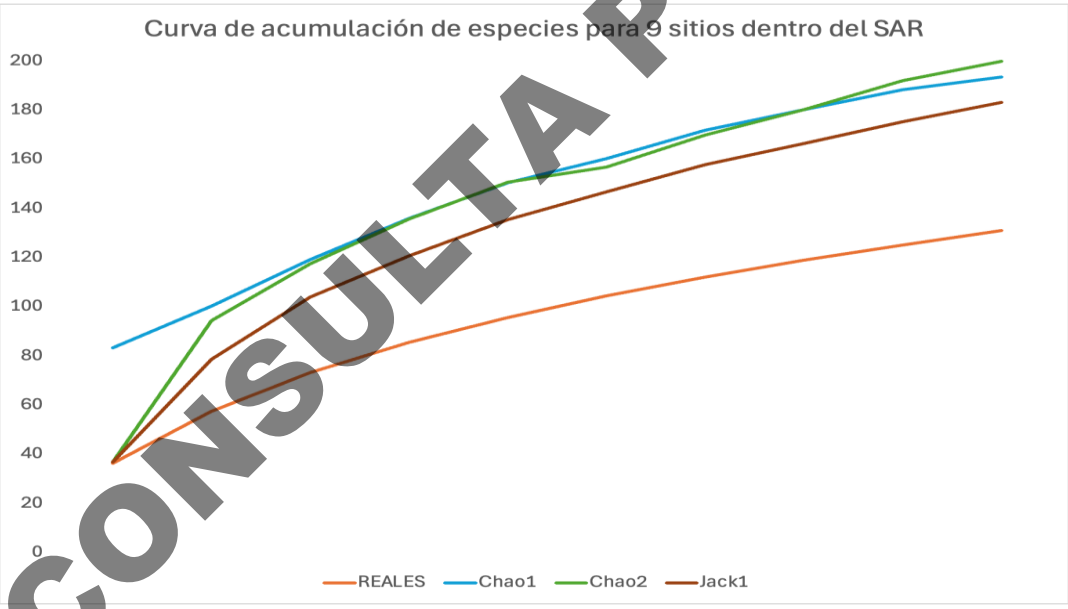


Figura IV. 451. Curvas de acumulación de especies para los 9 sitios de muestreo del SAR determinados con EstimateS®.

CONSULTA PÚBLICA

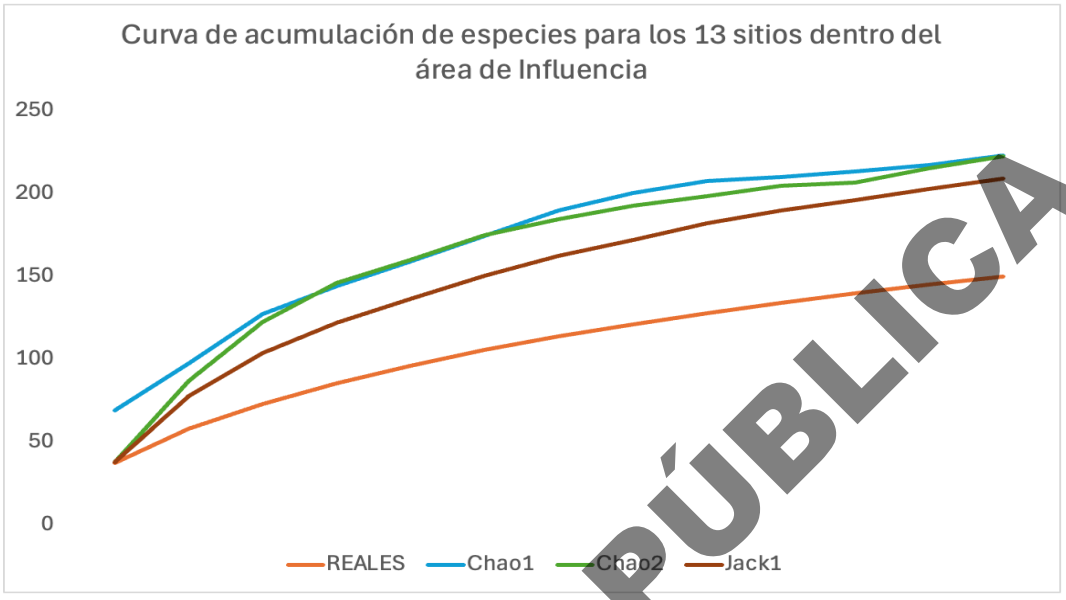


Figura IV. 452. Curvas de acumulación de especies para los 13 sitios de muestreo dentro del área de Influencia determinadas con EstimateS®.

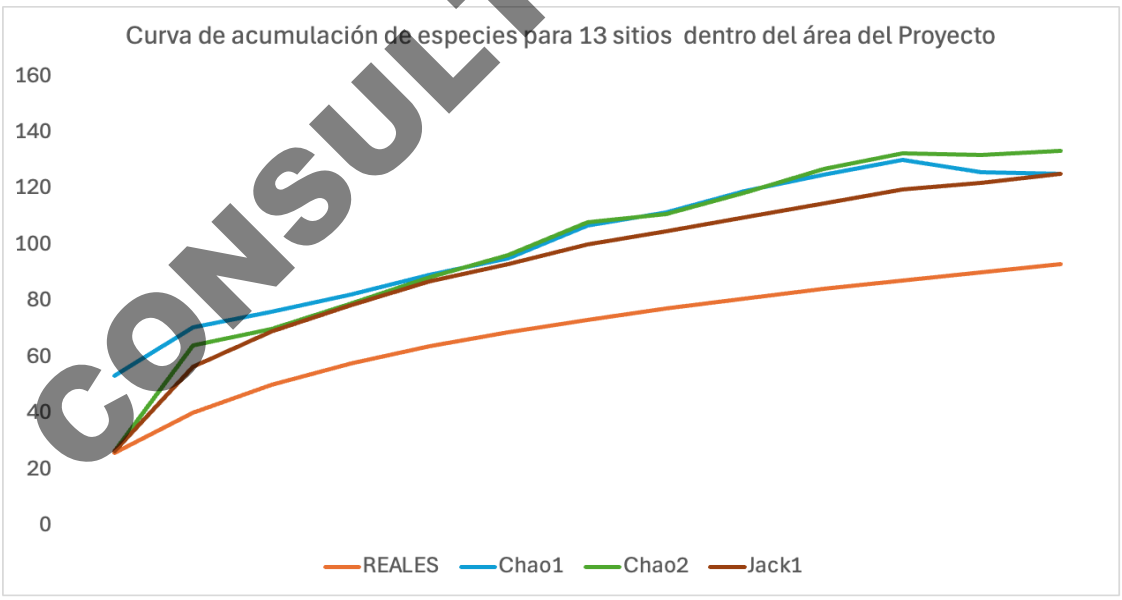


Figura IV. 453. Curvas de acumulación de especies para los 13 sitios de muestreo dentro del área del proyecto determinadas con EstimateS®.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.8.6 Comparaciones entre los sitios de muestreo por zona

El resumen de indicadores estimados para los sitios del SAR puede consultarse en la Tabla IV. 143. El sitio de mayor riqueza es el 1SAR seguido por el 5SAR, 3SAR y 6SAR mientras que los de menor riqueza son a los alrededores de la isla en el estero Palo Verde, el 2SAR, el 4SAR y 9SAR. Entre los que resaltan por su abundancia registrada se encuentran el 1SAR, 8SAR, Palo Verde y 3SAR. Los sitios con mayor diversidad de acuerdo con los diferentes índices son el 5SAR, 6SAR, 7SAR y el 3SAR.

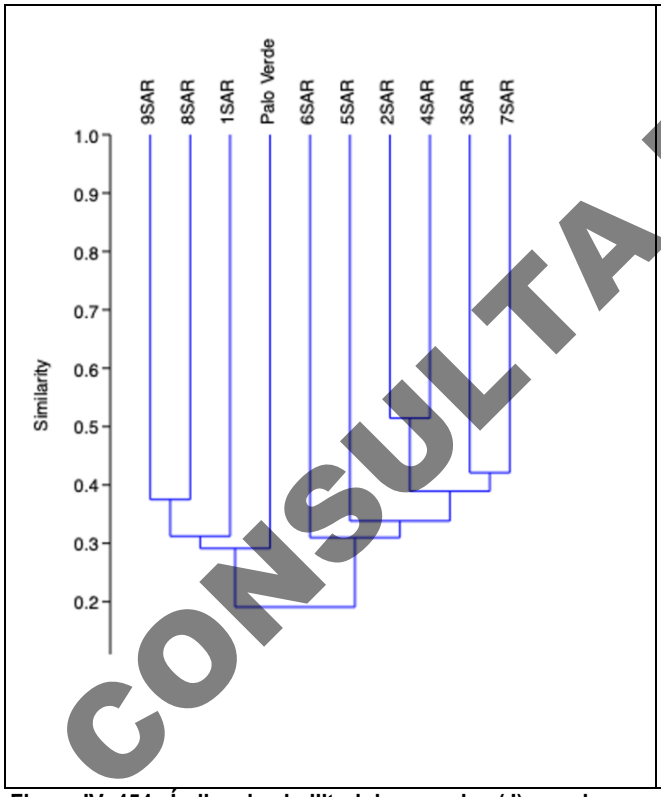
Tabla IV. 143 Indicadores ecológicos del total de especies registradas en todos los sitios de muestreo dentro del SAR.

Indicador	1SAR	2SAR	3SAR	4SAR	5SAR	6SAR	7SAR	8SAR	9SAR	Palo Verde
Riqueza	47	26	41	27	43	41	40	39	27	30
Abundancia	558	74	236	85	163	189	169	416	100	294
Dominance_D	0.080	0.075	0.079	0.055	0.042	0.049	0.040	0.082	0.107	0.098
Simpson_1-D	0.920	0.925	0.921	0.945	0.959	0.951	0.960	0.918	0.893	0.902
Shannon_H	3.030	2.999	3.077	3.131	3.518	3.363	3.450	2.946	2.894	2.726
Evenness_e^H/S	0.440	0.772	0.529	0.848	0.784	0.704	0.788	0.488	0.669	0.509
Margalef	7.273	5.808	7.321	5.852	8.245	7.631	7.602	6.301	5.646	5.102
Equitability_J	0.787	0.920	0.829	0.950	0.935	0.906	0.935	0.804	0.878	0.802

En términos de riqueza y abundancia se observa un alta una alta variabilidad entre los sitios del SAR. El sitio 1SAR destaca por una riqueza y abundancia marcadamente altos, mientras que el sitio 2SAR es el punto con menor diversidad. Lo anterior sugiere que la zona SAR no es homogénea. El sitio 1SAR probablemente funciona como un "núcleo de dispersión" o un hábitat con mayor complejidad estructural, mientras que los sitios de baja abundancia pueden estar sujetos a condiciones de estrés o menor disponibilidad de recursos. Con respecto a la diversidad los valores de Shannon son relativamente altos, lo que sugiere una comunidad diversa. El sitio 5SAR muestra el mayor índice de Shannon, mientras que Palo Verde tiene el más bajo, mientras que el índice de Simpson muestra valores muy altos y estables sugiriendo junto con los valores del índice de Simpson una alta equidad y diversidad de especies. Así mismo se puede mencionar que las especies están bien distribuidas ya que no existe una dominancia extrema de una sola especie: el índice de equitatividad es consistentemente alto en la mayoría de los sitios. Sin embargo, el índice de uniformidad (H/S) presenta fluctuaciones notables, especialmente en 1SAR y Palo Verde lo que sugiere que aunque la riqueza de especies es alta, en los sitios 1SAR y Palo Verde existe una menor uniformidad. Esto sugiere que, aunque hay muchas especies presentes, algunas son mucho más abundantes que otras en esos puntos específicos, lo cual es típico de comunidades en proceso de sucesión. Con respecto a la riqueza específica y el índice de Margalef, el índice de Margalef muestra un pico en 5SAR confirmando que este sitio el que tiene la mayor riqueza relativa, lo que implica una mayor capacidad del hábitat para soportar una variedad de especies independientemente del número de individuos capturados.

CONSULTA PÚBLICA

En análisis de similitud de especies (J) entre los sitios de muestreo del SAR de baja a intermedia (Figura IV. 454) en la que se agrupan los sitios 1SAR, 8SAR, 9SAR y el del Palo Verde, lo que se debe a que todos esos sitios son áreas con ambientes acuáticos con vegetación de manglar y ecosistemas asociados. Esta similitud de especies, de baja a intermedia indica cierto recambio de especies a lo largo del área del SAR durante los muestreos. La mayoría de los valores en la matriz son bajos (generalmente entre 0.15 y 0.40) lo que indica que existe un alto recambio de especies entre los sitios sugiriendo que las comunidades en los diferentes puntos del SAR son bastante distintas entre sí. La prevalencia de valores bajos confirma que la diversidad total de la región SAR se debe en gran medida al recambio de especies entre sitios, más que a la riqueza dentro de un solo sitio. Esto es un indicador de heterogeneidad ambiental: pequeñas variaciones en el entorno están determinando qué especies pueden establecerse en cada lugar.



	1SAR	2SAR	3SAR	4SAR	5SAR	6SAR	7SAR	8SAR	9SAR	Palo Verde
1SAR	1.0000	0.1967	0.1733	0.2333	0.2500	0.1579	0.2254	0.3030	0.3214	0.2623
2SAR	0.1967	1.0000	0.3400	0.5143	0.2778	0.2885	0.4043	0.2500	0.2045	0.0566
3SAR	0.1733	0.3400	1.0000	0.4167	0.2923	0.3226	0.4211	0.2500	0.1930	0.0758
4SAR	0.2333	0.5143	0.4167	1.0000	0.4000	0.3600	0.3958	0.3750	0.2558	0.0755
5SAR	0.2500	0.2778	0.2923	0.4000	1.0000	0.2923	0.3833	0.2813	0.2069	0.0735
6SAR	0.1579	0.2885	0.3226	0.3600	0.2923	1.0000	0.2857	0.2500	0.1724	0.0758
7SAR	0.2254	0.4043	0.4211	0.3958	0.3833	0.2857	1.0000	0.2951	0.1754	0.0769
8SAR	0.3030	0.2500	0.2500	0.3750	0.2813	0.2500	0.2951	1.0000	0.3750	0.2545
9SAR	0.3214	0.2045	0.1930	0.2558	0.2069	0.1724	0.1754	0.3750	1.0000	0.3571
Palo Verde	0.2623	0.0566	0.0758	0.0755	0.0735	0.0758	0.0769	0.2545	0.3571	1.0000

Figura IV. 454.. Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en los sitios del SAR.

El resumen de indicadores estimados para los sitios del área de Influencia es presentado en la Tabla IV. 144. El sitio de mayor riqueza es el 5AI seguido por 10AI, 13AI y 8AI mientras que los de menor riqueza son el 4AI, 7AI y 12AI. Entre los que resaltan por su abundancia registrada se encuentran el 6AI, 11AI, 10AI y 1AI. Los sitios con mayor diversidad de acuerdo con los diferentes índices son el 5AI, 10AI, 1AI y el 9AI. En términos de abundancia los sitios 6AI y 11AI muestran los niveles de dominancia (D) más altos y los índices de Shannon

CONSULTA PÚBLICA

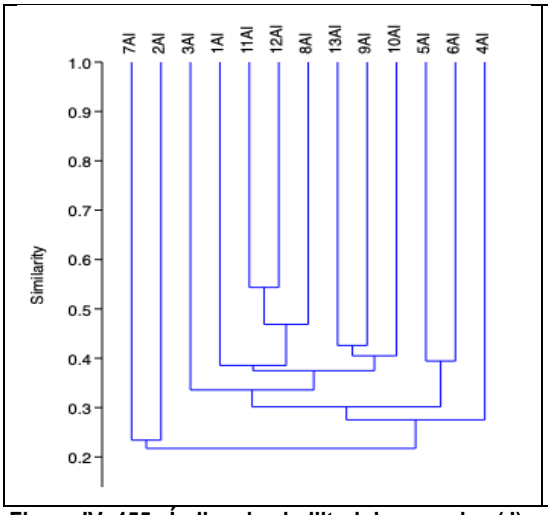
(H') más bajos lo que indica que pocas especies (probablemente oportunistas o generalistas). Por otro lado, los 5AI, 7AI, 3AI, 12AI mantienen una equidad (J) superior a 0.85 y una riqueza de especies elevada indicando que estos sitios los más estables y resilientes del sistema. El índice de Margalef es más alto en el sitio 5AI por lo que sin duda es el sitio con mayor complejidad biológica de toda la zona de Influencia.

Tabla IV. 144. Indicadores ecológicos del total de especies registradas en todos los sitios de muestreo dentro del área de Influencia.

Indicadores	10AI	11AI	12AI	13AI	1AI	2AI	3AI	4AI	5AI	6AI	7AI	8AI	9AI
Riqueza	50	41	30	38	44	30	32	26	59	40	28	38	39
Abundancia	454	631	142	329	344	110	113	161	285	658	113	214	185
Dominance_D	0.092	0.341	0.042	0.114	0.115	0.119	0.083	0.260	0.049	0.581	0.043	0.063	0.066
Simpson_1-D	0.908	0.659	0.958	0.886	0.885	0.881	0.917	0.740	0.951	0.419	0.957	0.937	0.934
Shannon_H	3.054	2.017	3.287	2.791	2.898	2.832	3.079	2.236	3.587	1.341	3.256	3.139	3.205
Evenness_e^H/S	0.424	0.183	0.892	0.429	0.412	0.566	0.680	0.360	0.613	0.096	0.927	0.607	0.632
Margalef	8.009	6.204	5.852	6.384	7.362	6.170	6.558	4.920	10.260	6.010	5.711	6.895	7.279
Equitability_J	0.781	0.543	0.966	0.767	0.766	0.833	0.889	0.686	0.880	0.364	0.977	0.863	0.875

En análisis de similitud de especies (J) entre los sitios de muestreo del área de Influencia es baja (Figura IV. 455) donde es clara la separación y agrupamiento de los sitios 7AI y 2AI (en las inmediaciones de un cuerpo lagunar), y el de los sitios 8AI, 12AI y 13AI (en zonas de playa, dunas costeras y mangle). Esta baja similitud de especies indica un importante recambio de especies a lo largo del área de Influencia durante los muestreos. La matriz de similitud de Jaccard para la zona de Influencia revela una dinámica ecológica muy distinta a la zona SAR, caracterizada por una mayor conectividad entre los, pero con una composición de claramente diferenciada; A diferencia del SAR, donde la similitud era predominantemente baja, aquí encontramos un grupo de sitios con valores más consistentes, un recambio de especies más lento en la zona de Influencia. Esto sugiere que las especies están más dispersas por toda el área y que los factores ambientales (como el tipo de suelo, vegetación o perturbación) son más uniformes en gran parte de esta zona y la conectividad biológica es mayor.

CONSULTA PÚBLICA



	10AI	11AI	12AI	13AI	1AI	2AI	3AI	4AI	5AI	6AI	7AI	8AI	9AI
10AI	1.000	0.358	0.333	0.419	0.362	0.250	0.323	0.246	0.267	0.324	0.219	0.333	0.391
11AI	0.358	1.000	0.543	0.411	0.393	0.268	0.377	0.288	0.351	0.306	0.190	0.491	0.379
12AI	0.333	0.543	1.000	0.478	0.396	0.250	0.378	0.302	0.309	0.321	0.261	0.447	0.408
13AI	0.419	0.411	0.478	1.000	0.367	0.259	0.373	0.306	0.293	0.258	0.245	0.357	0.426
1AI	0.362	0.393	0.396	0.367	1.000	0.276	0.288	0.228	0.321	0.273	0.241	0.367	0.383
2AI	0.250	0.268	0.250	0.259	0.276	1.000	0.265	0.167	0.141	0.129	0.234	0.214	0.232
3AI	0.323	0.377	0.378	0.373	0.288	0.265	1.000	0.289	0.338	0.333	0.200	0.273	0.340
4AI	0.246	0.288	0.302	0.306	0.228	0.167	0.289	1.000	0.269	0.269	0.174	0.255	0.300
5AI	0.267	0.351	0.309	0.293	0.321	0.141	0.338	0.269	1.000	0.394	0.145	0.276	0.342
6AI	0.324	0.306	0.321	0.258	0.273	0.129	0.333	0.269	0.394	1.000	0.115	0.258	0.254
7AI	0.219	0.190	0.261	0.245	0.241	0.234	0.200	0.174	0.145	0.115	1.000	0.200	0.340
8AI	0.333	0.491	0.447	0.357	0.367	0.214	0.273	0.255	0.276	0.258	0.200	1.000	0.328
9AI	0.391	0.379	0.408	0.426	0.383	0.232	0.340	0.300	0.342	0.254	0.340	0.328	1.000

Figura IV. 455 . Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en los sitios del área de Influencia.

El resumen de indicadores estimados para los sitios del área del Proyecto puede consultarse en la Tabla IV. 145. El sitio de mayor riqueza es el 7AP seguido por 2AP, 9AP y 8AP mientras que los de menor riqueza son el 6AP, 11AP y 1AP. Entre los que resaltan por su abundancia registrada se encuentran el 7AP, 4AP, 11AP y 3AP. Los sitios con mayor diversidad de acuerdo con los diferentes índices son el 9AP, 2AP, 8AP y el 13AP.

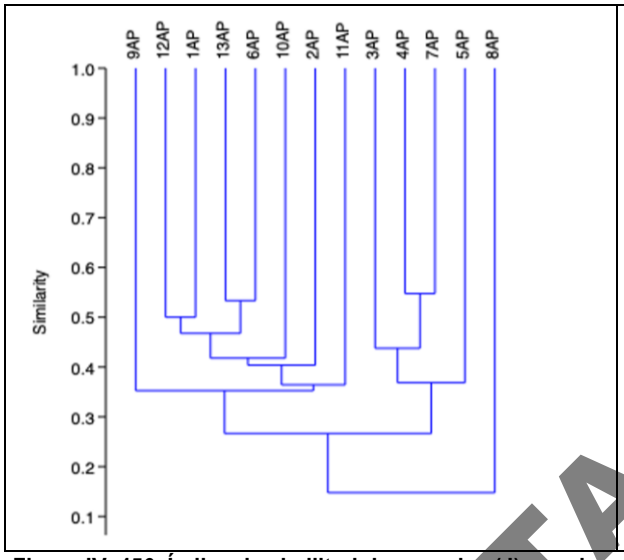
Tabla IV. 145. Indicadores ecológicos del total de especies registradas en todos los sitios de muestreo dentro del área del Proyecto.

Indicadores	1AP	2AP	3AP	4AP	5AP	6AP	7AP	8AP	9AP	10AP	11AP	12AP	13AP
Riqueza	21	34	22	28	22	18	37	31	33	24	20	24	28
Abundancia	220	346	350	794	77	132	1247	208	117	106	476	225	136
Dominance_D	0.151	0.129	0.177	0.219	0.072	0.383	0.139	0.113	0.057	0.117	0.269	0.234	0.076
Simpson_1-D	0.849	0.871	0.823	0.781	0.928	0.617	0.861	0.887	0.943	0.883	0.731	0.766	0.924
Shannon_H	2.391	2.635	2.211	2.096	2.867	1.769	2.539	2.724	3.222	2.620	1.678	2.138	2.937
Evenness_e^H/S	0.520	0.410	0.415	0.290	0.800	0.326	0.343	0.492	0.760	0.573	0.268	0.353	0.673
Margalef	3.708	5.644	3.585	4.044	4.834	3.482	5.050	5.621	6.720	4.932	3.082	4.247	5.496
Equitability_J	0.785	0.747	0.715	0.629	0.928	0.612	0.703	0.793	0.922	0.825	0.560	0.673	0.881

En análisis de similitud de especies (J) entre los sitios de muestreo del área del Proyecto muestra una similitud con tendencia intermedia (Figura IV. 456) donde es clara la separación y agrupamiento de los sitios 4AP, 5AP y 7AP y el de los sitios 1AP, 6AP, 12AP y 13AP. Los sitios 8AP y 9AP se separan de sus grupos probablemente por estar ubicados en zona de infraestructura planeada fuera del cuerpo lagunar. Esta similitud de especies con

CONSULTA PÚBLICA

valores intermedios indica cierto recambio de especies a lo largo del área de Influencia durante los muestreos. A diferencia de la Zona de Influencia, que presentaba bloques más conectados, la zona del Proyecto muestra valores de similitud predominantemente bajos lo que indica un alto recambio de especies entre sitios.



	10AP	11AP	12AP	13AP	1AP	2AP	3AP	4AP	5AP	6AP	7AP	8AP	9AP
10AP	1.000	0.333	0.412	0.405	0.406	0.415	0.150	0.238	0.314	0.448	0.245	0.222	0.390
11AP	0.333	1.000	0.419	0.371	0.367	0.385	0.167	0.200	0.235	0.310	0.239	0.109	0.293
12AP	0.412	0.419	1.000	0.486	0.500	0.349	0.179	0.268	0.243	0.400	0.245	0.170	0.295
13AP	0.405	0.371	0.486	1.000	0.485	0.476	0.250	0.333	0.351	0.533	0.275	0.157	0.356
1AP	0.406	0.367	0.500	0.485	1.000	0.410	0.265	0.256	0.303	0.500	0.208	0.156	0.350
2AP	0.415	0.385	0.349	0.476	0.410	1.000	0.244	0.240	0.366	0.368	0.246	0.182	0.367
3AP	0.150	0.167	0.179	0.250	0.265	0.244	1.000	0.471	0.294	0.250	0.405	0.104	0.375
4AP	0.238	0.200	0.268	0.333	0.256	0.240	0.471	1.000	0.471	0.314	0.548	0.093	0.271
5AP	0.314	0.235	0.243	0.351	0.303	0.366	0.294	0.471	1.000	0.379	0.341	0.104	0.341
6AP	0.448	0.310	0.400	0.533	0.500	0.368	0.250	0.314	0.379	1.000	0.196	0.195	0.417
7AP	0.245	0.239	0.245	0.275	0.208	0.246	0.405	0.548	0.341	0.196	1.000	0.097	0.346
8AP	0.222	0.109	0.170	0.157	0.156	0.182	0.104	0.093	0.104	0.195	0.097	1.000	0.185
9AP	0.390	0.293	0.295	0.356	0.350	0.367	0.375	0.271	0.341	0.417	0.346	0.185	1.000

Figura IV. 456. Índice de similitud de especies (J) para las especies de vertebrados registradas en campo en los sitios del área del Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.8.7 Modelos de ocupación y detectabilidad

Los modelos de ocupación y detectabilidad propuestos por MacKenzie et al (2003) es fundamental para elevar el rigor científico de un diagnóstico ambiental, especialmente cuando se trabaja con datos de muestreos discretos (tres visitas mensuales para cada sitio de muestreo ubicado en el SAR, Zona de Influencia y Proyecto). En los muestreos de campo, el hecho de que una especie no sea registrada en una visita no significa que esté ausente. La especie podría estar presente pero no ser detectada debido a su comportamiento, condiciones climáticas. Los datos de datos de campo (3 visitas mensuales por sitio) se utilizan para la ejecución de estos modelos, que separan matemáticamente la probabilidad de ocupación de la probabilidad de detección. Utilizar estos modelos permite distinguir entre especies elusivas de las ausentes ya que algunas especies son naturalmente difíciles de detectar (especies crípticas). Si se estima una ocupación alta pero una detectabilidad baja, biológicamente nos encontramos ante una especie especialista que ocupa bien el territorio, pero es difícil de monitorear.

En el modelo global por especie (occu(~1~1)), la ocupación media global fue de ψ=0.695, es decir, en promedio las especies observadas muestran una alta probabilidad de ocupación en los sitios visitados. En cambio, la detectabilidad promedio fue menor p=0.2109. Esos valores sugieren que la ausencia de registros en una visita no necesariamente implica que la especie no habite en el sitio visitado (Figura IV. 457). Los valores de las probabilidades de ocupación estimadas para grupo de especies son diferentes, en orden descendente,

Mammalia (ψ=0.774), Aves (ψ=0.07), Reptilia (ψ=0.634) y Amphibia (ψ=0.546). En cambio, el patrón de detectabilidad fue diferente, Amphibia presenta la mayor detectabilidad en promedio (p=0.322), seguido por Aves (p=0.22), Reptilia (p=0.197) y Mammalia (p=0.148). Esto sugiere, por ejemplo, que los mamíferos, a pesar de tener una baja detectabilidad por visita, tienen un valor alto de ocupación, es decir, los mamíferos tienen una alta probabilidad de ocupación de los sitios, pero no detectan fácilmente con una visita a los sitios. Al parecer en estas cuatro clases taxonómicas, se observa una mayor probabilidad de ocupación respecto a la probabilidad de detección en una visita (Figura IV. 458 y Figura IV. 459).

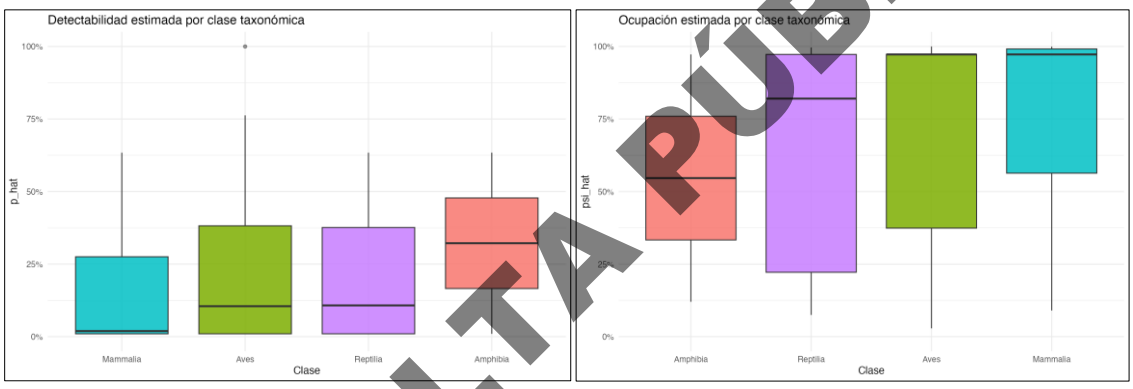


Figura IV. 457. Patrón general de ocupación y detectabilidad por clase taxonómica utilizando todos los sitios de muestreo en las tres zonas de interés.

CONSULTA PÚBLICA

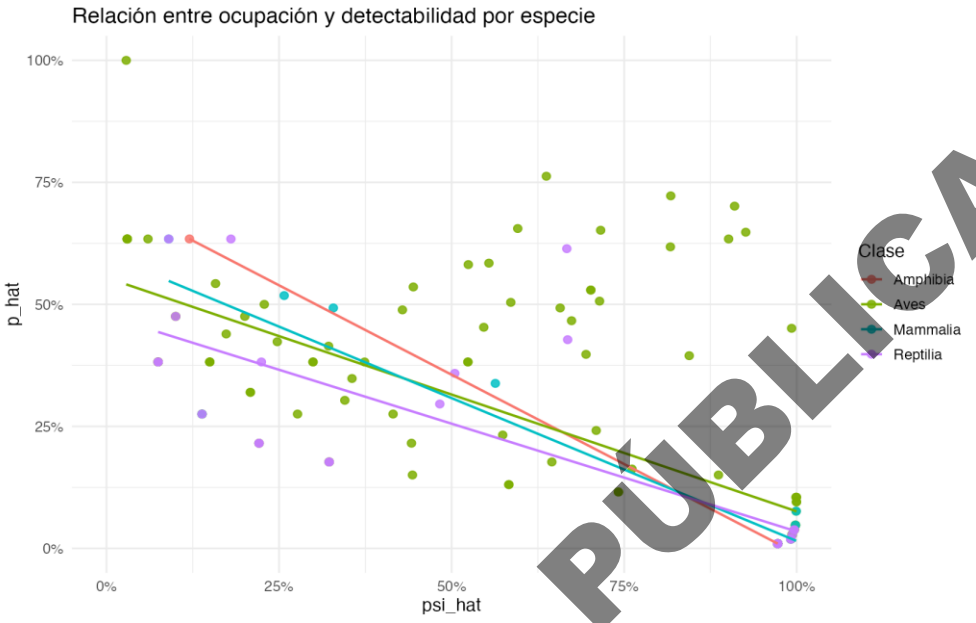


Figura IV. 458. Relación entre ocupación y detectabilidad por especies (y grupo).

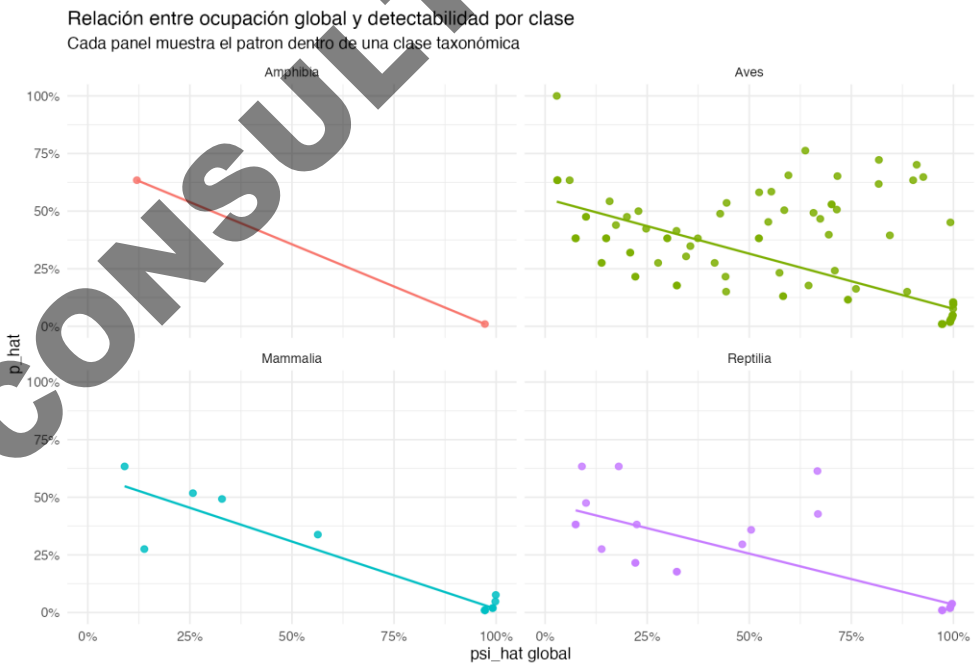


Figura IV. 459. Relación entre global y detectabilidad por Clase.

CONSULTA PÚBLICA

Los resultados obtenidos mediante el modelo de ocupación demuestran que la biodiversidad del sistema lagunar está subestimada si se analiza únicamente a través de los registros de presencia directa. El registro de una probabilidad de ocupación media global superior a la probabilidad de detección confirma la existencia de un sesgo metodológico por "falsas ausencias", donde las especies habitan los sitios, pero su detección fue limitada por el número de visitas a los sitios. El caso de los mamíferos, grupo con mayor probabilidad de ocupación, pero con la menor detectabilidad implica que estos organismos están bien establecidas y ampliamente distribuidos las zonas de interés, pero fueron difíciles de detectar. Los anfibios y aves, aunque muestran patrones distintos, la constante biológica en todas las clases taxonómicas estudiadas es que la ocupación del hábitat supera ampliamente la capacidad de detección. Esto sugiere que las especies están utilizando los sitios de forma más extensiva de lo que sugieren los resultados obtenidos durante las visitas de campo.

IV.3.13.8.8 Efecto de la zona en la ocupación de especies

Al considerar la zona como covariable en la estimación de la probabilidad de ocupación occu(~1~Zona) las estimaciones de ocupación de especies por zona son: Influencia (ψ=0.494), SAR (ψ=0.411) y Proyecto (ψ=0.272). Se observa como la zona Proyecto es la zona con menor probabilidad de ocupación de especies, se considera que lo anterior es importante, ya que, de acuerdo con el tipo de modelo, se supone que la detectabilidad es contante y, sin embargo, la ocupación si se ve influenciada por la zona, siendo en Proyecto la que muestra menor probabilidad de ocupación (Figura IV. 460 y Figura IV. 461). En el caso de la relación entre ψ (probabilidad de ocupación) por zona y p (probabilidad de detectabilidad) general por especie (Figura IV. 461), se modifica la probabilidad de ocupación de las especies de cada grupo taxonómico debido a la zona; esto resulta más claro en la Figura IV. 462. En dicha figura se observa que las aves y anfibios registran mayor ocupación promedio en la Zona de Influencia, mientras que los reptiles y mamíferos registran mayor ocupación promedio en el SAR.

El análisis de la Zona como covariable confirma que la ocupación de las especies no es homogénea en el paisaje, sino que está condicionada por las características intrínsecas de cada una de las áreas (SAR, Influencia y Proyecto). La zona Proyecto presenta la probabilidad de ocupación más baja), inferior a las zonas de Influencia y SAR). La heterogeneidad en la probabilidad de ocupación demuestra que la Laguna de Cuyutlán y sus áreas circundantes funcionan como un sistema complementario. La zona SAR e Influencia actúan como áreas fuente de biodiversidad, mientras que la Zona Proyecto requiere un manejo especial orientado a la restauración, puesto que actualmente posee la menor capacidad para sostener una ocupación faunística diversa y equilibrada. El análisis de la ocupación y detectabilidad por zona para cada grupo taxonómico sugiere que las aves son las más heterogéneas, tienen una presencia amplia, pero con niveles de detectabilidad muy variables y son el grupo con mejor cobertura, pero incluso en ellas, muchas especies muestran valores de detección bajas. Los anfibios muestran un comportamiento atípico con pendientes muy pronunciadas, en zonas como SAR e Influencia, parecen tener una detectabilidad constante cuando ocupan el sitio, su detección es alta, pero en muchos casos la ocupación parece restringida. En el caso de mamíferos y reptiles, estos grupos presentan las pendientes más planas y cercanas a la base lo que confirma que son grupos elusivos. Independientemente de qué tan ocupada esté la zona, su probabilidad de detección sigue siendo baja y constante.

CONSULTA PÚBLICA

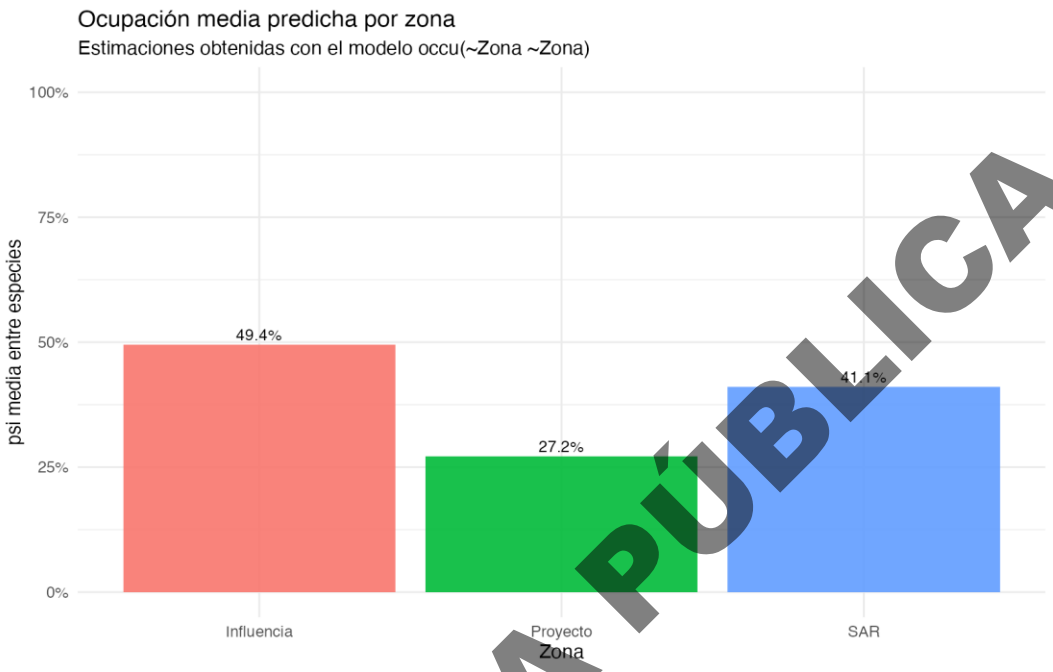


Figura IV. 460. Ocupación media predicha por zona

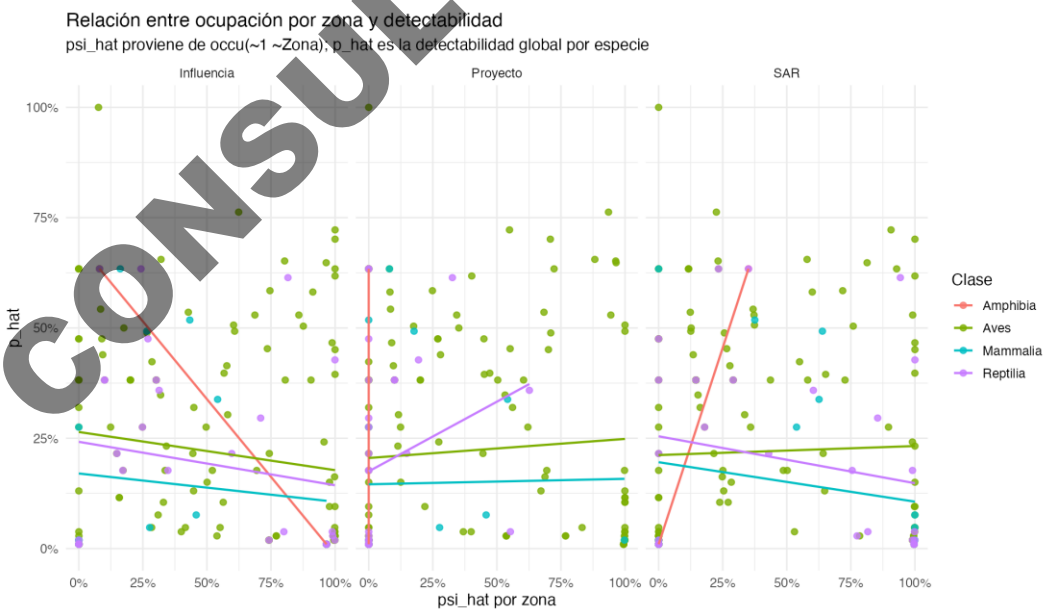


Figura IV. 461. Ocupación detectabilidad media predicha por zona para cada grupo taxonómico

CONSULTA PÚBLICA

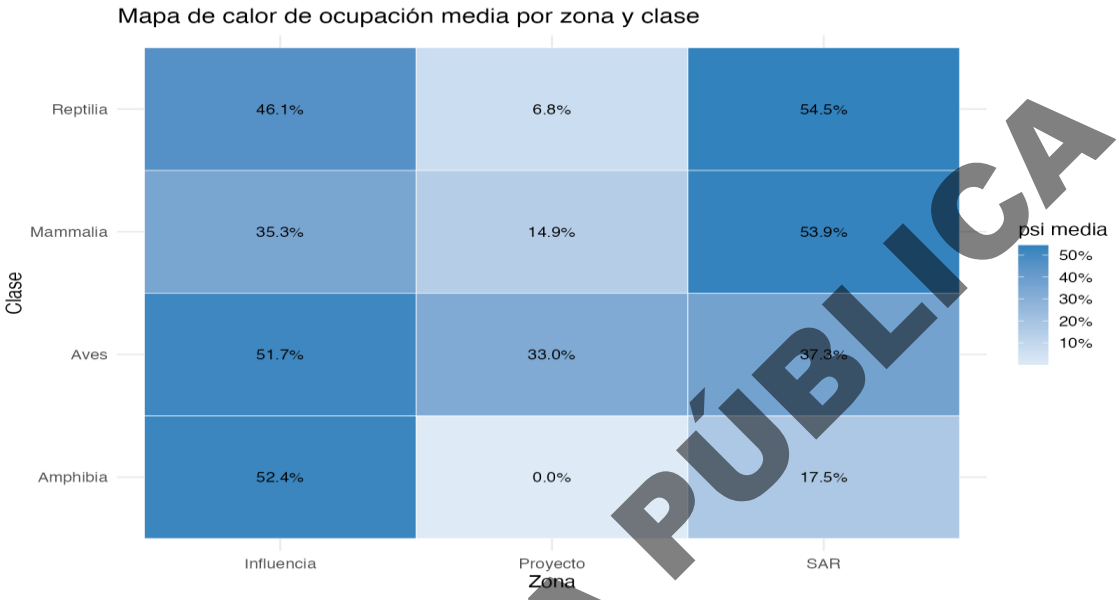


Figura IV. 462. Mapa de calor que muestra las estimaciones de probabilidad de ocupación por zona y clase taxonómica de acuerdo con el modelo occu(~1 ~Zona).

Al graficar las especies con la mayor detectabilidad por zona (Figura IV. 463). resulta evidente, que con excepción de un anfibio (*Leptodatylus melanonotus*) todas las demás especies son aves y son las mismas independientemente de la zona.

CONSULTA PÚBLICA

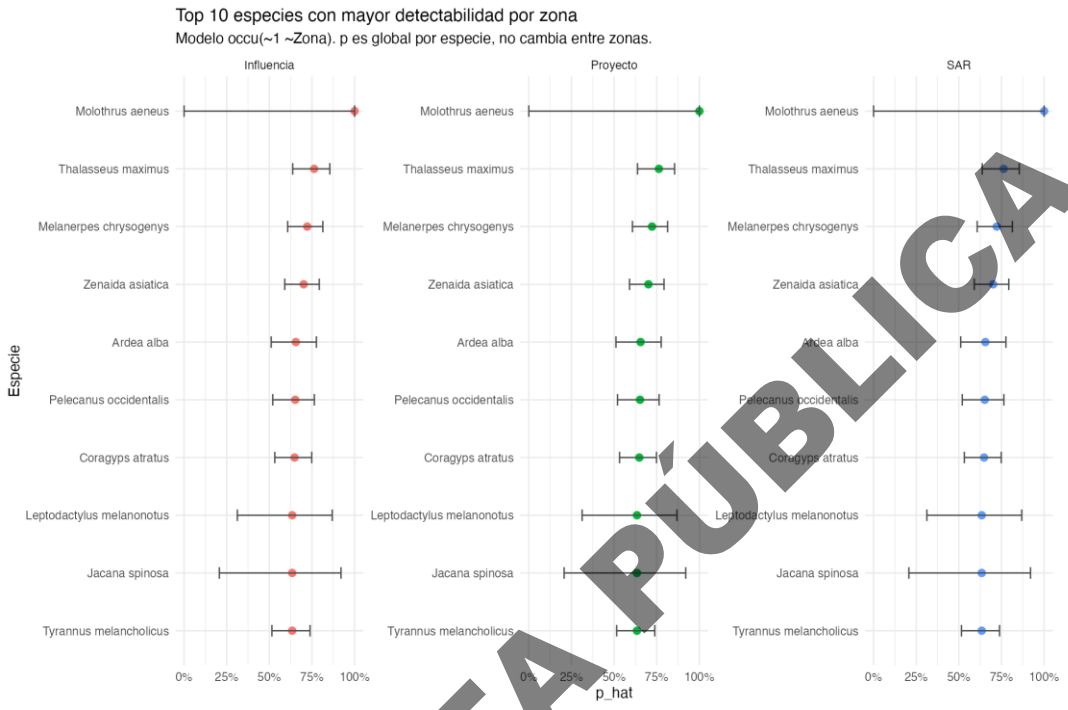


Figura IV. 463. Las 10 especies con mayor detectabilidad por zona

Mientras que al comparar las especies con la mayor detectabilidad por grupo taxonómico se observa una considerable variación en el porcentaje de variación (Figura IV. 464). Esta gráfica que algunas aves como *Molothrus aeneus* registran una detectabilidad cercana al 100% por lo que son especies ideales como indicadores ya que su alta visibilidad permite que cualquier cambio en sus registros sea un indicador temprano y confiable de alteraciones en el ecosistema. En contraste, otras especies como *Sigmodon mascotensis y Tlalocohyla smithii,* presentan niveles de detectabilidad extremadamente bajos, su baja presencia en los registros no refleja una ausencia, sino que fueron especies difíciles de detectar durante los muestreos (en el caso de los anfibios está ausencia se debe a que los muestreos se realizaron en la época de secas. La gráfica demuestra técnicamente por qué un censo simple es insuficiente.

Al graficar las especies con la mayor ocupación por zona (Figura IV. 465). resulta evidente, que con excepción de un reptil (*Aspidoscelis communis*) y un mamífero (*Didelphis virginiana*) todas las demás especies son aves y son las mismas independientemente de la zona. Mientras que al comparar las 10 especies con la mayor ocupación por grupo taxonómico se observa poca variación en el porcentaje de variación (Figura IV. 466). Lo anterior confirma que, independientemente de la detectabilidad, existe un grupo selecto de especies que han logrado colonizar y establecerse con éxito en todas las zonas del sistema lagunar (Influencia, Proyecto y SAR). Las especies listadas (ej. *Setophaga petechia, Zenaida asiatica, Pitangus sulphuratur, Aspidoscelis communis*) presentan una probabilidad de ocupación cercana al 100%. Estas especies no solo están presentes, sino que

CONSULTA PÚBLICA

tienen una alta resiliencia y son parte importante de la estructura de comunidad. Cualquier cambio negativo en sus valores de ocupación en futuras visitas será el indicador más preciso de una degradación ecosistémica del Vaso II y sus alrededores.

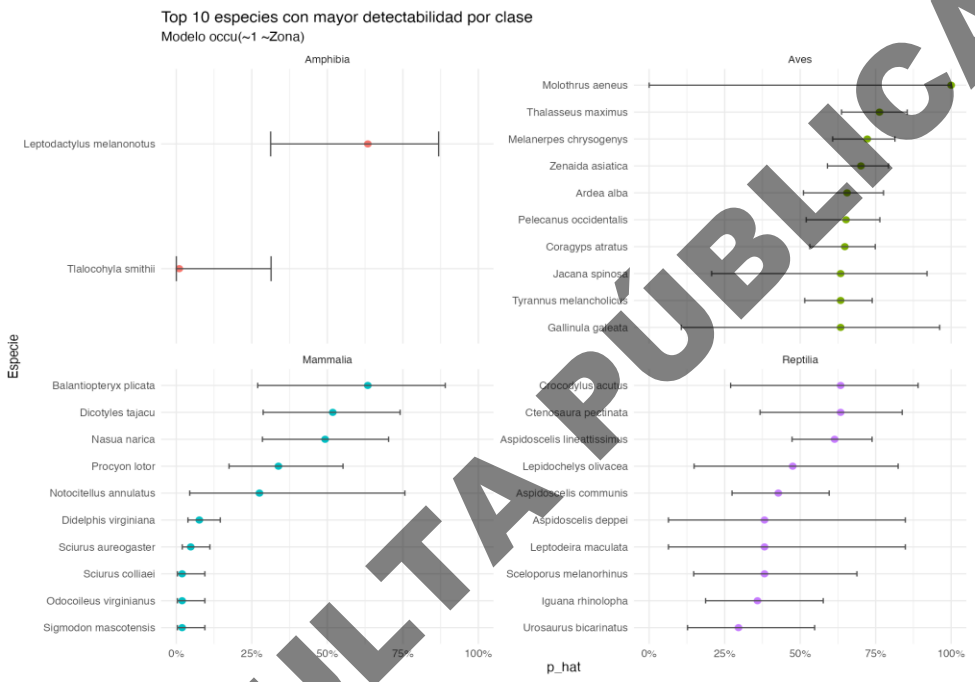


Figura IV. 464. Las 10 especies con mayor detectabilidad por grupo taxonómico

CONSULTA PÚBLICA

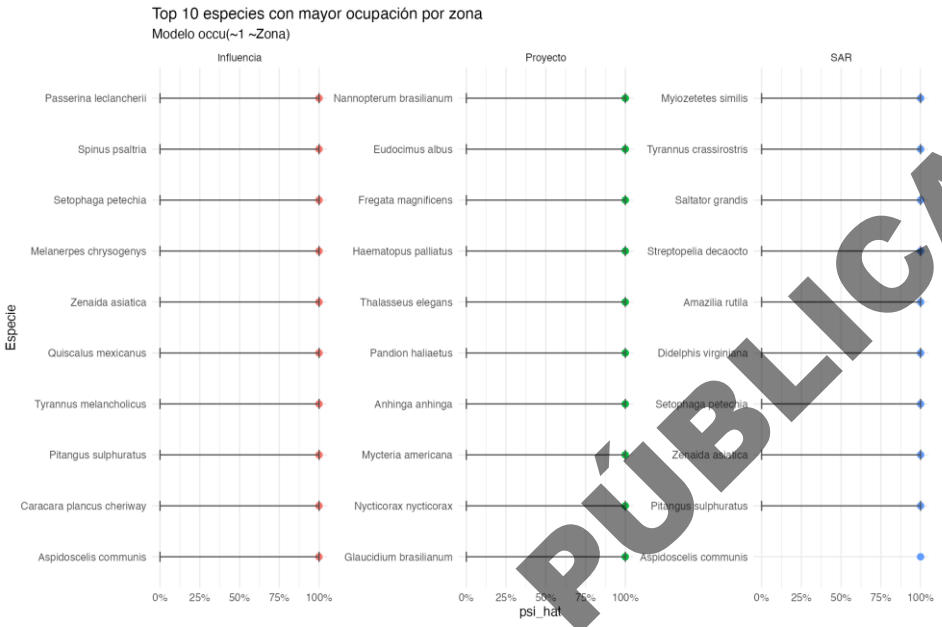


Figura IV. 465. Las 10 especies con mayor ocupación por zona

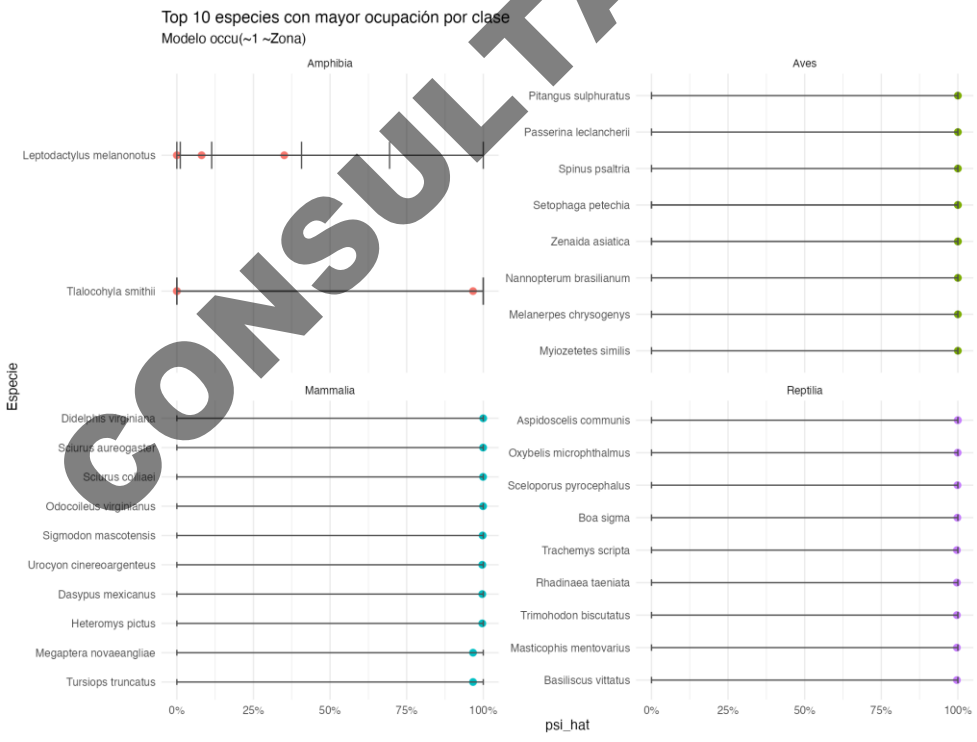


Figura IV. 466. Las 10 especies con mayor ocupación por grupo taxonómico

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.9 Tendencias temporales de la diversidad a partir de datos de campo actuales y previos

Para el presente diagnóstico ambiental, la autoridad ambiental solicitó robustecer los muestreos específicos de enero a marzo de 2026 mediante la incorporación de datos históricos (2019 a 2025) a los que se tiene acceso (55 sitios); para más detalles ver Capitulo VIII. Si bien los muestreos del primer trimestre de 2026 proporcionan información actual, su alcance es limitado en términos de cobertura estacional. La integración de los datos previos permite compensar estas limitaciones, ofreciendo una visión integral del funcionamiento del ecosistema. La complejidad biológica del sistema lagunar (Vaso I, II, III y IV) requiere un análisis a largo plazo. El uso de la serie histórica acumulada permite establecer tendencias temporales y variaciones estacionales que no podrían deducirse a partir de muestreos puntuales o aislados, garantizando que el diagnóstico no se vea sesgado por condiciones meteorológicas o cíclicas particulares de un solo periodo. En la Figura IV. 467 se presenta la ubicación de todos sitios de donde se obtuvo información de diferentes programas, esta y demás información más detallada puede consultarse en el Capítulo VIII.

CONSULTA PÚBLICA

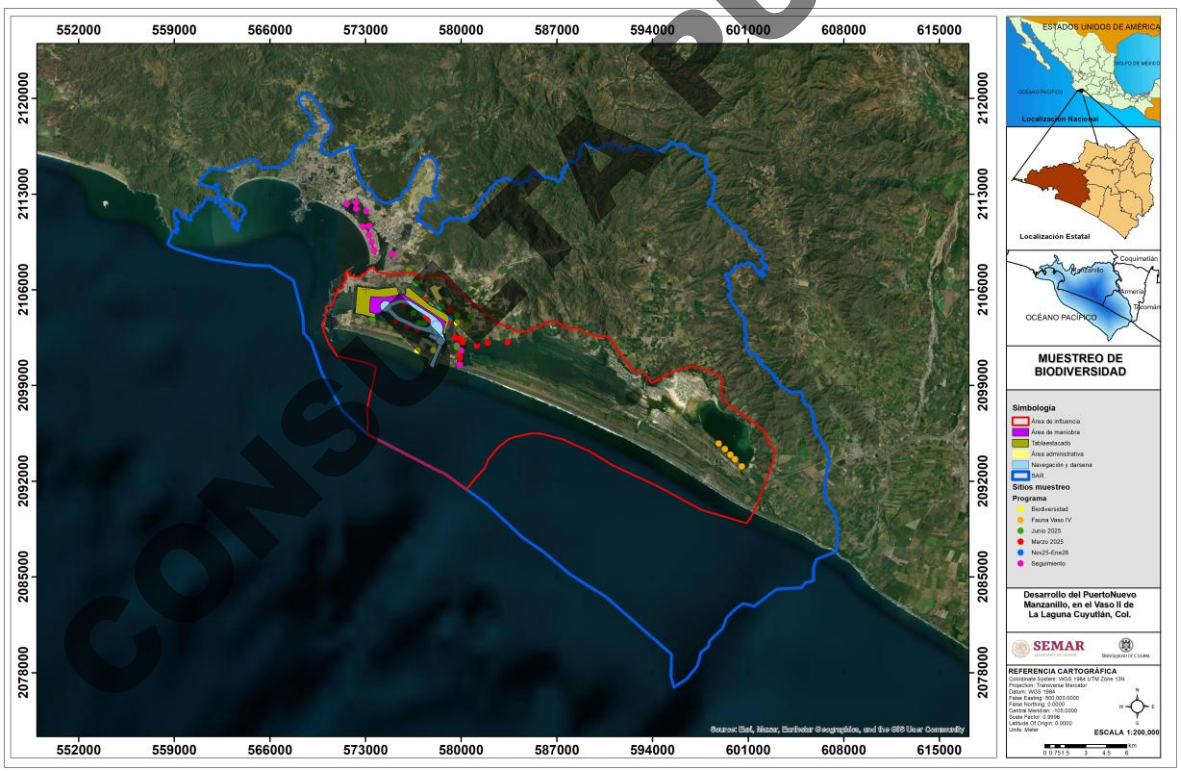


Figura IV. 467. Ubicación de los 55 sitios de muestreo previos de la fauna y su relación con el proyecto (rojo), área de influencia (línea verde) y SAR (línea azul).

El patrón temporal de la diversidad de especies se estimó mediante el índice de Menhinick (Menhinick, 1964) debido a que es una medida de diversidad utilizada para evaluar la riqueza de especies en relación con el

número de individuos muestreados, siendo especialmente útil porque es menos sensible al tamaño de la muestra que otros índices. Lo anterior debido a las diferencias en el esfuerzo de muestreo de las diferentes bases de datos por los años y meses de muestreo, numero de sitios y su ubicación espacial. Al utilizar la raíz cuadrada de N, equilibra el impacto de muestras muy grandes, permitiendo comparar la riqueza entre sitios con diferente esfuerzo de muestreo. Así se observa como la diversidad de especies se incrementa de abril a junio (época de transición, lluvias-secas) y vuelve a incrementarse en octubre (época de lluvias) (Figura IV. 468); su tendencia es muy parecida a la de la equitatividad (Tabla IV. 146). De igual manera se presenta las tendencias con resultado de la estimación del índice de Margalef (Figura IV. 469).

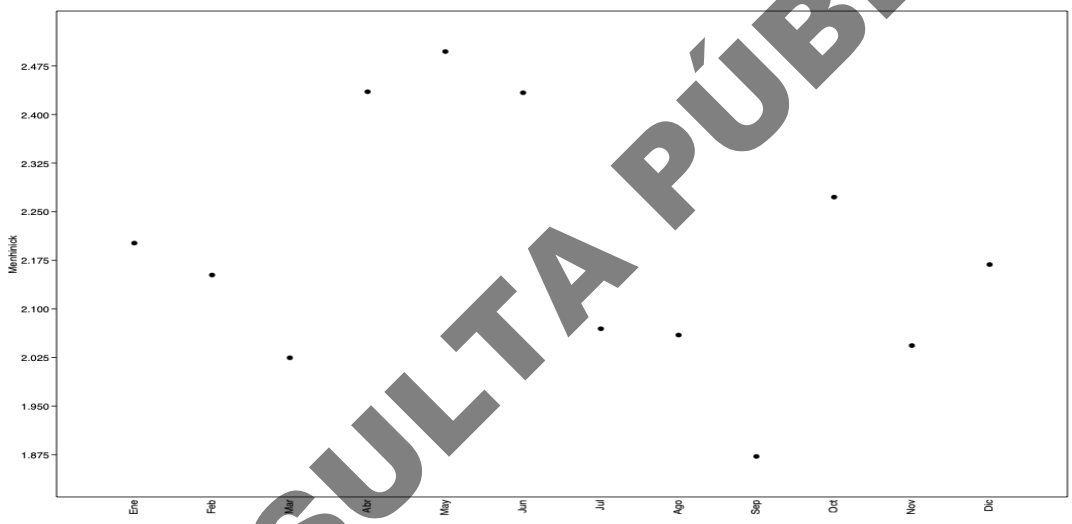


Figura IV. 468 Fluctuación mensual de la diversidad de especies (Menhinick) de vertebrados dentro del SAR elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026

La tendencia mensual de la diversidad de especies con base al Índice de Margalef (H) difiere de la anterior ya que la diversidad tiende a aumentar de enero a abril, que es la época de secas y transición, para incrementarse nuevamente de octubre a diciembre, terminan las lluvias e inicia la época de transición; en general se considera que en la costa de Jalisco y Colima, la temporada de lluvias se ubica entre los meses de julio a octubre, mientras que los meses de noviembre a febrero es una época de transición cunado la ecosistemas se van secando paulatinamente haya llegar a la época de seca que inicia en marzo y termina en junio (García & Cabrera-Reyes, 2008) (Figura IV. 469). Hay que recordar que este índice transforma el número de especies por muestra en una proporción ajustada al tamaño de la muestra, facilitando la comparación de la riqueza entre diferentes comunidades con diferente esfuerzo de muestreo.

CONSULTA PÚBLICA

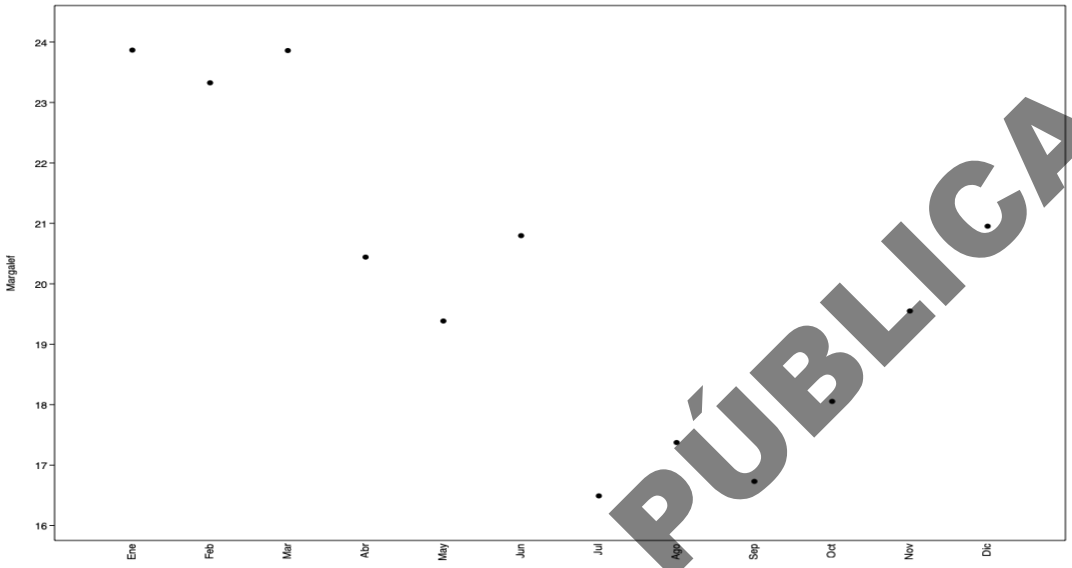


Figura IV. 469. Fluctuación mensual de la diversidad de especies (Margalef) de vertebrados dentro del SAR elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Tabla IV. 146 se presenta un resumen de indicadores de las fluctuaciones mensuales en la diversidad de especies de vertebrados dentro del SAR con datos históricos de varios programas de muestreo de fauna complementados con los muestreos del 2026. Las tendencias indican una alta estabilidad de la comunidad hacia la primavera y verano, es decir de marzo a junio, que es cuando se registran los valores más altos de diversidad con una distribución más equitativa de los individuos (abundancia relativa) entre las especies, lo que indica condiciones ambientales favorables que permiten que una amplia gama de taxones coexista sin que la dominancia de uno solo limite a los demás. Por otro lado, durante los meses de septiembre y octubre marcan un punto de inflexión donde la diversidad disminuye y la dominancia aumenta. Este comportamiento es típico en humedales sujetos a cambios estacionales drásticos (como el final de la época de lluvias), donde las condiciones del hábitat fuerzan a la comunidad hacia una estructura más simple y menos equitativa.

Tabla IV. 146. Fluctuación mensual de los indicadores ecológicos determinados para las especies de vertebrados dentro del SAR elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026

Indicadores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Taxa_S	221	216	226	176	163	180	140	150	147	153	175	188
Individuals	10077	10072	12461	5224	4261	5471	4577	5304	6164	4533	7334	7517
Dominance_D	0.030	0.034	0.025	0.024	0.024	0.022	0.025	0.033	0.061	0.036	0.037	0.043
Simpson_1-D	0.970	0.966	0.975	0.976	0.976	0.978	0.975	0.967	0.939	0.964	0.963	0.957

Indicadores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Shannon_H	4.154	4.097	4.217	4.227	4.236	4.287	4.077	3.927	3.600	3.944	3.941	3.936
Evenness_e^H/S	0.288	0.278	0.300	0.389	0.424	0.404	0.421	0.338	0.249	0.337	0.294	0.273
Brillouin	4.098	4.042	4.170	4.142	4.140	4.203	3.999	3.856	3.540	3.860	3.880	3.874
Menhinick	2.202	2.152	2.025	2.435	2.497	2.434	2.069	2.060	1.872	2.272	2.043	2.168
Margalef	23.870	23.330	23.860	20.440	19.380	20.800	16.490	17.370	16.730	18.050	19.550	20.950
Equitability_J	0.770	0.762	0.778	0.818	0.832	0.826	0.825	0.784	0.721	0.784	0.763	0.752

La tendencia mensual de la diversidad muestra diferencia por grupo taxonómico (Figura IV. 470). En los anfibios la diversidad es mayor de junio a octubre (meses de lluvias) lo que respalda la dependencia de este grupo por las lluvias, mientras que los reptiles tienden a registrar menor diversidad hacia los meses de lluvias. La marcada variación en la diversidad de las especies de aves con valores más altos hacia los meses de otoño, invierno e inicios de la primera puede deberse a la contribución de las especies migratorias en dicho patrón.

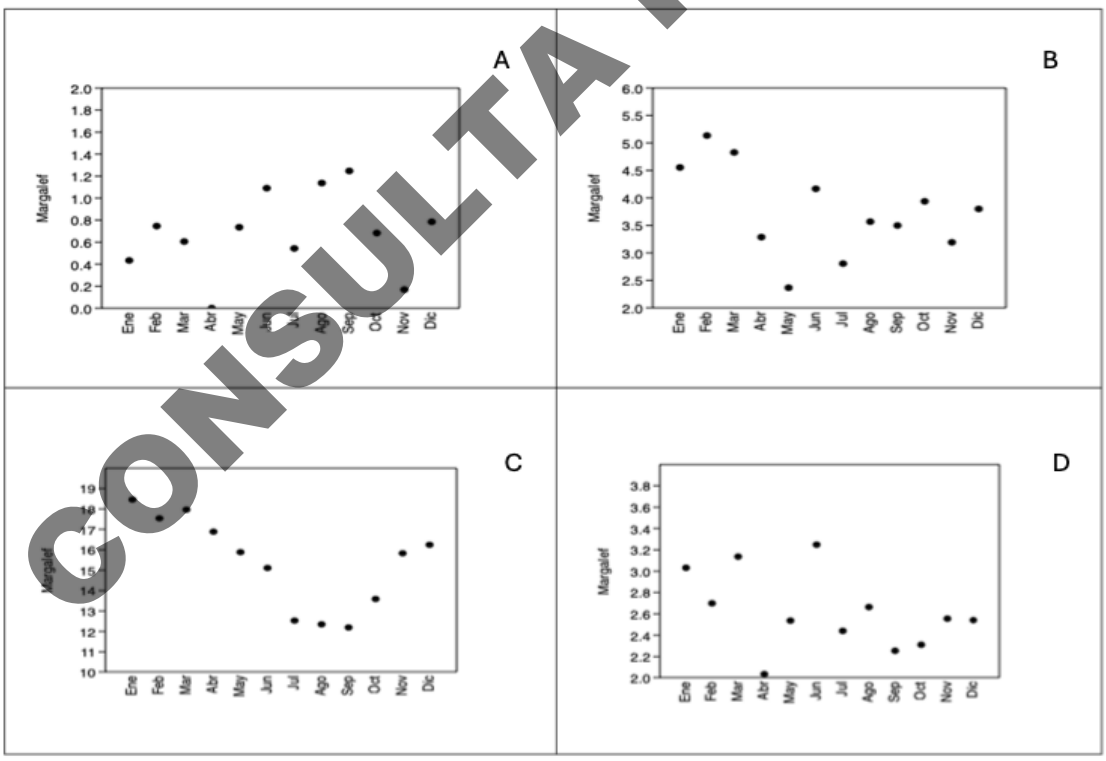


Figura IV. 470.Fluctuación mensual de la diversidad de especies (Margalef) de vertebrados dentro del SAR con datos de varios programas de muestreo de fauna elaborada a partir de los datos históricos y de los muestreos del 2026: anfibios (A), reptiles (B), aves (C) y mamíferos (D)

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.10 Censado de cocodrilos

La información detallada de los resultados del censado de cocodrilos durante los meses de enero a marzo 2026 puede consultarse en el Anexo IV.7. Figura IV. 471 presenta la ubicación de los transectos lineales de 1km de longitud. Para el censado nocturno se utilizó el método de la Detección Visual Nocturna (DVN). En la DVN los recorridos en el cuerpo de agua son nocturnos para facilitar la detección del reflejo del efecto tapetum lucidum, que al recibir luz artificial los ojos de los organismos emiten (rojizo y amarillo naranja con luz halógena, blancos con LED's blancos y rojos con LED's rojos). Con una embarcación se recorrieron los 39 transectos. El recorrido de los transectos se realizó siguiendo una ruta establecida mediante GPS, a una distancia promedio de 100 m de la ribera y una velocidad constante de 7.0 km/h. Se ilumina con lámparas de largo alcance la zona en busca de dicho reflejo, al ser detectado un organismo, este se mantiene bajo el haz de luz debido al efecto hipnótico que esto produce en el cocodrilo y para mantener la referencia espacial de la ubicación de este, evitando así que este se hunda, desplace o pierda de vista mientras se procede a realizar un acercamiento con la embarcación a la menor distancia necesaria para la determinación de su talla.

Durante los recorridos nocturnos a lo largo de los 39 transectos lineares (39 kilómetros de recorrido neto) en los tres vasos se registró un total acumulado de 352 individuos durante los tres meses de muestreo (Tabla IV. 147). El número total de individuos observados fue mayor en orden descendiente en el Vaso III, Vaso II y Vaso I lo que está relacionado con el número de transectos recorridos y la extensión de cada vaso, así a mayor número de transectos y mayor extensión del vaso el número de individuos observados se incrementa.

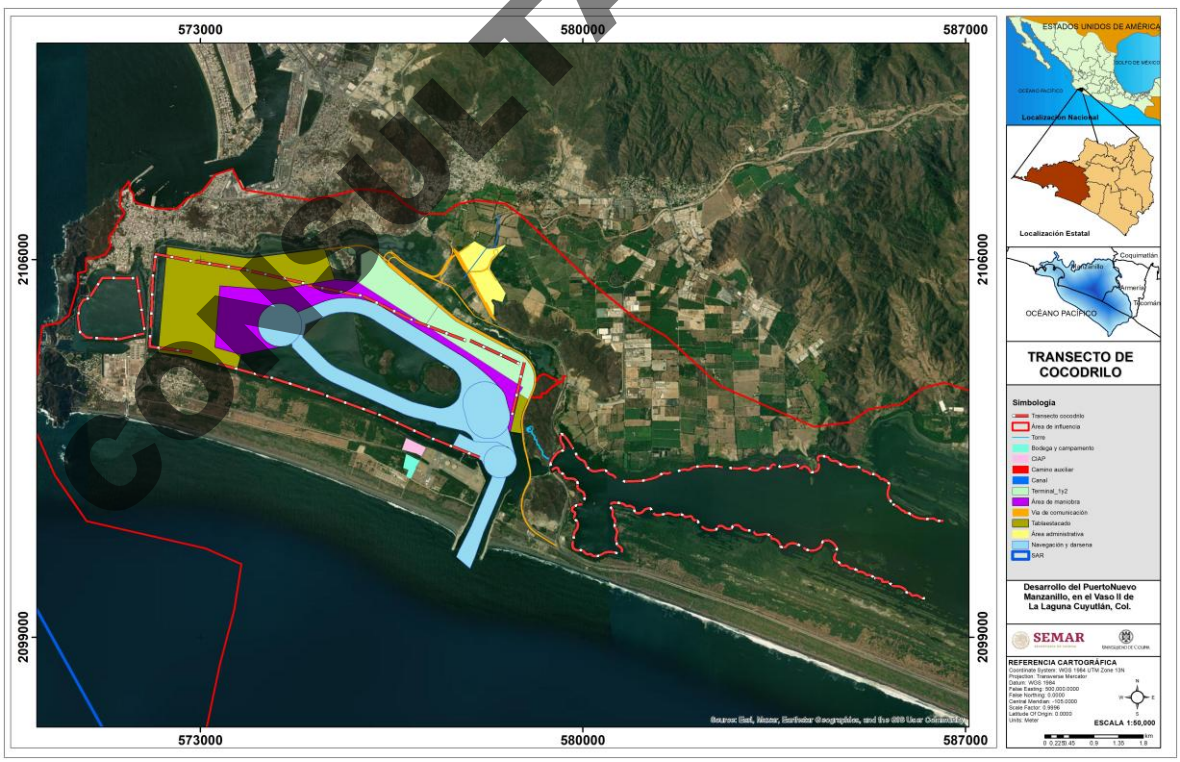


Figura IV. 471. Ubicación de los 39 transectos nocturnos para el censado de cocodrilos en relación con el área del proyecto, Vaso I, II y Vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

Para estandarizar está información se utiliza la tasa de encuentro (TE) para cada vaso y cada mes, es decir el número de individuos registrados por kilómetro recorrido. La tendencia de la TE promedio sigue la misma que la observada por el número de individuos, es mayor en el Vaso III que en el Vaso II y Vaso I. Otra tendencia registrada es el hecho que al menos en el Vaso I y Vaso II, la TE fue mayor en el mes de enero y se redujo hacia marzo, mientras que en el Vaso III, la tendencia mensual de la TE fue muy constante. Estos valores son más altos que los reportados en un estudio realizado entre el 2014 al 2016 en todos los vasos de la Laguna de Cuyutlán en el que se determinó que la TE promedio para el Vaso I fue de 0.02, del 0.16 para el Vaso II, 0.58 para el Vaso III y 0.42 para el Vaso IV.

Tabla IV. 147. Número de individuos registrados (cocodrilos) en cada vaso y la tasa de encuentro (TE) registrada.

Sitio	Enero	Febrero	Marzo	Total	Cantidad de Transectos	TE Enero	TE Febrero	TE Marzo	Te Promedio
Vaso I	7	1	1	9	4	1.75	0.25	0.25	0.75
Vaso II	47	25	2	74	15	3.13	1.67	0.13	1.64
Vaso III	89	91	89	269	20	4.45	4.55	4.45	4.48
Total	143	117	92	352	39	3.67	3.00	2.36	3.01

La clase de tamaño del individuo se han establecido en la literatura especializada de acuerdo con el rango de la longitud total (en centímetros) del individuo de la manera siguiente, Clase 1 = <59 (crías), Clase 2 = 60 a 119 (juveniles), Clase 3 = 120 a 179 (subadultos), Clase 4 = 180 – 239 (adultos) y Clase 5 = 240 a >300 (adultos grandes). El analizar la estructura de clases de tamaño, mediante el porcentaje de individuos de cada categoría de tamaño, proporciona importante información relacionada sobre la estructura poblacional ya que da información de la dinámica de reproducción y reclutamiento dentro de las poblaciones (García-Grajales & Buenrostro-Silva, 2014a y 2014b; García-Grajales & Buenrostro-Silva, 2017) permitiendo la evaluación y comparación del estado de conservación de las poblaciones; se espera que la proporción de tamaños esté dominada por juveniles, mientras que los subadultos y adultos tendrían una menor proporción relativa (Thorbjarnarson et al, 2000).

La estructura (porcentaje de individuos) por clase de tamaño registró una dominancia de la clase 3 en los Vasos II y III, mientras que en el Vaso I la mayoría se ubicó en la clase 2. La segunda clase de tamaño dominante en cada vaso fue la clase 3 en el Vaso I, la clase 5 en el Vaso II y la clase 2 en el Vaso III (Figura IV. 472).

CONSULTA PÚBLICA

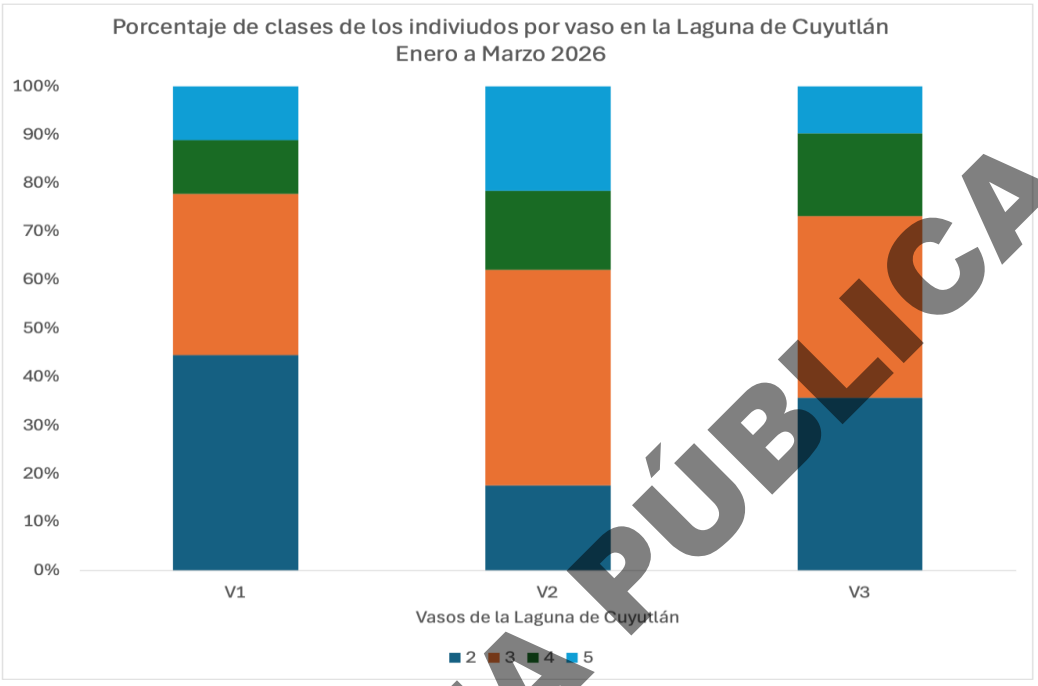


Figura IV. 472. Porcentaje de individuos por clase de tamaño en registrados en cada vaso en la Laguna de Cuyutlán entre enero y marzo 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.13.10.1 Tendencia poblacional de la población de cocodrilos basados en monitoreos en los Vasos II y III de la Laguna de Cuyutlán.

A continuación, se presentan las tendencias espaciotemporales de la población de *Crocodylus acutus* en el Vaso II y Vaso III de la Laguna de Cuyutlán a partir del recorrido mensual de 25 transectos nocturnos para los meses de marzo a agosto en los años 2022, 2023 y 2024. La implementación y alcances de estos muestreos siguen objetivos específicos del programa de seguimiento de la población establecidas en un resolutivo en materia de impacto ambiental. Figura IV. 473 y Figura IV. 474 presentan la ubicación de los transectos empleados por dicho programa.

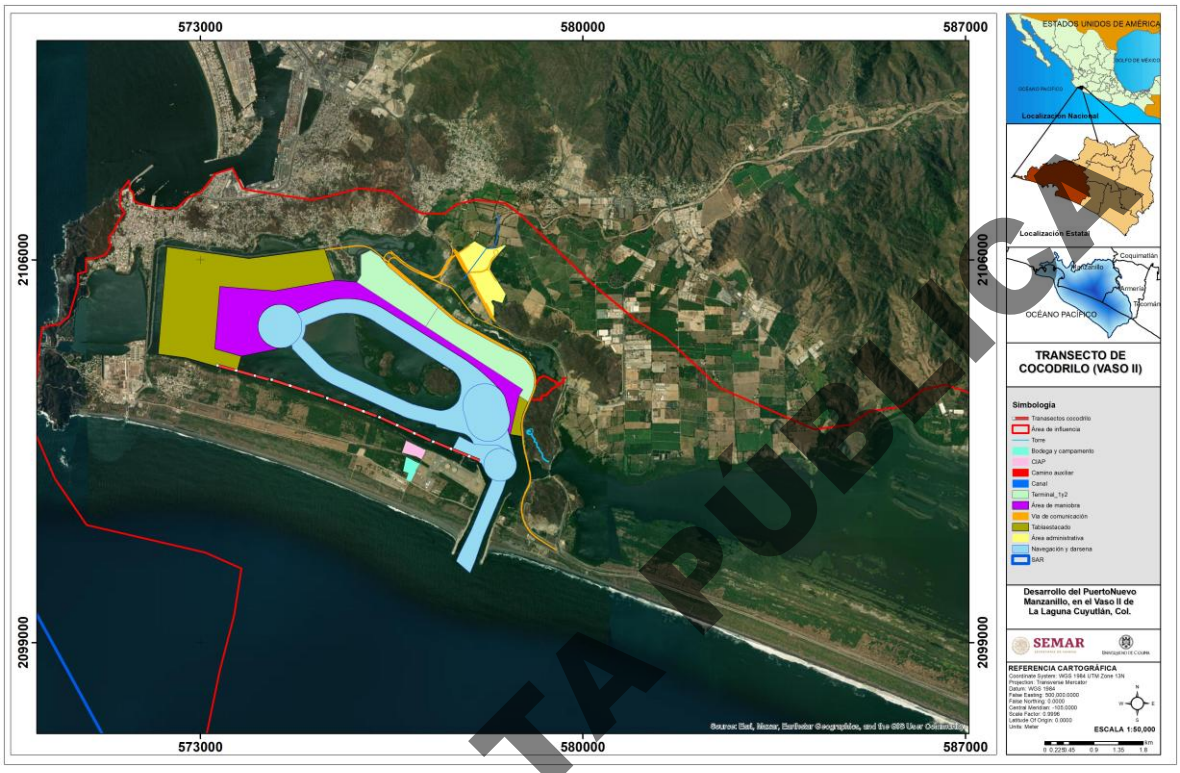


Figura IV. 473. Ubicación de los recorridos nocturnos en el Vaso II entre marzo y agosto del 2022 al 2024.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 474. Ubicación de los recorridos nocturnos en el Vaso III entre marzo y agosto del 2022 al 2024.

Al revisar la información del número mensual de individuos acumulados a través de los meses y vasos (Tabla IV. 148) podemos mencionar que el Vaso II muestra una tendencia a la baja en el número de cocodrilos registrados entre 2022 y 2023, pero se observa un ligero aumento en 2024. Durante estos meses y años se han registrado un total de 2097 individuos, 178 en el Vaso II y 1919 en el Vaso III, siendo el promedio anual de 10 por mes y año en el Vaso II y de 107 en el Vaso III.

Tabla IV. 148. Numero mensual acumulado de individuos registrados por mes y año en el Vaso II y Vaso III en Laguna de Cuyutlán entre marzo y agosto del 2022 al 2024.

Vaso	Año	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
Vaso II	2022	21	17	11	7	12	6	74
Vaso II	2023	1	5	4	5	6	6	27
Vaso II	2024	13	16	6	9	18	15	77
Vaso III	2022	142	165	123	63	75	124	692
Vaso III	2023	98	97	59	45	104	64	467
Vaso III	2024	170	163	75	70	181	101	760

CONSULTA PÚBLICA

Es importante destacar que el número total de cocodrilos registrados en este sitio es considerablemente menor que en el Vaso III. El Vaso III también muestra una disminución en el número de cocodrilos registrados entre 2022 y 2023, seguida de un aumento en 2024. Este sitio tiene un número mucho mayor de cocodrilos registrados en comparación con el Vaso II. Los meses de marzo, abril y mayo suelen tener un mayor número de cocodrilos registrados en ambos vasos, mientras que julio y agosto también muestran un aumento en el número de cocodrilos registrados, especialmente en el Vaso III. Junio parece ser el mes con menor número de cocodrilos registrados en ambos sitios.

En la Tabla IV. 149 se presenta información sobre la TE es decir número de cocodrilos registrados por kilómetro lineal estimado para cada transecto nocturno recorrido por año, ribera y vaso. El valor de TE permite comparar abundancias entre sitios, vasos y años. La abundancia promedio es mucho mayor en el Vaso III (5.2) que en el Vaso II (2.0). La tendencia por vaso difiere, en la ribera sur del Vaso II, la abundancia es mayor entre los transectos T3 y T4 y en el año 2024, mientras que en el caso del Vaso III la abundancia es en general muy similar en la Ribera Sur (5.1) que en la Ribera Norte (5.5); este vaso, en la Ribera Norte la abundancia es mayor entre los transectos del T3 al T6 mientras que en la Ribera Sur es mayor entre el T5 y T6.

Tabla IV. 149. Tasa de encuentro (individuos/km recorrido) de individuos registrados por año y transecto recorrido en el Vaso II y Vaso III en Laguna de Cuyutlán del 2022 al 2024; T = igual a transecto.

Vaso	Año	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Promedio
Vaso II	2022	2	3.2	3.2	1.8	2.2						2.5
Ribera Sur	2023	0	0	2.3	1.8	0.3						0.9
Ribera Sur	2024	0	3.5	5	4	0.3						2.6
Vaso III	2022	1.7	7.2	11.5	21.2	9	5.8	1.3	0	0	0	5.8
Ribera Norte	2023	5.3	6	7.3	11.7	4.7	6.3	4	0	0	0	4.5
Ribera Norte	2024	2	4.2	12	19.8	8.8	11	5.5	0	0	0	6.3
Vaso III	2022	2.8	7.2	4.8	7	14.2	15	4	1.2	1.5	0	5.8
Ribera Sur	2023	1	5	6.7	3.3	5.3	5.3	4	0.3	1.5	0	3.3
Ribera Sur	2024	6.8	7.5	8.7	4.5	10.2	7.2	11.3	4.5	2.7	0	6.3
Promedio Vaso II Sur		0.7	2.2	3.5	2.6	0.9						2
Promedio Vaso III Norte		3	5.8	10.3	17.6	7.5	7.7	3.6	0	0	0	5.5
Promedio Vaso III Sur		3.6	6.6	6.7	4.9	9.9	9.2	6.4	2	1.9	0	5.1

CONSULTA PÚBLICA

El tamaño poblacional estimado de cocodrilos, basado en la ecuación de Messel (1981), es para ambos vasos en promedio de 258 individuos, 24 para el Vaso II y 234 para el Vaso III. La mayor población estimada para el Vaso II se registró en el 2022 (32 individuos) y en el 2024 (283) para el Vaso III (Tabla IV. 150).

Tabla IV. 150. Estimación del tamaño poblacional de cocodrilos por año, vaso y en conjunto utilizando todos los datos de cada año (marzo-agosto) y la ecuación de Messel.

Año	Vaso II	Vaso III	Ambos vasos
2022	31.6	240.1	271.7
2023	12.5	179.2	191.7
2024	28.5	283.4	312
Promedio	24.2	234.3	258.5
DS	8.4	42.8	50

La información de la estructura de edades o proporción de individuos de cocodrilos por categoría de tamaño para cada vaso entre los años 2020 al 2024 sugiere que a través de los años se han incorporado a la población un porcentaje mayor de individuos grandes y o reproductivos, es decir de las clases, III, IV y V (Figura IV. 475 y Figura IV. 476).



Figura IV. 475. Tendencia anual del porcentaje de individuos registrados por clase de tamaño en el Vaso II.

CONSULTA PÚBLICA

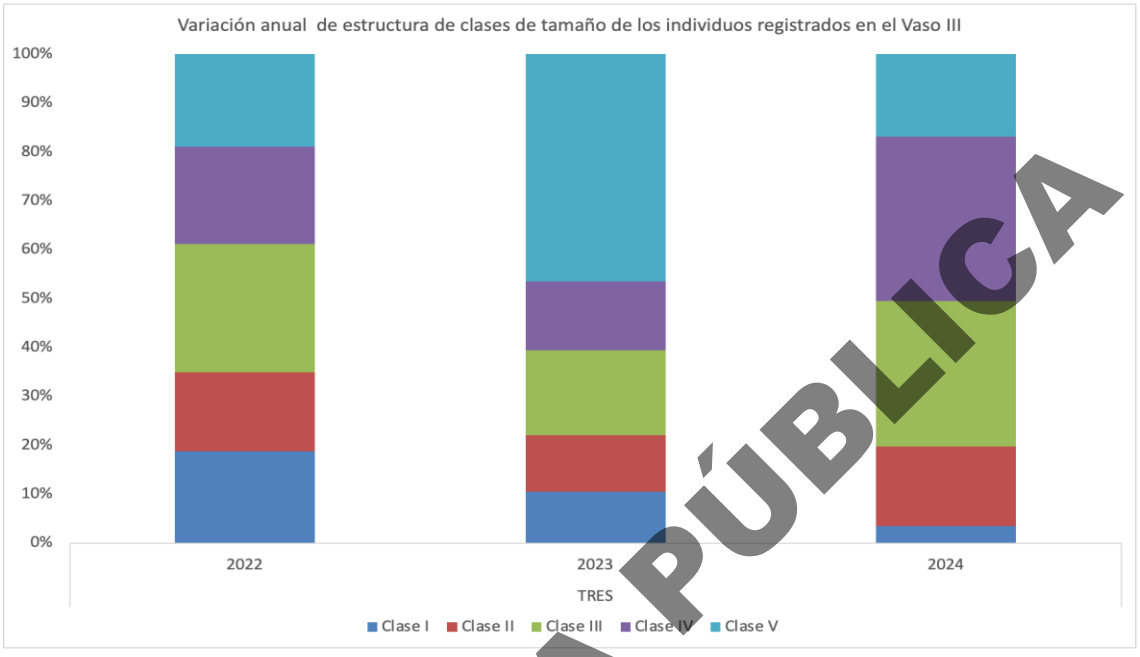


Figura IV. 476. Tendencia anual del porcentaje de individuos registrados por clase de tamaño en el Vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14 Plancton

Con el objetivo de conocer la estructura de la comunidad fito y zooplanctónica dentro del SAR, se realizó una búsqueda bibliográfica, se consultaron reportes técnicos de monitoreos realizados en el área de estudio y próximos a esta, y además, se realizaron monitoreos en campo. Por una parte, se presenta la variación anual del plancton (fioplancton y zooplancton) durante el 2018 con base en reportes técnicos, y por otra parte, se considera la información obtenida de tres monitoreos mensuales realizados en 23 estaciones distribuidas en los vasos lagunares que conforman la Laguna de Cuyutlán y en la zona marina desde diciembre de 2025 a febrero de 2026.

IV.3.14.1 Fitoplancton

Durante el periodo de monitoreo (diciembre 2025-febrero 2026) se registraron tres grupos principales de fitoplancton: diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias/nanoflagelados como se observa en la Figura IV. 477 En términos generales, las diatomeas fueron el grupo dominante en la mayoría de las zonas muestreadas, particularmente en la Laguna de Cuyutlán y el frente marino.

Dentro de la Laguna de Cuyutlán, el Vaso II y el Vaso III presentaron el mayor número de registros de diatomeas, mientras que el Vaso IV mostró los valores más bajos. Los dinoflagelados se registraron en menor proporción en todos los vasos, con valores relativamente constantes entre meses.

En el frente marino y las bahías de Santiago y Manzanillo, las diatomeas también representaron el grupo dominante; sin embargo, en estas zonas se observó una mayor presencia relativa de dinoflagelados, especialmente durante enero y febrero de 2026. Por su parte, las cianobacterias/nanoflagelados se registraron de manera esporádica y con menor representación en la mayoría de las estaciones.

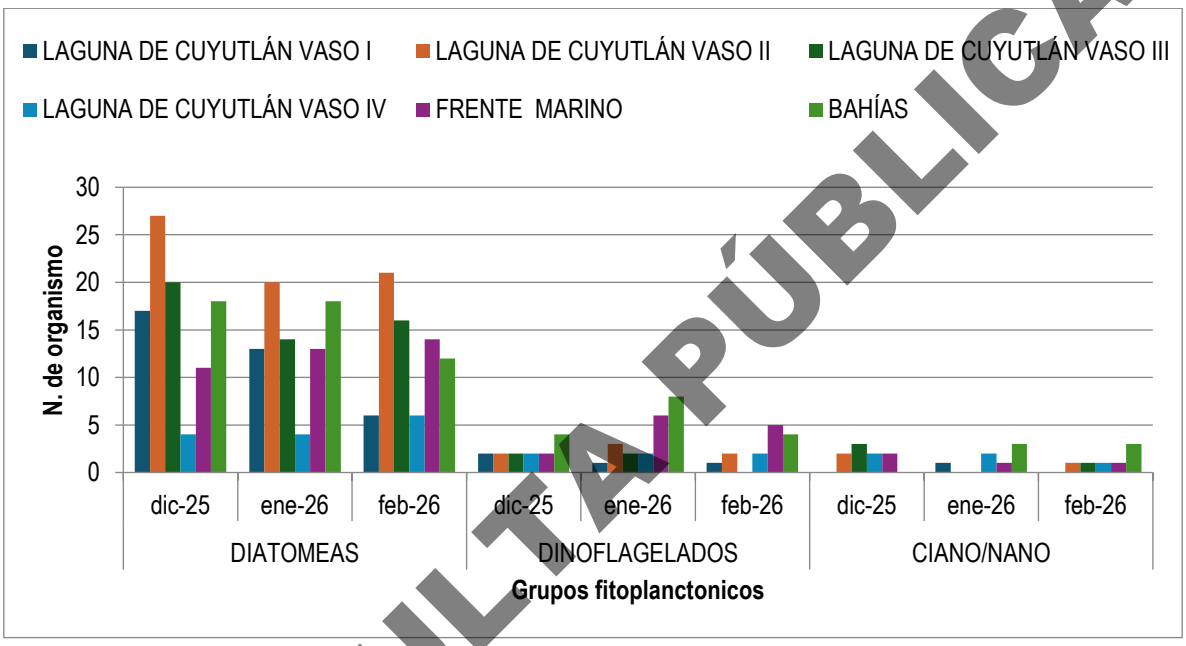


Figura IV. 477. Número de registros de los principales grupos fitoplanctónicos durante el periodo diciembre 2025 – febrero 2026 en las diferentes zonas de muestreo: Laguna de Cuyutlán (vasos I–IV), frente marino y bahías de Santiago y Manzanillo.

CONSULTA PÚBLICA

La abundancia total del fitoplancton mostró una clara dominancia de diatomeas en la mayoría de las estaciones y meses evaluados (Figura IV. 478). Durante el periodo de estudio, las diatomeas registraron concentraciones entre 40 – 1.78x10^5 cél/l, constituyendo el grupo más abundante en el sistema.

Los dinoflagelados presentaron concentraciones entre 40 – 2.23x10^5 cél/l, observándose valores elevados en algunas estaciones específicas, aunque su presencia fue menos constante en comparación con las diatomeas.

Por su parte, ciliados, nanoflagelados y cianobacterias se registraron en concentraciones menores, con rangos de 40 – 120 cél/l, 45 – 8.87x10^3 cél/l y 40 – 9.92x10^3 cél/l, respectivamente.

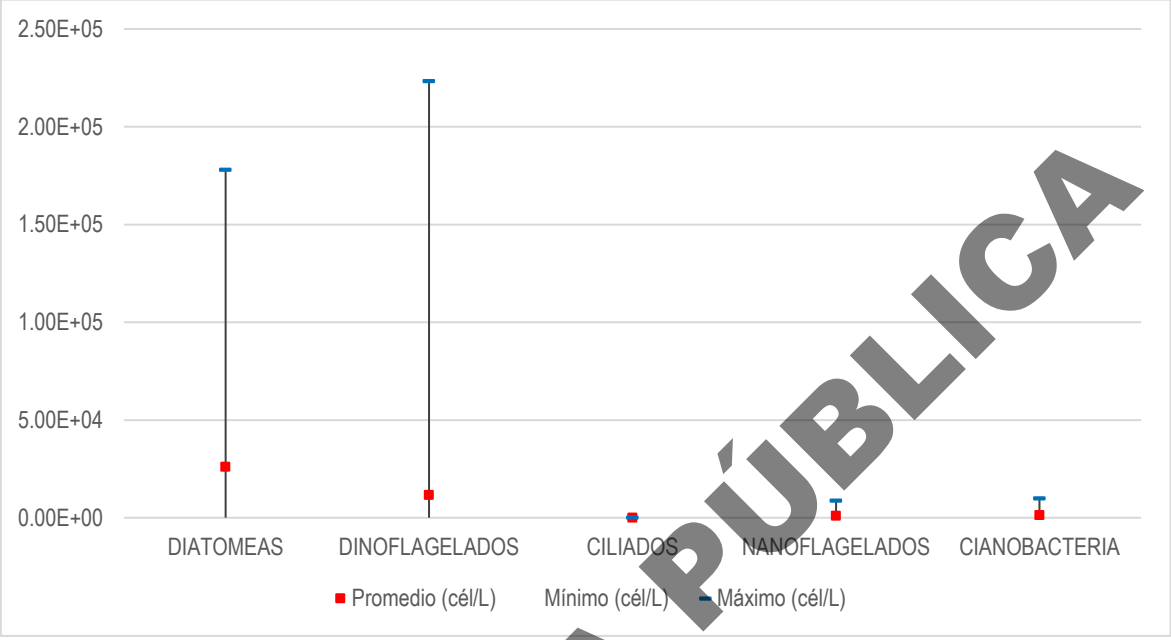


Figura IV. 478. Mínimos, máximos y promedios de abundancia fitoplanctónica de diciembre 2025 – febrero 2026 de la Laguna de Cuyutlán, frente marino, Bahías de Manzanillo, Colima.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.1.1 Composición taxonómica de diatomeas

La comunidad de diatomeas estuvo representada por diversos géneros distribuidos en los diferentes vasos de la Laguna de Cuyutlán, así como en las bahías y frente marino durante diciembre de 2025, enero y febrero de 2026 (Figura IV. 479).

Entre los taxa con mayor contribución relativa destacó *Guinardia* sp., con valores entre 0.31% y 92.89%, registrándose principalmente en estaciones de bahías y frente marino. Asimismo, *Skeletonema* sp. presentó una contribución importante dentro de la comunidad, con mínimo de 12% y máximo de 87.95% predominando en varias estaciones de la laguna durante los periodos de muestreo.

Otros géneros relevantes incluyeron *Pseudo-nitzschia* spp., con valores entre 0.54% y 51.30% y *Leptocylindrus danicus*, con contribuciones mínimas de 0.6% y máximas de 72.6%. El género *Chaetoceros* también fue representativo, registrándose valores de abundancia relativa entre 1.38% y 52.06% para <20 µm y entre 0.6 % y 32.08 % para >20 µm.

La abundancia total de diatomeas presentó variaciones entre 40 y $1.78x10^5$ cél/l, registrándose los valores más altos en estaciones asociadas al frente marino y zonas de bahía.

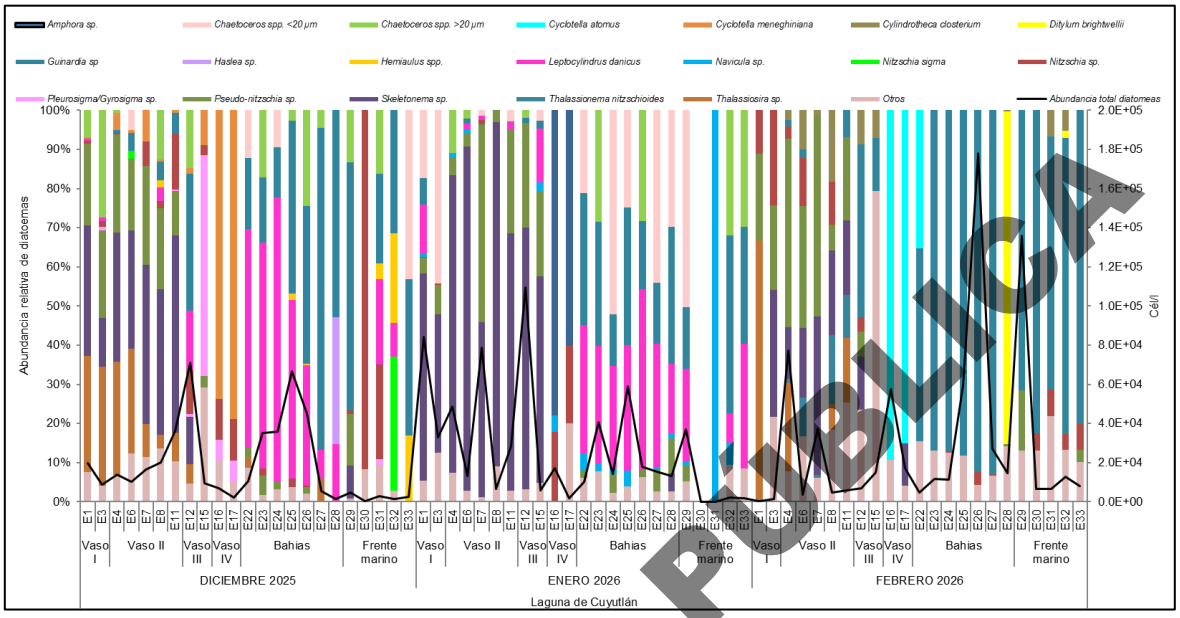


Figura IV. 479. Composición taxonómica relativa (%) de las principales diatomeas registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.

IV.3.14.1.2 Composición taxonómica de dinoflagelados

La comunidad de dinoflagelados registradas en las estaciones de la Laguna de Cuyutlán, incluyendo los vasos lagunares, bahías y frente marino, estuvo conformada por diversos géneros distribuidos a lo largo del periodo de muestreo comprendido entre diciembre de 2025 y febrero de 2026.

Entre los taxa con mayor contribución relativa destacó *Scrippsiella* sp., con abundancias relativas entre 11.11% y 100%, registrándose en diferentes estaciones del sistema lagunar y zonas marinas adyacentes. Asimismo, *Prorocentrum* sp. presentó una contribución importante dentro de la comunidad, con valores mínimos de 16.67% y máximos de 100% en varias estaciones del área de estudio.

Otros dinoflagelados representativos incluyeron *Gyrodinium* sp., con contribuciones entre 8.33% y 30.60%, así como *Gymnodinium* sp., que alcanzó valores de hasta 88.89% en algunas estaciones. De igual forma, *Ceratium* sp. presentó registros con contribuciones entre 1.67% y 46.67%, mientras que *Protoperidinium quinquecorne* mostró valores de abundancia relativa entre 8.33 % y 100 % en determinadas estaciones.

Adicionalmente, se registraron dinoflagelados no identificados clasificados por tamaño, destacando >30 µm, con contribuciones entre 1.67 % y 100%, distribuidos en distintas zonas del sistema.

La abundancia total de dinoflagelados presentó variaciones entre 40 y 2.23x10^5 cél/l, observándose los valores más altos en estaciones asociadas al frente marino y algunas zonas internas del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

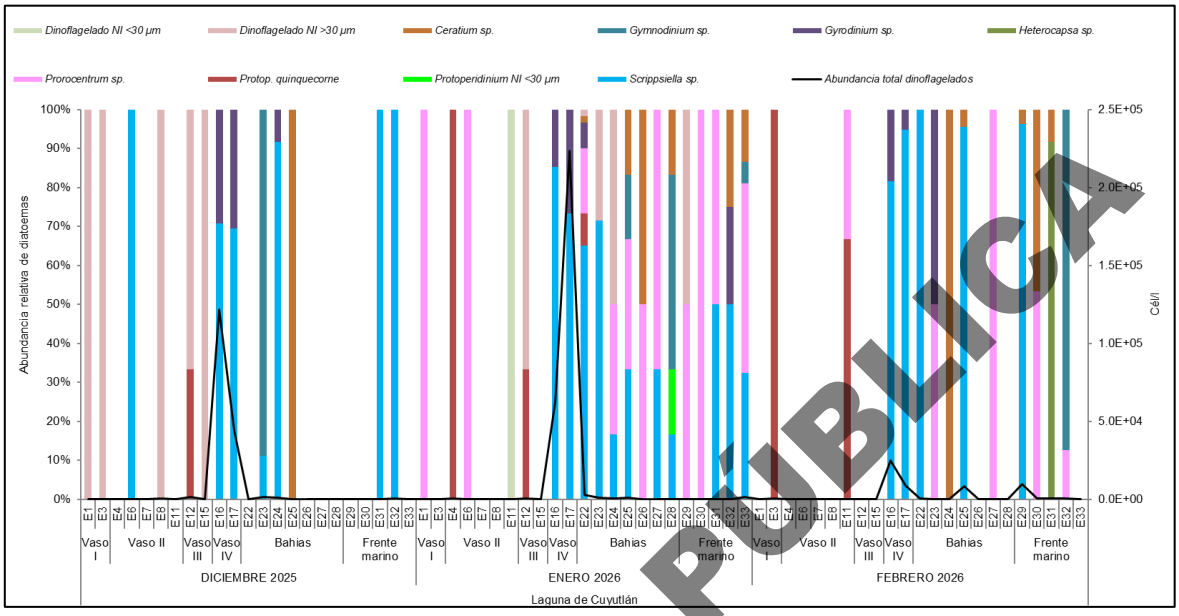


Figura IV. 480. Composición taxonómica relativa (%) de los principales dinoflagelados registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.1.3 Composición taxonómica de Cianobacterias y Nanoflagelados

Las cianobacterias y nanoflagelados registrada en las estaciones de la Laguna de Cuyutlán, incluyendo los diferentes vasos lagunares, bahías y frente marino, estuvo representada por diversos taxa durante el periodo de muestreo comprendido entre diciembre de 2025 y febrero de 2026.

Entre los organismos con mayor contribución relativa destacó *Trichodesmium* sp., con valores entre 33.33% y 100%, registrándose en distintas estaciones del sistema. Asimismo, *Dictyocha fibula* presentó una alta representatividad dentro de la comunidad, con contribuciones entre 50% y 100% en varias estaciones.

Otros taxa relevantes incluyeron *Lepocinclis* sp., con valores entre 23.33% y 100%, así como filamentos de cianobacterias, que alcanzaron contribuciones entre 20% y 100% en algunas estaciones. De igual forma, nanoflagelados no identificados (2–20 µm) registraron valores entre 76.67% y 100% en determinadas muestras.

Adicionalmente, se registraron contribuciones de *Monoraphidium* sp., con valores entre 48.81% y 100%, y *Phormidium* sp., con contribuciones de 100% en algunas estaciones del sistema.

La abundancia total de cianobacterias y nanoflagelados presentó variaciones entre 40 y 1.41×10^{4} cél L^{-1}, registrándose los valores más altos en estaciones asociadas a zonas de bahía y frente marino.

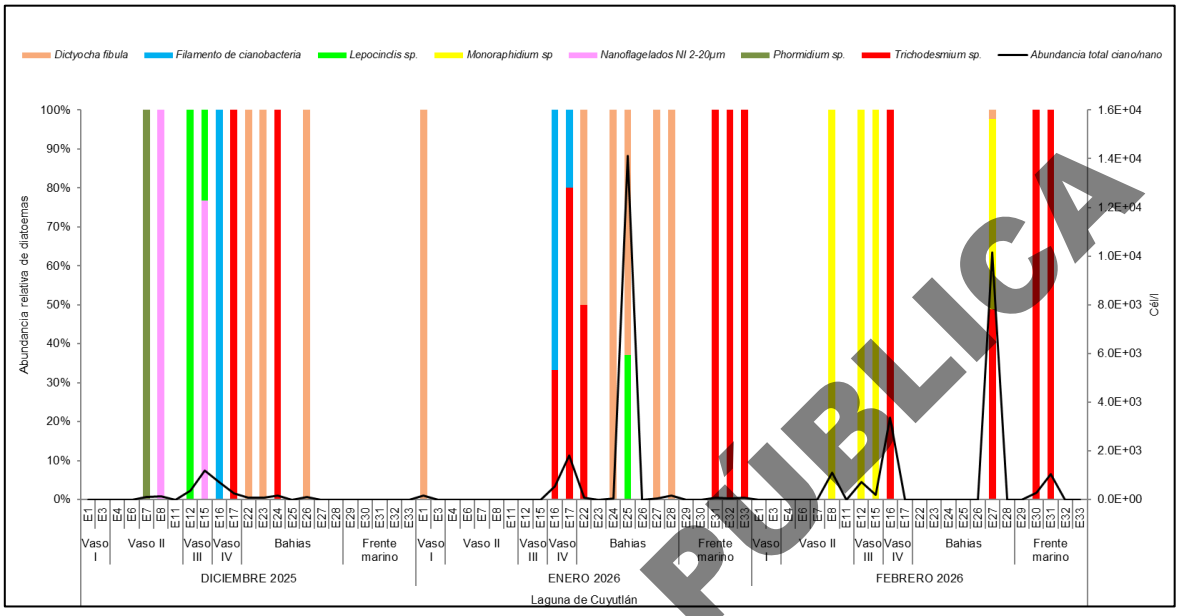


Figura IV. 481. Composición taxonómica relativa (%) de las principales ciano/nano registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.

IV.3.14.1.4 Composición taxonómica de Otros

La fracción correspondiente a otros componentes del plancton registrada en las estaciones de la Laguna de Cuyutlán, incluyendo los distintos vasos lagunares, bahías y frente marino, presentó una baja representatividad durante el periodo de muestreo comprendido entre diciembre de 2025 y febrero de 2026.

Dentro de este grupo, los ciliados no identificados mayores a 30 µm destacaron por su contribución relativa, con valores entre 50 % y 100 %, registrándose en distintas estaciones del sistema. Asimismo, los copépodos presentaron una participación importante, con contribuciones entre 50 % y 100 %.

Adicionalmente, se registró la presencia de huevos no identificados, con valores de 50 %, así como del ciliado mixotrófico *Mesodinium rubrum,* el cual alcanzó contribuciones de 100 % en algunas estaciones.

La abundancia total de este grupo fue baja en comparación con otros componentes del fitoplancton, con valores entre 40 y 120 cél L^{-1}, registrándose de manera puntual en algunas estaciones del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

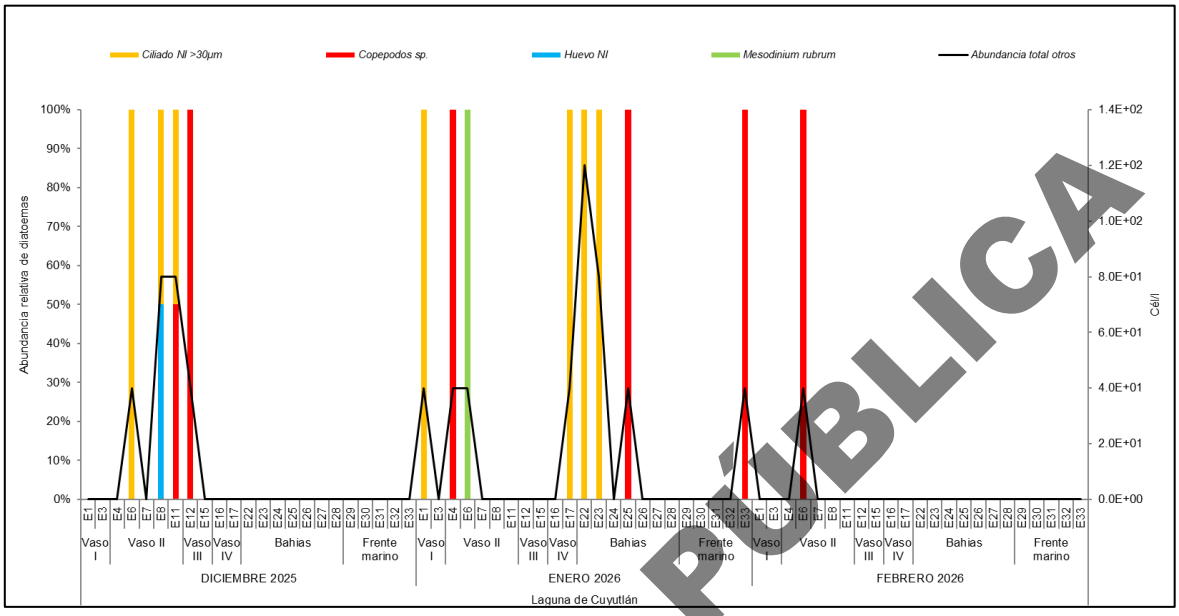


Figura IV. 482. Composición taxonómica relativa (%) de las principales otros/depredadores registradas en las diferentes zonas de Manzanillo, Colima (Laguna de Cuyutlán, Bahías y frente marino) durante los muestreos realizados entre diciembre 2025 y febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.1.5 Índice de diversidad

El índice de Shannon-Weaver (H'), mostró variaciones espaciales entre los distintos vasos lagunares, bahías y el frente marino durante el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026 (Figura IV. 483).

En términos generales, los valores del índice oscilaron entre 0.29 y 2.23, indicando una diversidad de baja a moderada en todo el sistema.

A nivel espacial, los valores más altos de diversidad se registraron principalmente en Vaso II, III y algunas estaciones de bahías, donde se observaron valores >2.0, mayor equidad en la comunidad fitoplanctónica.

Por otro lado, Vaso IV y frente marino presentaron en varias estaciones valores <1.0, reflejando bajas condiciones de baja diversidad, asociadas a la dominancia de pocos taxa.

El Vaso I mostró valores intermedios, manteniéndose dentro de un rango de diversidad moderada a lo largo del periodo de estudio.

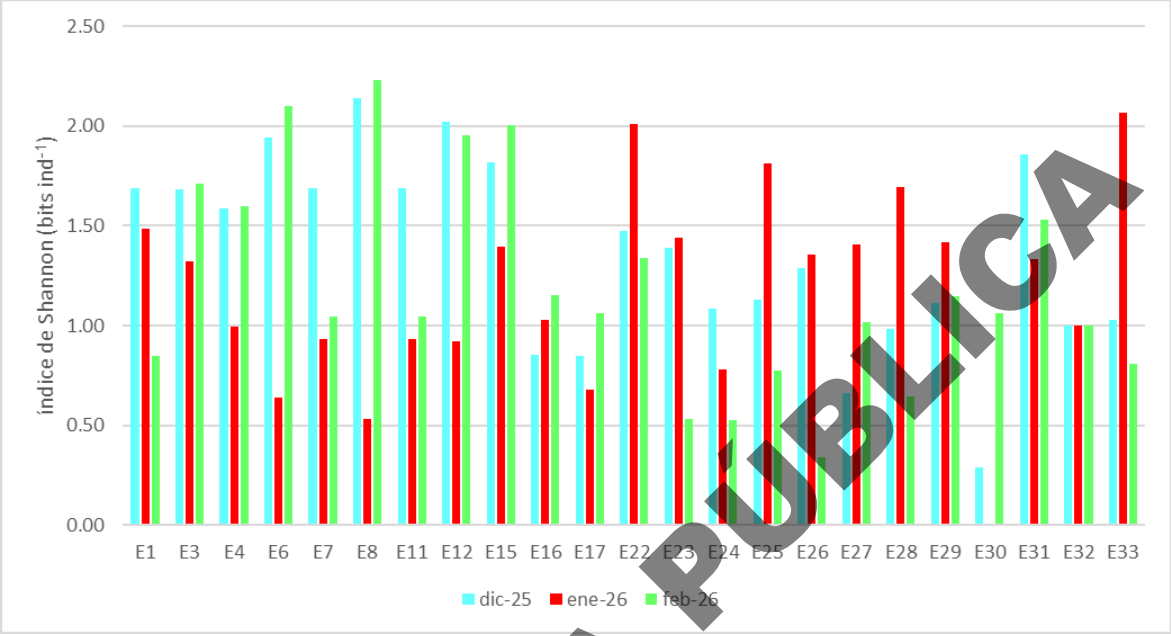


Figura IV. 483. Variación espacial del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') en las diferentes zonas (vasos lagunares, bahías y frente marino) de la Laguna de Cuyutlán durante diciembre de 2025 a febrero de 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Considerando los reportes encontrados en revisión bibliográfica, en la Laguna de Cuyutlán se ha registrado la presencia de 38 morfotipos fitoplanctónicos. Las diatomeas son el grupo más estudiado y por lo tanto el que cuenta con mayores registros en este cuerpo lagunar, con 26 morfotipos. Por su parte, para el grupo de los dinoflagelados, se han registrado seis morfotipos (Tabla IV. 151). En los reportes realizados por Quijano-scheggia (2011) se destaca la presencia del género *Pseudo-nitzschia*

en la laguna de Cuyutlán, ya que incluye especies potencialmente tóxicas, comunes en aguas costeras y con la capacidad de formar florecimientos algales nocivos, específicamente, debido a la producción de ácido domoico, una neurotoxina que puede causar problemas de salud en humanos y animales.

Tabla IV. 151. Morfotipos fitoplanctónicos reportados de la Laguna de Cuyutlán.

Grupo	Género/Especies	1988	2011	Ago-Dic 2021	Ene-Jun 2022	Nov-2024	Dic-2024	Ene-2025	Jun-2025	Referencia bibliográfica
DIATOMEAS (centrales/pennadas)	*Chaetocero* sp.									(Administración Portuaria Integral de Manzanillo, 2010). (Quijano Scheggia, et al. 2011.)
	Coscinodiscus sp.									
	Cyclotella atomus									
	Cylindrotheca closterium									
	Diploneis sp.									

	Guinardia sp.									(UNAM, 1988).
	Gyrosigma balticum									
	Navicula sp.									
	Navicula yarrensis									
	Nitzschia sp.									
	Nitzschia logissima									
	N. closterium									
	Pleurosigma/gyrosma									
	Pleurosigma elongatum									
	Pseudo-nitzschia spp.									
	Pseudo-nitzschia brasiliana									
	Pseudo-nitzschia delicatissima									
	Pseudo-nitzschia micropora									
	Rhizosolenia sp.									
	Rhizosolenia alata									
	Rhopalodia sp.									
	R. hirudiniformis									
	Skeletonema sp.									
	Skeletonema costatum									
	Thalassionema sp.									
	Thalassiosira sp.									
DINOFLAGELADOS	*Ceratium furca*									
	Dinoflagelado NI >30 µm									
	Dinoflagelado NI <30 µm									
	Gyrodinium sp.									
	Prorocentrum sp.									
	Protoperidinium quinquecorne									
	Pyrodinium sp.									
	Scrippsiella sp.									
Ciano/nano	Cianobacterias NI > 2 < 20 µm									
	Filamento de cianobacteria									
	Nanoflagelados NI 2-20 µm									
FAN	Gonyaulax	Baltierra-Rodríguez et al. (1983)								
	Gymnodinium sp.									

CONSULTA PÚBLICA

En cuanto a los morfotipos presentes en la zona costera marina del SAR, se presenta el registro de especies fitoplanctónicas reportadas históricamente para las bahías de Manzanillo, con base en estudios realizados entre 1984 y 2002 (Tabla IV. 152). La información disponible demuestra la dominancia del grupo de los dinoflagelados, que también presentan un potencial de formación de Florecimientos Algales Nocivos (FANs). Algunos debido a la producción de toxinas, y otros por los efectos negativos derivados de las altas concentraciones celulares.

Tabla IV. 152 Taxa fitoplanctónicos registrados históricamente en Frente Marino y su presencia en distintos periodos de estudio

Grupo	Género/Especie	1984-1985	2002	Referencia bibliográfica
DIATOMEAS (Centrales/Pennadas)	*Nitzschia bicapitata*			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Guinardia flácida			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Eucampia comuta			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros radicans			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros lorenzianus			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros didymus			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros coarctatus			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Coscinodiscus granil			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Skeletonema costalum			Olivos Ortiz, et al., 2005
	Thalassionema nitzschioides			Olivos Ortiz, et al., 2005
DINOFLAGELADOS	*Ceratium furca*			Cortés- Altamirano, 1998. Ortiz-Lira, 1987; Ortiz-Lira y Jiménez-Quiroz, 2006
	Dinophysis caudata			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	D. ovum			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	D. trypos			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Prorocentrum micans			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Lingulodinium polyedra			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Gonyaulax polygramma			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Gymnodinium catenatum			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Noctiluca scintillans			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Dictyocha fibula			Quijano-Scheggia et al. 1986.
	Diestephanus speculum			Quijano-Scheggia et al. 1986.
CIANO	*Microcystis aeruginosa*			Quijano-Scheggia et al. 1986.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.1.6 Seguimiento histórico del fitoplancton en Bahías

Se presenta el registro de especies fitoplanctónicas reportadas en las bahías de Manzanillo con base en estudios realizados entre 2002 y 2010.

Tabla IV. 153. Taxa fitoplanctónicos registrados históricamente en Bahías (Manzanillo y Santiago) y su presencia en distintos periodos de estudio

Grupo	Género/Especie	2002	2005	May 2010	Referencia bibliográfica
DIATOMEAS (Centrales/Pennadas)	*Nitzschia bicapitata*				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Guinardia flácida				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Eucampia comuta				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros radicans				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros lorenzianus				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros didymus				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Chaetoceros coarctatus				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Coscinodiscus granil				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Skeletonema costalum				Olivos Ortiz, et al., 2005
	Thalassionema nitzschioides				Olivos Ortiz, et al., 2005
DINOFLAGELADO	*Ceratium divaricatum**				Olivos Ortiz, et al., 2016
	*Dyctiocha califórnica**				Olivos Ortiz, et al., 2016
	*Cochlodinium polykrykoides**				Olivos Ortiz, et al., 2016
	Gymnodinium catenatum				Quijano-Scheggia, et al., 2012
	*Prorocentrum balticum**				Olivos Ortiz, et al., 2016
	*Prorocentrum micans**				Olivos Ortiz, et al., 2016

*Presentaron Florecimientos Algales Nocivos

Se presenta el registro de eventos de florecimientos algales nocivos documentados históricamente en las bahías de Manzanillo y Santiago, con base en estudios previos y reportes institucionales (Tabla IV. 154).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 154. Registro histórico de florecimientos algales nocivos (FAN) en las bahías de Manzanillo y Santiago, Colima, y su ocurrencia en distintos periodos de estudio.

Especie productora de FAN	Año	Fuente bibliográfica
Gymnodinium catenatum	1998 1999 Marzo 1999. Abril 2002. Mayo/junio 2007.	Blanco-Blanco et al., 1999. Morales-Blake et al., 2000. Figueroa-Torres y Zepeda-Esquivel 2001. Ortiz-Lira y Jiménez-Quiroz, 2006. González-Chan et al., 2007. Quijano-Scheggia, et al., 2012
Cochlodinium cf. catenatum	Marzo 1999, 2000	Ortiz-Lira y Jiménez-Quiroz, 2006.
Mesodinium rubrum	Enero/marzo 2000, 2003, 2008, 2009 Noviembre 2010. 15 dic 2010 –5 ene 2011.	Morales-Blake et al., 2001. Ortiz-Lira y Jiménez-Quiroz, 2006. Morales-Blake et al., 2007. Quijano-Scheggia et al., 2013. COFEPRIS, 2016.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.2 Zooplancton

IV.3.14.2.1 Biomasa

Durante el periodo monitoreado, la biomasa promedio del zooplancton presentó variaciones temporales, registrando el valor promedio más bajo en diciembre con 2.0 ml/100 m^3. Posteriormente, en enero de 2026 se observó un incremento hasta 5.9 ml/100m^3, seguido de una disminución en febrero cuando alcanzó 3.9 ml/100 m^3. Este patrón sugiere una fluctuación mensual en la disponibilidad de biomasa zooplantónica, con un pico intermedio en enero.

En cuanto a la distribución espacial, considerando las estaciones distribuidas en la Laguna de Cuyutlán y en el frente marino, se observó que la biomasa fue menor en la Laguna de Cuyutlán durante diciembre de 2025 y febrero de 2026 (Tabla IV. 155), lo que indica posibles diferencias ambientales o hidrodinámicas entre ambas zonas que influyen en la abundancia del zooplancton.

Tabla IV. 155. Valores promedio, mínimo y máximo de la biomasa del zooplancton (ml/100 m^3) registrada en la Laguna de Cuyutlán (LC) y el frente marino (FM) del área de estudio durante diciembre 2025, enero y febrero de 2026.

Monitoreo	Zona	Media	Min	Max
dic-25	LC	0.8	0.3	1.5
	FM	3.2	0.1	12.2

Monitoreo	Zona	Media	Min	Max
		2.0		
ene-26	LC	7.2	1.5	24.7
	FM	4.7	1.3	10.7
		5.9		
feb-26	LC	2.2	0.3	7.3
	FM	5.4	1.6	9.7
		3.9		

En diciembre de 2025 el SAR estuvo dominado por valores de biomasa zooplanctónica bajos (<3 ml/100 m^3), principalmente en las estaciones distribuidas en los vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las abundancias más altas se observaron en la bahía de Manzanillo (estaciones 26 y 27) y en la estación E30, ubicada en la zona más oceánica del área de estudio (Figura IV. 484A).

En enero de 2026, los valores de biomasa más altos se registraron en las estaciones del Vaso IV y en la estación 15 del Vaso III, superando los 16 ml/100m^3 (Figura IV. 484B). En febrero de 2026, la distribución espacial mostró un incremento de la biomasa del zooplancton en la zona marina, particularmente frente a Punta Campos y en las Bahías de Manzanillo y Santiago. En contraste, y con excepción de las estaciones 3 y 15, las estaciones ubicadas dentro de la Laguna de Cuyutlán presentaron valores inferiores a 3 ml/100 m^3 (Figura IV. 484C).

CONSULTA PÚBLICA

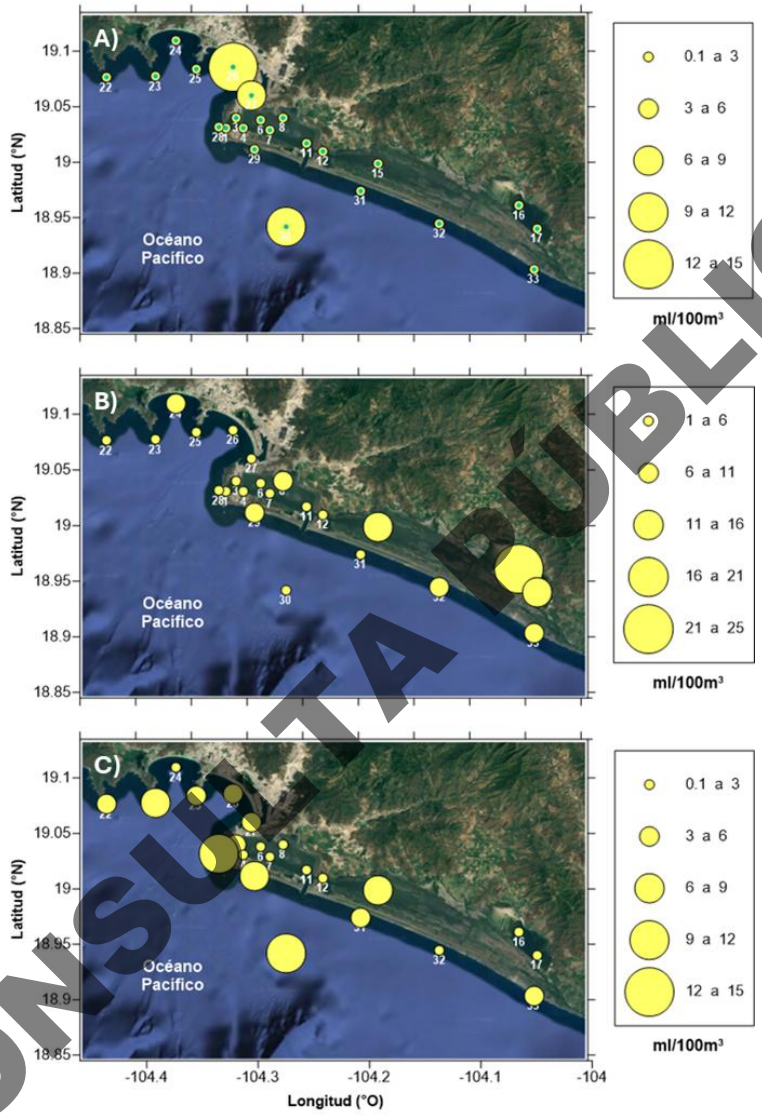


Figura IV. 484. Biomasa del zooplancton (ml/100m³) dentro del SAR en las estaciones distribuidas en los vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán y la zona costera marina durante A) diciembre de 2025, B) enero y C) febrero de 2026.

IV.3.14.2.2 Caracterización de la comunidad del zooplancton

Durante el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026 se registró la presencia de 46 grupos del zooplancton en el SAR. En la zona de la Laguna de Cuyutlán se registraron 38 grupos, mientras que, en el Frente marino, 44. El número mínimo de grupos registrados fue de 32 en la zona de Laguna de Cuyutlán durante

CONSULTA PÚBLICA

el monitoreo de diciembre de 2025, mientras que febrero de 2026 se registró un número máximo de 38 grupos en la zona del frente marino (Tabla IV. 156).

Tabla IV. 156. Abundancia promedio y riqueza de los grupos del zooplancton (ind/100m³) registrados durante los monitores mensuales realizado entre diciembre de 2025 y febrero de 2026 en la Laguna de Cuyutlán (LC) y Frente marino (FM).

Grupos (taxa)	Diciembre		Enero		Febrero	
	LC	FM	LC	FM	LC	FM
Copepoda	3148	3507	17234	3696	10726	15252
Decapoda: Brachyura	2298	513	16308	71	10342	105
Cladocera: *Evadne* sp.	52	1925	1122	54	1231	2997
Cladocera: *Penilia* sp.	128	200	897	81	769	2533
Decapoda: Anomura	386	61	2687	23	319	169
Decapoda: Caridea	576	8	1832	55	717	17
Siphonophora	11	130	74	362	220	1536
Cirripedia	111	1257	128	31	630	16
Ostracoda	42	147	142	257	42	772
Gastropoda	133	134	48	63	36	295
Chaetognatha	76	14	140	171	54	223
Amphipoda	56	64	127	53	110	237
Pteropoda	22	40	25	198	16	270
Actinaria	422		8	9	1	1
Larvacea	7	46	72	39	67	135
Estomatopoda	8	4	13	227	33	51
Decapoda: Penaeidea	18			38		78
Polychaeta larva		2	15	103	7	65
Thaliacea: Salpida		16	9	25		103
Euphausiacea		27	12	33	12	100
Bryozoa	7	18	26	48	7	92
Pterotracheoidea	5	37	18	17	6	61
Bivalvia	12	12	10	18	15	73
Thaliacea: Doliolida	3	21	29	5		17
Decapoda: Megalopa	5	61	6	3	4	10
Insecto	15	10	41	2	5	10
Phoronida						14
Ctenophora				13	6	17
Decapoda: Cumacea	2		6		17	
Brachiopoda						8
Polychaeta	11	5	4	4	5	17
Decapoda juvenil			2	13	3	

CONSULTA PÚBLICA

Grupos (taxa)	Diciembre		Enero		Febrero	
	LC	FM	LC	FM	LC	FM
Medusozoa	5	2	2	8	3	14
Mysidacea	2		1		13	7
Hydrozoa: *Obelia* sp.	15		1		3	3
Hidrozoa: *Porpita porpita*		1		12		3
Lzoant				7		2
Isopoda	2	6	7	2	4	2
Aracnida	3	2	6	2	3	
Copepoda: *Pandaridae* sp.	3	4	2		3	
Ascidiacea		2				
Platelminto		2				
Nudibranchia						2
Cephalopoda			2			
Anelida				1		
Ictioplancton						
Larvas de peces	65	6	70	4	140	6
Huevos de peces	46	92	1263	131	633	3502
TOTAL	75 616	80 292	391 175	66 367	268 575	325 463
Riqueza	32	33	36	36	34	38

CONSULTA PÚBLICA

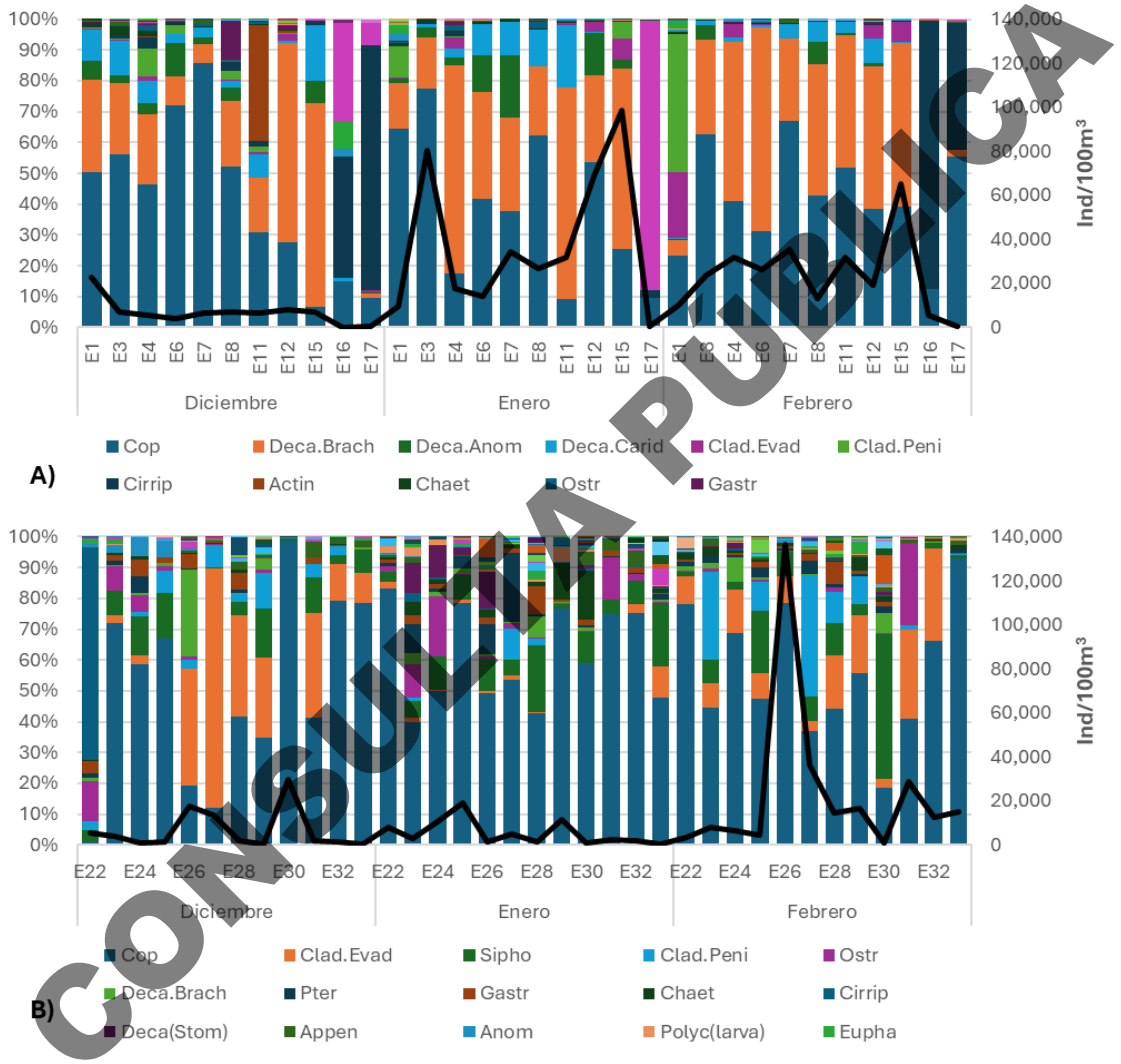
La abundancia total de los organismos zooplanctónicos fue máxima (~600,000 ind/100m^3) en el monitoreo de febrero de 2026, específicamente en la estación 26 ubicada en la zona marina, en la bahía de Manzanillo, llegando a registrar una concentración de organismos cercana a los 140,000 ind/100m^3. En lo que respecta a las estaciones ubicadas dentro de la laguna de Cuyutlán, la abundancia máxima fue de 65, 441 ind/100m^3 y se registró en la estación 15 ubicada en el vaso III (Figura IV. 485).

En contraparte, la abundancia total de individuos fue mínima en el monitoreo de enero de 2025, en donde se registró un valor de 155,908 ind/100m^3. En este monitoreo las estaciones que presentaron las densidades más bajas de organismos zooplanctónicos fueron la 15 y 17, localizadas en el vaso IV de la Laguna de Cuyutlán, con valores de 129 y 325 ind/100m^3, respectivamente (Figura IV. 485Figura IV. 492).

Respecto a la composición de la comunidad del zooplancton en el SAR durante el periodo monitoreado, nueve grupos contribuyeron al 95% de la densidad total de organismos, siendo los copépodos el que presentó la mayor contribución con un 49% al total de la comunidad. Las larvas de decápodos, específicamente las del grupo Brachyura contribuyeron con el 24%, y le siguieron los grupos Cladocera: Evadne, la fracción del ictioplancton de huevos de peces, Cladocera:*Penilia* y los decápodos del grupo Anomura con un 5.9, 4.8, 2.9 y 2.6%, respectivamente.

En las estaciones ubicadas en la Laguna de Cuyutlán 11 grupos contribuyeron al 99% de la abundancia total. Los grupos Copepoda y Brachyura dominaron la composición de la comunidad zooplanctónica contribuyendo en promedio con un 41.1 y 30.4% al total. Esto se observó en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en

las estaciones 16 y 17 ubicadas en el vaso IV la comunidad fue dominada por el grupo *Cirripedia* contribuyendo entre el 40 y 85% al total (Figura IV. 485A).



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 485. Abundancia total y relativa de los grupos del zooplancton registrados en A) la Laguna de Cuyutlán y B) el frente marino del área de estudio. Las etiquetas en la leyenda de cada gráfico corresponden a los grupos más abundantes.

En la zona del frente marino 15 grupos contribuyeron al 98% de la abundancia toral. Se observó una mayor dominancia del grupo Copepoda que contribuyó entre el 20 y 98% al total de la abundancia relativa en las estaciones de monitoreo. En promedio, este grupo contribuyó en un 63% al total de la abundancia relativa de

la comunidad zooplanctónica en el periodo diciembre 2025 a febrero de 2026. Le sigue el grupo Cladocera, específicamente del género Evadne con 12.4%, Siphonophora con 5.7%, el género *Penilia* (Cladocera) con 5.4%, y Ostracoda con 3% (Figura IV. 485B).

Considerando lo descrito anteriormente, se puede concluir que la zona marina del SAR presenta una mayor riqueza de grupos principales del zooplancton en comparación a la zona interna de la Laguna de Cuyutlán debido principalmente a que el ambiente oceánico presenta una mayor estabilidad en los factores ambientales (temperatura y salinidad principalmente) y se presenta una alta conectividad biogeográfica(Benedetti et al., 2023; García-Córdova et al., 2024). Algo que cabe destacar en la composición de la comunidad zooplanctónica en la zona del frente marino, es la notable disminución del grupo de larvas de decápodos, principalmente de los braquiuros (Figura IV. 485) y de grupos zooplanctónicos asociados al sustrato como es el caso de los mysidaceos, cumaceos, isópodos, y de los anfípodos de la familia Caprellidae (Casca & Castellanos, 1993).

IV.3.14.2.3 Variación de los grupos dominantes del zooplancton

El grupo Copepoda presentó valores promedio mensuales de 3 335, 9 850 y 13 087 ind/100m^3 en diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. En general, las abundancias mínimas de este grupo se registraron en las estaciones localizadas en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán siendo 19 ind/100m^3 el valor mínimo registrado en la estación 16 de diciembre de 2025. Las abundancias más altas se observan en la zona del vaso I y II de la Laguna de Cuyutlán y en algunas estaciones de la región este de la zona marina del SAR, la abundancia máxima del periodo monitoreado fue de 107 048 ind/m^3 en la estación 26 ubicada en la zona central de la bahía de Manzanillo (Figura IV. 486A-C).

El grupo Decapoda:*Brachyura* presentó abundancias promedio de 1 405, 7 762 y 5 001 in/100m^3 en diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. Excluyendo a las estaciones del vaso IV, en donde la abundancia de este grupo del zooplancton fue mínima o incluso ausente, los valores máximos de abundancia se registraron al interior de la Laguna de Cuyutlán específicamente en la estación 1 en diciembre de 2025, y en la estación 15 en enero y febrero de 2026. Las estaciones ubicadas en la zona marina presentaron valores de abundancia menores a 5 000 ind/100m^3, con mínimos inferiores a 10 ind/100m^3 o en algunos casos ausencia de individuos en las estaciones marinas más sureñas del SAR (Figura IV. 486D-E).

El grupo *Cladocera* estuvo bien representado por los géneros *Evadne* y *Penilia* durante todo el periodo de monitoreo. El grupo Cladocera:*Evadne* presentó valores mensuales promedio de abundancia de 168 ind/100m^3 en diciembre de 2025, 489 in/100m^3 en enero de 2026, y 1 777 in/100m^3 en febrero de 2026. Durante enero de 2025 se registraron los valores más bajos de abundancia. No hubo presencia de este grupo en 5 de las 23 estaciones monitoreadas para zooplancton y en el resto se observó una distribución espacial parcialmente homogénea con presencia de las mayores abundancias en la bahía de Manzanillo y el vaso I de la Laguna de Cuyutlán (Figura IV. 487A). Tanto en enero como en febrero de 2026, el grupo *Cladocera:Penilia* estuvo presente en 14 de las 23 estaciones de monitoreo y se registraron las máximas abundancias con valores de 5 148 ind/100m^3 en la estación 15 en enero y 14 181 in/100m^3 en la estación 27 durante febrero (Figura IV. 487A-C).

Respecto al grupo Cladocera:*Evadne*, con excepción de las estaciones ubicadas en el vaso IV, se puede considerar que se distribuyó a lo largo de toda el área de estudio del SAR. Los valores promedio mensuales

CONSULTA PÚBLICA

para este grupo del zooplancton fueron 1 038, 512 y 2311 ind/100m^3 en diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. No se identificó un patrón espacial definido, durante diciembre y febrero las abundancias más altas se registraron en la zona marina, mientras que en enero se observaron al interior de la Laguna de Cuyutlán, principalmente en las estaciones ubicadas en el vaso III (Figura IV. 487D-F).

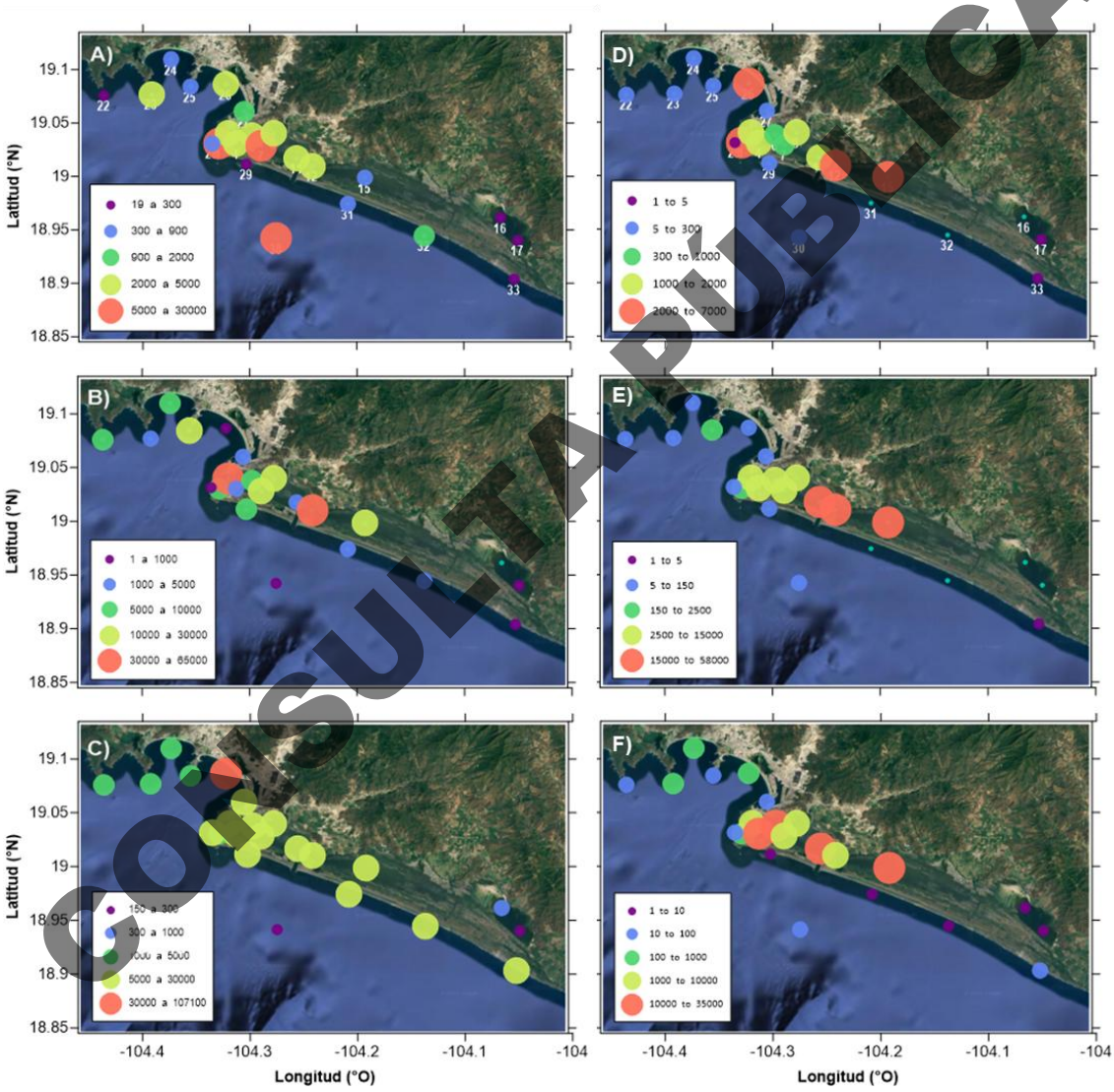
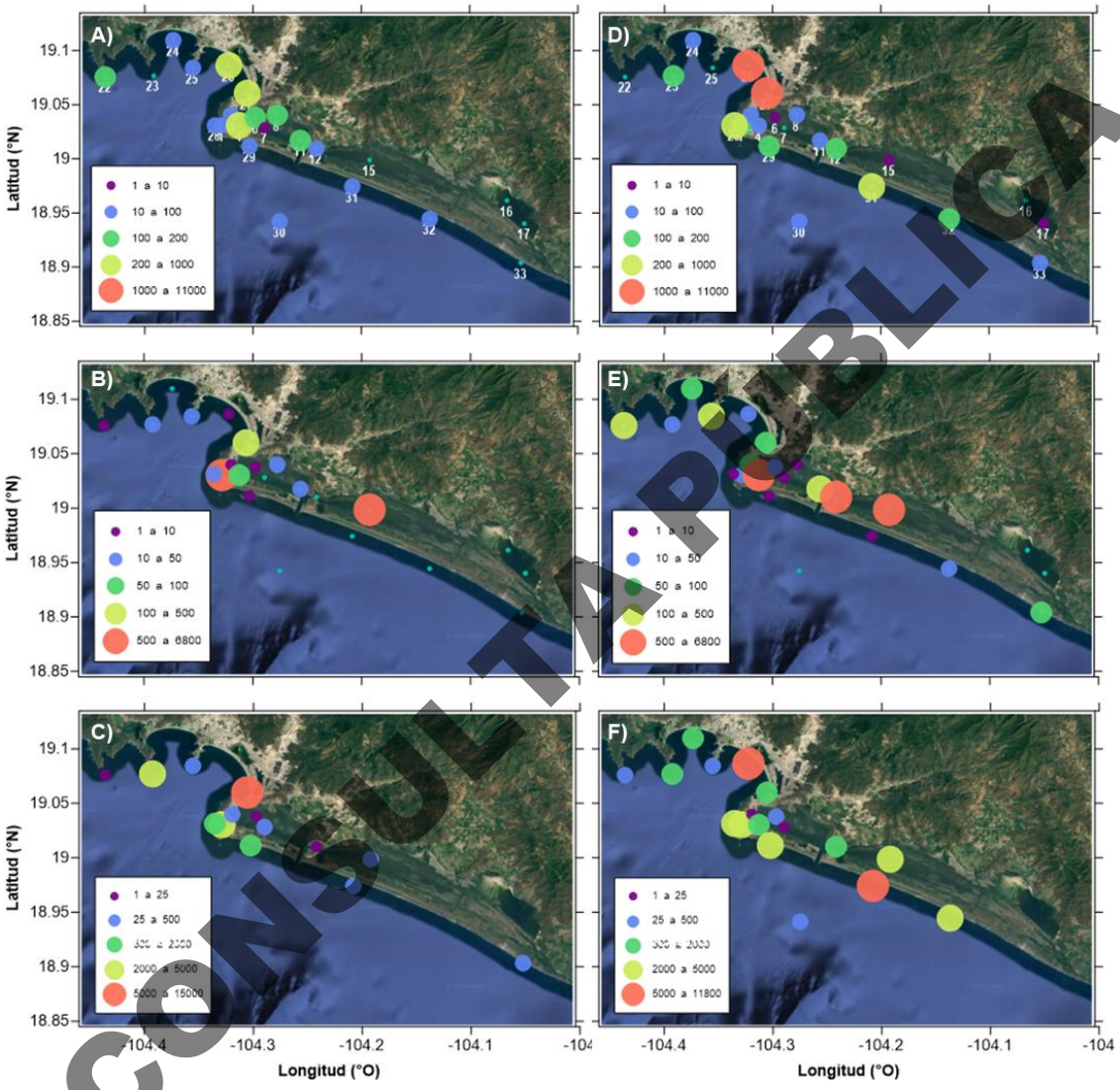


Figura IV. 486. Abundancia (ind/100m^3) de los grupos copepoda (A-C) y Decapoda:Brachyura (D-E) en el SAR durante diciembre de 2025 (A, D), enero (B, E) y febrero de 2026 (C, F).

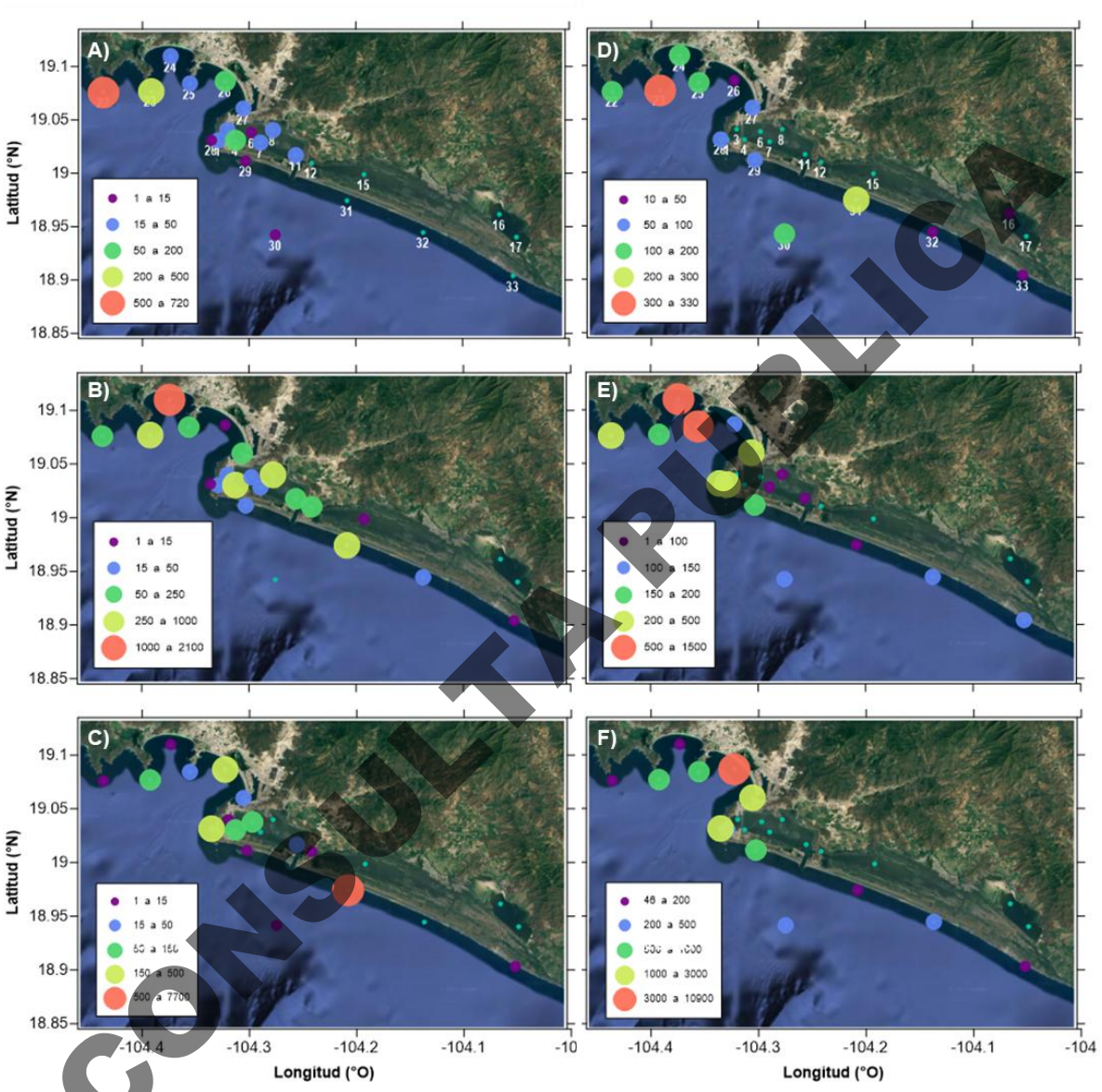
CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 487. Abundancia (ind/100m³) de los grupos Cladocera: Penilia sp. (A-C) y Cladocera: Evadne sp. (D-E) en el SAR durante diciembre de 2025 (A, D), enero (B, E) y febrero de 2026 (C, F).

El grupo Ostracoda presentó abundancias que aumentaron desde enero de 2025 a febrero de 2026. Los valores promedio fueron de 101, 208 y 544 ind/100m3 en enero 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. Se registró una mayor presencia en las estaciones localizadas en la zona marina del área de estudio. Los valores registrados dentro de la Laguna de Cuyutlán fueron menores a 650 ind/100m³, mientras que en la zona marina se registraron abundancias superiores como fue el caso de la estación 24 en enero y la estación 31 en febrero, que presentaron abundancias de 2 071 y 7 646 ind/100m³ (Figura IV. 488A-C).



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 488. Abundancia (ind/100m^3) de los grupos Ostracoda (A-C) y Siphonophora (D-E) en el SAR durante diciembre de 2025 (A, D), enero (B, E) y febrero de 2026 (C, F).

El grupo Siphonophora, pertenecientes al filo Cnidaria, forma parte de la fracción gelatinosa del zooplancton que fue muy abundante durante el monitoreo de febrero de 2026. Presentó valores de abundancia promedio de 121, 290 y 1 435 ind/100m^3 en diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. La abundancia mínima fue de 1 ind/100m^3 en la estación 7 durante enero de 2026, mientras que la máxima se registró en febrero con un valor de 18 653 ind/100m^3 en la estación 26. Espacialmente se observó que la distribución de este grupo del zooplancton fue exclusivamente marina en los monitoreos de diciembre de 2025 y febrero de 2026. En enero se observó una pequeña intrusión de organismos hacia el vaso II de la Laguna de Cuyutlán (Figura IV. 488D-F).

Las larvas de peces pertenecientes al ictioplancton, es un componente importante de la comunidad planctónica. Se registraron abundancias promedio mensuales de 50, 39 y 69 ind/100m^3 durante diciembre de 2025, enero y febrero de 2026. Este grupo presentó una notable dominancia en las estaciones distribuidas en los vasos I, II y III de la Laguna de Cuyutlán, lo que evidencia la importancia de este sistema costero como refugio de estos organismos durante sus primeros estadios. Las abundancias mínimas del ictioplancton fueron de ~1 ind/100m^3 en las estaciones 16, 33 y 23 durante diciembre, enero y febrero, respectivamente. Por su parte, las densidades máximas fueron de 335 ind/100m^3 en la estación 15, y 362 ind/100m^3 en la estación 3 durante el monitoreo de febrero (Figura 489).

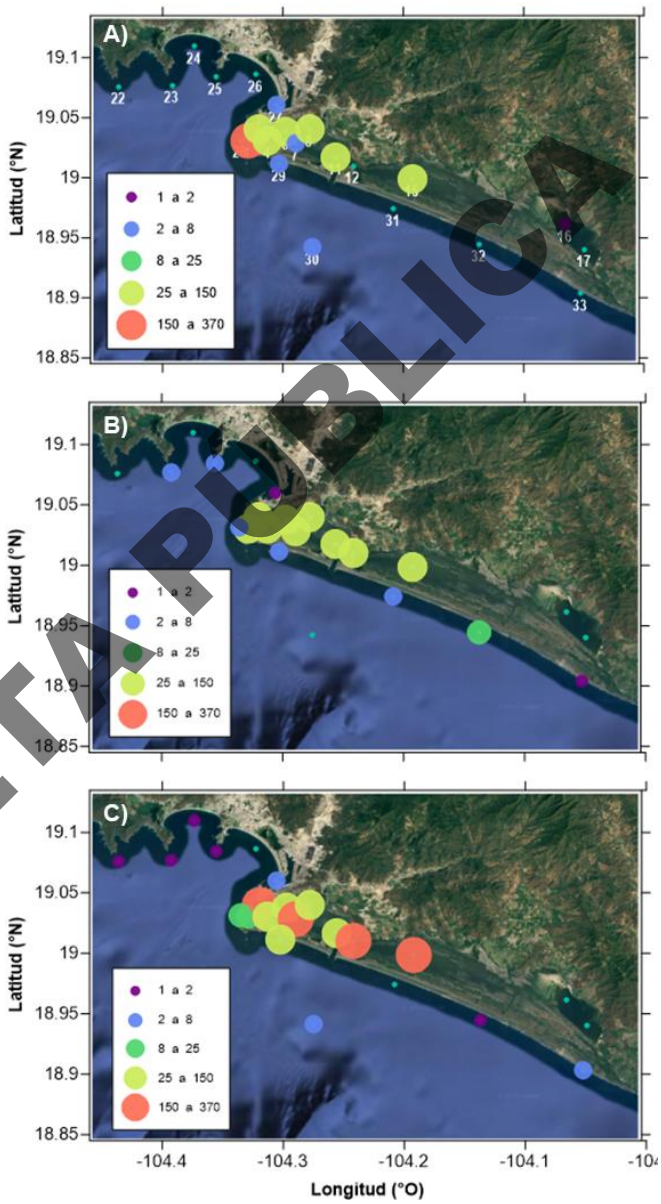


Figura IV. 489. Abundancia (ind/100m^3) de las larvas de peces en el SAR durante diciembre de 2025 (A), enero (B) y febrero de 2026 (C).

CONSULTA PÚBLICA

Al realizar una comparación general con la base de datos zooplancton disponible del 2018, se observan diferencias relevantes en la dinámica de la biomasa presente en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. En 2018 el biovolumen zooplanctónico presentó un marcado patrón estacional, con valores máximos en febrero (~80 ml/100m^3), y mínimos en marzo y septiembre (~10 y 3.5 ml/100m^3, respectivamente), lo que sugiere la influencia de procesos estacionales, posiblemente asociados a pulsos de productividad y condiciones oceanográficas locales favorables.

En contraste, los monitoreos del presente estudio indican que si bien durante noviembre y diciembre de 2024, los valores promedio de biomasa zooplanctónica en el Vaso II son comparables a los reportados previamente, en los meses evaluados de 2025 y 2026 se observar una diferencia considerable respeto a este comportamiento histórico. En particular, destaca la biomasa registrada en febrero de 2026 (1.6 ml/100m^3), significativamente menor a lo reportado para el mismo mes en 2018, lo que evidencia una alteración significativa en el patrón esperado para este componente del plancton (Figura IV. 490).

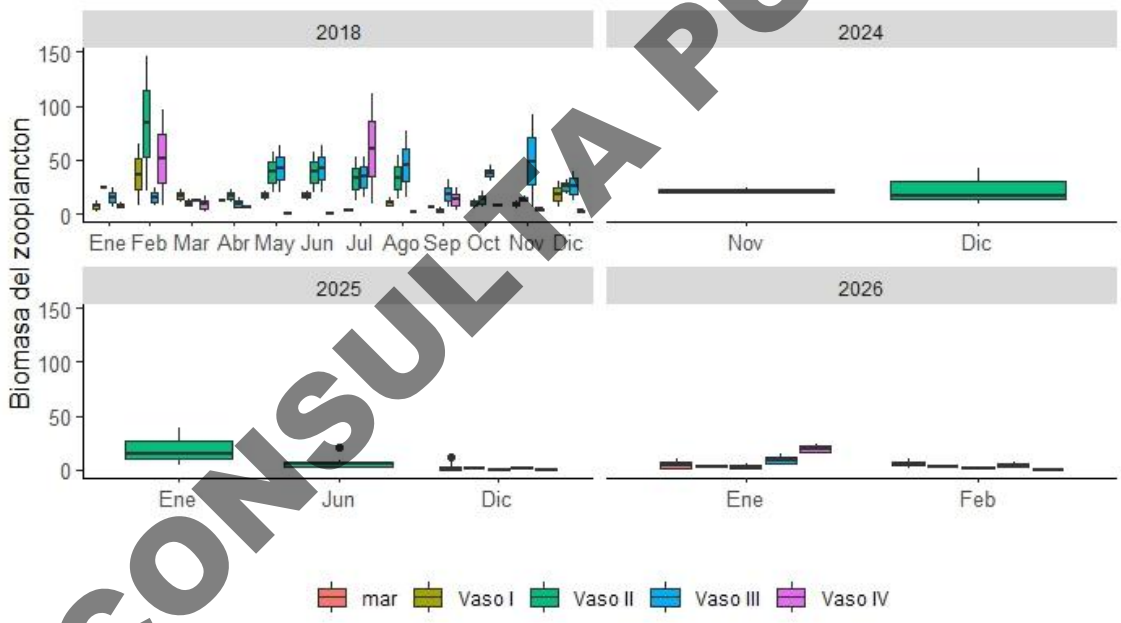


Figura IV. 490. Comparativa de los datos de biomasa del zooplancton (ml/100m3) de la base de datos disponible del 2018 y los monitoreos realizados en 2024, 2025 y 2026.

Esta disminución podría estar asociada a cambios en las condiciones ambientales, como variaciones en la temperatura del agua, alteraciones en la conectividad con el sistema marino, modificaciones en la hidrodinámica del sistema o incluso efectos climáticos interanuales. Asimismo, una menor disponibilidad de nutrientes puede impactar negativamente a la abundancia del fitoplancton -base de la red trófica acuática- y provocar cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica, además de influir en la reducción de la biomasa zooplanctónica registrada. En este sentido, los resultados sugieren una posible variabilidad interanual en la productividad del

CONSULTA PÚBLICA

sistema, así como una respuesta del zooplancton a cambios ambientales recientes que difieren de las condiciones registradas en 2018.

Respecto a la abundancia del grupo Copepoda, también se observa un patrón estacional. Las densidades registradas para noviembre y diciembre de 2024, y enero de 2025 fueron mayores que lo reportado para los mismos meses del 2018, lo que podría sugerir condiciones ambientales favorables durante ese periodo. En junio de 2025 la abundancia de este grupo fue ligeramente menor, mientras que, para diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, las densidades promedio obtenidas en el vaso II fueron considerablemente menores Figura IV. 491), indicando la posible influencia de condiciones ambientales menos favorables o la reducción en la disponibilidad de alimento (fitoplancton y otros grupos del zooplancton) que limitan el desarrollo de este grupo zooplanctónico.

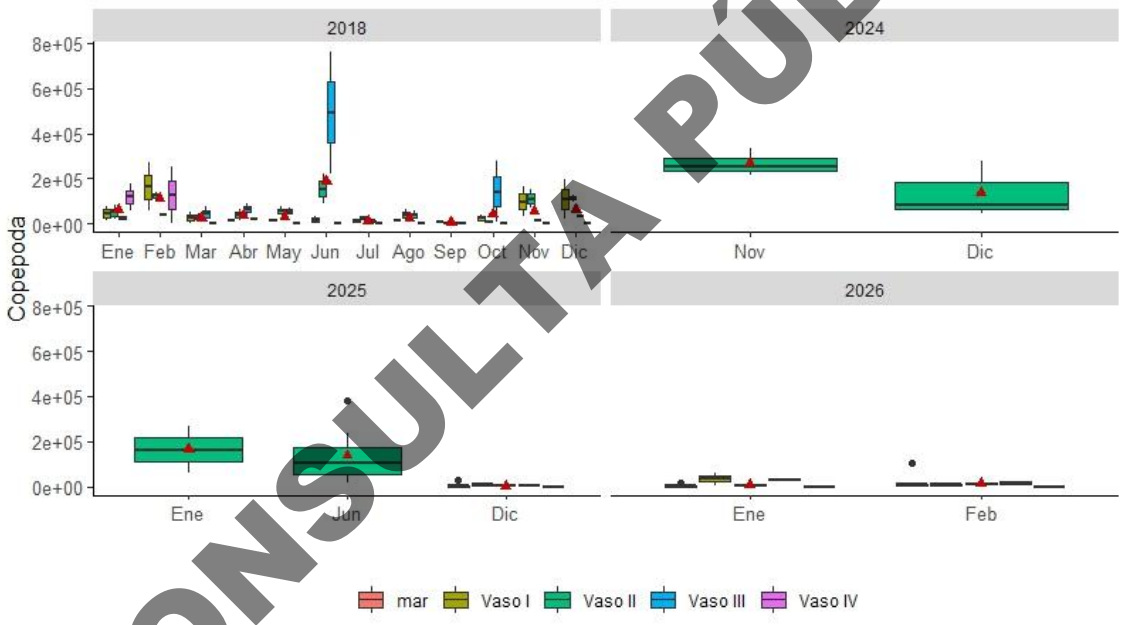


Figura IV. 491. Comparativa de los datos de abundancia de organismos del grupo Copepoda (ml/100m3) de la base de datos disponible del 2018 y los monitoreos realizados en 2024, 2025 y 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.14.2.4 Ictioplancton

Para el reporte de ictioplancton, se tomó la base datos disponibles de muestreos mensuales realizados en 2018 en estaciones distribuidas en los vasos I, II, III y IV de la Laguna de Cuyutlán. Se registra la presencia de 65 morfotipos distribuidos en 33 géneros y 31 familias. De manera general, la mayor riqueza de morfotipos se presenta durante los meses correspondientes a invierno, con valores superiores a 20 morfotipos en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre. De manera puntual, se registraron 24 morfotipos en octubre. En

contraparte, la menor riqueza reportada es de 9 morfotipos, principalmente en junio y septiembre (Tabla IV. 157).

Las especies del ictioplancton que dominaron durante el 2018 al interior de los vasos de la Laguna de Cuyutlán fueron *Achiridae* spp., *Oligoplites saurus*, *Engraulidae* spp., *Gerreidae* spp., y *Gobiidae* sp.1. Por su parte *Harengula thrissina*, *Dormitator latifrons*, *Dactyloscopus pectoralis, Xenichthys xanti* y *Mugil curema* presentaron porcentajes de ocurrencia entre 67 y 75%. Cabe destacar que *O. saurus*, Engraulidae spp., *H. thrissina*, *X. xanti* y *M. curema* son organismos de importancia ecológica y comercial, ya que se utilizadas ampliamente como carnada viva y para consumo de la población local. Asimismo, *Auxis thazard*, que presentó un porcentaje de ocurrencia del 25%, también puede considerarse como un recurso de subsistencia. Algunos morfotipos que registraron porcentajes de ocurrencia menores al 10% durante el periodo anual del 2018 fueron *Cheilopogon heterurus* (pez volador) y otras especies de importancia ecológica que habitan principalmente en las zonas marinas y lagunas costeras (Tabla IV. 157).

Tabla IV. 157. Listado taxonómico de los morfotipos presentes en la Laguna de Cuyutlán durante 2018. Se marcan en negrita los morfotipos más dominantes con porcentajes de abundancia ≥ 75%. El asterisco indica la presencia del morfotipo.

Familia	Género	Morfotipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	% de ocurrencia
Huevos de peces															
Clupeidae			*	*	*	*	*				*	*	*	*	75
Engraulidae			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100
Larvas de peces															
Achiridae		**Achiridae spp.**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100
Atherinopsidae	*Atherinella*	*Atherinella eriarcha*			*	*		*							25
		Atherinella nepenthe	*	*	*									*	33
	Atherinops	*Atherinops affinis*							*						8
Bleniidae	*Hysoblennius*	*Hypsoblennius gentilis*		*			*								17
	Ophioblennius	*Ophioblennius steindachneri*	*		*	*	*							*	42
Bregmacerotidae	*Bregmaceros*	*Bregmaceros bathymaster*		*		*	*					*		*	42
Carangidae	*Chloroscombrus*	*Chloroscombrus orqueta*	*	*	*	*	*					*			50
	Oligoplites	***Oligoplites altus***	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100
		Oligoplites saurus	*		*	*	*		*						42
Chaenopsidae	*Coralliozetus*	*Coralliozetus micropes*				*								*	17
Cynoglossidae	*Symphurus*	*Symphurus williamsi*			*										8
Dactyloscopidae	*Dactyloscopus*	***Dactyloscopus pectoralis***	*	*	*	*	*		*			*	*	*	75
		Dactyloscopus mundus	*	*		*							*		33

CONSULTA PÚBLICA

Familia	Género	Morfotipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	% de ocurrencia
	Myxodagnus	*Myxodagnus opercularis*			*										8
Dorosomatidae	*Harengula*	***Harengula thrissina***	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	83
Eleotridae	*Dormitator*	***Dormitator latifrons***	*	*	*		*	*	*	*		*	*	*	83
Engraulidae		**Engraulidae spp.**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100
Exocoetidae	*Cheilopogon*	*Cheilopogon heterurus*			*										8
Fundulidae	*Fundulus*	Fundulus sp.		*											8
Gerreidae		Gerreidae spp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100
Gobiesocidae	*Gobiesox*								*	*		*		*	33
Gobiidae	*Bathygobius*	*Bathygobius ramosus*	*												8
	Gobionellus	*Gobionellus microdon*		*				*				*		*	33
		Gobiidae sp. 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100
		Gobiidae sp. 2								*				*	17
		Gobiidae sp. 3	*	*	*		*		*			*	*	*	67
		Gobiidae sp. 4								*					8
		Gobiidae sp. 5										*			8
		Gobiidae sp. 6												*	8
Haemulidae	*Xenichthys*	***Xenichthys xanti***	*	*			*		*	*	*	*	*	*	75
		Haemulidae sp. 1	*						*						17
		Haemulidae sp. 2	*							*	*				25
		Haemulidae sp. 3	*												8
Hemiramphidae	*Hemiramphus*	*Hemiramphus saltator*		*				*							17
	Hyporhamphus	*Hyporhamphus rosae*		*	*	*						*			33
Labrisomidae	*Malacoctenus*	Malacoctenus sp. 1												*	8
	Paraclinus	Paraclinus sp. 1			*										8
		Labrisomidae sp.1										*			8
		Labrisomidae sp. 2								*					8
		Labrisomidae sp. 3							*						8
		Labrisomidae sp. 4				*									8
		Labrisomidae sp. 5			*										8
Mugilidae	*Mugil*	*Mugil curema*		*	*		*		*	*	*	*		*	67
Ophidiidae		Ophidiidae sp.				*									8
Pleuronectidae		Pleuronectidae sp. 1		*											8
		Pleuronectidae sp. 2	*		*				*			*			33
Pomacentridae	*Abudefduf*	*Abudefduf troshchelli*		*											8
	Stegastes	Stegastes sp. 1		*											8
		Pomacentridae sp. 1												*	8
		Pomacentridae sp. 2											*		8
Sciaenidae	*Larimus*	Larimus sp.			*							*			17
	Stellifer	Stellifer sp. 1		*								*	*		25

CONSULTA PÚBLICA

Familia	Género	Morfotipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	% de ocurrencia
		Sciaenidae sp. 1	*	*			*					*	*	*	50
		Sciaenidae sp. 2											*		8
		Sciaenidae sp. 5										*			8
Scombridae	*Auxis*	Auxis thazard	*							*			*		25
Synodontidae	*Synodus*	Synodus sp. 1										*			8
Tetraodontidae	*Sphoeroides*	*Sphoeroides lobatus*												*	8
Triglidae	*Bellator*	*Bellator loxias*			*										8
Tripterygiidae	*Axoclinus*	*Axoclinus carminalis*					*							*	17
		Axoclinus nigricaudus			*		*							*	25
Bothidae		Bothidae sp. 1	*						*						17
Riqueza de morfotipos			**23**	**24**	**25**	**17**	**19**	**9**	**18**	**15**	**9**	**24**	**16**	**25**	

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15 Bentos

La caracterización de la estructura de la comunidad bentónica dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) se determinó mediante la integración de información obtenida de diferentes fuentes. Tomando en consideración la revisión bibliográfica y reportes técnicos derivados de monitoreos previos realizados en la Laguna de Cuyutlán y la que se encuentra dentro del SAR.

Estudios previos asociados al Sistema Ambiental Regional (SAR).

La información recopilada y sintetizada en la Tabla IV.35 evidencia que el SAR ha sido objeto de diversos estudios enfocados en la caracterización ecológica, hidrodinámica y biológica de sus componentes, particularmente en lo referente a comunidades bentónicas y calidad ambiental. En conjunto, estos antecedentes permiten reconocer tendencias consistentes en la estructura y funcionamiento del sistema.

Entre los principales hallazgos documentados, destaca que la Laguna de Cuyutlán y sus zonas asociadas presentan condiciones típicas de sistemas lagunares costeros tropicales, caracterizados por una fuerte influencia de factores físico-ambientales como la granulometría del sedimento, la hidrodinámica, la salinidad y el grado de confinamiento. Estos factores determinan la distribución espacial de las comunidades bentónicas, favoreciendo en las zonas internas la dominancia de especies oportunistas y tolerantes, mientras que en áreas con mayor intercambio marino se observa un incremento en la diversidad y complejidad estructural de las comunidades.

Asimismo, los estudios previos coinciden en señalar que las zonas de conexión laguna–mar, como canales y bocas, representan áreas clave para el mantenimiento de la biodiversidad, al facilitar procesos de renovación de agua, oxigenación del sedimento y dispersión larvaria. En contraste, las zonas con circulación restringida

tienden a presentar acumulación de materia orgánica y sedimentos finos, condiciones que promueven comunidades menos diversas y con mayor dominancia de pocos taxones.

Otro aspecto relevante identificado en la revisión bibliográfica es la evidencia de presión antropogénica en el sistema, asociada principalmente a actividades portuarias, urbanas y modificaciones hidrológicas. Estas presiones se han relacionado con cambios en la estructura comunitaria, incluyendo la reducción de especies sensibles, la simplificación de las comunidades bentónicas y la presencia de bioindicadores de contaminación. En este sentido, algunas especies de gasterópodos han sido ampliamente utilizadas como indicadores de calidad ambiental, debido a su sensibilidad a contaminantes y su capacidad de reflejar alteraciones fisiológicas en ambientes impactados.

En conjunto, los antecedentes presentados en la Tabla IV. 159 proporcionan un marco de referencia sólido para la interpretación de los resultados del presente estudio, evidenciando que los patrones observados en la comunidad bentónica del SAR responden tanto a la dinámica natural del sistema como a la influencia de factores de origen antropogénico. Este contexto permite sustentar de manera integral la evaluación ambiental y la propuesta de medidas de manejo y monitoreo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 158. Síntesis de estudios previos y antecedentes bibliográficos del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
Laguna de Cuyutlán y frente marino de la laguna.	1988	Sistema lagunar costero y zona marina	Macrobentos (molusca, anélidos, artrópodos y equinodermos)	Muestreos biológicos y ambientales en distintos sectores del sistema lagunar.	Encontraron en la comunidad bentónica, 4 Filos de invertebrados; Moluscos en 2 Clases, 26 Familias, 62 Géneros y 41 Especies; Anélidos con 1 Clase y 12 familias; Artrópodos con 1 Clase, 1 Subclase, 2 Ordenes 5 familias, 5 Géneros y 1 Especie; Equinodermos con 1 Clase, 5	La diversidad (H´) fue de 3 bit/ind en la conexión de Tepalcates, mientras en el interior de la laguna fue de 1 bit/ind. Con dominancia de pocas especies capaces de tolerar las variaciones extremas de salinidad.	Proporción de línea base de la composición bentónica del cuerpo lagunar	Reyes T., C. E. y V. V. Serrano P., 1988

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
					Familias, 4 Géneros y 2 Especies.			
Laguna de Cuyutlán en el periodo del 2008 al 2010	2011	Sistema Lagunar	Malacofauna bentónica	Muestreos mediante toma de muestreo con draga tipo Van Veen	Encontró un total de 16 especies y su composición taxonómica está constituida por 3 clases perteneciente s al phylum mollusca y la más predominant e fue la clase gasterópoda con el 62.50% comprende 9 familias, 7 subfamilias, 10 géneros y 10 especies, seguida por la clase bivalva con 4 familias, 3 subfamilias, 5 géneros y 5 especies y por último tenemos la clase cirripedia con tan solo una familia, 1 género y 1 especie.	La diversidad de los bentos en el vaso I y II fue baja y los índices más altos se encontraron en el vaso III	Comunidad bentónica de la Laguna de cuyutlán	Guzmán Barrera et al, 2011
Laguna de Cuyutlán, Colima, Pacífico	2001	Sistema lagunar costero	Moluscos bentónicos	Muestreos biológicos y ambientales en distintos	Se identificó una comunidad bentónica	Diversidad moderada, dominada por pocas	El estudio constituye uno de los antecedente	Serrano-Pinto, Caraveo-

CONSULTA PÚBLICA

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
central mexicano				sectores del sistema lagunar; colecta de organismos bentónicos	dominada por invertebrados adaptados a sedimentos finos y condiciones salobres**, con** predominio de poliquetos, moluscos y crustáceos	especies tolerantes a variaciones ambientales	s ecológicos más tempranos del sistema lagunar de Cuyutlán, útil para establecer condiciones de referencia del bento lagunar dentro del SAR del proyecto portuario	Patiño, (2002).
Zona rocosa intermareal en proximidad al Puerto de Manzanillo, Colima, Pacífico mexicano	2016	Portuario	Intermareal	Se analizaron variables morfométricas , proporción sexual, presencia de malformaciones, tumores e imposex en *Plicopurpura pansa.* Se realizaron análisis histológicos y determinación de compuestos organoestánnicos (MBT, DBT, TBT) en tejidos	Presencia de neoplasias en tejido del pie y gónadas de los organismos, con mayor frecuencia en zonas cercanas al puerto. La presencia de tumores se asoció con mayores concentraciones de monobutilestaño (MBT). Se propone a *P. pansa* como bioindicador sensible de estrés ambiental en zonas portuarias.	508 organismos analizados**.** 0–15 tumores por individuo registrados. Clasificación de afectación: • leve: 1–4 tumores • moderada: 5–7 tumores • severa: >8 tumores	Evidencia de efectos biológicos asociados a contaminación portuaria en organismos bentónicos, lo cual es relevante para evaluar riesgos ambientales en ampliaciones o nuevas obras portuarias en la región de Manzanillo–Cuyutlán.	Ahumada-Martínez, -et al 2018

CONSULTA PÚBLICA

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
Zona marina								
Puerto de Manzanillo, Colima, México (zona urbano-portuaria y costa adyacente)	2018 – 2020	Zona marina costera con influencia portuaria; sustratos rocosos, arenosos y mixtos	Macrozoobentos marino (equinodermos, moluscos, crustáceos, cnidarios, poliquetos, peces bentónicos)	Muestreo mediante buceo SCUBA; rescate manual de organismos; clasificación por tipo de sustrato; identificación taxonómica in situ y mediante registros fotográficos; cálculo de índices ecológicos; análisis de correspondencia múltiple	Se registraron 13,559 organismos pertenecientes a 68 especies. Dominancia de especies tolerantes (*Echinometra vanbrunti* y *Diadema mexicanum*). No se detectaron diferencias significativas en los índices ecológicos entre tipos de sustrato.	Índice de Margalef (5–6; alta biodiversidad), Shannon (~2; diversidad media), Pielou (0.54–0.65; equidad intermedia), prueba de asociación de García de León	Proporciona línea base bentónica regional, demuestra sensibilidad del bento a gradientes de contaminación y actividades portuarias	Liñán-Rico et al., 2020
Bahía de Santiago, Colima, (pecio / barco hundido	2024 – 2025	Zona marina somera; sustrato metálico artificial (pecio) rodeado por fondos arenosos	Macrozoobentos marino asociado a sustratos duros (cnidarios, equinodermos, moluscos, crustáceos)	Muestreo mediante buceo SCUBA; censos visuales y registro fotográfico; identificación taxonómica de organismos bentónicos y fauna	El pecio funciona como un **arrecife artificial**, incrementando la complejidad estructural con un alto grado de deterioro, se presentan especies invasoras	Riqueza específica y abundancia relativa	Evaluar impactos indirectos, efectos acumulativos y cambios en la estructura bentónica asociados a modificaciones físicas del fondo marino	Ignacio Sandubete, 2025
Bahía de Santiago, Colima, (pecio /	2023	Zona marina somera; sustrato duro	Macrozoobentos marino epifaunal (cnidarios, equinodermo	censos visuales; registro fotográfico; identificación	El pecio actúa como **arrecife artificial**, la agregación	Riqueza específica y abundancia relativa (sin aplicación de	Proporciona antecedente directo sobre comunidade	Galván-Villa et al. 2023

CONSULTA PÚBLICA

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
barco hundido		artificial (pecio) con influencia de fondos arenosos circundante	s, moluscos, crustáceos) y fauna asociada	taxonómica de organismos bentónicos; análisis descriptivo de composición y abundancia relativa	de Carijoa riseii afectando la complejidad estructural del hábitat y favoreciendo una comunidad bentónica propia	índices clásicos de diversidad multivariada	s bentónicas asociadas a estructuras artificiales dentro del SAR; útil para evaluar impactos indirectos, efectos acumulativos y cambios en la estructura del bento marino ante modificaciones físicas del fondo	
Bahía de Santiago, Colima, (pecio / barco hundido	2025	sustrato duro artificial (pecio) con interacción con fondos arenosos circundantes	Macrozoobentos marino epifaunal y fauna asociada a sustratos duros (cnidarios, equinodermos, moluscos, crustáceos, poliquetos)	censos visuales estructurados; registro fotográfico georreferenciado; identificación taxonómica a nivel de especie; análisis de cobertura, abundancia relativa y composición comunitaria; comparación cualitativa con fondos blandos adyacentes	Se resalta la vulnerabilidad de los arrecifes artificiales ante múltiples estresores y se propone que estructuras como los pecios puedan ser sitios sentinel para monitoreo y conservación, además de intervenir en estrategias de mitigación y restauración ante futuras emergencias climáticas.	Uso del gradiente de condición biológica para evaluar arrecifes	Proporciona sobre la respuesta de los bentos marinos a estructuras artificiales dentro del SAR; permite evaluar impactos indirectos y acumulativos asociados a modificaciones físicas del fondo marino; refuerza la necesidad de diferenciar subambientes (fondos blandos vs	Liñán-Cabello et al 2025

CONSULTA PÚBLICA

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
							sustratos duros). evalúa impactos del cambio climático en bla biodiversidad	
Litoral del Pacífico mexicano, incluyendo la costa de Colima	2018	fondos blandos (arenosos y limo-arenosos)	Equinodermos irregulares bentónicos (Echinoidea: Spatangoida y Clypeasteroida)	Revisión taxonómica basada en registros históricos, colecciones científicas y muestreos de campo; identificación morfológica; análisis de distribución geográfica y batimétrica	Se documenta la distribución y diversidad de equinodermos irregulares asociados a fondos blandos del Pacífico mexicano. Las especies muestran afinidad por sedimentos específicos y condiciones hidrodinámicas particulares	No aplica (estudio taxonómico y biogeográfico	Aporta contexto regional sobre especies bentónicas indicadoras de fondos blandos potencialmente presentes en el SAR; útil para interpretación ecológica de resultados del muestreo bentónico marino; no sustituye estudios locales ni cuantitativos, pero fortalece la discusión sobre composición y afinidad de especies	Galván-Villa et al 2018
Comunidades arrecifales de la costa		2014	Arrecifes rocosos y	Muestreos visuales subacuáticos en	Alta dependencia de la fauna críptica	Diversidad (H'): 1.5 – 2.5., Riqueza: 23	Para la MIA del puerto de Cuyutlán, estos	Cadena-Estrada,

CONSULTA PÚBLICA

Localización	Año	Sub ambiente	Grupo bentónico	Metodología	Principales hallazgos	Índices ecológicos	Relevancia para la MIA	Referencia
de Colima, Pacífico central mexicano			coralinos someros	microhábitats; registro de peces asociados a distintos sustratos.	respecto a la complejidad estructural del sustrato; los sustratos arrecifales albergan mayor diversidad y abundancia. La estructura del hábitat es un factor clave para la diversidad loca	especies, Densidad máxima de especies dominantes: ~0.59 ind/m², Abundancia total registrada: 3056 individuos	resultados son relevantes porque actividades como dragado, sedimentación o modificación del fondo pueden reducir la complejidad del hábitat y afectar comunidades asociada	et al 2019
Bahía de Carrizales, costa de Colima,	2018	Zona intermareal rocosa	*Plicopurpora pansa* (gasterópodo intermareal bioindicador)	Morfometría poblacional, incidencia de imposex, malformaciones de concha y alteraciones fisiológicas	La población de *Plicopurpura pansa* en Carrizales presenta niveles bajos a moderados de alteraciones morfológicas y presencia de imposex, lo que sugiere exposición crónica a contaminantes de origen antropogénico, aunque menor que en sitios directamente impactados.	Longitud media: **3.55 cm**; peso medio: **6.10 g**; relación peso/longitud: **1.71**. Imposex: **18 %** de los organismos. Índice RPLI: **13.2 %**. Índice VDS: **1.0**. Malformaciones: **1.6 %**. Erosión de concha: **40 %** de los individuos	Proporciona línea base ecológica para comunidades intermareales rocosas cercanas al SAR del puerto de Cuyutlán, evidenciando que moluscos bentónicos pueden funcionar como bioindicadores de perturbación ambiental y contaminación química en la región costera de Colima.	Liñán-Cabello et al 2020

CONSULTA PÚBLICA

Es importante referir que dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) se reconoce la presencia del arrecife coralino de Carrizales, el cual constituye un ecosistema marino-costero de alta relevancia ecológica y elevada sensibilidad ambiental. Este arrecife, desarrollado sobre sustrato rocoso somero, funciona como hábitat estructural clave para diversas comunidades bentónicas y fauna asociada, contribuyendo a la biodiversidad regional y a la dinámica ecológica costera.

A pesar de presentar una condición ecológica alterada —caracterizada por baja cobertura coralina viva, dominancia de especies tolerantes y procesos de simplificación estructural—, el arrecife mantiene funciones ecológicas importantes, actuando como receptor crítico de impactos ambientales, particularmente aquellos relacionados con incremento de sedimentación, turbidez y cambios en la calidad del agua.

En el contexto del proyecto, su relevancia radica en que representa un sistema altamente vulnerable a perturbaciones acumulativas y sinérgicas, por lo que constituye un referente clave para la evaluación de impactos indirectos y para la definición de medidas de prevención, mitigación y monitoreo ambiental, especialmente en relación con actividades como dragado y modificación de la hidrodinámica costera (ver ficha Técnica del Arrecife Carrizales).

IV.3.15.1 Reportes técnicos y monitoreos

Sistema Lagunar de Cuyutlán

Se presenta la variación temporal de la composición de la comunidad bentónica correspondiente al año 2018 en el sistema lagunar de Cuyutlán, así como la información derivada de muestreos posteriores realizados en el vaso II durante el periodo de noviembre de 2024 a enero de 2025. Asimismo, se incluye un muestreo adicional efectuado en junio de 2025, así como los resultados del presente estudio correspondiente al periodo diciembre de 2025 a febrero de 2026 (Tabla IV. 159)). La clasificación ecológica de especies se realizó con base en literatura especializada y bases de datos internacionales del índice AMBI.

El análisis comparativo de la composición taxonómica entre los diferentes estudios indica que, en 2018, se identificaron 13 especies pertenecientes al filo *Mollusca*, agrupadas en tres clases. La mayor riqueza correspondió a la clase *Gastropoda*, con 9 especies, seguida de *Bivalvia* con 2 especies y *Cirripedia* con una especie.

Durante 2025 se realizaron dos periodos de muestreo. El primero, comprendido entre noviembre de 2024 y enero de 2025, incluyó tres estaciones de muestreo ubicadas en el vaso II del sistema lagunar de Cuyutlán. En este periodo se registraron 25 especies del filo *Mollusca*, distribuidas en tres clases. La clase *Gastropoda* presentó la mayor abundancia relativa (57.69 %), con 14 especies agrupadas en 12 familias, seguida de *Bivalvia* con 38.46 %, representada por 10 especies y 9 familias.

Se registró una abundancia absoluta total de 586 organismos. La especie con mayor abundancia relativa fue *Odostomia* sp. (37.60 %), seguida de *Rissoella excolpa* (18.83 %) y *Acteocina infrequens* (18.71 %). Los valores promedio por estación de muestreo fueron: riqueza específica (S) = 15, diversidad de Shannon (H') = 0.9 y equitatividad de Pielou (J') = 0.7.

El segundo muestreo, realizado en julio de 2025, consideró siete estaciones de muestreo en el vaso II. En este periodo se identificaron 26 especies, cuya composición taxonómica incluyó cuatro clases del filo *Mollusca*. La

CONSULTA PÚBLICA

clase *Gastropoda* fue la más representativa (62.50 %), con 14 especies distribuidas en 13 familias y 6 subfamilias. Le siguió la clase *Bivalvia*, con 10 especies agrupadas en 9 familias y 4 subfamilias. Las clases *Cirripedia* y *Scaphopoda* estuvieron representadas por una especie cada una.

Se registró una abundancia absoluta de 2,115 organismos. La especie dominante fue *Rissoella excolpa* (40.82 %), seguida de *Odostomia* sp. (37.02 %) y *Acteocina infrequens* (12.67 %). Los valores promedio por estación fueron: riqueza específica (S), diversidad de Shannon (H') = 0.8 y equitatividad de Pielou (J') = 0.7 (Tabla IV. 159). La mayor riqueza y abundancia de especies registradas en 2025 se asocia principalmente a la ubicación de estaciones de muestreo cercanas a zonas de intercambio laguna–mar, como el canal de Tepalcates y el canal de Ventanas, donde se favorece la presencia de especies con afinidad marina.

Tabla IV. 159 Presencia temporal de especies colectadas en la Laguna de Cuyutlán. P= presente.

Especies	Secas-2018	Lluvias-2018	Secas-2025	Lluvia -2025
	Febrero	Julio	Nov-Dic-2024 y Ene-2025	Julio
Gastropoda				
Acmaea sp				
Asperiscala canna	P	P		
Acteocina infrequens	P	P	P	P
Amaea ferminiana			P	P
Alvinia sp			P	P
Barleeia sp			P	P
Calyptraea sp			P	P
Caecum tenuiliratum			P	P
Cerithium sp				
Crepidula convexa				P
Diodora saturnalis				
Haminoea sp	P		P	P
Natica sp	P	P	P	P
Odostomia sp	P	P	P	P
Teinostoma amplectans	P	P	P	P
Rissoella excolpa	P	P	P	P
Rissoina sp				
Solariorbis sp			P	P
Thiara sp	P	P	P	
Turbonilla sp	P	P	P	P
Turbonilla conradi			P	P
Bivalva				
Anadara tuberculosa			P	P

CONSULTA PÚBLICA

Especies	Secas-2018	Lluvias-2018	Secas-2025	Lluvia -2025
	Febrero	Julio	Nov-Dic-2024 y Ene-2025	Julio
Anadara adamsi				
Brachidontes adamsianus				
Carditamera sp				
Chione gnidia			P	P
Chione compta	P			
Corbula porcella				P
Crassinella mexicana				
Ctena mexicana			P	P
Donax Californicus				
Macoma sp			P	P
Modiolus capax				
Mytella strigata	P	P	P	P
Saccostrea palmula				
Tagelus longisinuatus		P	P	P
Tellina sp			P	P
Trigoniocardia obovalis			P	P
Cirripedia				
Balanus Anfitrite	P	P		P
Scaphopoda				
Dentalium oerstedii			P	P

La abundancia absoluta registrada en 2018 mostró una variación espacial dentro del sistema lagunar de Cuyutlán, destacando el vaso III con los valores más altos durante las temporadas de secas y lluvias. En particular, la estación Cuy-15 presentó las mayores abundancias, con 995 y 977 organismos, respectivamente.

Este patrón podría estar asociado a la ubicación de la estación en una zona somera con baja hidrodinámica, condiciones que favorecen el establecimiento y permanencia de organismos epifaunales (Figura IV. 492).

CONSULTA PÚBLICA

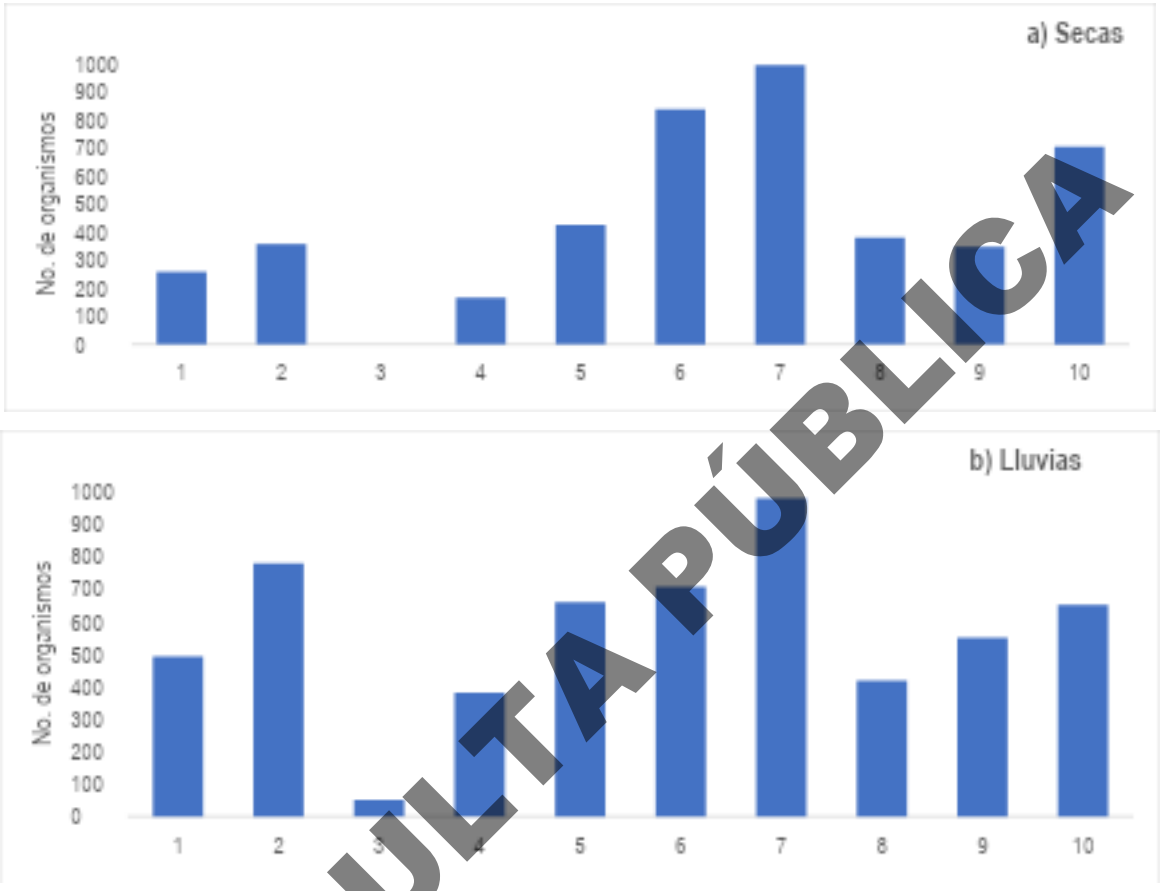


Figura IV. 492 Graficas de abundancia absoluta correspondiente en temporada de secas (a) y lluvia (b) del 2018 en la Laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

Considerando el área de estudio correspondiente al vaso II del sistema lagunar de Cuyutlán, se realizó un análisis comparativo de la abundancia de la comunidad bentónica entre las temporadas de secas y lluvias para los años 2018 y 2025.

En 2018 Figura IV. 493, la abundancia mostró valores mayores durante la temporada de lluvias, caracterizados por una mediana elevada, amplia dispersión y la presencia de valores atípicos. Este patrón podría estar asociado al incremento de nutrientes y materia orgánica derivado de escorrentías superficiales durante el periodo de lluvias.

En contraste, para 2025 se observa una disminución general en la abundancia, así como una menor variabilidad en ambas temporadas. No obstante, se identifican varios valores atípicos, lo que indica una alta heterogeneidad en la abundancia entre estaciones de muestreo. Este comportamiento podría estar relacionado con cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua y en la dinámica ambiental del sistema.

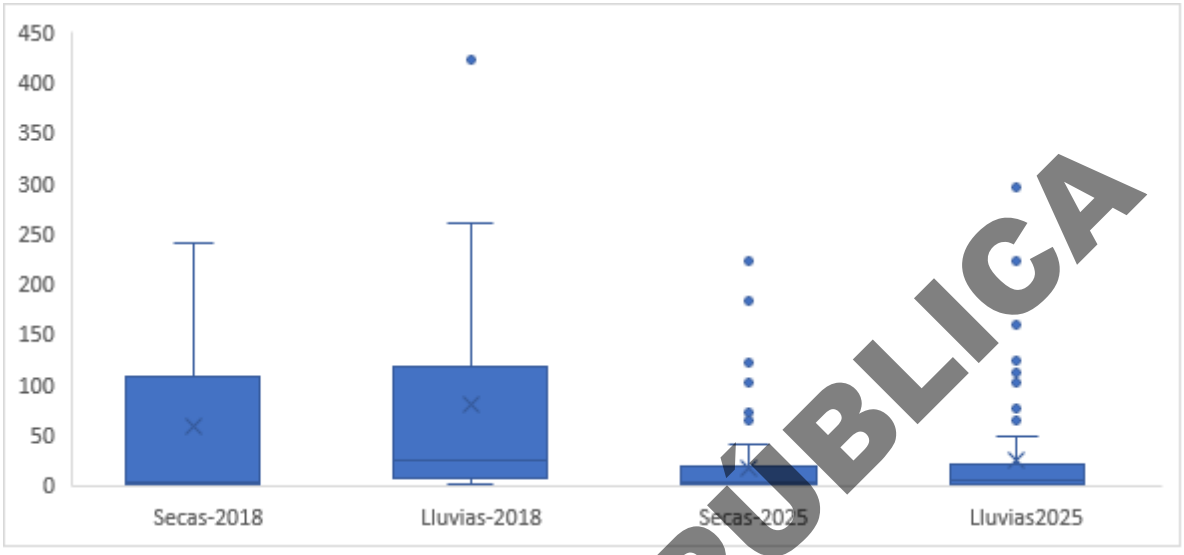


Figura IV. 493 Variación de la abundancia bentónica en el vaso II por temporada y año (2018 y 2025).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.2 Identificación y composición taxonómica de la comunidad bentónica de SAR del presente proyecto.

La caracterización y análisis de la composición y estructura de la comunidad bentónica en el área de estudio y polígonos asociados se presentan a continuación, integrando información taxonómica, estructural, espacial y temporal derivada de los muestreos realizados.

Se establecieron un total de 31 estaciones de muestreo dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), de las cuales 21 se ubicaron en el sistema lagunar de Cuyutlán y 10 en la zona marina adyacente al polígono del proyecto. Los muestreos se llevaron a cabo durante el periodo comprendido entre diciembre de 2025 y febrero de 2026.

Adicionalmente, en marzo de 2026 se realizó un transecto terrestre a lo largo del canal de Tepalcates, con el objetivo de complementar la caracterización del sistema lagunar de Cuyutlán. La comunidad bentónica registrada estuvo conformada por organismos pertenecientes a los filos *Mollusca*, *Annelida* y *Echinodermata*, dentro de los cuales se identificaron un total de 66 especies.

El grupo dominante correspondió a los moluscos (89 %), representados principalmente por las clases *Gastropoda* (29 especies) y *Bivalvia* (28 especies), mientras que *Cirripedia* y *Scaphopoda* estuvieron representadas por una especie cada una. En segundo lugar, se ubicaron los anélidos de la clase *Polychaeta*, que representaron el 8 % (5 especies), y finalmente los equinodermos (*Echinodermata*) constituyeron el 3 % restante, con 2 especies registradas (Figura IV. 494).

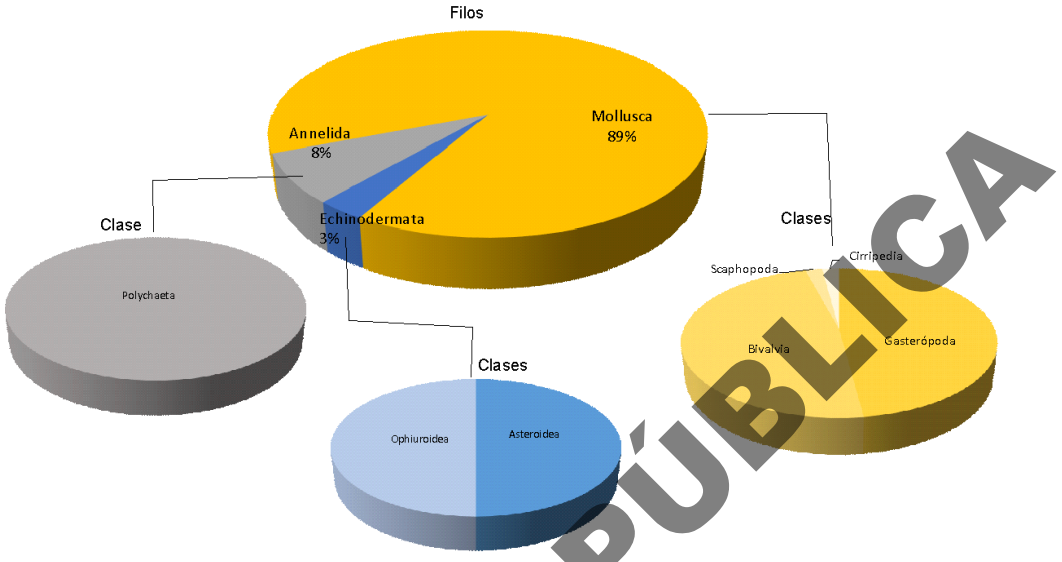


Figura IV. 494.- Composición de organismos bentónicos capturados en las estaciones de muestreos ubicados dentro del Sistema Regional Ambiental (SAR).

La identificación taxonómica de los organismos se realizó con base en literatura especializada, incluyendo a Keen (1971) y Abbott (1974), incorporando actualizaciones sistemáticas para las clases *Bivalvia* y *Gastropoda* conforme a Skoglund (2001, 2002). La determinación taxonómica se llevó a cabo hasta el nivel más específico posible (género y/o especie).

Las especies registradas en las estaciones de muestreo se presentan en la Tabla IV. 160, correspondientes a organismos asociados tanto a sedimentos lagunares como marinos. Adicionalmente, se elaboró un listado independiente de las especies registradas durante el transecto terrestre realizado en la zona intermareal rocosa del canal de interconexión de Tepalcates.

En este último se documentó la presencia del gasterópodo *Plicopurpura pansa*, especie clasificada bajo la categoría de Protección Especial (Pr) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, (Tabla IV. 161).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 160 Listado taxonómicos de organismos bentónicos registrados durante el muestreo.

Filo	Clase	Familia	Subfamilia	Género	Subgénero	*Especie*
Echinodermata	Asteroidea	Luidiidae		Luidia		*Luidia foliolata*
	Ophiuroidea	Ophiotrichidae		Ophiothrix		*Ophiothrix* sp
Annelida	Polychaeta	Flabelligeridae		Diplocirrus		*Diplocirrus* sp

Filo	Clase	Familia	Subfamilia	Género	Subgénero	*Especie*
		Acrocirridae		*Acrocirrus*		*Acrocirrus* sp
		Maldanidae		*Maldine*		*Maldine* sp
		Onuphidae		*Onuphis*		*Onuphis* sp
		Orbiniidae		*Scoloplos*		*Scoloplos* sp
Mollusca	Bivalvia	Arcidae		Anadara		*Anadara tuberculosa*
						Anadara adamsi
				Arca		*Arca* sp
		Cardiidae		Carditamera		*Carditamera sp*
				Trigoniocardia		*Trigoniocardia obovalis*
		Corbulidae		Corbula		*Corbula porcella*
		Crassatellidae		Crassinella		*Crassinella mexicana*
		Donacidae		Donax		*Donax Californicus*
		Epitoniidae		Asperiscala		*Asperiscala Canna*
		Lucinidae		Codakia		*Codakia distinguenda*
				Ctena		*Ctena mexicana*
			Lucininae	Divalinga		*Divalinga* sp
				Lucinisca		*Lucinisca* sp
		Mactridae		Mactra		*Mactra* sp
		Mytilidae		Brachidontes		*Brachidontes adamsianus*
				Crenella		*Crenella sp*
				Modiolus		*Modiolus capax*
				Mytella		*Mytrella strigata*
		Nuculidae		Nucula	Nucula s.s.	*Nucula* ss
		Ostreidae	Crossostreinae	Crassostrea		*Crassostrea iridescens*
			Saccostreinae	Saccostrea		*Saccostrea palmula*
		Pectinidae		Leptopecten		*Leptopecten* sp
		Planaxidae		Fossarus		*Fossarus* sp
		Psammobiidae	Solecurtinae	Tagelus		*Tagelus Longisinuatus*
		Tellinidae		Macoma		*Macoma* sp
				Tellina		*Tellina* sp
		Veneridae		Chione		*Chione compta*
				Chione		*Chione gnidia*
	Cirripedia	Balanidae		Balanus		*Balanus Anfitrite*
	Gasteropodo	Acmaeidae		Acmaea		*Acmaea* sp
		Buccinidae		Anachis	Costoanachis s.s.	*Costoanachis* ss
		Caecidae		Caecum		*Caecum tenuiliratum*

CONSULTA PÚBLICA

Filo	Clase	Familia	Subfamilia	Género	Subgénero	*Especie*
		Calyptraeidae		Bostrycapulus		*Bostrycapulus aculeatus*
				Crepidula		*Crepidula convexa*
				Calyptraea		*Calyptraea* sp
				Crucibulum		*Calyptraea umbrella*
		Cerithioidea	*Thiarinae*	*Thiara*		*Thiara* sp
		Cylichnidae		Acteocina		*A. infrequens*
		Epitoniidae		Amaea		*Amaea ferminiana*
		Eulimidae		Melanella		*Melanella* sp
		Fissurellidae		Diodora		*Diodora saturnalis*
		Haminoeidae		Haminoea		*Haminoea* sp
		Lottidae		Lottia		*Lottia* sp
		Murcidae		Cerithium		*Cerithium* sp
				Thais	Stramonita	*Thais (Stramonita) biseralis*
		Naticidae		Natica		*Natica* sp
		Neritidae		*Nerita*		*Nerita* sp
		Olividae		Olivella		*Olivella zonalis*
		Pyramidellidae		Odostomia		*Odostomia* sp
			Turbonillinae	Turbonilla		*Turbonilla conradi*
		Rissoellidae		Rissoella		*Rissoella excolpa*
		Rissoidae		Alvania	Alvinia s.s.	*Alvinia* ss
		Rissoinidae		Rissoina		*Rissoina* sp
		Vitrinellidae		Solariorbis		*Solariorbis* sp
				Teinostoma	Pseudorotella	*Teinostoma amplectans*
		Epitoniidae	Epitoniinae	Asperiscala		*Asperiscala canna*
				Amaea		*Amaea ferminiana*
	Scaphopada	Dentaliidae		Dentalium		*Dentalium oerstedii*

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 161 Especie en protegida bajo la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Filo	Clase	Familia	Subfamilia	Género	*Especie*
Mollusca	Gasteropodo	Murcidae	Rapaninae	Plicopurpura	Plicopurpura pansa

IV.3.15.3 Distribución espacial de las especies.

En la Tabla IV. 162 se presenta la distribución espacial de las especies colectadas durante el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026. Las especies registradas en el sistema lagunar de Cuyutlán se indican en color café; entre ellas, *Odostomia* sp. destaca por presentar la mayor distribución espacial, al encontrarse en las 21 estaciones ubicadas dentro del sistema lagunar. Esta especie se asocia típicamente a ambientes lagunares y a hábitats de fondos blandos, lo que explica su amplia presencia en el área de estudio.

Por otro lado, las estaciones de muestreo correspondientes a la zona marina adyacente, indicadas en color azul, mostraron una mayor diversidad de especies, con la presencia de distintos grupos taxonómicos.

Tabla IV. 162 Distribución espacial de las especies de la comunidad bentónica registradas en las estaciones de muestreo.

Clase	Especie	Laguna de cuyutlá,																				Marino									
		Vaso I			Vaso II								Vaso III				Vaso IV		Vaso III-Veras												
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10	E-11	E-12	E-13	E-14	E-15	E-16	E-17	E-18	E-19	E-20	E-21	E-24	E-25	E-26	E-27	E-28	E-29	E-30	E-31	E-32	E-33
Equinodermos	*Luidia foliolata*																						○	○			○	○		○	○	○
	Ophiothrix sp.																						○	○			○	○		○		○
Polychaeta	*Diplocirrus sp.*																						○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Acrocirrus sp																						○	○	○	○		○	○	○	○	○
	Maldine sp																						○	○	○		○	○	○	○	○	○
	Onuphis sp																						○			○	○		○		○	○
	Scoloplos sp																						○	○	○	○					○	○
Bivalvia	*A. tuberculosa*	○			○		○	○	○	○	○												○				○					
	Anadara adamsi									○													○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Arca sp										○												○	○	○	○	○	○			○	○
	Cardiatarrera sp	○						○		○	○												○		○		○	○		○		○
	T. obovalis										○	○											○	○	○	○	○			○	○	○
	Corbula porcella							○			○	○		○									○	○	○	○		○			○	
	Crassinella mexicana										○	○											○	○	○	○	○	○			○	○
	Donax Californicus											○												○		○						
	Codakia distinguenda	○					○	○	○	○	○	○	○										○	○		○	○					
	Ctena mexicana	○			○		○	○	○	○	○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Divalinga sp											○	○										○	○	○	○		○			○	○
	Luxinisca sp						○	○		○	○	○	○										○	○		○	○			○		
	Mactra sp.							○	○	○		○	○										○	○	○	○	○	○		○	○	○
	Brachidontes adamsianus	○					○	○			○												○		○	○	○	○				
	Crenella sp																						○		○	○	○	○	○	○	○	○
	Modiolus capax	○			○		○	○	○	○	○	○	○	○										○	○		○			○		
	M. striata		○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
	Nucula s.s.									○	○	○											○	○			○	○			○	○
	Crassostrea iridescens										○	○	○										○	○	○		○					
	Saccostrea palmula				○			○	○	○	○			○	○																	
	Leptopecten sp																						○	○		○	○			○	○	
	Fossarus sp																						○	○				○				○
	Tagelus Longisinuatus	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
	Macoma sp	○	○				○	○	○	○	○	○	○										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Tellina sp	○					○	○		○	○	○	○										○	○	○	○	○	○			○	○
	Chione compta	○					○				○	○	○										○			○	○			○		
	C. gnidia	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○														○					
Cirripedia	*B. Amfitrite*	○		○	○	○	○	○	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○							
Gasteropodo	*Acmaea sp*	○						○	○	○	○	○	○											○			○				○	
	Costoanachis s.s.	○	○			○			○	○	○	○	○											○						○		
	Caecum tenuiliratum	○						○			○												○	○	○	○			○	○	○	○
	Bostrycapulus aculeatus																						○	○		○	○	○		○	○	○
	Crepidula Convexa									○													○	○	○	○	○				○	○
	Calyptraea sp							○			○	○											○	○		○		○		○		
	Calyptraea umbrella										○												○	○		○	○					
	Thaira sp		○	○	○	○	○			○				○	○	○	○															
	A. infrequens	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						○			○						○
	Alvania fernandiana											○											○	○		○	○	○	○	○	○	○
	Melanella sp																						○	○	○	○						
	Diodora saturnalis	○								○		○											○	○		○				○		
	Haminoea sp	○		○	○	○	○	○		○	○						○						○		○	○	○	○		○	○	○
	Lottia sp											○	○												○			○				
	Cerithium sp					○		○	○		○			○	○								○	○	○		○	○		○	○	
	Thais (Stramonita) biserialis		○				○	○	○	○		○		○												○						
	Natica sp.	○		○		○		○			○	○		○									○	○	○	○		○		○	○	
	Neritа sp																						○		○	○		○				
	Olivella zonalis																						○	○		○		○	○	○	○	○
	Odostomia sp	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
	T. conradi					○		○	○	○	○			○	○								○	○	○	○						
	R. excolpa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○					
	Alvinia s.s.		○	○	○	○				○	○			○	○	○			○	○	○											
	Rissoina sp		○				○		○		○	○	○	○									○	○	○	○			○			○
	Solariorbis sp	○						○	○		○	○	○										○	○				○		○		
	Teinostoma amplectans	○	○		○	○	○		○	○				○			○				○					○						
	A. canna										○	○	○	○	○	○				○	○	○										
Scaphopada	*Dentalium oerstedii*	○					○	○		○	○	○	○										○	○	○	○	○	○			○	

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.4 Abundancia relativa.

Los valores promedio de abundancia relativa por grupo taxonómico evidenciaron variaciones en la dominancia de especies dentro de la comunidad bentónica. El grupo dominante correspondió a la clase *Gastropoda*, destacando *Odostomia* sp. con la mayor abundancia relativa (30.56 %), seguida de *Rissoella excolpa* (15.39 %) y *Acteocina infrequens* (8.97 %). En el caso de los bivalvos (*Bivalvia*), las especies con mayor representación fueron *Ctena mexicana* (3.06 %), *Tagelus longisinuatus* (2.57 %) y *Mytella strigata* (2.40 %).

Por su parte, los anélidos poliquetos (*Polychaeta*) y los equinodermos (*Echinodermata*) presentaron los valores más bajos de abundancia relativa. Entre los poliquetos destacó *Diplocirrus* sp. (0.18 %), mientras que en equinodermos se registró *Ophiothrix* sp. (0.12 %). Ambos grupos se restringieron a estaciones ubicadas en la zona marina (Figura IV. 495).

Asimismo, se registró la presencia de especies de interés comercial en los vasos I y II del sistema lagunar, entre las que destacan *Chione gnidia* (0.80 %), *Anadara tuberculosa* (0.49 %), *Crassostrea iridescens* (0.36 %) y *Saccostrea palmula* (0.39 %), con mayor presencia en los vasos II y III.

CONSULTA PÚBLICA

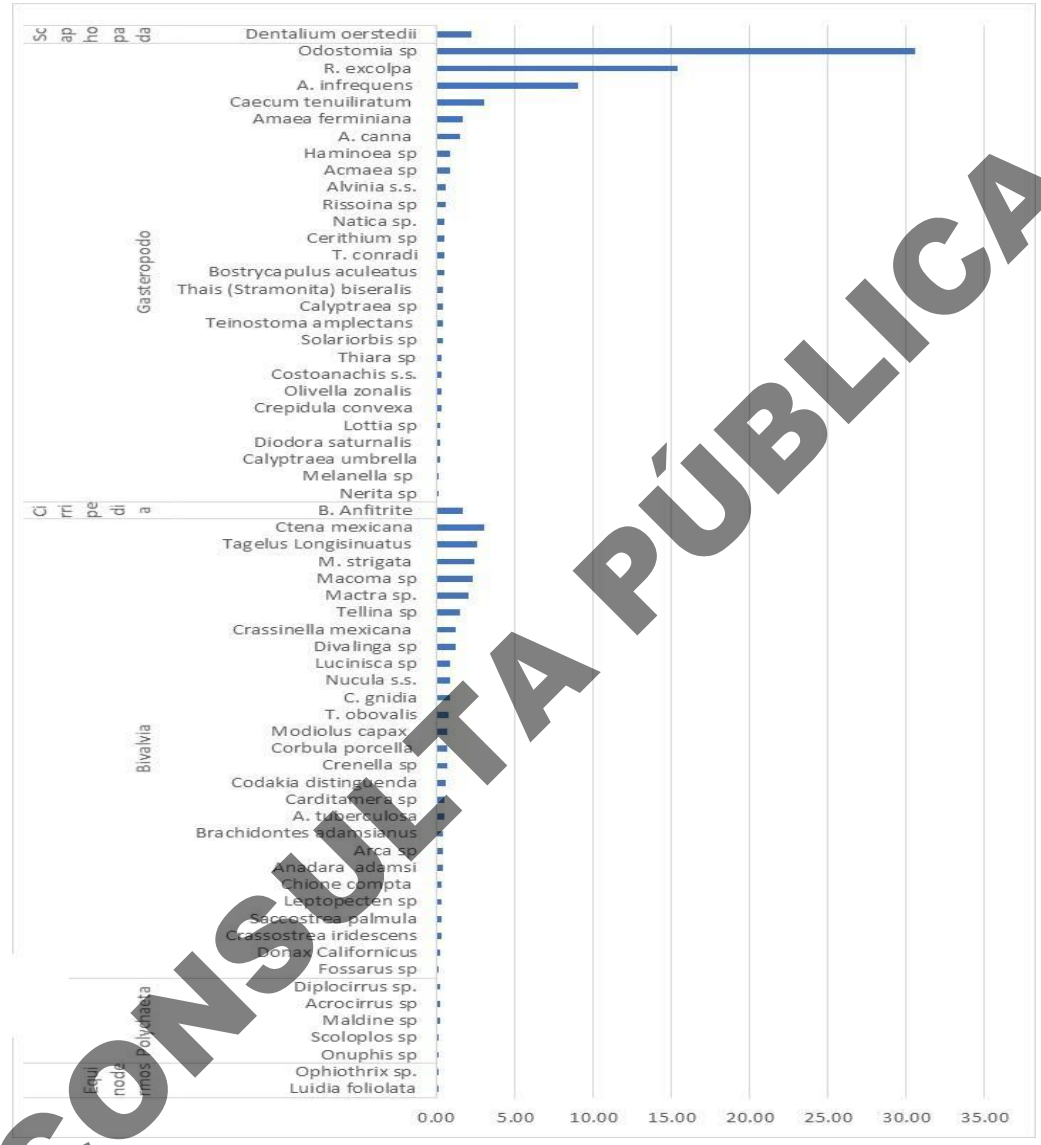


Figura IV. 495.- Abundancia absoluta de las especies colectadas en el área de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

La abundancia relativa por especie mostró variaciones espaciales entre las estaciones de muestreo. La especie dominante en el sistema lagunar de Cuyutlán fue *Odostomia* sp., registrada en la mayoría de las estaciones (E-1 a E-10 y E-12 a E-21).

El valor máximo de abundancia relativa para esta especie se registró en la estación E-18 (67 %), la cual se localiza en una zona somera (45 cm de profundidad) y con baja circulación hidrodinámica. Asimismo, *Odostomia* sp. presentó una amplia distribución en el sistema, con valores de abundancia relativa que oscilaron entre 15 y 47 % en los vasos I y II, y entre 49 y 67 % en los vasos III y IV.

En contraste, la estación E-11 presentó el menor valor de abundancia relativa para esta especie (9 %), así como una mayor equitatividad de Pielou (J'), lo que indica una distribución más homogénea de las especies en dicha estación. Este patrón podría estar asociado a su proximidad a la zona de conexión marina y a la presencia de sedimentos de granulometría más gruesa, en comparación con las estaciones ubicadas en el interior del sistema lagunar (Figura IV. 496)

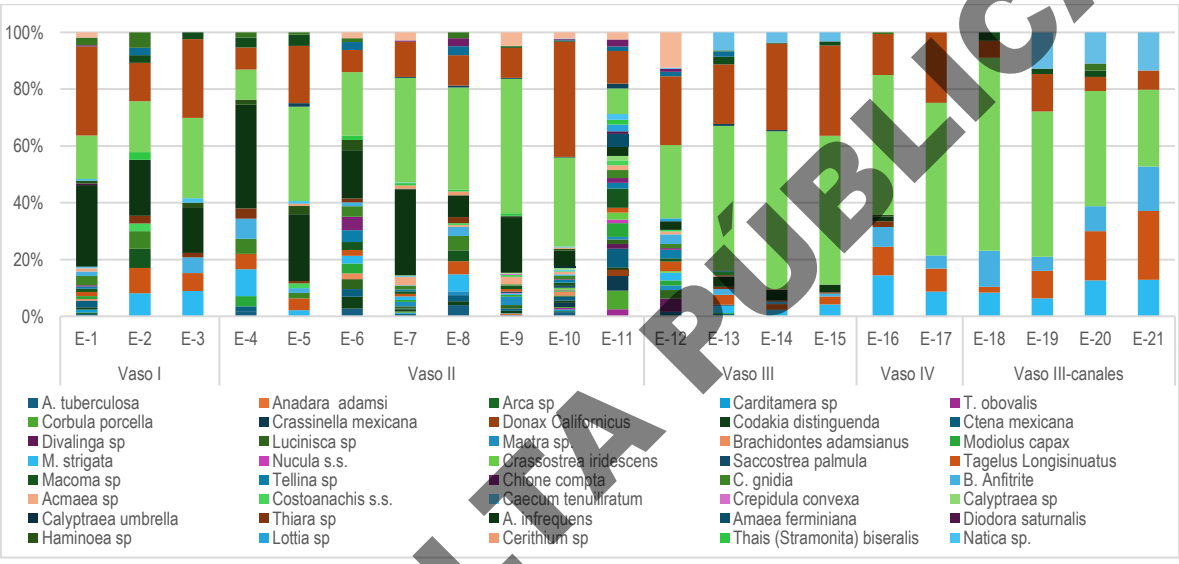


Figura IV. 496 Porcentaje relativo de especie por estación de muestreo.

La distribución espacial de la abundancia absoluta promedio de los organismos de la comunidad bentónica en los cuatro vasos de la Laguna de Cuyutlán mostró diferencias en términos de tendencia central y variabilidad. Los vasos I, II y III presentaron valores de mediana relativamente similares, mientras que en el vaso IV se observó una disminución en la abundancia.

En cuanto a la variabilidad, esta fue menor en el vaso I, incrementándose hacia el vaso II y alcanzando su valor máximo en el vaso III, para posteriormente disminuir en el vaso IV. Este patrón sugiere una mayor heterogeneidad en la distribución de organismos en los vasos intermedios del sistema. Asimismo, se identificó un valor atípico en el vaso II, correspondiente a la estación E-9, donde se registró la mayor abundancia absoluta.

CONSULTA PÚBLICA

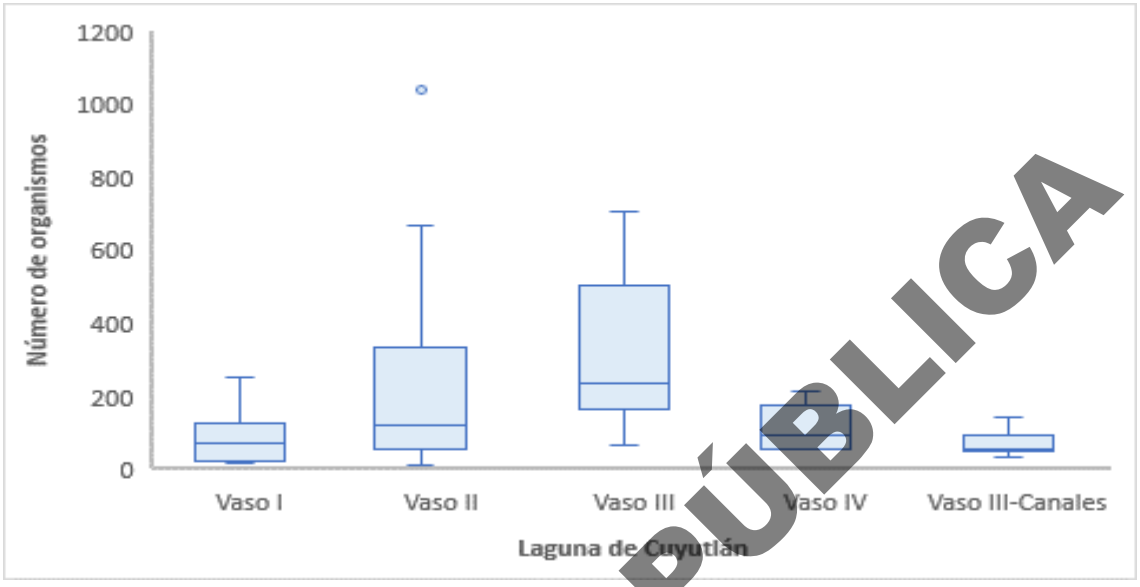


Figura IV. 497 Distribución espacial de la abundancia de comunidades bentónicas en el sistema lagunar de Cuyutlán en el periodo de dic-25 a feb-26.

La Figura IV. 498 muestra la variación temporal de la abundancia absoluta de la comunidad bentónica. En diciembre se observa una mediana baja, con un incremento ligero en enero y una tendencia a la estabilidad en febrero.

En términos de variabilidad, diciembre presentó los valores más altos, evidenciando una mayor dispersión en los datos, mientras que en enero y febrero la variabilidad fue más homogénea. No obstante, en los tres meses se identificaron valores atípicos, asociados a estaciones con abundancias significativamente mayores en comparación con el resto.

La presencia de estos valores atípicos refleja una distribución espacial heterogénea de la comunidad bentónica, característica típica de ambientes lagunares, donde las condiciones ambientales pueden variar considerablemente a escala local.

CONSULTA PÚBLICA

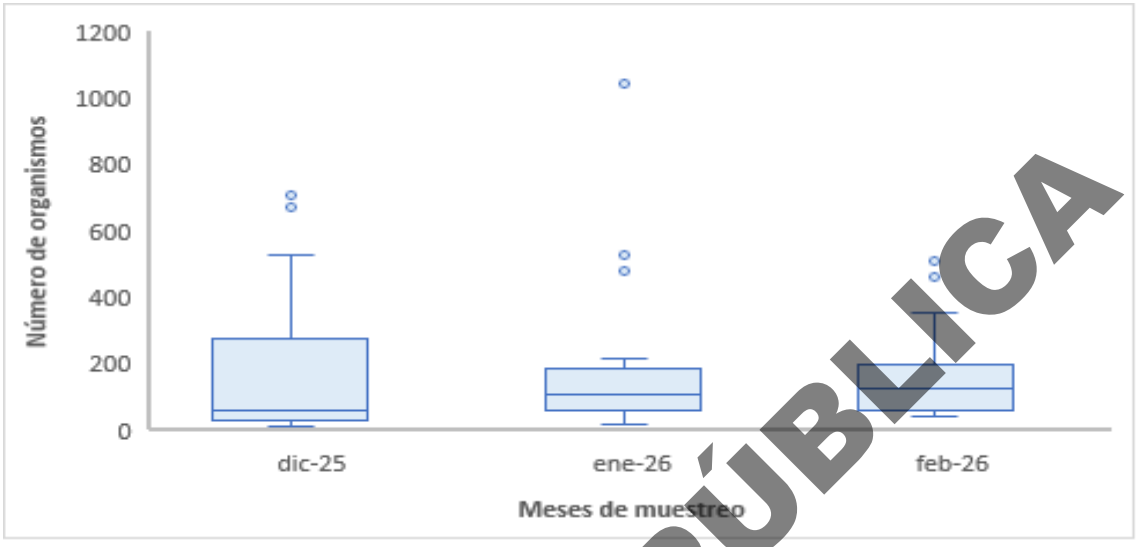


Figura IV. 498 Distribución temporal de la abundancia de organismos bentónicos en la Laguna de Cuyutlán durante el periodo de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.5 Índices ecológicos

Se Se determinaron los índices ecológicos para cada una de las 31 estaciones de muestreo durante los tres meses de estudio. La riqueza específica (S) mostró una marcada variación espacial entre las estaciones del sistema lagunar de Cuyutlán.

Los valores más altos de riqueza se registraron en el vaso II, mientras que en el vaso III, particularmente en la zona de canales y canales secundarios, se observaron los valores más bajos, con un rango de 2 a 8 especies durante el periodo de muestreo. Esta diferencia entre los vasos del sistema lagunar puede atribuirse a las condiciones ambientales locales, ya que el vaso II presenta mayor influencia marina debido a su conexión con el mar, lo que favorece condiciones fisicoquímicas más estables. En contraste, el vaso III se caracteriza por ser más somero y presentar menor circulación e intercambio de agua.

Por otra parte, las estaciones ubicadas en la zona marina adyacente registraron los valores más altos de riqueza específica en todo el estudio, particularmente en Bahía de Santiago (BS) y Bahía de Manzanillo (BM). Los rangos de riqueza fueron de 18 a 25 especies en diciembre de 2025, de 20 a 30 en enero de 2026 y de 18 a 29 en febrero de 2026. En contraste, la estación E-30 presentó valores más bajos, con un rango de 3 a 8 especies.

Asimismo, las estaciones localizadas en la zona de intercambio laguna–mar (FM-Lag-Cuy) mostraron condiciones de mayor energía hidrodinámica, asociadas a la exposición al oleaje. Estas condiciones pueden generar inestabilidad en el sustrato, lo que influye en la estructura y estabilidad de la comunidad bentónica (Figura IV. 499).

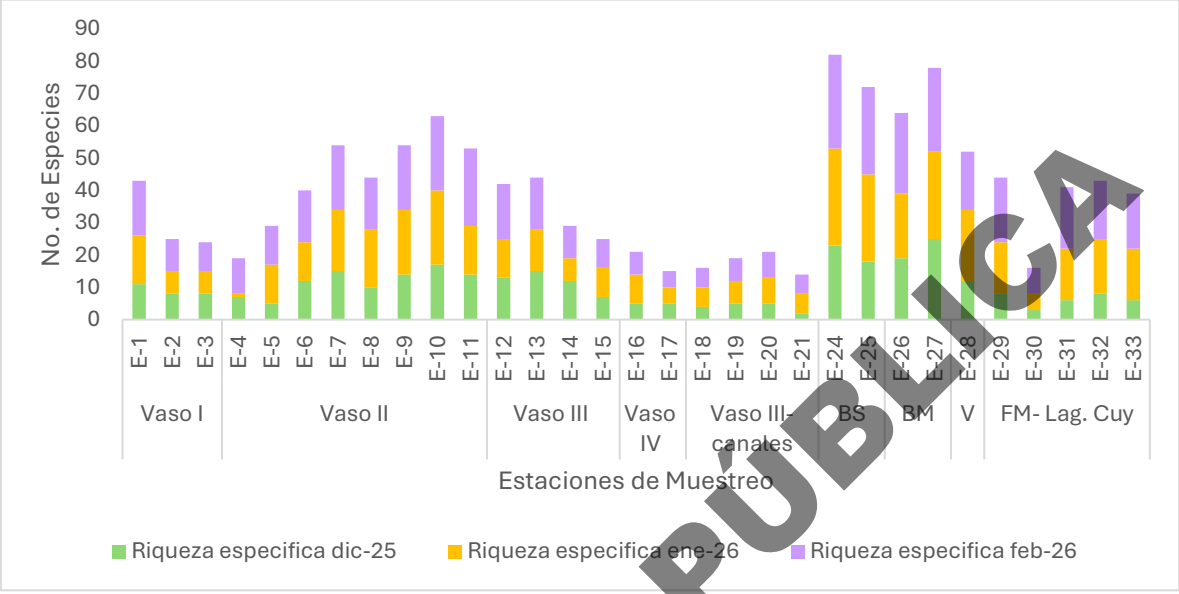


Figura IV. 499 Variación espacial y temporal de riqueza específica por estación (dic-25 a feb-26)

CONSULTA PÚBLICA

La diversidad de Shannon (H') mostró variaciones espaciales y temporales en la estructura de la comunidad bentónica a lo largo del periodo de estudio.

En diciembre, se identificó un gradiente espacial claro, donde las estaciones ubicadas en la zona marina (Bahía de Santiago y Bahía de Manzanillo) presentaron los valores más altos de diversidad (H' = 1.06–1.20), lo que indica comunidades más estructuradas y con mayor intercambio hidrodinámico. En contraste, las estaciones localizadas dentro del sistema lagunar de Cuyutlán registraron valores bajos a moderados (H' = 0.19–0.95), con dominancia de pocas especies, particularmente en canales y zonas de circulación restringida, lo que sugiere condiciones ambientales limitantes para el desarrollo de comunidades bentónicas más diversas.

Durante enero, los valores de H' en el sistema lagunar oscilaron entre 0.45 y 0.81, manteniéndose en niveles bajos a moderados en la mayoría de las estaciones. Este patrón es característico de ambientes lagunares someros, donde factores como la granulometría del sedimento, la disponibilidad de materia orgánica y las variaciones en salinidad influyen en la estructura comunitaria.

A nivel de vasos, en el vaso I se registraron valores de H' entre 0.61 y 0.78, asociados a una distribución relativamente homogénea de las especies (valores moderados a altos de equitatividad de Pielou, J'). En el vaso II, los valores fueron similares (0.68–0.81), lo que sugiere comunidades relativamente estables, aunque con cierta dominancia de especies en estaciones puntuales. Destaca la estación E-10, donde se registró un valor mayor (H' = 1.06), indicando una comunidad más equilibrada.

En el vaso III se observó mayor variabilidad espacial (H' = 0.47–0.81), evidenciando heterogeneidad en las condiciones ambientales locales. Por su parte, el vaso IV presentó valores de diversidad bajos a moderados

(0.50–0.67), asociados a comunidades con dominancia de especies oportunistas, posiblemente relacionadas con la acumulación de sedimentos finos y materia orgánica en zonas más confinadas.

Las estaciones ubicadas en la zona marina y en áreas de intercambio laguna–mar presentaron consistentemente los valores más altos de diversidad (H' = 1.05–1.44), lo que refleja comunidades más complejas y mejor estructuradas. Este patrón se asocia a condiciones de mayor hidrodinámica, mejor oxigenación del sedimento y mayor conectividad ecológica con el ambiente marino.

En general, durante enero se mantiene un gradiente ecológico típico de sistemas lagunares costeros, donde la diversidad bentónica incrementa hacia zonas con mayor influencia marina, mientras que las áreas internas presentan menor diversidad y mayor dominancia de especies tolerantes.

El comportamiento del índice de diversidad en febrero fue similar al observado en enero, manteniendo el mismo patrón espacial. En el sistema lagunar, los valores de H' continuaron en rangos bajos a moderados, característicos de ambientes someros con variabilidad fisicoquímica y acumulación de sedimentos finos. En contraste, las estaciones con influencia marina registraron valores más altos, reflejando comunidades más diversas y estructuradas.

En conjunto, estos resultados evidencian que la diversidad de la comunidad bentónica en el área de estudio está fuertemente controlada por gradientes ambientales asociados a la hidrodinámica, la conectividad marina y las características del sedimento (Tabla IV. 163)

Tabla IV. 163 Índices ecológicos (riqueza específica, diversidad y equitatividad) de la comunidad bentónica en 31 estaciones de muestreo del sistema lagunar de Cuyutlán y zona marina adyacente, durante diciembre-2025, enero y febrero-2026.

Ubicación	Estación	Riqueza especifica			Diversidad (H`)			Equitatividad (e)		
		dic-25	ene-26	feb-26	dic-25	ene-26	feb-26	dic-25	ene-26	feb-26
Vaso I	E-1	11	15	17	0.658	0.740	0.879	0.632	0.629	0.714
	E-2	8	7	10	0.677	0.784	0.902	0.750	0.927	0.902
	E-3	8	7	9	0.820	0.611	0.794	0.908	0.723	0.832
Vaso II	E-4	7	1	11	0.802	0.760	0.898	0.949	0.760	0.862
	E-5	5	12	12	0.559	0.682	0.750	0.800	0.632	0.695
	E-6	12	12	16	0.953	0.776	0.978	0.883	0.720	0.812
	E-7	15	19	20	0.629	0.765	0.728	0.535	0.598	0.559
	E-8	10	18	16	0.824	0.811	1.018	0.824	0.646	0.846
	E-9	14	20	20	0.877	0.640	0.729	0.765	0.492	0.560
	E-10	17	23	23	0.445	1.060	0.953	0.361	0.779	0.700
	E-11	14	15	24	1.060	1.034	1.207	0.925	0.879	0.875
Vaso III	E-12	13	12	17	0.648	0.739	1.040	0.582	0.684	0.845
	E-13	15	13	16	0.576	0.806	0.735	0.490	0.723	0.610
	E-14	12	7	10	0.609	0.468	0.504	0.564	0.554	0.504
	E-15	7	9	9	0.530	0.554	0.580	0.628	0.580	0.608

CONSULTA PÚBLICA

Ubicación	Estación	Riqueza especifica			Diversidad (H`)			Equitatividad (e)		
		dic-25	ene-26	feb-26	dic-25	ene-26	feb-26	dic-25	ene-26	feb-26
Vaso IV	E-16	5	9	7	0.568	0.671	0.622	0.813	0.704	0.736
	E-17	5	5	5	0.502	0.502	0.545	0.718	0.718	0.780
Vaso III-venas	E-18	4	6	6	0.191	0.638	0.507	0.318	0.819	0.652
	E-19	5	7	7	0.413	0.694	0.583	0.591	0.822	0.690
	E-20	5	8	8	0.499	0.761	0.722	0.715	0.843	0.800
	E-21	2	6	6	0.279	0.753	0.698	0.928	0.968	0.897
BS	E-24	23	30	29	1.200	1.376	1.267	0.881	0.931	0.866
	E-25	18	27	27	1.097	1.439	1.233	0.874	1.005	0.862
BM	E-26	19	20	25	1.173	1.192	1.141	0.917	0.917	0.817
	E-27	25	27	26	1.067	1.029	1.134	0.764	0.719	0.801
V	E-28	12	22	18	1.038	1.212	1.061	0.962	0.903	0.846
FM- Lag. Cuy	E-29	8	16	20	0.880	1.051	1.176	0.974	0.873	0.904
	E-30	3	5	8	0.477	0.678	0.887	1.000	0.970	0.983
	E-31	6	16	19	0.759	1.065	1.117	0.976	0.885	0.874
	E-32	8	17	18	0.880	1.130	1.103	0.974	0.918	0.879
	E-33	6	16	17	0.728	1.024	1.137	0.936	0.851	0.924

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.6 Análisis regional de indicadores ecológicos por unidades ambientales

A partir de la integración de los indicadores ecológicos (riqueza específica – S, diversidad de Shannon – H' y equidad de Pielou – J'), se realizó un análisis comparativo entre los diferentes vasos de la Laguna de Cuyutlán (Vasos I, II, III y IV, incluyendo el sistema de canales asociado), considerando su variación espacial y temporal durante los meses de diciembre, enero y febrero ((Tabla IV. 164).

En términos espaciales, los resultados evidencian una heterogeneidad ecológica entre los vasos, determinada principalmente por el grado de confinamiento, la circulación del agua y la influencia marina.

El Vaso II destaca consistentemente como la unidad con mayores valores de riqueza y diversidad, lo cual sugiere condiciones ambientales más favorables para el establecimiento de comunidades bentónicas más complejas. Este comportamiento puede asociarse a su mayor conectividad con el ambiente marino, lo que favorece el intercambio de agua, la oxigenación del sedimento y la incorporación de larvas.

En contraste, el Vaso III (incluyendo canales) presenta los valores más bajos de riqueza específica y diversidad, reflejando condiciones de mayor confinamiento, menor circulación y predominio de sedimentos finos. Estas condiciones favorecen la dominancia de especies oportunistas y tolerantes, generando comunidades menos diversas y estructuralmente simplificadas.

El Vaso I presenta un comportamiento intermedio, con valores de diversidad y equidad relativamente estables, lo que sugiere comunidades moderadamente estructuradas. Aunque exhibió cierta influencia lagunar, mantiene condiciones que permiten una distribución relativamente homogénea de las especies.

Por su parte, el Vaso IV presenta valores bajos a moderados de diversidad, similares a los observados en el Vaso III, aunque con menor variabilidad. Esto indica condiciones ambientales restrictivas, posiblemente asociadas a acumulación de materia orgánica y limitada renovación de agua, lo que influye en la estructura de la comunidad bentónica.

El análisis de la equidad de Pielou (J') refuerza estos patrones espaciales, evidenciando que los vasos con menor diversidad (principalmente III y IV) presentan mayores niveles de dominancia de pocas especies, mientras que en el Vaso II la distribución de abundancias tiende a ser más uniforme (Tabla IV. 164).

Desde el punto de vista temporal, los indicadores ecológicos muestran una relativa estabilidad durante el periodo de estudio (diciembre–febrero). No se identifican cambios abruptos en la estructura comunitaria entre meses; sin embargo, se observa una ligera tendencia a la estabilización de la diversidad y equidad hacia enero y febrero, posterior a una mayor variabilidad registrada en diciembre.

Esta dinámica temporal sugiere que las variaciones observadas responden principalmente a fluctuaciones naturales del sistema lagunar, más que a perturbaciones externas recientes, lo cual es consistente con la dinámica estacional de ambientes costeros someros.

En conjunto, el análisis espacio-temporal permite identificar un gradiente ecológico interno, donde:

El Vaso II representa condiciones de mayor calidad ecológica relativa

Los Vasos I y IV presentan condiciones intermedias

El Vaso III (venas) refleja las condiciones más restrictivas del sistema

Este patrón espacial se mantiene consistente a lo largo del periodo evaluado, lo que indica una estructura ecológica relativamente estable, pero con marcada diferenciación entre unidades ambientales.

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados constituyen una línea base robusta para el monitoreo ambiental proyectado, ya que permiten establecer puntos de referencia específicos por vaso lagunar. Esto facilitará la detección de cambios en la estructura de la comunidad bentónica durante las etapas de construcción y operación del proyecto, particularmente en términos de pérdida de diversidad, incremento en la dominancia de especies oportunistas o alteraciones en la equidad.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 164. Síntesis regional de indicadores ecológicos de la comunidad bentónica por unidad ambientales del Sistema Lagunar de Cuyutlán.

Mes	Vaso Lagunar	Abundancia (No. Org)	Diversidad (H`)	Riqueza especifica (S)	Equitatividad (e)
dic-25	Vaso I	302	0.729	17	0.593
	Vaso II	1488	0.716	24	0.519
	Vaso III	1741	0.622	22	0.463
	Vaso IV	192	0.558	5	0.799
	Vaso III-venas	240	0.386	6	0.496
ene-26	Vaso I	219	0.747	18	0.595

Mes	Vaso Lagunar	Abundancia (No. Org)	Diversidad (H`)	Riqueza especifica (S)	Equitatividad (e)
	Vaso II	2159	0.792	41	0.491
	Vaso III	803	0.557	18	0.444
	Vaso IV	277	0.636	8	0.704
	Vaso III-venas	295	0.681	6	0.875
feb-26	Vaso I	251	0.757	20	0.582
	Vaso II	1454	0.952	40	0.594
	Vaso III	1051	0.642	23	0.472
	Vaso IV	224	0.607	7	0.718
	Vaso III-venas	274	0.551	6	0.708

El análisis de componentes principales (PCA) aplicado a los indicadores ecológicos (riqueza específica, diversidad de Shannon y equidad de Pielou) permitió identificar una clara diferenciación espacial entre los vasos lagunares. El primer componente principal evidenció un gradiente ecológico asociado al nivel de influencia marina y grado de confinamiento. En este contexto, el Vaso II se separa del resto de los vasos al asociarse con mayores valores de diversidad y riqueza, indicando mejores condiciones ecológicas relativas. En contraste, los vasos III y IV se agrupan en el espacio multivariado, reflejando condiciones más restrictivas caracterizadas por menor diversidad y mayor dominancia de especies oportunistas. El Vaso I presenta una condición intermedia. Estos resultados son consistentes con los patrones observados en el análisis univariado, confirmando la existencia de un gradiente ecológico interno y aportando robustez al diagnóstico ambiental del sistema.

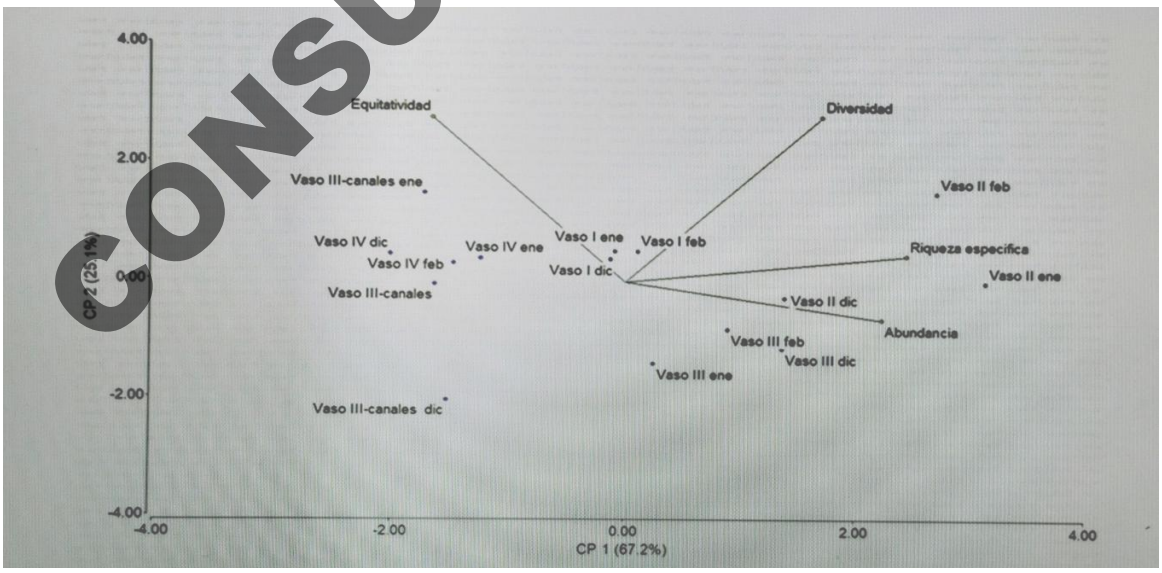


Figura IV. 500 Análisis de componentes principales (PCA) de los indicadores ecológicos (riqueza específica – S, diversidad de Shannon – H' y equidad de Pielou – J') en los vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.7 Índices biótico marino ambiental – Multivariado (AMBI-M)

El análisis multivariado de la comunidad bentónica mediante el índice multivariado AMBI (M-AMBI) permitió evaluar la calidad ecológica del sistema considerando simultáneamente la riqueza específica, la diversidad de Shannon y la sensibilidad ecológica de las especies bentónicas. Este índice clasifica el estado ambiental de las estaciones en diferentes categorías de calidad ecológica.

IV.3.15.7.1 Comportamiento general del sistema

Los resultados obtenidos para los tres periodos de muestreo (diciembre, enero y febrero) muestran que la mayor parte de las estaciones evaluadas se ubican dentro de las categorías de calidad ecológica "Buena" y "Alta", lo que podría estar asociado a que la comunidad bentónica mantiene una estructura relativamente estable y funcional en la mayor parte del sistema. Los valores de M-AMBI observados en febrero oscilaron aproximadamente entre 0.52 y 0.96, lo cual corresponde principalmente a condiciones ecológicas buenas a altas, de acuerdo con los criterios de clasificación del índice. Este comportamiento es consistente con lo observado durante los muestreos previos de diciembre y enero, donde la mayoría de las estaciones también se clasificaron dentro de categorías favorables de calidad ambiental.

IV.3.15.7.2 . Estaciones con mejor calidad ecológica

Las estaciones localizadas en la zona marina y en áreas con mayor intercambio hidrodinámico presentaron los valores más altos de M-AMBI, alcanzando valores cercanos o superiores a 0.90, lo cual corresponde a estado ecológico alto. Entre las estaciones que registraron las mejores condiciones ecológicas destacan: E-24, E-25, E-26, E-27, E-28 y E-29 (Figura IV. 501). Estas estaciones se ubican en áreas de mayor influencia marina favoreciendo el aumento de la oxigenación del sedimento, mayor intercambio larvario y menor acumulación de materia orgánica.

IV.3.15.7.3 Estaciones con calidad ecológica aceptable

La mayor parte de las estaciones ubicadas dentro del sistema lagunar presentaron valores de M-AMBI entre aproximadamente 0.55 y 0.75, lo cual corresponde a estado ecológico bueno. Estas estaciones incluyen gran parte de los vasos internos del sistema, donde las condiciones ambientales naturales favorecen la presencia de comunidades dominadas por especies tolerantes a variaciones ambientales. En estos sectores es común observar: menor diversidad relativa, dominancia de especies oportunistas y una mayor influencia de sedimentos finos y materia orgánica. No obstante, los valores registrados indican que estas condiciones no representan un deterioro ambiental significativo, sino que corresponden a características propias de ecosistemas lagunares costeros.

IV.3.15.7.4 Estaciones con condiciones moderadas

De acuerdo con los resultados del análisis multivariado, únicamente una estación presentó valores correspondientes a estado ecológico moderado, particularmente E-18, con un valor de M-AMBI cercano a 0.52. Esta condición puede estar asociada a factores ambientales locales como: circulación restringida, posible acumulación de sedimentos finos, así como un mayor contenido de materia orgánica. Este tipo de condiciones suele presentarse en zonas internas o canales del sistema lagunar, donde el intercambio de agua es más limitado.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.7.5 Comparación temporal entre muestreos

La comparación entre diciembre, enero y febrero indica que no se reconocieron aparentes cambios abruptos en la clasificación ecológica de las estaciones, lo cual podría sugerir que la estructura de la comunidad bentónica se mantiene relativamente estable durante el periodo de estudio. Las variaciones observadas entre meses corresponden principalmente a fluctuaciones naturales en la abundancia y composición de especies, propias de la dinámica ecológica de los sistemas lagunares costeros. Asimismo, el gradiente espacial de calidad ecológica —con valores mayores hacia las zonas marinas y menores en las áreas internas del sistema— se mantuvo constante durante los tres periodos de muestreo (Figura IV. 501).

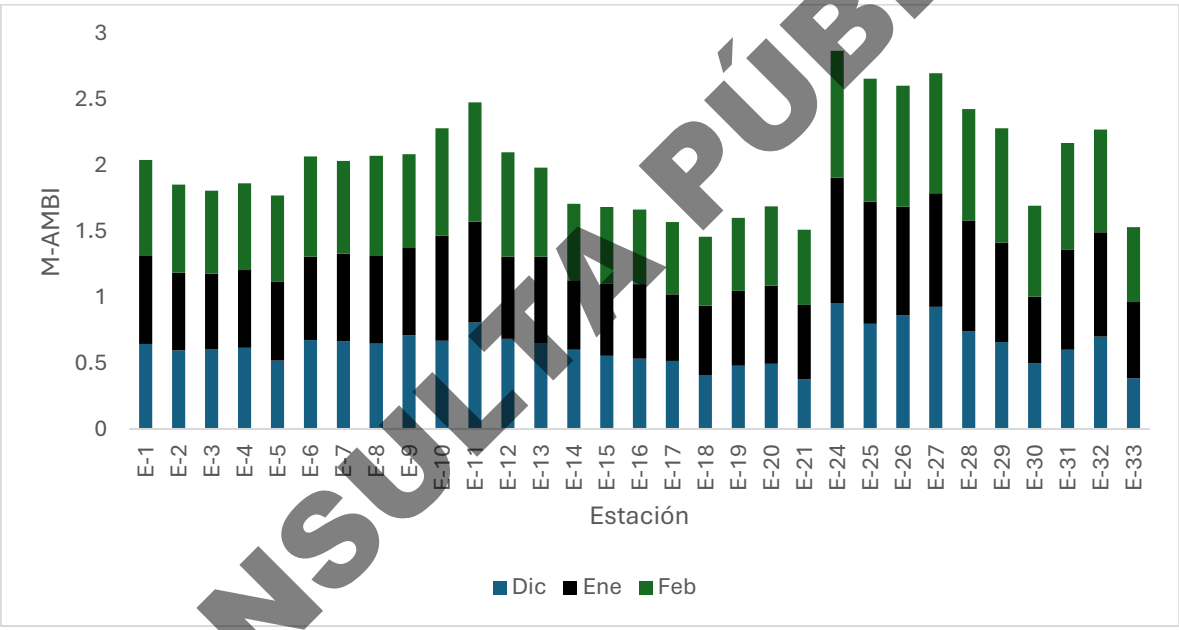


Figura IV. 501 Representación de la variabilidad del índice multivariado M-AMBI en las diferentes estaciones durante el periodo Diciembre 2025 a Febrero 2026

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.7.6 Diagnóstico basado en M-AMBI

En conjunto, los resultados del análisis multivariado indican que la comunidad bentónica del área de estudio presenta condiciones ambientales predominantemente favorables, con predominio de estaciones clasificadas en estado ecológico bueno y alto. No obstante, se reconocen casos puntuales de condición moderada asociados a características locales del sistema (Figura IV. 502).

Este patrón sugiere que la estructura de la comunidad bentónica no presenta señales de perturbación ambiental significativa, manteniendo características típicas de ecosistemas lagunares costeros tropicales con gradiente de influencia marina.



Figura IV. 502 Esquema interpretativo del índice multivariado M-AMBI en las diferentes estaciones durante el periodo Diciembre 2025 a Febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.8 Evaluación poblacional *de Plicopurpura pansa*, clasificada como Protección especial NOM-059-SEMARNAT-2010

Se realizaron transectos terrestres en el canal de Tepalcates, estimándose una franja intermareal promedio de 3 m de ancho. Los datos biométricos de *Plicopurpura pansa* colectados se presentan en la Tabla IV. 165.

Descripción por transecto

Transecto 1 (15 m)

Zona de difícil acceso, con pendiente pronunciada y alta exposición al oleaje. Presencia de estructuras artificiales tipo tetrápodos.

Se registró una densidad de *Plicopurpura pansa* de 0.42 ind/m². Se colectaron 11 organismos para análisis biométrico, obteniéndose un promedio de longitud total de 25.4 mm, distribuidos en cinco clases de talla, con mayor frecuencia en el rango de 28–32 mm. El ancho promedio fue de 18.21 mm, con frecuencias similares en distintos intervalos. La proporción sexual fue de 1:1.

Transecto 2 (20 m)

Zona con sustrato rocoso consolidado y menor exposición al oleaje.

Se registraron 60 organismos, con una densidad de 0.45 ind/m². Los organismos presentaron una longitud promedio de 26.47 mm (rango: 13.03–43.5 mm) y un ancho promedio de 18.22 mm (rango: 10.74–28.8 mm). La proporción sexual fue de 1:1.

Transecto 3 (30 m)

Zona con mayor influencia lagunar y menor energía hidrodinámica.

Se registraron 90 organismos, con una densidad de 0.76 ind/m². La proporción sexual fue de 7:3 (macho: hembra). La longitud promedio fue de 13.69 mm y el ancho promedio de 11.44 mm, con mayor frecuencia en el intervalo de 13–17 mm.

Resultados (*Plicopurpura pansa*)

Estructura de tallas y condición biológica

Se identificó una disminución pronunciada en la talla promedio hacia el transecto 3 (Figura IV. 503), acompañada de una mayor proporción de machos y una alta incidencia de bioerosión. Este patrón podría estar asociado a condiciones ambientales subóptimas, posiblemente relacionadas con la influencia lagunar. Asimismo, la presencia de signos de imposex en estaciones intermedias sugiere la posible influencia de compuestos asociados con la disrupción endocrina, los cuales han sido documentados como moduladores del desarrollo morfológico en gasterópodos en entornos marinos del área de influencia marina de la costa de Colima (Liñán-Cabello 2015).

Relaciones morfométricas

Las relaciones longitud-ancho y peso-talla presentaron altos coeficientes de determinación ($R^2 > 0.9$) en los transectos 1 y 2, indicando crecimiento alométrico consistente. En contraste, el transecto 3 mostró menor ajuste ($R^2 = 0.63–0.78$), sugiriendo mayor variabilidad en el desarrollo, lo cual evidencia una alteración del crecimiento más que una simple disminución uniforme de talla. A este respecto existen evidencias que el imposex puede conllevar a cambios en la longitud y afectación de crecimiento de gasterópodos (Otegui et al 2019). En ningún transecto se reconocieron signos de neoplasias en la estructura del pie (Tabla IV. 166)

Análisis e interpretación ecológica

Se observó un incremento progresivo en la densidad poblacional desde el transecto más expuesto (T1) hacia el más interno (T3), lo que indica una preferencia de la especie por zonas con menor energía hidrodinámica y mayor estabilidad del sustrato.

En contraste, se identificó una disminución significativa en la talla promedio hacia el transecto 3, acompañada de una mayor proporción de machos y alta incidencia de bioerosión. Este patrón sugiere condiciones ambientales menos favorables para el desarrollo de organismos adultos, posiblemente relacionadas con la influencia lagunar.

Asimismo, la presencia de indicios de imposex en estaciones intermedias sugiere la posible influencia de compuestos con actividad a la disrupción endocrina. Este fenómeno ha sido previamente documentado en

CONSULTA PÚBLICA

gasterópodos marinos de la región, asociado a contaminantes como compuestos organoestánnicos (Liñán-Cabello, 2015) (Ver Anexo VIII. Ficha técnica de *Plicopurpura pansa*).

Síntesis

En conjunto, la población de *Plicopurpura pansa* presenta una distribución estructurada a lo largo del gradiente ambiental marino - lagunar, en el que la abundancia, la estructura de tallas y la condición biológica varían en función de la exposición al oleaje y la influencia lagunar.

Desde una perspectiva ecológica, la coexistencia de alta densidad con organismos de talla reducida puede interpretarse como un indicio de reclutamiento activo, pero con baja supervivencia hacia etapas adultas, lo que podría comprometer la estabilidad poblacional a mediano y largo plazo. Este tipo de estructura poblacional es característico de ambientes con condiciones subóptimas o perturbadas.

los patrones observados adquieren especial relevancia, ya que evidencian una población que, si bien mantiene presencia en el área, muestra señales de estrés y posible vulnerabilidad ante cambios adicionales en su entorno. Por lo tanto, la conservación de las zonas con mejores condiciones (T2) y la implementación de medidas de mitigación en áreas de influencia directa del proyecto resultan fundamentales para evitar impactos significativos sobre la viabilidad de la población local.

Estos resultados indican que, si bien la especie mantiene presencia en el área de estudio, existen factores ambientales que podrían estar limitando su desarrollo poblacional en ciertos sectores.

Tabla IV. 165 Datos biométricos de *Pliopurpura pansa* colectados en la escollera con orientación noroeste del Canal de Tepalcates

Transectos								
1			2			3		
No.	Largo Total (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo Total (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo Total (mm)	Ancho (mm)
1	34.95	22.16	1	43.5	28.8	1	25.21	15.25
2	31.44	19.72	2	34.47	22.86	2	25.1	16.11
3	31.16	23.18	3	34.13	24.92	3	14.61	11.93
4	30.6	21.87	4	29.82	21.22	4	13.81	11.03
5	28.84	20.9	5	29.53	22.44	5	13.49	11.52
6	25.31	18.87	6	29.04	18.87	6	13.3	12.35
7	24.98	16.17	7	27.69	19.1	7	13.01	9.87
8	24.07	16.01	8	27.66	19.68	8	12.94	12.2
9	19.01	13.21	9	23.85	15.24	9	12.76	10.41
10	16.02	11.38	10	23.41	15.4	10	12.75	10.57
11	13.05	9.3	11	21.12	14.05	11	12.61	11
prom	25.40	17.52	12	17.17	11.75	12	12.48	12.32
			13	16.14	9.95	13	12.44	11.37

CONSULTA PÚBLICA

Transectos								
1			2			3		
No.	Largo Total (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo Total (mm)	Ancho (mm)	No.	Largo Total (mm)	Ancho (mm)
			14	13.03	10.74	14	12.33	11.51
			prom	26.47	18.22	15	12.2	10.39
						16	11.45	9.87
						17	11.37	11.21
						18	10.85	9.09
						19	10.61	9.55
						20	10.42	11.2
						prom	13.69	11.44

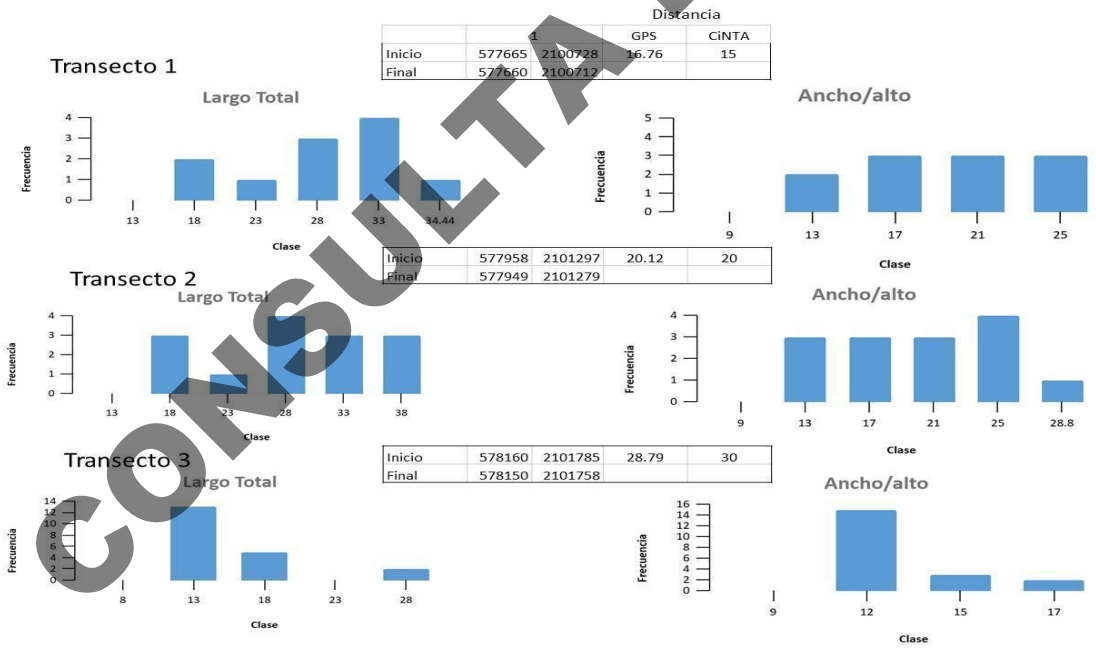


Figura IV. 503 Frecuencia de tallas de *Plicopurpura pansa* en sitio de muestreo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 166. Diversos indicador biométricos, morfológicos y poblacionales de *Pliopurpura pansa* colectados en la escollera con orientación noroeste del Canal de Tepalcates.

Parámetro	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Longitud monitoreada (metros lineales)	15	20	30
Área monitoreada (m2)	45	60	90
Organismos observados	19	27	69
Organismos colectados par análisis	11	14	20
Abundancia (org/m2)	0.42	0.45	0.76
Proporción sexual (Macho: Hembra)	1:1	1:1	7:3
Imposex (%)	0	20	SP
Signos de bioerosion (%)*	0	20	85
Ecuación de relación longitud total ancho, R2 asociada	Y=0.6491x + 1.0346 R^2 = 0.9314	y = 0.6744x + 0.3664 R^2 = 0.958	y = 0.3755x + 6.2977 R^2 = 0.7873
Ecuación de relación peso talla, R2 asociada	y = 2.9973x - 4.3329 R^2 = 0.9002	y = 5.5505x - 11.407 R^2 = 0.9029	y = 1.1175x - 0.4905 R^2 = 0.6356
Neoplasias asociadas a pie (%)	0	0	0

SP: significa que por su escaso tamaño no fue posible determinar posibles signos de afectación en hembras.

*Se reconocieron: presencia de incrustantes asociados a la concha, disminución en los patrones de ornamentación de costillas, nódulos y cordones espirales.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.15.9 Resumen

La La comunidad bentónica del Sistema Ambiental Regional (SAR) se caracteriza por una alta dominancia del filo *Mollusca* (≈89 %), particularmente de gasterópodos, lo que evidencia una estructura comunitaria simplificada, con baja representación de otros grupos taxonómicos como anélidos y equinodermos. Esta dominancia es indicativa de condiciones ambientales restrictivas, donde predominan especies con alta tolerancia a variaciones fisicoquímicas.

El análisis comparativo entre los periodos de muestreo (2018–2025) muestra una disminución en la abundancia bentónica y una menor variabilidad espacial, lo que sugiere modificaciones en las condiciones ambientales, posiblemente asociadas a cambios en la calidad del agua, aportes de materia orgánica o alteraciones en la hidrodinámica del sistema.

Los índices ecológicos reflejan niveles de diversidad bajos a moderados (H' ≈ 0.8–0.9), con equitatividad intermedia y alta dominancia de pocas especies, lo que indica una comunidad sometida a condiciones de estrés ecológico moderado.

El análisis M-AMBI indica condiciones ecológicas mayoritariamente buenas, sin evidencia de deterioro severo, aunque con un gradiente espacial asociado a la influencia marina.

Se identifica un gradiente ecológico bien definido entre el sistema lagunar y la zona marina adyacente, donde esta última presenta mayor riqueza y diversidad, mientras que el sistema lagunar se caracteriza por menor diversidad y mayor dominancia de especies oportunistas. Este patrón evidencia condiciones más limitantes en el ambiente lagunar.

Las zonas de conexión con el medio marino, como los canales de Tepalcates y Ventanas, presentan mayor riqueza específica, destacando la importancia de la conectividad hidrológica en la estructuración de la comunidad bentónica. La reducción de esta conectividad podría derivar en una disminución de la diversidad biológica.

La especie *Odostomia* sp. presenta una distribución amplia y alta abundancia relativa, constituyéndose como especie dominante en el sistema. Este comportamiento sugiere un proceso de homogeneización biótica, común en ambientes con presión ambiental o condiciones ecológicas limitantes.

Se registró la presencia de *Plicopurpura pansa*, especie catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de protección especial, la cual presenta sensibilidad a cambios ambientales y ha sido documentada como bioindicador de calidad ambiental en la región.

Se observó un incremento en la densidad poblacional de *Plicopurpura pansa* hacia zonas con menor energía hidrodinámica, lo que sugiere preferencia por ambientes más estables.

La disminución de talla de *Plicopurpura pansa*, en zonas internas, junto con la presencia de bioerosión e indicios de imposex, sugiere condiciones ambientales subóptimas, posiblemente asociadas a influencia lagunar o contaminantes.

Asimismo, se identificaron especies de interés comercial, como *Chione gnidia*, *Anadara tuberculosa*, *Crassostrea iridescens* y *Saccostrea palmula*, lo que resalta la importancia del sistema como proveedor de servicios ecosistémicos, particularmente en actividades pesqueras.

La distribución y abundancia de la comunidad bentónica están estrechamente relacionadas con variables físico-ambientales como el tipo de sedimento, la profundidad, la hidrodinámica y el grado de confinamiento. Las zonas con menor circulación y mayor estabilidad sedimentaria presentan mayores concentraciones de organismos.

En conjunto, la evidencia indica que el sistema bentónico presenta una vulnerabilidad moderada a perturbaciones, por lo que actividades como dragado, relleno, modificación de flujos hidrológicos o incremento en la carga de contaminantes podrían generar reducción de la biodiversidad, alteraciones en la estructura comunitaria y pérdida de funcionalidad ecológica.

El sistema bentónico evaluado presenta características propias de un ecosistema con perturbación moderada, con dominancia de especies tolerantes, baja diversidad y dependencia de condiciones ambientales específicas.

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, el desarrollo del proyecto deberá considerar medidas de prevención, mitigación y monitoreo, a fin de evitar la intensificación de impactos acumulativos y sinérgicos sobre la comunidad bentónica.

Programa de monitoreo propuesto

Se propone la implementación de un programa de monitoreo bentónico a corto (0–2 años) y mediano plazo (3–5 años), con el objetivo de evaluar la estabilidad ecológica del sistema y detectar oportunamente posibles alteraciones derivadas de las actividades del proyecto. El monitoreo incluirá indicadores ecológicos, fisicoquímicos y biológicos, destacando el uso del índice M-AMBI y la especie *Plicopurpura pansa* como bioindicador de calidad ambiental. La frecuencia será trimestral en el corto plazo y semestral en el mediano plazo, cubriendo estaciones representativas del sistema lagunar, zonas de intercambio y ambiente marino adyacente (Tabla IV. 167).

Se establece que las estaciones consideradas dentro del programa de monitoreo deberán ser representativas de la totalidad del sistema ambiental evaluado, abarcando de manera integral los distintos gradientes ecológicos y condiciones hidrodinámicas presentes en el área de estudio. En este sentido, las estaciones de seguimiento deberán distribuirse a lo largo de los vasos I, II, III y IV de la Laguna de Cuyutlán, incluyendo además el Estero Palo Verde, el arrecife Carrizales y la zona marina adyacente a la Laguna.

Esta cobertura espacial permitirá evaluar de forma adecuada la variabilidad ambiental del sistema, considerando tanto las zonas internas con mayor confinamiento y menor circulación, como las áreas de intercambio laguna–mar y el ambiente marino abierto. Asimismo, garantizará la comparabilidad de los resultados a lo largo del tiempo, facilitando la detección de cambios en la estructura de la comunidad bentónica asociados a variaciones naturales o a posibles efectos derivados de las actividades del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 167 Propuesta de indicadores para el programa de monitoreo bentónico y su proyección espacio-temporal.

Indicador	Tipo	Método	Frecuencia (Corto)	Frecuencia (Mediano)	Cobertura espacial	Tendencia esperada
Riqueza específica (S)	Ecológico	Identificación taxonómica	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	Estable o ligera variación
Diversidad de Shannon (H')	Ecológico	Cálculo estadístico	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	Mantenerse en rangos actuales
Equidad de Pielou (J')	Ecológico	Cálculo	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	Sin cambios abruptos
Abundancia total (ind/m²)	Estructural	Muestreo bentónico	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	Variación natural estacional
Dominancia de especies clave (ej.	Ecológico	Análisis de abundancia relativa	Trimestral	Semestral	Sistema lagunar	Evitar incremento excesivo

Indicador	Tipo	Método	Frecuencia (Corto)	Frecuencia (Mediano)	Cobertura espacial	Tendencia esperada
***Odostomia* sp.)**						
Índice M-AMBI	Calidad ambiental	Integración multivariada	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	Mantener categoría "Buena–Alta"
Granulometría del sedimento	Físico	Análisis de laboratorio	Semestral	Anual	Estaciones representativas	Sin cambios drásticos
Materia orgánica (%)	Físico-químico	Análisis de laboratorio	Trimestral	Semestral	Sistema lagunar	Evitar incrementos
Oxígeno disuelto	Físico-químico	Sonda multiparamétrica	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	> condiciones hipóxicas
Salinidad y temperatura	Físico-químico	Medición in situ	Trimestral	Semestral	Todas las estaciones	Variación estacional normal
Densidad de *Plicopurpura pansa*	Biológico (bioindicador)	Transectos	Trimestral	Semestral	Tepalcates	Estable o incremento
Estructura de tallas (*P. pansa*)	Poblacional	Biometría	Trimestral	Semestral	Tepalcates	Distribución equilibrada

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16 Peces

La importancia ecológica de las lagunas costeras reside en: 1) su alta productividad, originada por la contribución de varios tipos de productores primarios, la energía de las mareas y circulación, la abundancia de nutrientes, y la conservación, retención y eficiencia del reciclaje de nutrientes entre hábitats bentónicos, pelágico y humedales (Alongi, 1998) y 2) por constituir hábitat de crianza, alimentación o refugio de diversas especies de invertebrados, peces y aves, residentes o dependientes de estos hábitats en alguna fase de su ciclo de vida (Day et al., 1989).

Uno de los aspectos más estudiados en los ecosistemas lagunares son las comunidades de peces, ya que son un componente dominante de la fauna marina y realizan gran variedad de funciones ecosistémicas relacionadas con el flujo de energía (Yáñez-Arancibia y Nugent, 1977), debido a que utilizan estos sistemas como áreas de crianza, alimentación y protección para peces juveniles de muchas especies, una parte de las cuales son de importancia comercial, así como, áreas que muestran ciertos patrones de migración (Qasim, 1970; Day *et al.*, 1973; Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1998, Franco et al., 2006).

Para la evaluación de peces para el proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), en el Vaso II de la laguna de Cuyutlán, en Manzanillo, Col. se realizaron muestreos en 2024, 2025 y 2026, y se incluyeron y analizaron datos de 2008, 2009, 2010 y 2017. Capturándose un total de 6206 organismos, se identificaron 56

especies pertenecientes a 41 géneros y 28 familias (Tabla IV. 168). En 2008 organismos, la especies con mayor abundancia fueron *Mugil setosus, Gerres simillimus y Oreochromis nilótica* aportando el 62.88% de la captura. En 2009 se obtiene la mayor captura con 3743 organismos, la especies *Mugil setosus, Diapterus brevirostris, Caranx caninus, Chanos chanos, Opisthonema libertate y Centropomus robalito* aportan el 79.11% de la captura. En 2010 se capturaron 658 organismos, el 74.92% de la captura la conforman las especies *Mugil setosus, Gerres simillimus, Diapterus brevirostris y Opisthonema libertate*. En 2017 se capturó 545 organismo, las especies *Diapterus brevirostris, Elops affinis, Centropomus robalito y Chanos chanos* aportan el 79.82% de la captura. En 2024 se capturaron solo 69 organismos, las especies *Diapterus brevirostris y Haemulopsis* elongatus representan el 33.33% de la captura. En 2025 se capturaron 208 organismos, el 67.79% de la captura la aportan las especies *Chanos chanos, Caranx caninus y Mugil cephalus*. En 2026 se capturaron 102 organismos, las especies *Chanos chanos y Mugil setosus* aportan el 51.96 de la captura.

Tabla IV. 168. Especies identificados en la laguna de Cuyutlán de 2008 a 2026.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia						
			2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026
Achiridae	*Achirus mazatlanus*	lenguado redondo listado	1	2					
	Achirus klunzingeri	lenguado redondo plomizo, suela plomiza						1	
Albulidae	*Albula nemoptera*	macabi	1						
Ariidae	*Ariopsis seemanni (ant. Arius)*	bagre, cuatete	45	102	2				
Carangidae	*Caranx caballus*	cocinero, jurel bonito, jurel cojinua	11	9	11		6	2	1
	Caranx caninus	jurel toro	13	498	40	17	4	29	9
	Caranx sexfasciatus	ojo de perra, jurel ojón, jurel voraz							
	Caranx vinctus	jurel rayado, cocinero, jurel platanillo					1		1
	Chloroscombrus orqueta	catalina, orqueta, bonito ojón	25	32	42			6	
	Hemicaranx leucurus	chocho, jurelillo amarillo, jurel arenero		4					
	Oligoplites altus	piña	63	75	6	6			
	Oligoplites inornatus	cuero coliamarilla, zapatero 7 cueros					1		
	Selar Crumenophthalmus	ojotón, charrito ojón, jurel ojo grande		47			6		3

CONSULTA PÚBLICA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia						
			2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026
	Selene peruviana	Jorobado espejo, jorobado peseta, palometa peseta		1					
Centropomidae	*Centropomus robalito*	constantino, robalo aletas amarillas	8	217	3	44		6	11
	Centropomus nigrescens	robalo prieto, robalo redondo	3	26	1	31			
	Centropomus viridis	robalo blanco, robalo plateado						1	1
Chaenidae	*Chanos chanos*	sábalo, sabalote	38	338	35	35	2	91	33
Ciclidae	*Oreochromis nilotica*	tilapia	127	199		2			
Dorosomatidae	*Opisthonema bulleri*	sardina crinuda azul, machuelo hebra fina, sardina-gallera fina					8	8	5
	Opisthonema libertate	sardina crinuda, sardina gallera común	5	251	51	12	3	5	6
Eleotridae	*Dormitator latifrons*	chococo	1	22					
Elopidae	*Elops affinis*	chile	6	61	17	48		2	2
Engrulidae	*Anchovia macrolepidota*	anchoveta escamuda	7	14	1			1	
Fistulariidae	*Fistularia commersonii*	trompeta pintada	2						
Gerreidae	*Diapterus brevirostris*	malacapa, mojarra aletas amarillas	56	735	55	308	13	9	2
	Eucinostomus currani	mojarra triclor, charrita	17	42	2			1	
	Eucinostomus argenteus	mojarra plareada	4	5		5			
	Gerres simillimus	mojarra rayada	154	96	105	15		1	
Gobiidae	*Gobionellus microdon*	chihuilin, gobio plateado, gobio cola de palma	1						
Haemulidae	*Haemulon scudderii*	ronco bacoco, burro pecoso							
	Haemulopsis elongatus	ronco trompudo, ronco alargado			4		10	2	6
	Haemulopsis leuciscus	burro		20		1			

CONSULTA PÚBLICA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia						
			2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026
	Xenichthys xanti	salmonete, chula, salema ojona	10						
Lutjanidae	*Hoplopagrus guentherii*	tecomate, pargo coconaco, pargo roquero		1				1	
	Lutjanus argentiventris	alazán, pargo amarillo		1				1	1
	Lutjanus colorado	pargo colorado, pargorojo, pargo achotillo					2		
	Lutjanus guttatus	lunarejo, flamenco	1	3	1		1		
	Lutjanus novemfasciatus	pargo negro, pargo prieto		2					
Mugilidae	*Mugil cephalus*	lisa cabezuda, lisa comun, lisa rayada	2	1			3	21	
	Mugil setosus (ant. Curema)	lisa, liseta	273	922	282	19	3	4	20
Mullidae	*Pseudupeneus grandisquamis*	chivo escamudo, salomonete rosado	1						
Paralichthydae	*Paralichtys californicus*	lenguado californiano	4	7					
Polynemidae	*Polydactylus approximans*	boca dulce, bobo blanco, barbudo 6 barbas		1					
	Polydactylus opercularis	boca dulce, bobo amarillo, barbudo 9 barbas, barbilla					1	9	
Pristigasteridae	*Opisthopterus dovii*	sardina chata, sardina machete chata, sardina de dove					2		
	Pliosteostoma lutipinnis	sardineta, arequilla aletas amarillas						2	
Scaridae	*Scarus ghobban*	loro barbazul		2					
Sciaenidae	*Cynoscion reticulatus*	curbina rayada						1	
	Larimus acclivis	boquinete, cajera rayada, corvina ñata rayada							1
	Umbrina xanti	berrugata roncadora	1			2	1		

CONSULTA PÚBLICA

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Abundancia						
			2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026
Scombridae	*Scomberomorus sierra*	sierra común, sierra del pacífico, macarela sierra					2	4	
Scorpaenidae	*Scorpaena histrio*	lupón, lapón diablo, escorpion juguetón		1					
Serranidae	*Epinephelus labriformis*	maranguana, cabrilla piedrera, mero pintado	1						
Sphyraenidae	*Sphyraena ensi*	buzo, barracuda mexicana, barracuda picúa		1					
Tetraodontidae	*Sphoetoides annulatus*	botete diana, tamboril anillado		5					
TOTAL			**881**	**3743**	**658**	**545**	**69**	**208**	**102**

En 2008 se registró la mayor cantidad de grupos taxonómicos con 21 familia, 25 géneros y 29 especies (Tabla IV. 169), sin embargo, en 2009 se identificaron más especies y géneros, pero menos familias, por lo que se registraron 34 especies pertenecientes a 28 géneros y 19 familias. En los años subsecuentes se observa una disminución entre el 32 y 53 % en el número de especies, siendo el 2017 con el mayor porcentaje. Además, en el 2025 hubo un aumento del 60% en el número de especies respecto al 2017.

Tabla IV. 169. Grupo taxonómico de peces identificados en la laguna de Cuyutlán del 2008 al 2025

Taxon	2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026
Familia	21	19	11	10	11	15	10
Genero	25	28	15	13	13	19	11
Especie	29	34	17	14	18	23	15

En el análisis de datos de 2008 al 2026, la familia con mayor representatividad por el número de especies (sp) es Carangidae (9 sp), le sigue Lutjanidae (5 sp) y Gerreidae (4 sp), las familias restantes oscilan entre 3, 2 y 1 especie. Por la abundancia relativa la familia Gerreidae es la de mayor proporción de captura con el 26.18%, le sigue Mugilidae con el 24.98% y Carangidae con 15.61%, esto indica que no importa la cantidad de especies, sino la abundancia de estas (Figura IV. 504). Las especies con mayor abundancia de captura *son Mugil setosus* con 1,523 organismos, *Diapterus brevirostris* con 1,178 organismo, *Caranx caninus* con 610 organismos, *Chanos chanos* 572 organismos, *Gerres simillimus* con 371 organismos, *Opisthonema libertate* con 333 organismos y *Orechromis nilótica* con 328 organismos (Tabla IV. 168).

CONSULTA PÚBLICA

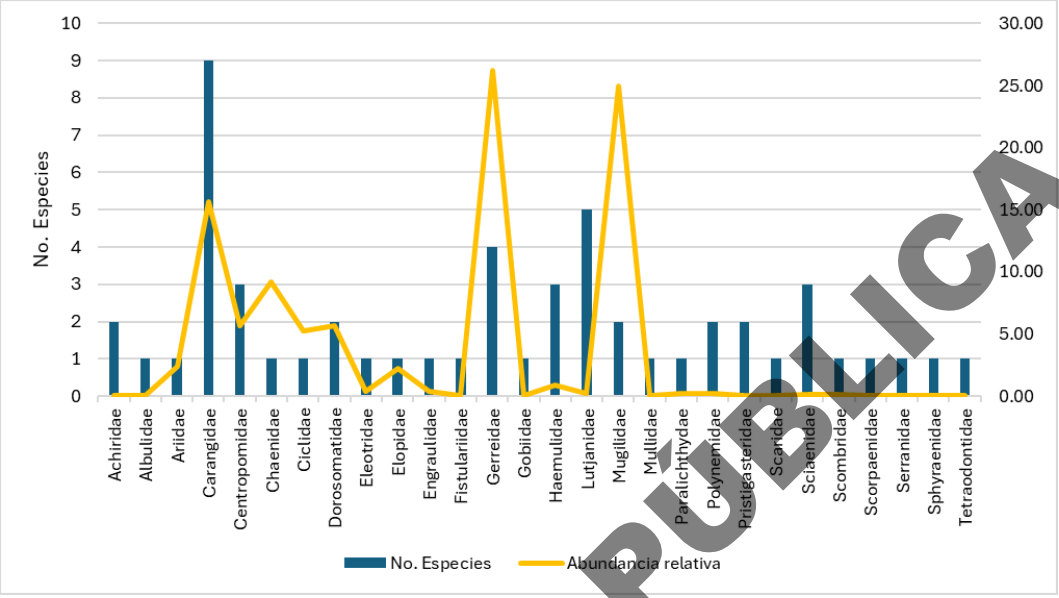


Figura IV. 504 Grupos taxonómicos y abundancia relativa de peces identificados de la laguna de Cuyutlán del 2008 al 2026

El conocimiento de la composición de la comunidad de peces en lagunas costeras requiere del conocimiento de la diversidad, la cual se mide a partir de índices basados en la riqueza de especies y sus abundancias relativas. En este sentido, los índices de composición de la laguna de Cuyutlán son altos en los años analizados. En los estudios recientes (2024 al 2026) El vaso lagunar III presenta alta diversidad y riqueza especifica, la abundancia de las especies e encuentran distribuidas aproximadamente homogéneas y una baja dominancia de especies., El vaso II presenta moderada diversidad y riqueza especifica, distribución aproximadamente uniforme en la distribución de la abundancia de las especies y moderada dominancia de la menos una especies, en cambio el vasos I baja diversidad y riqueza especifica, la abundancia de las especies esta distribuidas homogéneamente y baja dominancia de especies, en cambio, el Vaso IV presentan valores muy bajos casi nulos de diversidad y riqueza especifica, la abundancia de las especies es heterogénea, lo que conlleva a una alta dominancia de al menos de una especie. La baja diversidad y abundancia en el vaso IV de la laguna de Cuyutlán se debe a la poca afluencia de agua por las mareas ocasionando baja profundidad del espejo de agua, cambios en los parámetros fisicoquímicos, provocando el ingreso de especies tolerantes a esas condiciones.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 170. Índices de composición por vaso de la laguna de Cuyutlán de 2024 a 2026

Índices de composición	VASO			
	I	II	III	IV
Diversidad de Shannon-Weaver	1.6915	1.8723	2.1061	0.1541
Riqueza especifica de Margalef	1.9136	2.4136	2.7137	0.3001
Equidad de Pielou	0.8692	0.7808	0.7433	0.2223
Dominancia de Berger-Parker	0.3043	0.4286	0.3563	0.9643

Los índices de composición íctica en los años analizados muestran valores altos, en 2008, 2009 y 2025 la diversidad fue media con valores arriba de 2, mientras que la riqueza especifica fue alta con valores mayores a 4, en 2026 el índice de diversidad y riqueza especifica fueron moderados con valores de 2 y 3 respectivamente, los años 2010 y 2017 fueron los que registraron baja diversidad y moderada riqueza especifica (Tabla IV. 171). En términos generales los índices de composición a través de los años indican que la laguna de Cuyutlán presenta una gran diversidad y abundancia de las especies que lo habitan.

Tabla IV. 171. índices de composición íctica de la laguna de Cuyutlán de 2008 a 2026

Índices de composición	Año						
	2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026
Diversidad de Shannon-Weaver	2.2455	2.3342	1.8897	1.6325	2.5212	2.0745	2.1047
Riqueza especifica de Margalef	4.1291	4.0109	2.4656	2.0632	3.7919	4.1255	3.0270
Equidad de Pielou	0.6668	0.6619	0.6670	0.6186	0.8899	0.6616	0.7772
Dominancia de Berger-Parker	0.3099	0.2463	0.4286	0.5651	0.1912	0.4396	0.3235

Si analizamos de manera global, es decir considerando todos los datos de 2008 a 2006, los índices de composición cambian de manera ascendente con una diversidad alta (2.6012) y muy alta riqueza especifica (6.0689), la abundancia de las especies está distribuida aproximadamente homogénea, sin dominancia de especie (Tabla IV. 172).

Tabla IV. 172. índice de composición global de la laguna de Cuyutlán

Índices de composición	Laguna Cuyutlán
Diversidad de Shannon-Weaver	2.6012
Riqueza especifica de Margalef	6.0689
Equidad de Pielou	0.6521
Dominancia de Berger-Parker	0.2413

La importancia jerárquica de las especies ícticas capturadas en la laguna de Cuyutlán se muestra en la Tabla IV. 173, se observa que la especie de mayor abundancia es *Mugil setosus,* les siguen en el orden *Diapterus breviroistris, Caranx caninus, Chanos chanos y Opisthonema libertate*, sin embargo, el orden cambia al observar el valor del índice de valor biológico (IVB) donde *Diapterus brevirostris* es la especie de mayor valor biológico, le sigue *Mugil setosus, Chanos chanos, Caranx caninus y Opisthonema libertate*, esto se debe a que IVB balancea la constancia espacio-temporal de la abundancia de las especies, es decir, los años con presencia y su abundancia constante.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 173. Puntajes de IVB por especie íctica por año de captura en la laguna de Cuyutlán, orden de importancia en base al IVB (IMP/IVB), orden de importancia en base a la abundancia (IMP/ABT) y la abundancia total de la especie.

Nombre Científico	Año							IVB	IMP		Abundancia
	2008	2009	2010	2017	2024	2025	2026		IVB	ABT	
Mugil setosus	11	11	11	6	5	2	10	56	2	1	1523
Diapterus brevirostris	7	10	9	11	11	8	3	59	1	2	1178
Caranx caninus	2	9	6	5	6	10	8	46	4	3	610
Chanos chanos	5	8	5	8	2	11	11	50	3	4	572
Gerres simillimus	10	4	10	4				28	7	5	371
Opisthonema libertate		7	8	3	5	3	7	33	5	6	333
Oreochromis nilotica	9	5		0				14	11	7	298
Centropomus robalito	0	6	0	9		5	9	29	6	8	270
Oligoplites altus	8	2	2	2				14	11	9	150
Arius seemanni	6	3	0					9	13	10	140
Elops affinis		1	4	10		0	3	18	9	11	136
Chloroscombrus orqueta	4	0	7			5		16	10	12	105
Eucinostomus currani	3	0	0					3	17	13	61
Centropomus nigrescens				7				7	15	14	61
Selar crumenophthalmus		0			8		4	12	12	15	56
Caranx caballus	1		3		8	0		12	12	16	31
Mugil cephalus					5	9		14	11	17	24
Haemulopsis elongatus			1		10	0	7	18	9	18	22
Opisthonema bulleri					9	6	5	20	8	19	21
Polydactylus opercularis						8		8	14	20	10
Scomberomorus sierra					2	2		4	16	21	6
Eucinostomus argenteus				1				1	19	22	4
Lutjanus colorado					2			2	18	23	2
Opisthonema dovii					2			2	18	24	2

CONSULTA PÚBLICA

Además, en la laguna Cuyutlán también se capturó *Callinectes arcuatus* (jaiba azul) en el último muestreo de 2026, la estación con mayor captura fue la 14, ubicada en el vaso III, todos los organismos capturados en esta estación fueron hembras, algunas maduras y otras ovijeras (cargada de huevo), En cambio los organismos de la estación 2 y tres organismos de la estación 6 fueron machos, de los cuales uno maduro, dos juveniles y dos con abdomen pegado (Tabla IV. 174). Para este organismo no puede realizarse índices de composición por ser una sola especie.

Tabla IV. 174. Captura de *Callinectes arcuatus* en la laguna de Cuyutlán en febrero de 2026

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estación			
			2	3	6	14
Portunidae	*Callinectes arcuatus*	Jaiba Azul	2	1	4	29

En frente marino se complicó la captura de peces con red agallera, la mayoría de las veces por la presencia de ballenas, tortugas y rayas, que ocasionaban que se levantara la red antes de tiempo, sin embargo, con anzuelo solo se capturaron 7 organismos en febrero de 2026, los cuales pertenecen a la especie *Euthynnus lineatus*, mejor conocido como barrilete (Tabla IV. 175). Cabe aclarar que no se pueden calcular los índices de composición porque es una sola especie.

Tabla IV. 175. Organismos ícticos capturados en frente marino de la zona costera de Manzanillo y Cuyutlán, Colima en febrero de 2026.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estación	
			31	33
Scombridae	*Euthynnus lineatus*	barrilete negro	3	4

La importancia económica de las lagunas costeras radica en que sostienen pesquerías, acuacultura, turismo y otras actividades productivas, como, la explotación de sal y el movimiento de carga marítima que impulsan desarrollos portuarios y urbanos (Kennish, 2000). Una de las actividades económicas importantes es la pesca en las lagunas costeras, Por ejemplo, en Barra de Navidad, Jalisco, se ha reportado que la mojarra de aleta amarrillas (*Diapterus brevirostris*), seguido de lengüado (*Achirus mazatlanus*), constantino (*Centropomus robalito*), alazán (*Lutjanus argentiventris*) y pez globo (*Diodon holocanthus*) conformando el 98% de la abundancia y que fueron dominantes en las capturas (Negrete-Rodríguez, 2020). Respecto en la Laguna de Cuyutlán se han encontrado que las principales especies de escama estuarina prevalecen la lebrancha o liseta *Mugil setosus* (antes *curema*) con 32.08% de la abundancia, seguido de malacapa (*Diapterus peruvianus*) de 26.89%, mojarra rayada (*Gerres cinereus*) 11.73%, jurel (*Caranx caninus*) 7.23%, sábalo (*Chanos chanos*) 3.64%, sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) 2.59%, chile (*Elops affinis*) 2.15% y entre otros cubriendo el total del 100% (Cabral-Solís, 2011).
En este sentido, Se colectaron 6,633 peces de los muestreos dirigidos de tipo biológico, es decir, , independientes de la pesca comercial, efectuados en las 22 estaciones distribuidas en los cuatro vasos de la Laguna de Cuyutlán (LC) y 10 estaciones en el frente marino, durante el periodo de 2008 al 2026. Además, se integró información publicada de dos artículos, dos tesis, dos informes técnicos y de investigación, y un instrumento de manejo como la Carta Nacional Pesquera (CNP) (DOF 2023), es decir, 4 fichas pesqueras en la LC y del frente marino de Manzanillo.

En la Figura IV. 505 se observan el total de organismos (n= 6,633) que fueron colectados en las 22 estaciones en la Laguna de Cuyutlán, de las cuales representaron especies de características estuarinas y marinas, es

CONSULTA PÚBLICA

decir, clasificados como recursos de escama de ambientes estuarinos y marinos, además de especies de crustáceos como fue la jaiba.

El orden de abundancia de organismos por estaciones de muestreo se observó que principalmente en cuatro estaciones (12, 14, 15 y 13) los valores fueron superiores al 7% en proporción de abundancia relativa y menores al 1% en las estaciones de 17, 19, 22 y 23 respectivamente. Se observó en siete estaciones de muestreo donde la abundancia relativa se mantuvo en el orden entre 5 a 5.6% (Figura IV. 505). Es importante mencionar, que en las estaciones de muestreos que presentaron capturas menores pudieron obedecer al tipo de esfuerzo de muestreo en campo, arte de pesca empleado, horario de operación de los artes de pesca, temporalidad entre otros y no precisamente a la abundancia y disponibilidad de los recursos pesqueros.

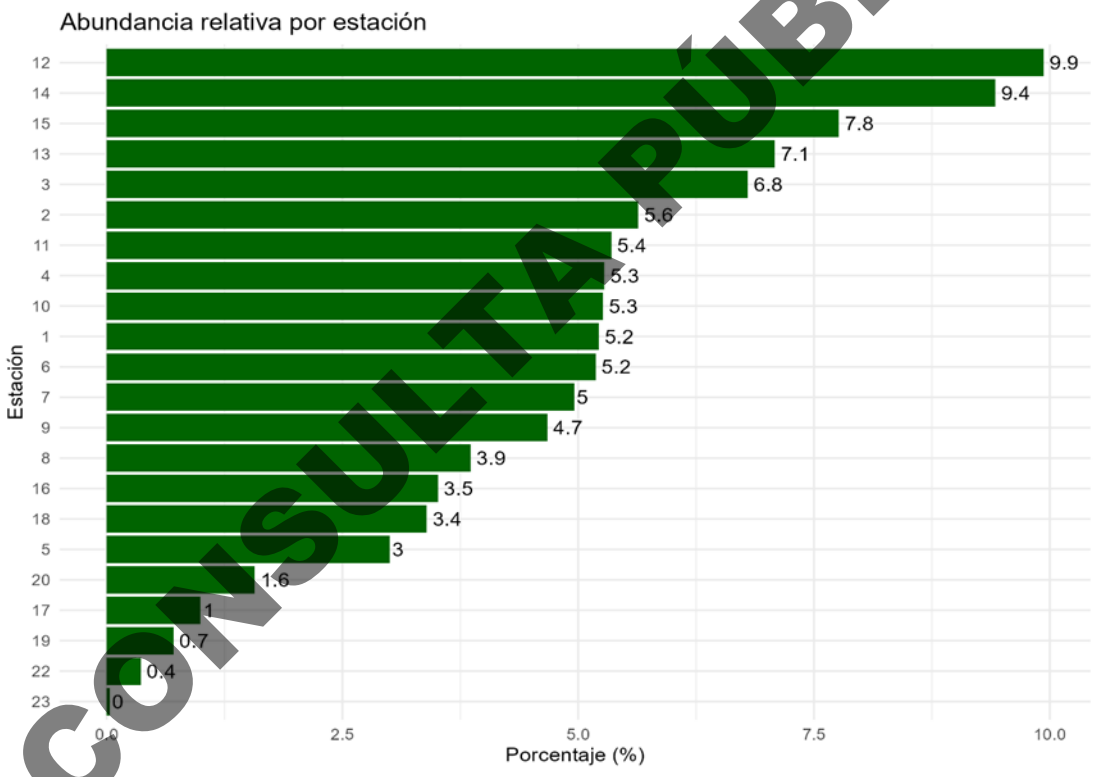


Figura IV. 505 Proporción de especies de fauna acuática capturadas en los muestreos dirigidos distribuidos en las diferentes estaciones de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

La proporción de captura entre los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, estuvo representada principalmente entre los vasos 3 y 2, con valores entre 40.3 a 37.0% de abundancia relativa, y en menor predominancia para el vaso 1 con el 17.7% y de 4.5% para el vaso 2 (Figura IV. 506). La proporción de abundancia entre los vasos de la Laguna de Cuyutlán mostró diferencias estadísticamente significativas entre los vasos lagunares (V_1-V_4:

CONSULTA PÚBLICA

$\chi 2$= 2295.1, DF= 3, $P < 2.2 \times 10^{-16}$), obteniendo que el vaso 3 y 2 fueron los de mayor representación en las capturas de los muestreos dirigidos entre los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán respectivamente.

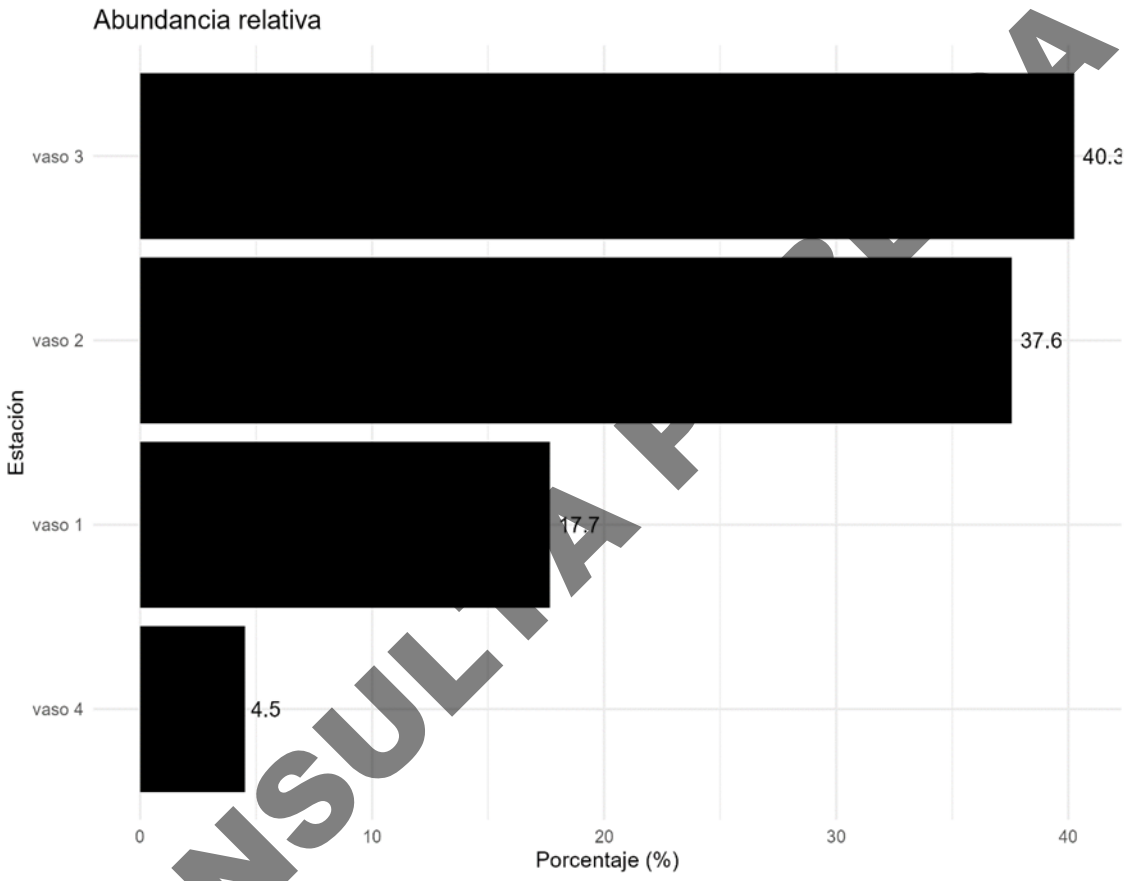


Figura IV. 506. Proporción de especies de fauna acuática capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Respecto a los 6,633 ejemplares colectadas en las 22 estaciones de muestreo, se obtuvieron distintas especies de escama, se observaron 61 especies de escama dentro de los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán prevaleció con mayor abundancia la lisa (*Mugil setosus*) (antes *curema*) con 1,538 organismos, seguido de la malacapa (*Diapterus brevirostris*) 1,252 organismos, jurel (*Caranx caninus*) 631 organismos, sábalo (*Chanos chanos*) 619 organismos, tilapia (Oreochromis spp) 386 organismos y en menor abundancia como el tecomate *(Hoplopagrus guentherii*) y tostón (*Selene peruviana*) con un organismos respectivamente (Figura IV. 507).

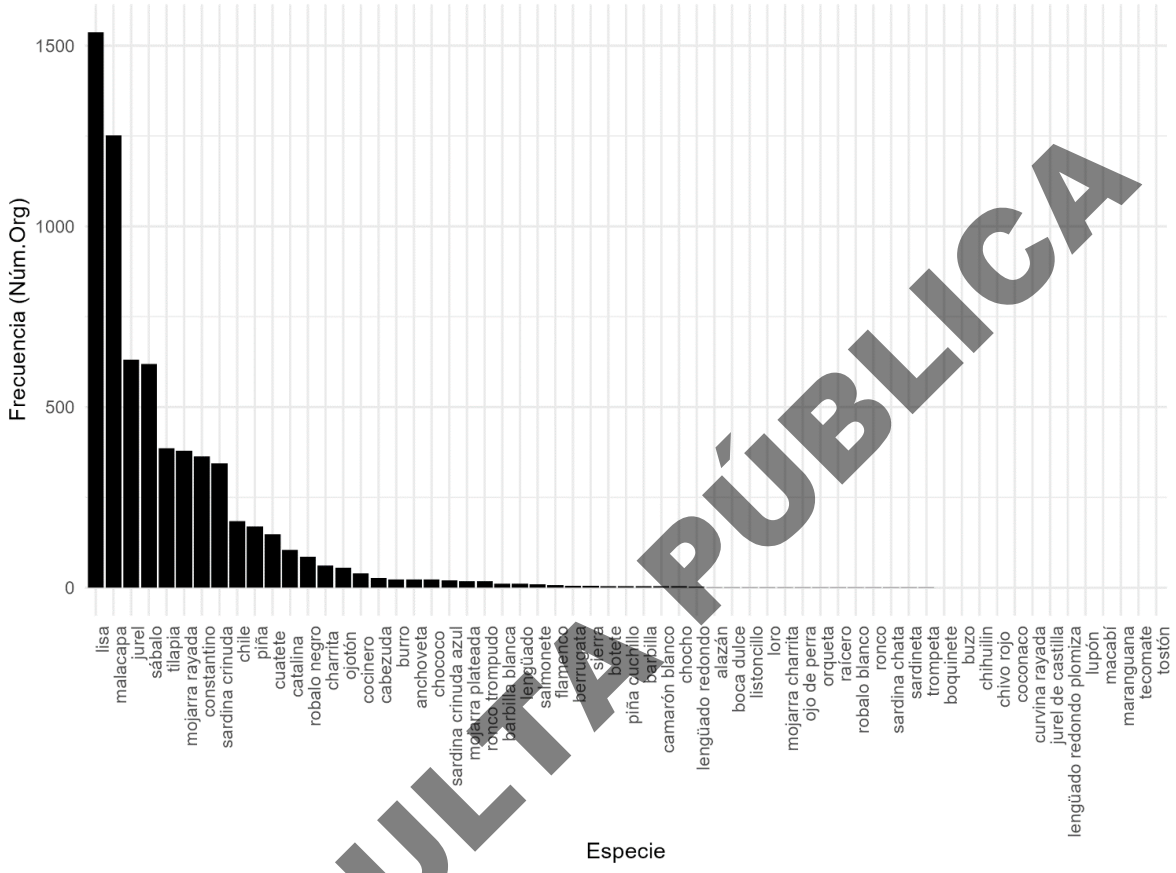


Figura IV. 507. Proporción de especies de escama capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

Respecto a las especies de mayor abundancia del total de los ejemplares capturados en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, se analizaron las siete especies principales en orden de abundancia, donde las especies de mayor presencia fue la lisa (*Mugil setosus*) (antes *curema*) con 23.2%, seguido de la malacapa (*Diapterus brevirostris*) 18.9%, jurel (*Caranx caninus*) 9.5%, sábalo (*Chanos chanos*) 9.3%, tilapia (*Oreochromis* Spp.) 5.8%, mojarra rayada (*Gerres cinereus*) 5.7% y constantino (*Centropomus robalito*) 5.5% respectivamente (Figura IV. 508).

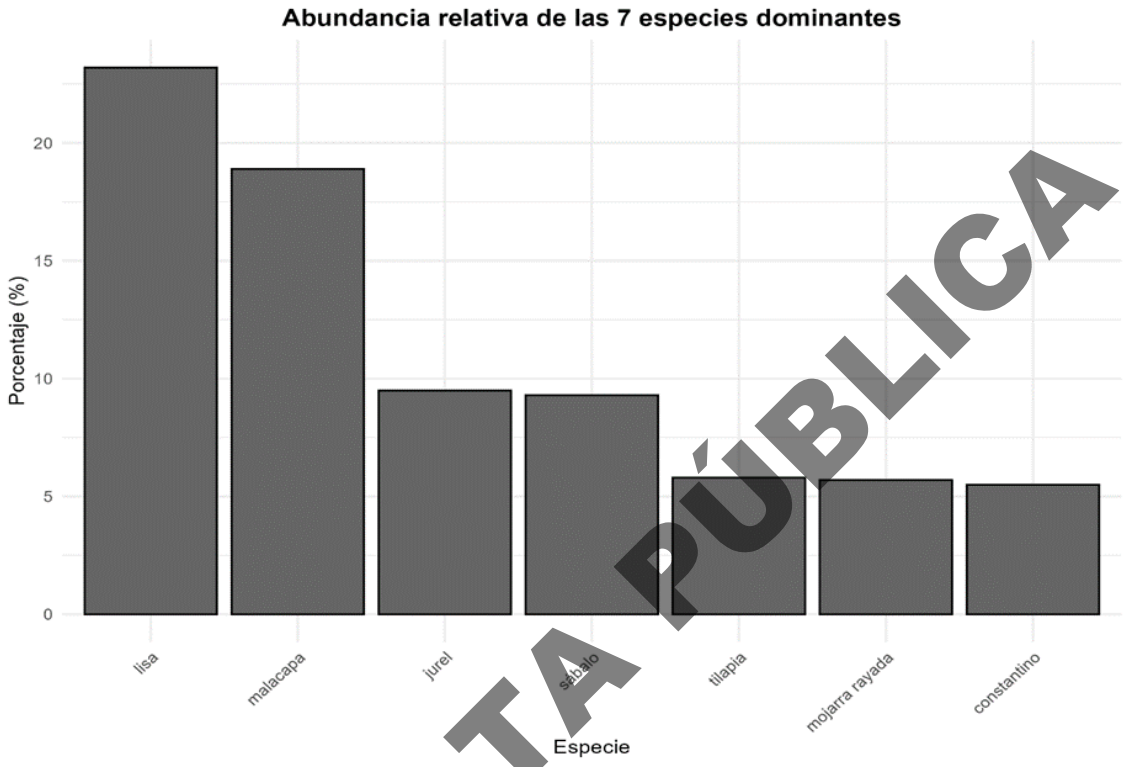


Figura IV. 508. Proporción de sietes especies de escama principales capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Tabla IV. 176 considerando las siete especies principales observadas durante los muestreos efectuados en los cuatro vasos de la Laguna de Cuyutlán y tomando en cuenta, la descripción de una pesquería formal en México, que es aquella actividad de trabajo enfocada a extraer recursos pesqueros (peces), que cumple con una normatividad legal, administrativa y técnica, operando dentro de un marco legal, con permisos oficiales vigente. Por lo anterior, dentro de los resultados observados, se aprecian al menos tres pesquerías formales. Por ejemplo, la pesquería de escama estuarina que al menos integra a las especies de la malacapa (*Diapterus brevirostris*), jurel (*Caranx caninus*), sábalo (*Chanos chanos*), mojarra rayada (*Gerres cinereus*) y constantino (*Centropomus robalito*), en cambio, como especies particulares se encuentra la lebrancha o liseta (*Mugil setosus*) (antes *curema*) como pesquería de lisa y la tilapia (*Oreochromis* Spp.) como pesquería de lisa.

Tabla IV. 176. Clasificación de los recursos capturados en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026, conforme a su pesquería formal correspondiente.

No	Nombre común	Nombre Científico	Frecuencia (%)	Pesquería
1	Lisa	*Mugil setosus*	23.2	Lisa
2	Malacapa	*Diapterus brevirostris*	18.9	Escama estuarina
3	Jurel	*Caranx caninus*	9.5	Escama estuarina
4	Sábalo	*Chanos chanos*	9.3	Escama estuarina

5	Tilapia	*Oreochromis* Spp.	5.8	Tilapia
6	Mojarra Rayada	*Gerres cinereus*	5.7	Escama estuarina
7	Constantino	*Centropomus robalito*	5.5	Escama estuarina

En la Figura IV. 509, se presentan los resultados de proporción de abundancia de la lisa entre los vasos de la Laguna de Cuyutlán, en donde se aprecia con mayor predominancia en los vasos 1 y 2 demás del 30% de abundancia y menor al 15% para el vaso 3 menor respectivamente, seguido del recurso de malacapa (*Diapterus brevirostris*) presentes en los vasos 1 al 3, así como los recursos de sábalo y constantino para los cuatro vasos de la Laguna Cuyutlán. En cambio, el recurso de la tilapia (*Oreochromis Spp.*) predominó únicamente en el vaso 4. La malacapa (*Diapterus brevirostris*) estuvo presente en tres vasos (vaso 1 al 3), con mayor predominancia en el vaso 3, seguido del vaso 2 y en menor proporción en el vaso 1. Para el jurel estuvo presente en los cuatros vasos, con mayor abundancia en los vasos 2 y 1. El sábalo (*Chanos chanos*) se obtuvo presencia en los vasos 2 a 4, con mayor abundancia en el vaso 3, seguido del vaso 4 y en menor presencia en el vaso 2. La tilapia (*Oreochromis Spp.*) fue más abundante en el vaso 4 y en menor para el vaso 3. La mojarra rayada estuvo presente en los vasos 2 al 4, con mayor abundancia en el vaso 4, seguido del vaso 3 y en menor en el vaso 2. El constantino (*Centropomus robalito*) fue la única especie que estuvo presente en los cuatros vasos, con mayor predominancia tanto en el vaso 4, seguido del vaso 3, así como de los vasos 2 y 1 respectivamente.

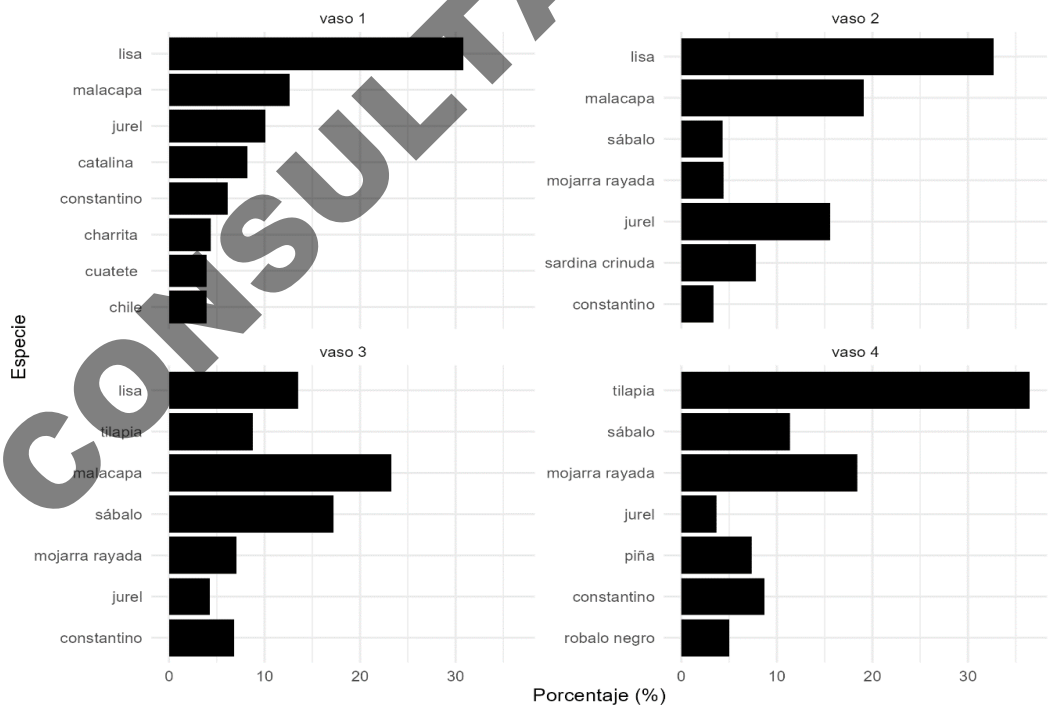


Figura IV. 509. Proporción de siete especies de escama principales capturadas en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.1 Pesquería. - Lisa

La estructura de talla de la especie de lisa (*Mugil setosus*) por sexos combinados, se observó en intervalos de 14.0 a 32.0 cm Lt, y una media de 23.0 ± 1.8 cm. Se observaron las mayores proporciones de registros por debajo de la media de Lt (< 23.0 cm Lt) (Figura IV. 510).

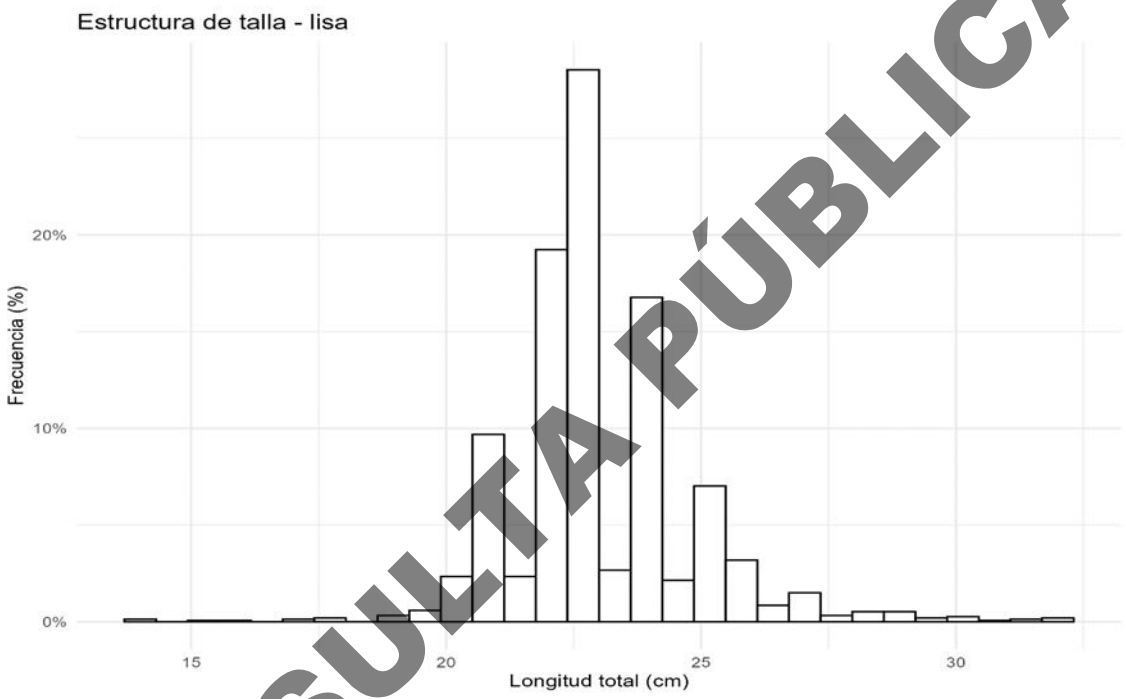


Figura IV. 510. Estructura de longitud total de lisa (*Mugil setosus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 511, se muestra la estructura de talla de la especie de lisa (*Mugil setosus*) entre secciones, clasificadas en los cuatro vasos lagunares de la LC. Las longitudes registradas oscilaron entre 14.0 y 32.0 cm Lt. Las medias fueron similares en los vasos 1 (23.2 ± 1.8 cm), 2 (23.0 ± 1.7 cm) y 3 (23.2 ± 1.8 cm), lo que sugiere una distribución de tallas homogénea y posiblemente una composición poblacional similar en estas secciones. En contraste, el vaso 4 presentó una media mayor (26.5 ± 0.7 cm), indicando la presencia de organismos de mayor talla y una menor variabilidad. Este patrón, observado en el diagrama de cajas, podría estar asociado a diferencias en las condiciones ambientales, disponibilidad de recursos o presión de pesca entre los vasos, favoreciendo en el vaso 4 el crecimiento de individuos más grandes y una población más estructurada.

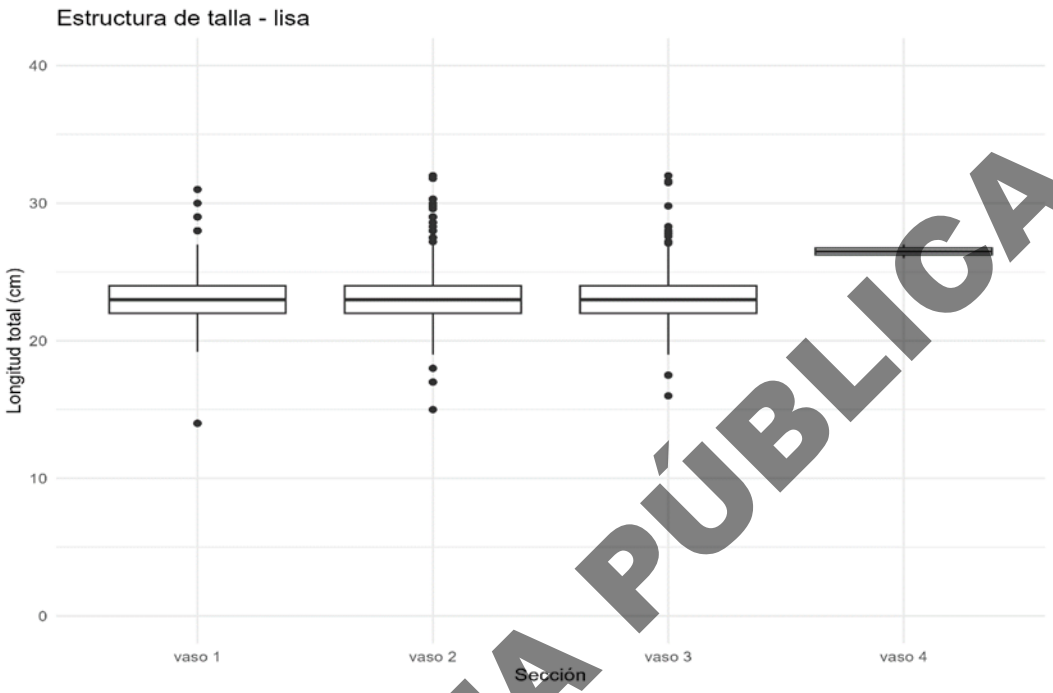


Figura IV. 511. Estructura de longitud total de lisa (*Mugil setosus*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

En la Figura IV. 512 se presenta la estructura de talla de la lisa (Mugil setosus) por sexos combinados, con longitudes entre 14.0 y 32.0 cm Lt y una media de 23.0 ± 1.8 cm. Se observó que la gran mayoría de las capturas (96.8%) corresponde a ejemplares por encima de la talla mínima legal establecida (<20.0 cm Lt) por la normatividad vigente (NOM-016-SAG/PESC-2014; DOF, 2015), mientras que solo una pequeña proporción (3.2%) se ubicó por debajo de este umbral. Este resultado sugiere un adecuado cumplimiento de la regulación en términos de talla de captura y una baja incidencia de organismos juveniles, lo que podría favorecer la sostenibilidad del recurso.

CONSULTA PÚBLICA

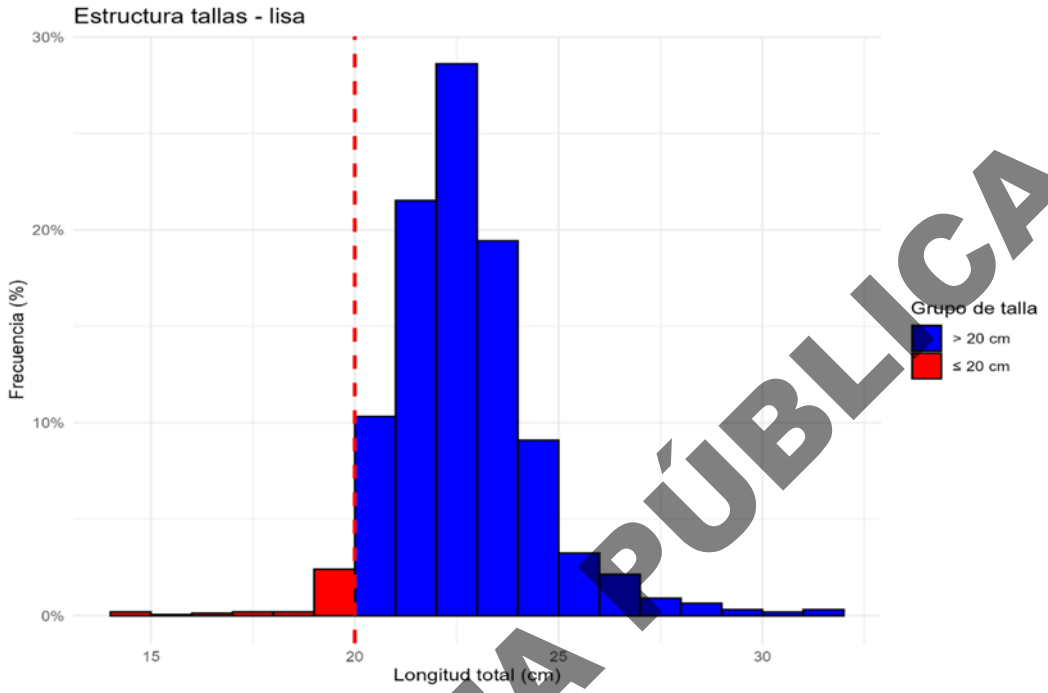


Figura IV. 512. Estructura de longitud total de lisa (*Mugil setosus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla mínima legal de la lisa (<20.0 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.2 Pesquería. - Escama Estuarina

IV.3.16.2.1 Malacapa Diapterus brevirostris)

La estructura de talla de la especie malacapa (*Diapterus brevirostris*) por sexos combinados se distribuyó en un intervalo de 8.5 a 19.3 cm Lt, con una media de 12.9 ± 1.6 cm. Se observó que la mayor proporción de los registros se concentra por debajo de los 14.0 cm Lt (Figura IV. 513), lo que indica una alta presencia de individuos juveniles en las capturas. Este patrón sugiere un reclutamiento activo dentro del sistema, aunque también podría reflejar una mayor vulnerabilidad de las clases de talla pequeñas a los métodos de captura o a las condiciones ambientales del área.

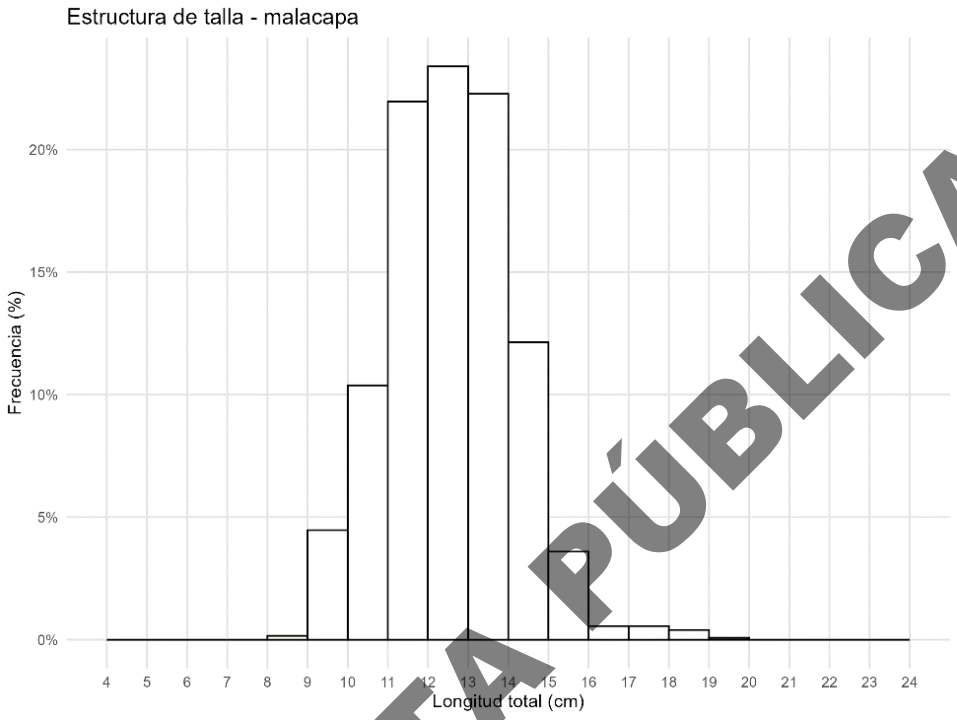


Figura IV. 513. Estructura de longitud total de malacapa capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

En la Figura IV. 514, se presenta la estructura de talla de la malacapa (*Diapterus brevirostris*) entre secciones, clasificadas en los cuatro vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las longitudes registradas oscilaron entre 8.5 y 19.3 cm Lt. Las medias fueron similares en los vasos 1 (13.3 ± 1.5 cm), 2 (13.2 ± 1.7 cm) y 3 (12.6 ± 1.6 cm), lo que sugiere una distribución de tallas relativamente homogénea en estas secciones. En contraste, el vaso 4 presentó organismos de mayor talla, con una media de 14.4 ± 0.9 cm, además de una menor variabilidad. Este patrón indica que el vaso 4 podría estar funcionando como un área donde los individuos alcanzan mayores tallas, posiblemente asociado a mejores condiciones ambientales, menor presión de captura o diferencias en la disponibilidad de alimento.

CONSULTA PÚBLICA

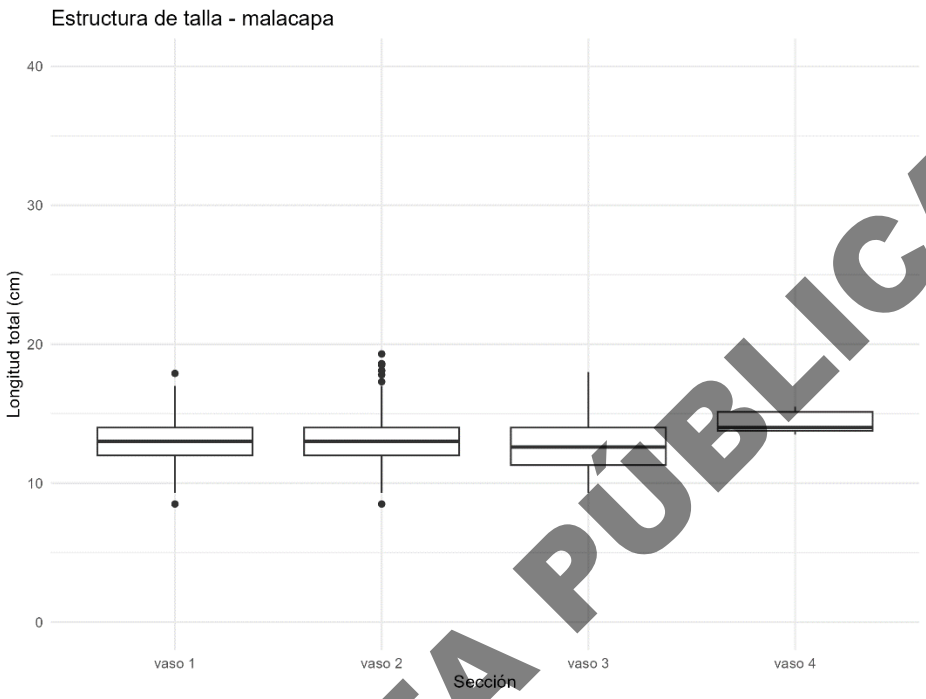


Figura IV. 514. Estructura de longitud total de malacapa (*Diapterus brevirostris*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

En la Figura IV. 515 se representa la estructura de talla de la malacapa (*Diapterus brevirostris*) por sexos combinados, con longitudes entre 8.5 a 19.3 cm Lt, y una media de 23.0 ± 1.8 cm. Se observó que la gran mayoría de las capturas (82.7%) corresponde a ejemplares inferiores a la talla de primera madurez (<14.0 cm Lt) (Gallardo-Cabello *et al*., 2015), mientras que el 17.3% se ubicó para ejemplares superiores a la talla de primera madurez.

CONSULTA PÚBLICA

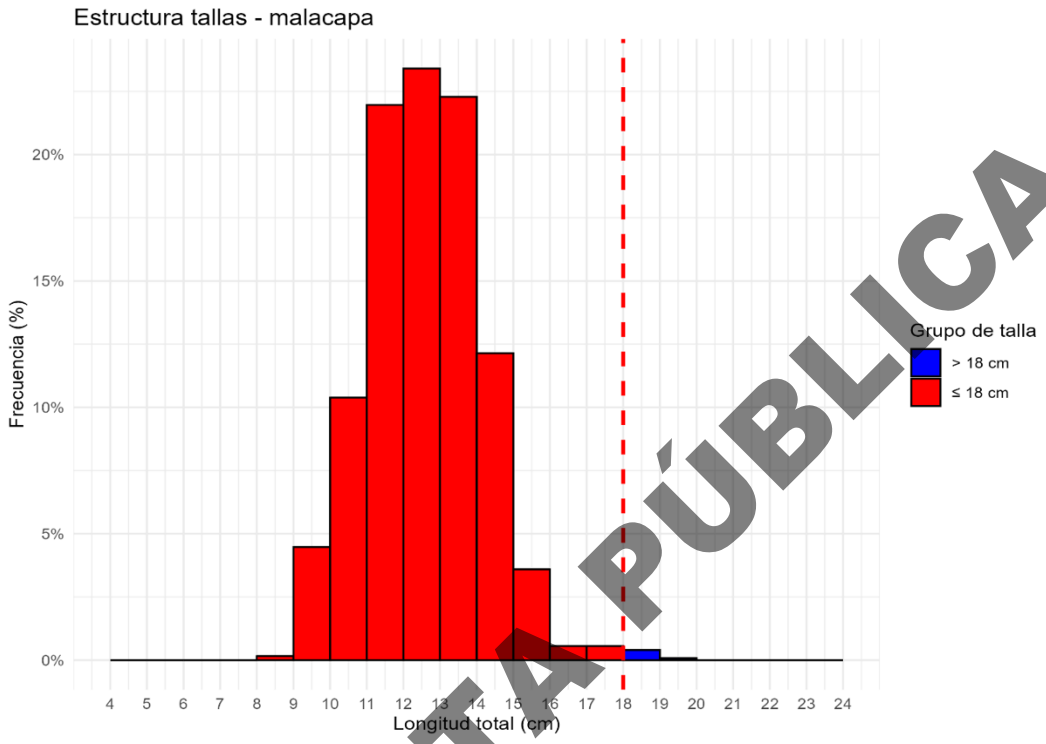


Figura IV. 515. Estructura de longitud total de malacapa (*Diapterus brevirostris*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez de la malacapa (<14.0 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.2.2 Jurel (Caranx caninus)

La estructura de talla de la especie de jurel (*Caranx caninus*) por sexos combinados, se observó en intervalos de 10.0 a 29.0 cm Lt, y una media de 16.8 ± 3.2 cm. Se observaron las mayores proporciones de registros por debajo de la media de Lt (< 16 cm Lt) y una distribución de la moda que osciló en 15 cm Lt (Figura IV. 516).

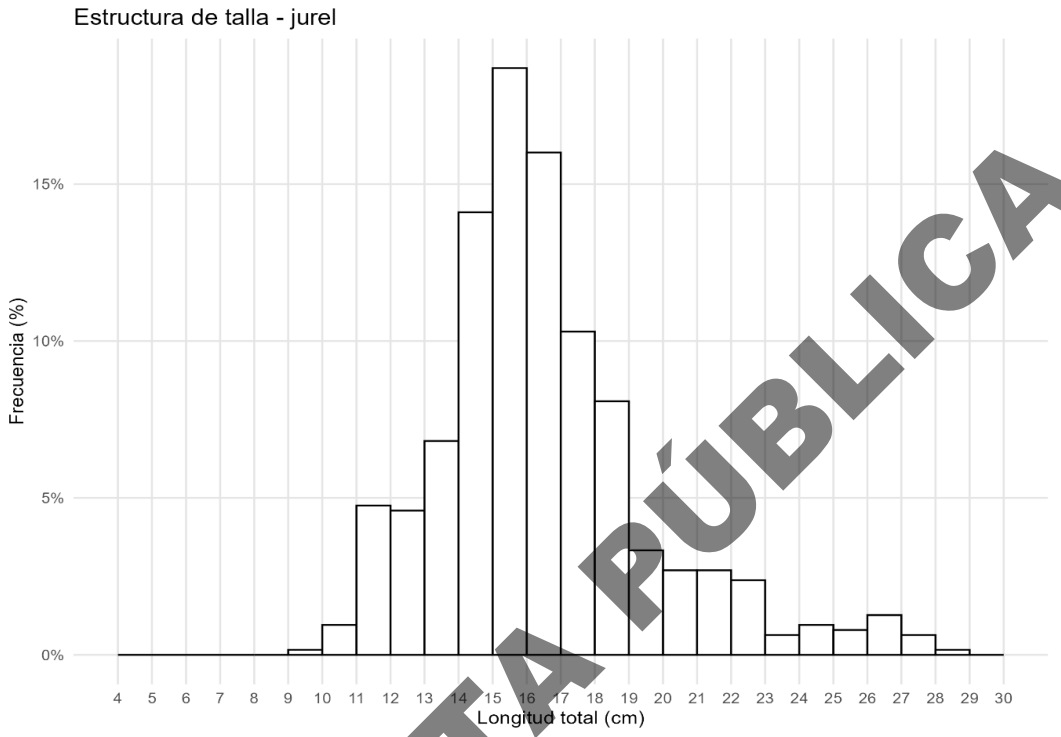


Figura IV. 516. Estructura de longitud total de jurel (*Caranx caninus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

En la Figura IV. 517, se presenta la estructura de talla del jurel (*Caranx caninus*) entre secciones, clasificadas en los cuatro vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las longitudes registradas oscilaron entre 10.0 a 29.0 cm Lt. Las fueron similares en los vasos 1 (18.4 cm ± 3.4 cm), 2, (16.4 cm ± 3.1 cm), 3 (17.0 cm ± 2.8 cm), lo que sugiere una distribución de tallas relativamente homogénea en estas secciones. En contraste, el vaso 4 podría estar funcionando como un área donde los organismos alcanzan menores tallas, posiblemente asociado a mejores condiciones ambientales, menor presión de captura o diferencias en la disponibilidad de alimento.

CONSULTA PÚBLICA

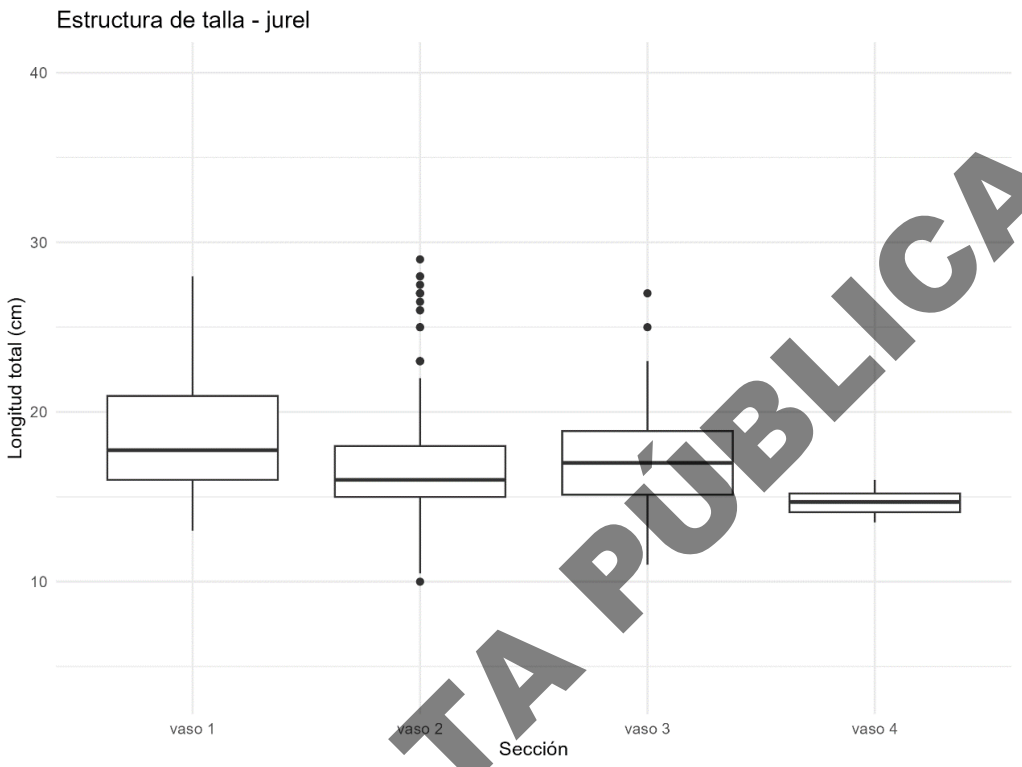


Figura IV. 517. Estructura de longitud total del jurel (*Caranx caninus*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 518 se representa la estructura de talla del jurel (*Caranx caninus*) por sexos combinados, con longitudes entre 8.5 a 19.3 cm Lt, y una media de 23.0 (± DE de 1.8 cm). Se observó que más de la mitad de los ejemplares capturados (68.6%) corresponde a organismos inferiores a la talla de primera madurez (<15.0 cm Lt) (Espino-Barr *et al.*, 2006), mientras que el 31.4% se ubicó para ejemplares superiores a la talla de primera madurez.

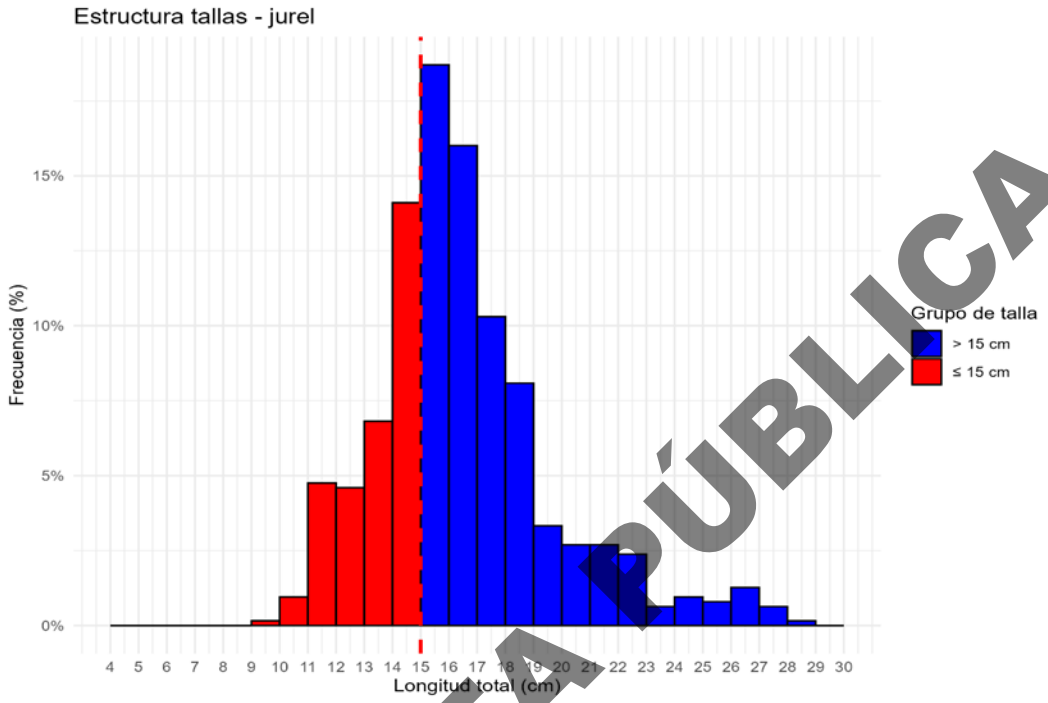


Figura IV. 518. Estructura de longitud total de jurel (*Caranx caninus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez del jurel (<15.0 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.2.3 Sábalo (Chanos chanos)

La estructura de talla de la especie de sábalo (*Chanos chanos*) por sexos combinados, se observó en intervalos de 16.0 a 57.0 cm Lt, y una media de 29.9 ± 5.9 cm. Se observaron las mayores proporciones de registros por debajo de la media de Lt (< 29 cm Lt) y una distribución de la moda que osciló en 28 y 30 cm Lt (Figura IV. 519).

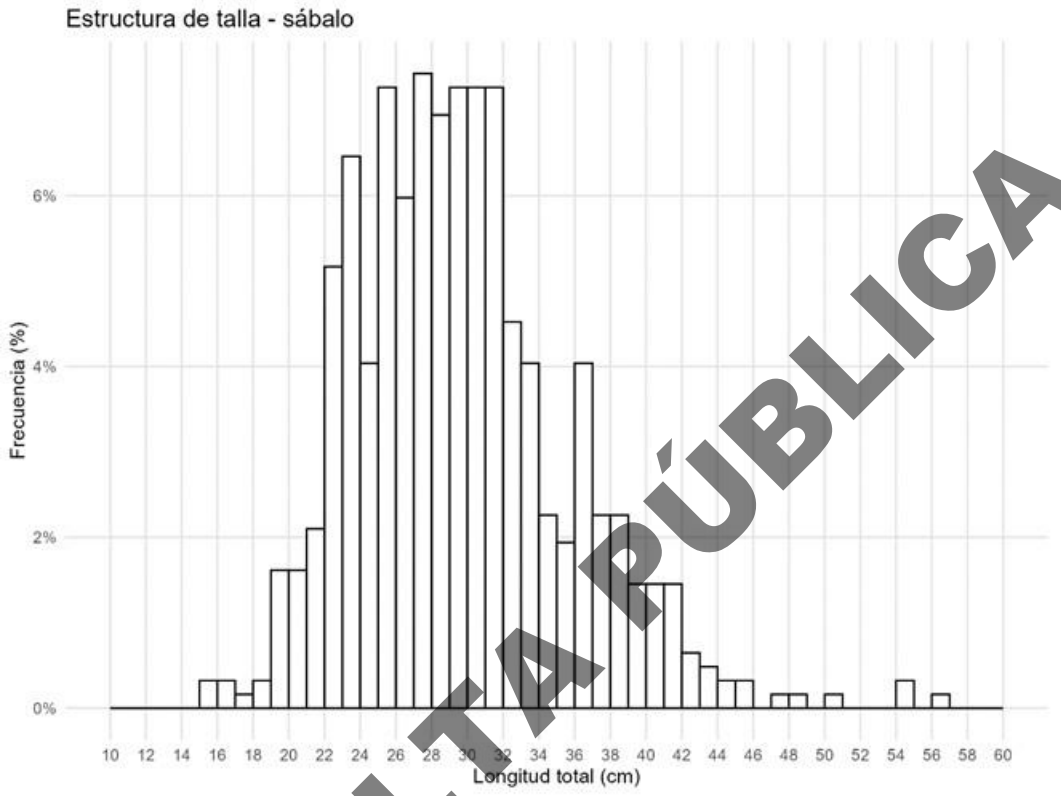


Figura IV. 519. Estructura de longitud total de sábalo (*Chanos chanos*) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

En la Figura IV. 520, se presenta la estructura de talla del sábalo (Chanos chanos) entre secciones, clasificada en los cuatro vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las longitudes registradas oscilaron entre 16.0 a 57.0 cm Lt. Las medias fueron diferentes en los vasos 2 (32.4 ± 6.9 cm) y 3 (28.6 ± 4.5 cm), con respecto a los vasos 1 (39.7 ± 10.0 cm) y 4 (35.5 cm Lt ± 6.9 cm), presentó organismos mayores en talla, lo cual podría indicar que dichos vasos están funcionando como un área donde los individuos alcanzan mayores tallas, posiblemente asociado a mejores condiciones ambientales, menor presión de captura o diferencias en la disponibilidad de alimento.

CONSULTA PÚBLICA

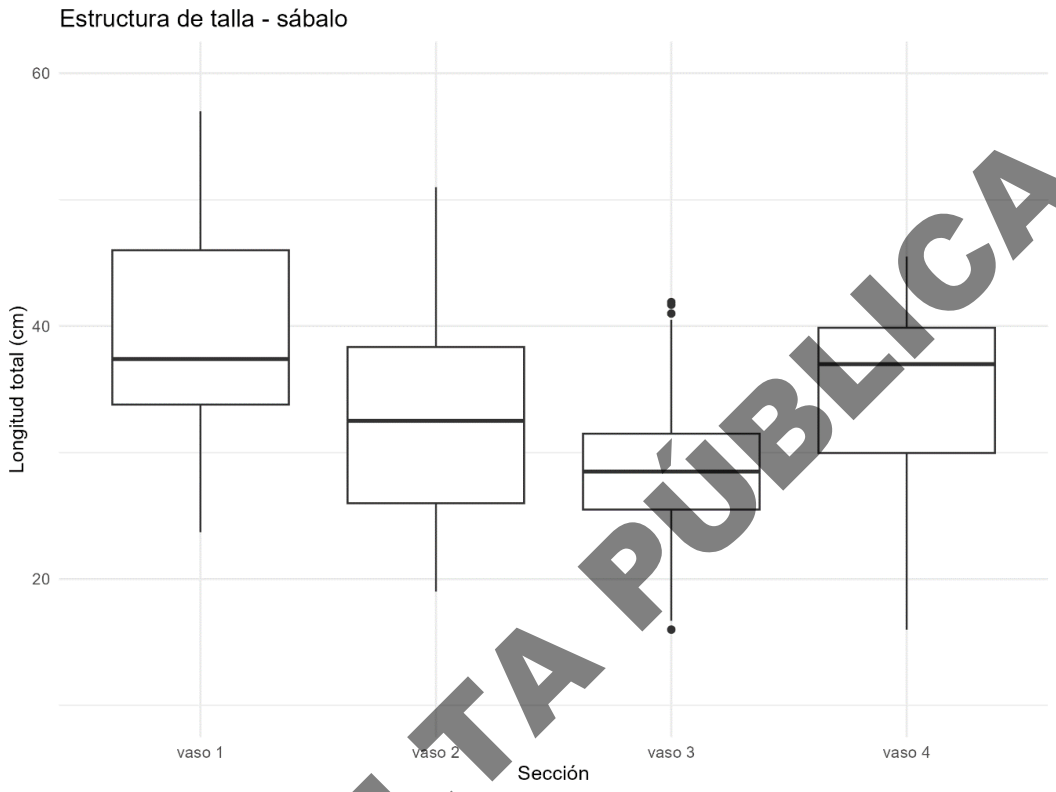


Figura IV. 520 Estructura de longitud total del sábalo (*Chanos chanos*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 521 se representa la estructura de talla del sábalo (*Chanos chanos*) por sexos combinados, con longitudes entre 16.0 a 57.0 cm Lt, y una media de 29.2 ± 5.9 cm. Se observó que el total de la muestra analizada (100%) correspondió aejemplares inferiores a la talla de primera madurez (<60.0 cm Lt).

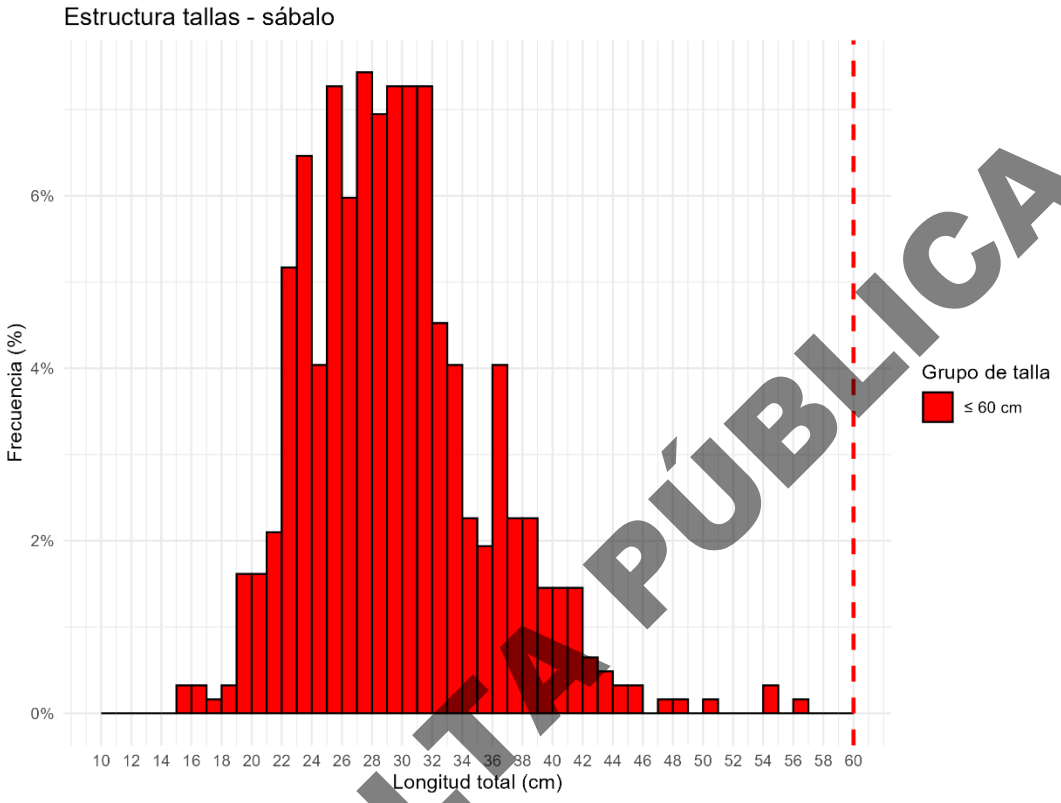


Figura IV. 521. Estructura de longitud total de sábalo (*Chanos chanos*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez del jurel (<60.0 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.2.4 Mojarra rayada (Gerres cinereus)

La estructura de talla de la especie de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) sexos combinados, se distribuyó en intervalos de 8.0 a 33.0 cm Lt, con una media de 15.6 ± 2.6 cm. Se observaron que la mayor proporción de los registros se concentra por debajo de la media de los 15.0 cm Lt (Figura IV. 522) lo que indica una alta presencia de individuos juveniles en las capturas. Este patrón sugiere un reclutamiento activo dentro del sistema, aunque también podría reflejar una mayor vulnerabilidad de las clases de talla pequeñas a los métodos de captura o a las condiciones ambientales del área.

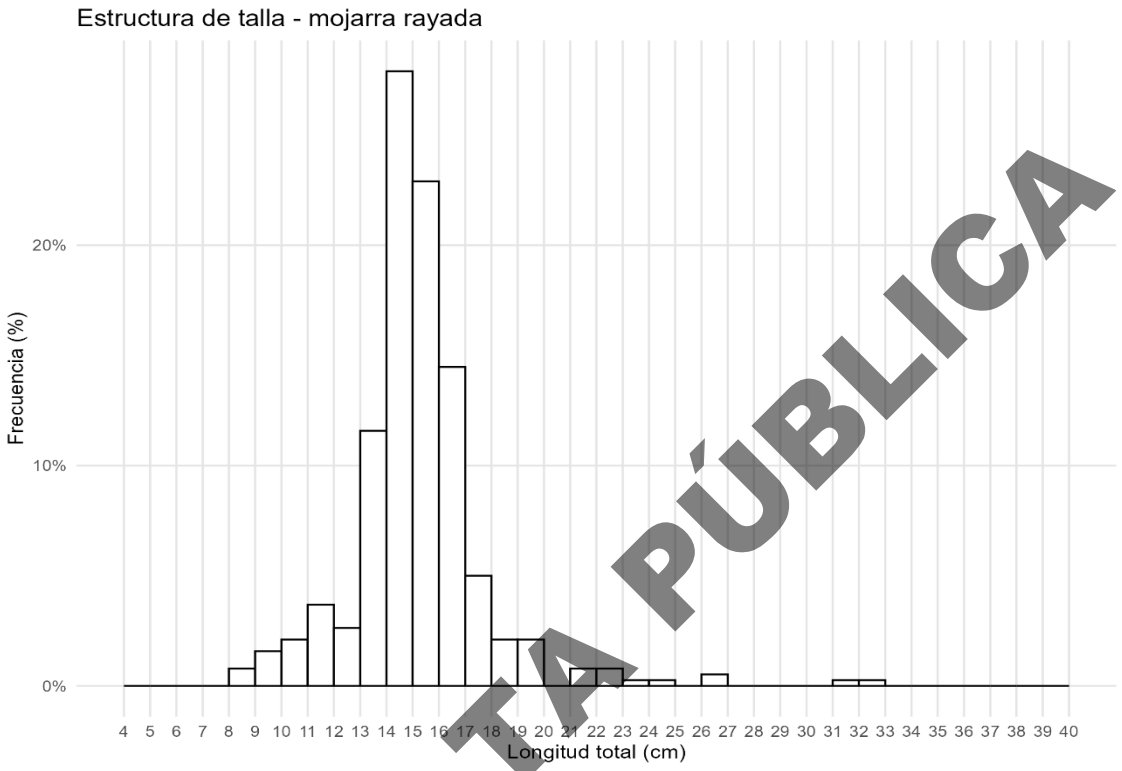


Figura IV. 522. Estructura de longitud total de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 523, se presenta la estructura de talla de la mojarra rayada (*Gerres cinereus*) entre secciones, clasificadas en los cuatro vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las longitudes registradas oscilaron entre 8.0 a 33.0 cm Lt. Las medias fueron similares en los vasos 1 (17.9 cm ± 5.6 cm), 2 (16.1 cm ± 1.6 cm), 3 (15.3 cm ± 2.2 cm) y 4 (14.5 cm± 2.7 cm), fue donde se obtuvo organismos de tallas mayores, con menor variabilidad Para los cuatros vasos es un posible indicador de estar funcionando como un área donde los individuos alcanzan mayores tallas, posiblemente asociado a mejores condiciones ambientales, menor presión de captura o diferencias en la disponibilidad de alimento.

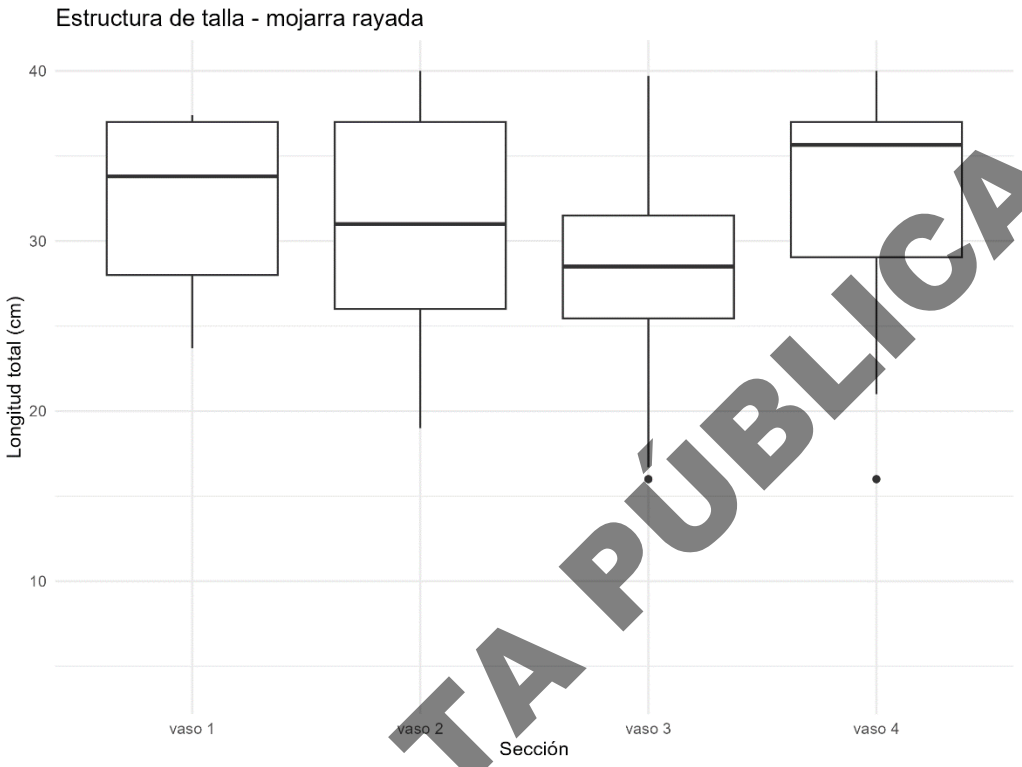


Figura IV. 523. Estructura de longitud total de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 524 se representa la estructura de talla de la mojarra rayada (*Gerres cinereus*) por sexos combinados, con longitudes entre 8.0 a 33.0 cm Lt, y una media de 17.9 ± 5.6 cm). Se observó que la gran mayoría de las capturas (11.6%) corresponde a ejemplares inferiores a la talla de primera madurez (<13.6 cm Lt) (Gallardo-Cabello *et al*., 2015), mientras que el 88.4% se ubicó para organismos superiores a la talla de primera madurez.

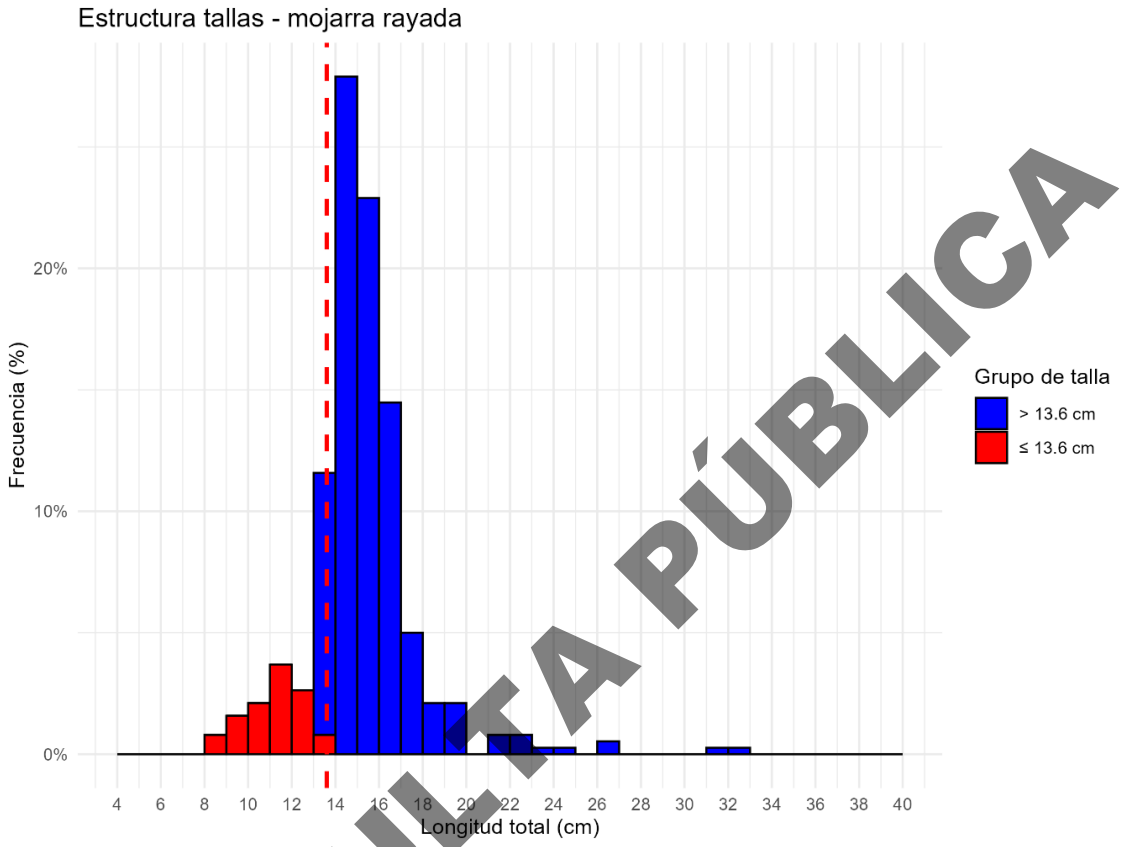


Figura IV. 524. Estructura de longitud total de mojarra rayada (*Gerres cinereus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez de la mojarra rayada (<13.6 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.2.5 Constantino (*Centropomus robalito*).

La estructura de talla de la especie de constantino (*Centropomus robalito*) por sexos combinados, se distribuyó en un intervalo de 12.0 a 29.7 cm Lt, con una media de 20.9 ± 2.6 cm. Se observó que la mayor proporción de los registros se concentró por debajo de los 21.0 cm Lt (Figura IV. 525) lo que indica una alta presencia de individuos juveniles en las capturas. Este patrón sugiere un reclutamiento activo dentro del sistema, aunque también podría reflejar una mayor vulnerabilidad de las clases de talla pequeñas a los métodos de captura o a las condiciones ambientales del área

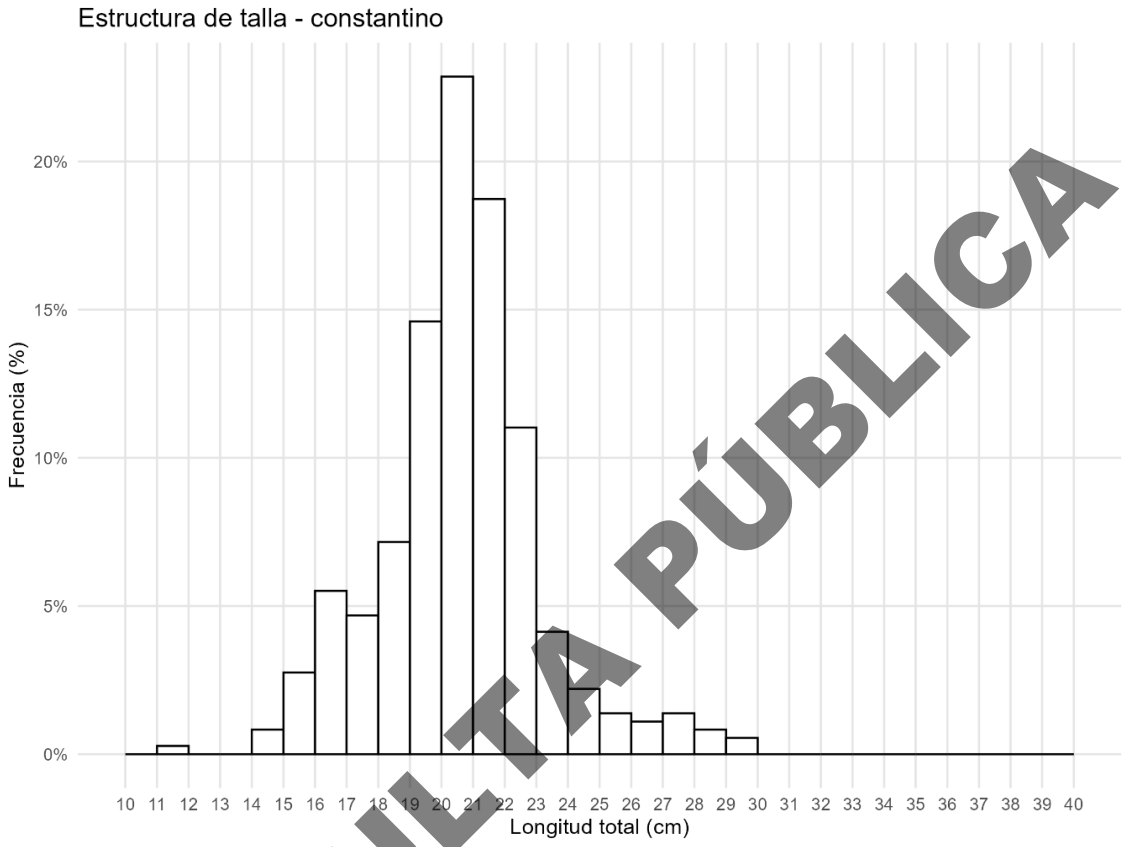


Figura IV. 525. Estructura de longitud total de constantino (*Centropomus robalito*) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 526, se observa la estructura de talla del constantino (*Centropomus robalito*) entre secciones, clasificadas en los cuatro vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las longitudes registradas oscilaron entre 12.0 a 29.7 cm Lt. Las medias fueron similares en los vasos 1 (21.6 ± 2.5 cm), 2 (20.4 ± 2.1 cm), 3 (20.9 ± 2.6 cm) y 4 (21.9 ± 4.2 cm), lo que sugiere una distribución de tallas relativamente homogénea en estas secciones. Este patrón indica que podría estar funcionando como un área donde los individuos alcanzan mayores tallas, posiblemente asociado a mejores condiciones ambientales, menor presión de captura o diferencias en la disponibilidad de alimento.

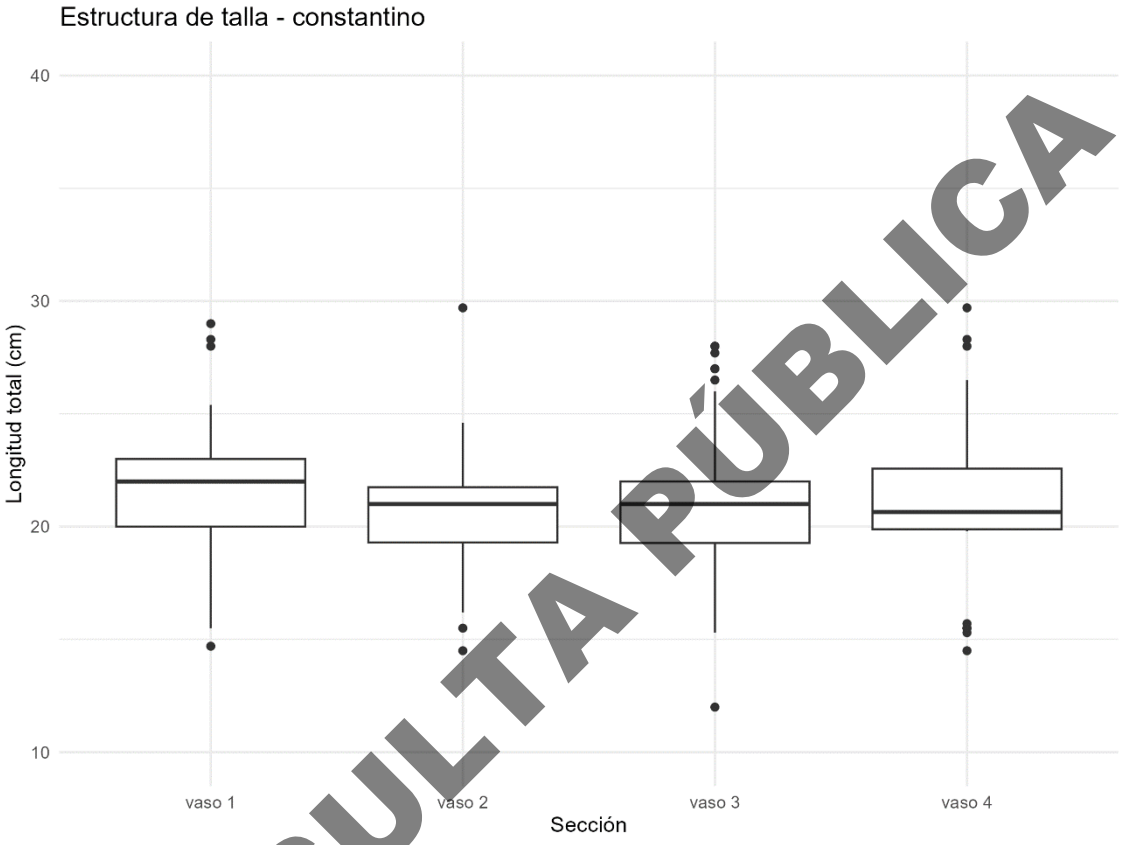


Figura IV. 526. Estructura de longitud total de constantino (*Centropomus robalito*) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 527 se representa la estructura de talla del constantino (*Centropomus robalito*) por sexos combinados, con longitudes entre 12.0 a 29.7 cm Lt, y una media de 21.6 ± 2.5 cm. Se observó que la gran mayoría de las capturas (78.8%) corresponde a ejemplares inferiores a la talla de primera madurez (<13.6 cm Lt) (Espino-Barr *et al*., 2019), mientras que el 22.0% se ubicó para ejemplares superiores a la talla de primera madurez.

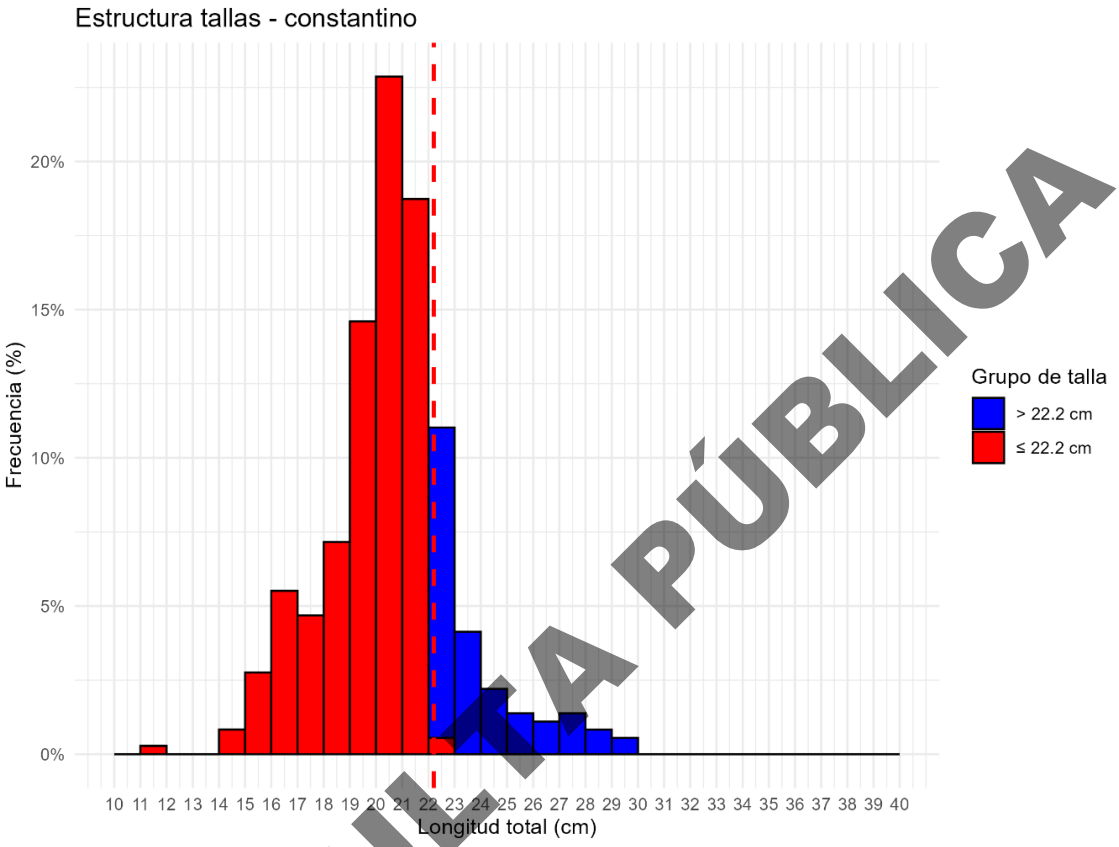


Figura IV. 527. Estructura de longitud total del constantino (*Centropomus robalito*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez del constantino (<22.2 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.3 Pesquería. - Tilapia

IV.3.16.3.1 Tilapia (*Oreochromis* Spp.)

La estructura de talla de la especie de tilapia (*Oreochromis* Spp.) por sexos combinados, se distribuyó en un intervalo de 7.0 a 28.0 cm Lt, con una media de 14.7 ± 2.1 cm. Se observó que la mayor proporción de los registros se concentra por encima de los 14.7 cm Lt (Figura IV. 528) lo que indica una alta presencia de individuos juveniles en las capturas. Este patrón sugiere un reclutamiento activo dentro del sistema, aunque también podría reflejar una mayor vulnerabilidad de las clases de talla pequeñas a los métodos de captura o a las condiciones ambientales del área.

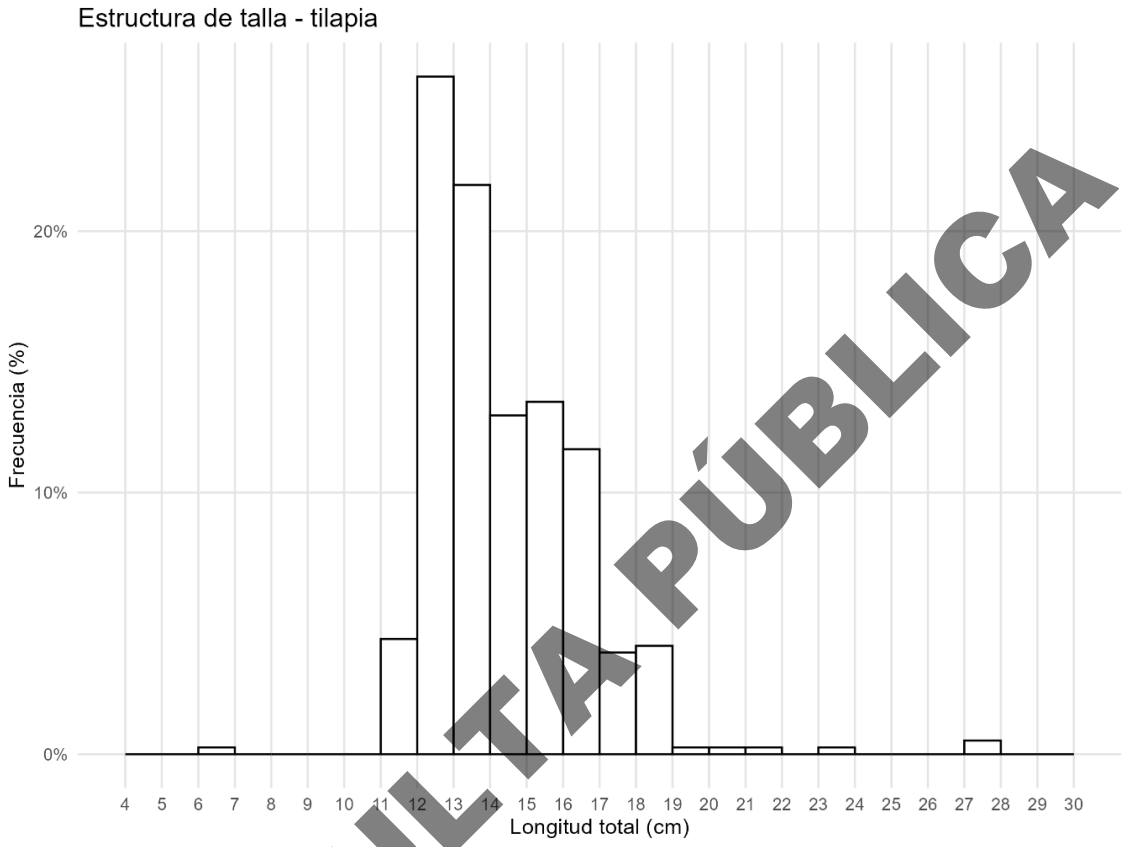


Figura IV. 528. Estructura de longitud total de tilapia (*Oreochromis* Spp.) capturado en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 529, se observa la estructura de talla de la tilapia (*Oreochromis* Spp.) entre secciones, clasificadas en los cuatro vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. Las longitudes registradas oscilaron entre 7.0 a 28.0 cm Lt. Las medias fueron similares en los vasos 1 (16.1 ± 5.1 cm), 2 (14 ± 1.9 cm), 3 (14.2 ± 2.0 cm) y 4 (15.9 ± 1.5 cm), observando menor variabilidad entre tallas. Este patrón indica que el vaso 4 podría estar funcionando como un área donde los individuos alcanzan mayores tallas, posiblemente asociado a mejores condiciones ambientales, menor presión de captura o diferencias en la disponibilidad de alimento.

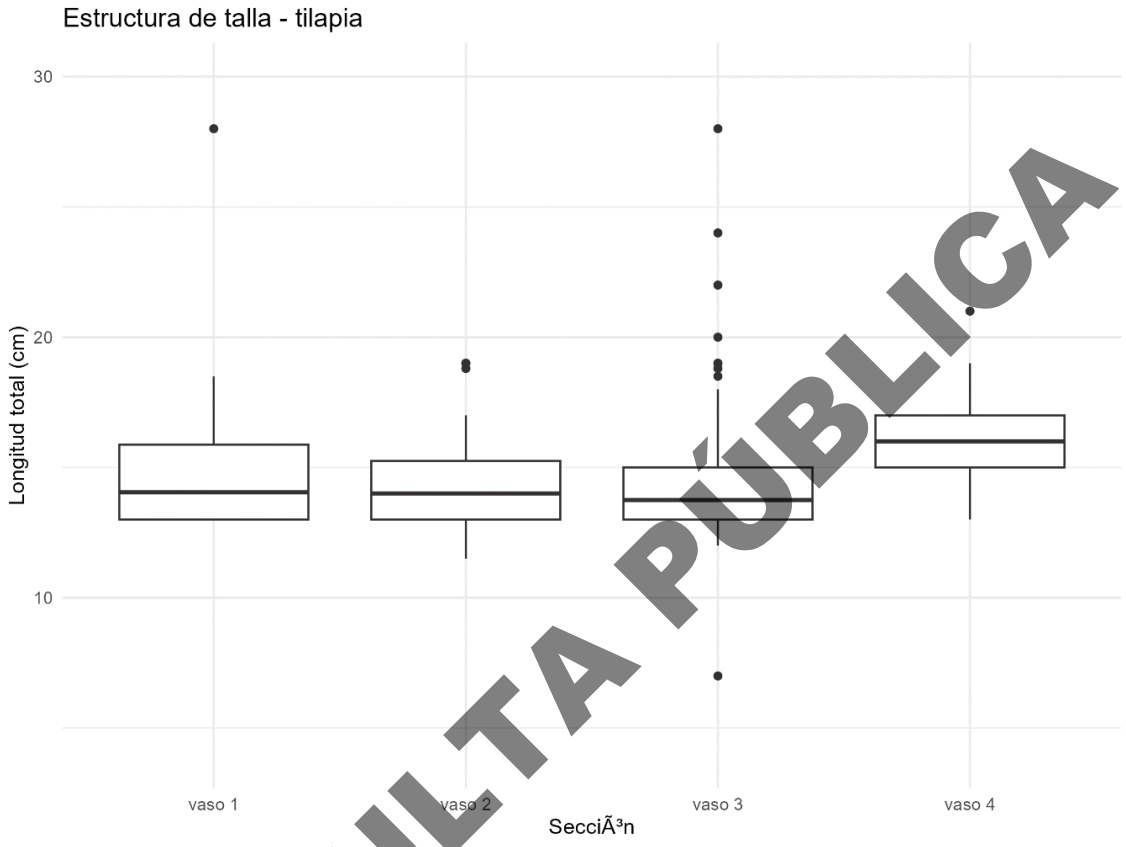


Figura IV. 529. Estructura de longitud total de tilapia (*Oreochromis* Spp.) entre secciones del vaso 1 al vaso 4, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 530 se representa la estructura de talla de la tilapia (*Oreochromis* Spp.) por sexos combinados, con longitudes entre 7.0 a 28.0 cm Lt, y una media de 14.7 ± 2.1 cm. Se observó que la gran mayoría de las capturas (95.5%) corresponde a ejemplares por encima de la talla mínima legal establecida (<25.0 cm Lt) por la normatividad vigente (NOM-060-SAG-PESC-2016; DOF, 2016), mientras que solo una pequeña proporción (0.5%) se ubicó por debajo de este umbral. Este resultado sugiere un adecuado cumplimiento de la regulación en términos de talla de captura y una baja incidencia de organismos juveniles, lo que podría favorecer la sostenibilidad del recurso.

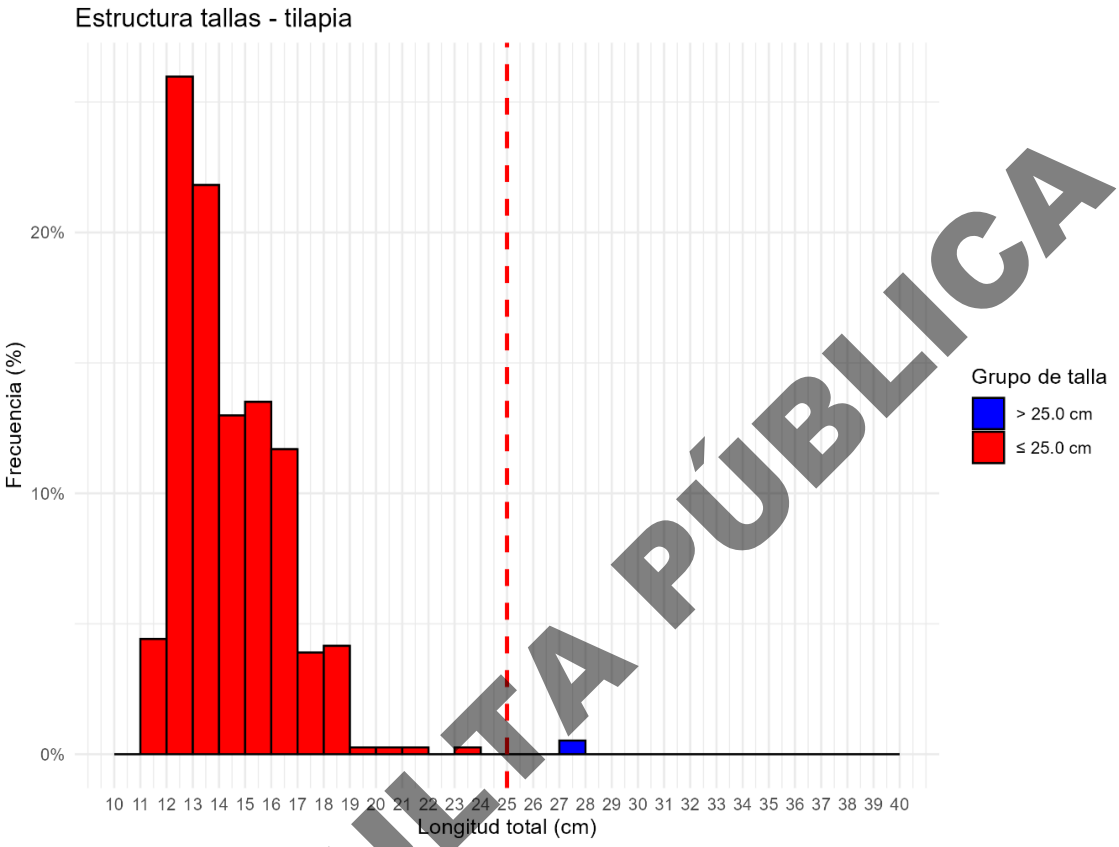


Figura IV. 530. Estructura de longitud total de la tilapia (*Oreochromis* Spp.) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2025. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla de primera madurez de la tilapia (<25.0 cm Lt).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.4 Pesquería. - Jaiba

IV.3.16.4.1 Jaiba azul (Callinectes arcuatus)

La estructura de talla de la especie de jaiba (*Callinectes arcuatus*) por sexos combinados, se observó en intervalos de 6.6 a 10.4 cm Ac, y una media de 8.5 ± 0.8 cm. Se observaron las mayores proporciones de registros por encima de la media de Ac (< 8.5 cm Ac) (Figura IV. 531).

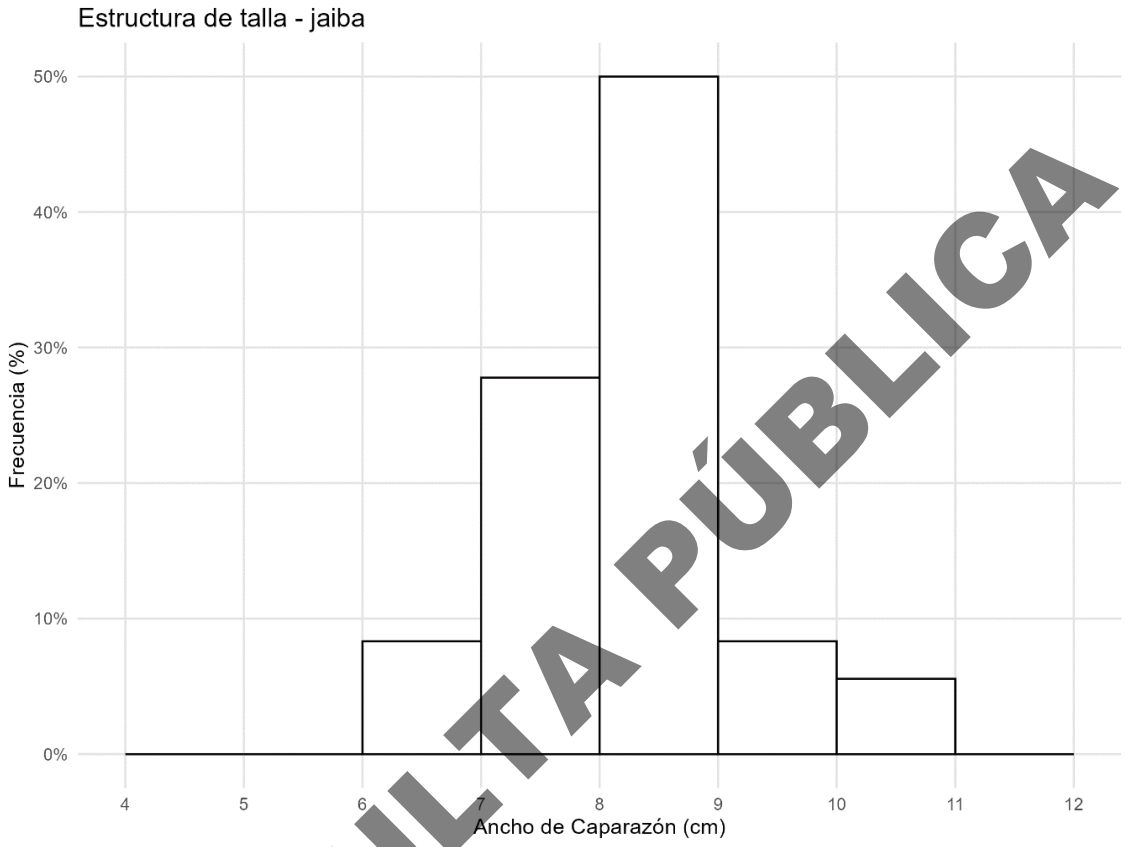


Figura IV. 531. Estructura de ancho de caparazón de jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante febrero de 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 532, se observa la estructura de talla de la jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) entre secciones clasificadas en los tres vasos lagunares de la Laguna de Cuyutlán. La estructura de ancho de caparazón registradas osciló entre 6.6 a 10.4 cm Ac. Las medias fueron similares en los vasos 1 (8.4± 1.7 cm), 2 (8.8 ± 1.4 cm) y 3 (8.2 ± 0.6 cm), con menores variabilidad entre vasos. Lo que podría estar asociado a condiciones ambientales similares y disponibilidad de recursos.

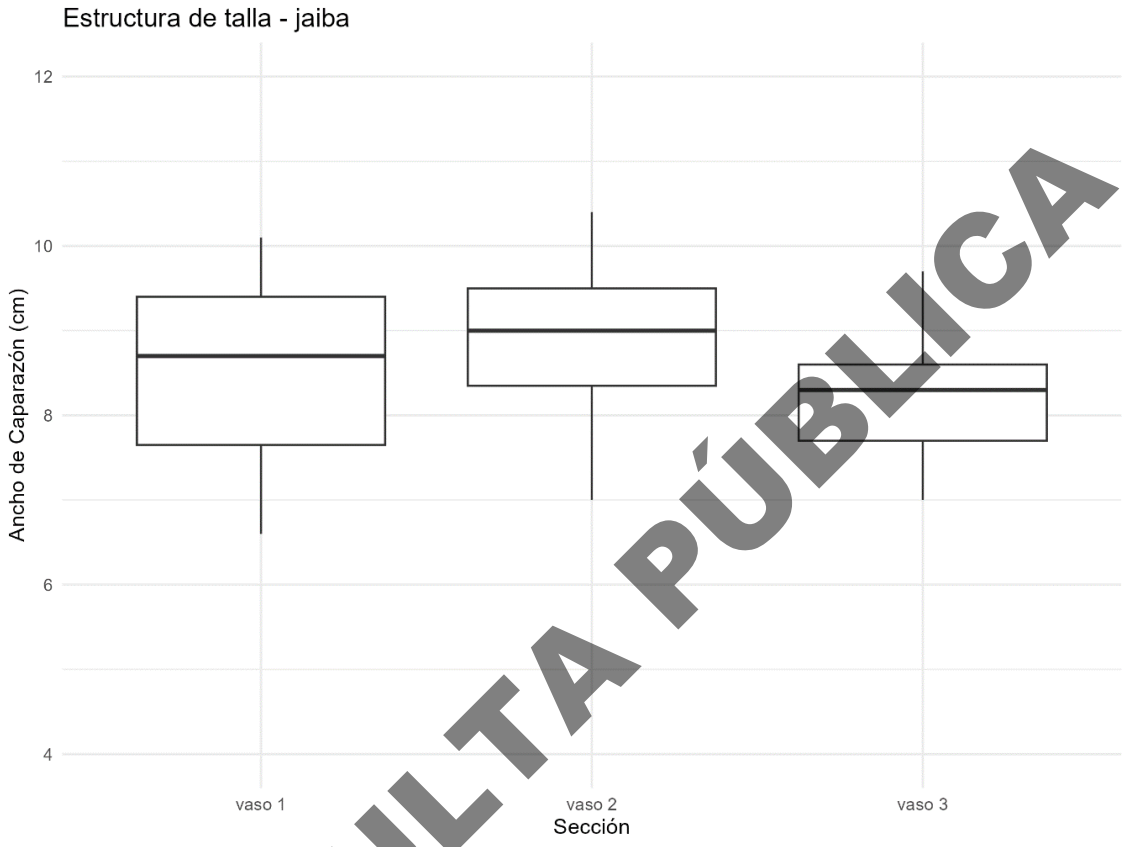


Figura IV. 532. Estructura de ancho de caparazón de jaiba azul (Callinectes arcuatus) entre secciones del vaso 1 al vaso 3, capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante febrero de 2026.

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura IV. 533 se presenta la estructura de talla de la jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) por sexos combinados, con un intervalo de 6.6 a 10.4 cm Ac y una media de 8.4 ± 0.8 cm. Se observó que el 97.2% de las capturas corresponde a ejemplares por debajo de la talla legal establecida (<9.5 cm Ac) según la NOM-039-PESC-2003 (DOF, 2006), mientras que únicamente el 2.8% corresponde a organismos que superan dicho umbral. Este patrón indica una alta incidencia de captura de individuos inmaduros, lo que podría reflejar una presión de pesca significativa sobre las clases de menor talla y potencialmente implicar efectos sobre la capacidad de renovación del stock en el sistema.

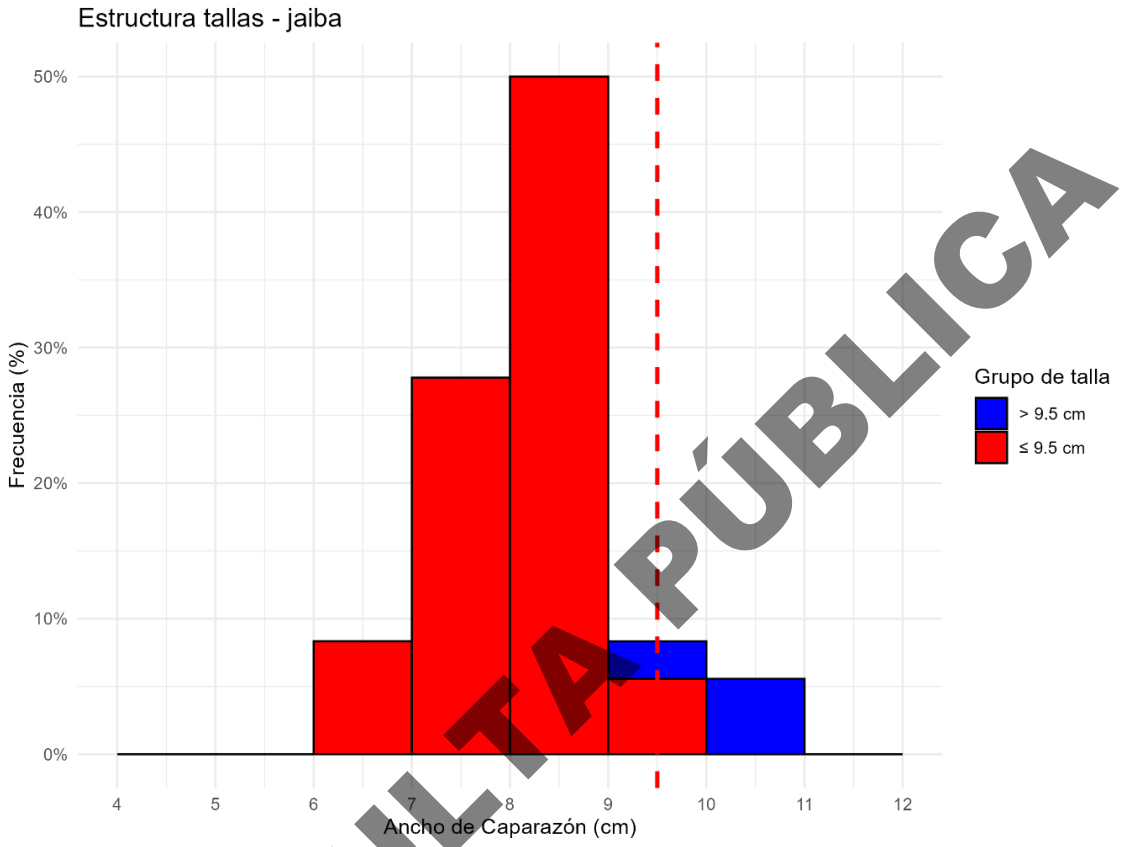


Figura IV. 533. Estructura de ancho de caparazón de jaiba azul (*Callinectes arcuatus*) capturada en los muestreos dirigidos en los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante febrero de 2026. (* La línea discontinua color rojo, representa la talla legal de jaiba azul (<9.5 cm Ac).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.16.5 Información publicada

- Ficha de la CNP – Escama estuarina en la LC.

De acuerdo con el documento técnico de la ficha de la Carta Nacional Pesquera de la pesquería de escama estuarina de la LC, los registros oficiales de captura muestran la presencia de 10 especies principales con mayor importancia en términos de volumen. La tilapia (*Oreochromis* spp.) destacó como la especie más representativa, con un 24.8% del total de capturas, seguida por la mojarra (*Eucinostomus* spp.) con 13.4%, el robalo (*Centropomus* spp.) con 10.8% y el chile (*Elops affinis*) con 10.6%. En niveles intermedios se ubicaron la malacapa (*Diapterus brevirostris*) con 9.5%, el constantino (*Centropomus robalito*) con 7.3%, la lisa (*Mugil setosus*) con 6.9% y el sábalo (*Chanos chanos*) con 6.8%. Finalmente, el cuatete (*Ariopsis seemanni*) y el pargo

(*Lutjanus* spp.) presentaron las menores contribuciones relativas, con 6.3% y 3.7%, respectivamente (Figura IV. 488). Este patrón evidencia una estructura de capturas dominada por pocas especies, con una participación decreciente del resto del ensamblaje íctico (Figura IV. 534).

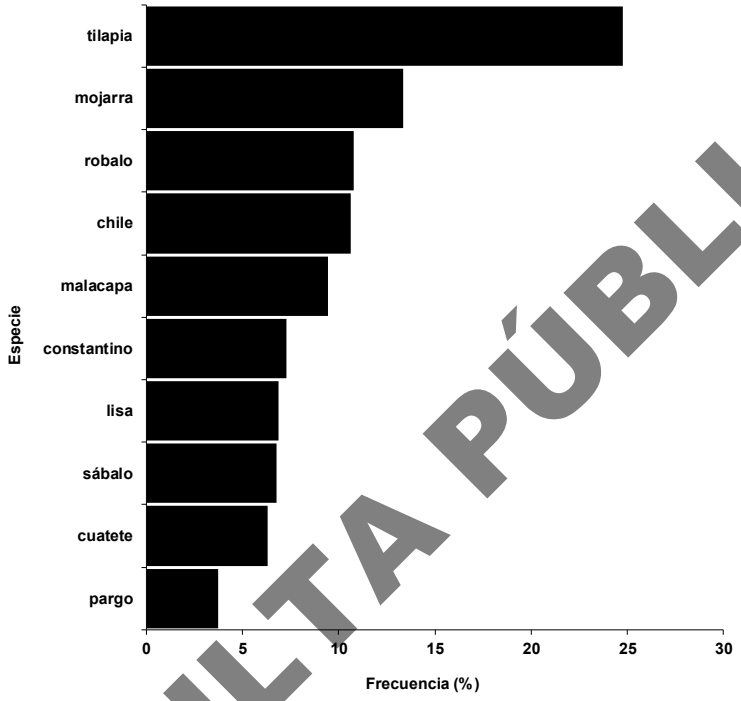


Figura IV. 534. Proporción de 10 especies de escama principales capturadas en los registros capturas oficiales de la pesquería de escama estuarina la Laguna de Cuyutlán, Colima, entre 2008 al 2025.

CONSULTA PÚBLICA

En el mismo reporte, en la Figura IV. 535 se presenta la serie de capturas con respecto al tiempo durante 2005 al 2022, se observó que durante el inicio del periodo (2005 al 2007), se observaron por debajo de 7 toneladas. Con la tilapia entre el 2010 y 2014 osciló con registros máximos superiores a 65 toneladas, en 2022 la captura fue de 14.2 toneladas y una media de 36.9 toneladas. Con la mojarra (*Gerres* Spp.) se han obtenido capturas desde 0.1 a 38.9 toneladas, con una media de 19.9 toneladas, y variaciones en tres etapas; 2005-2007 con capturas mínimas de 0.1 toneladas, 2008-2014 con tendencias positivas de capturas con una media de 28.6 t, sin embargo, para el periodo 2015-2022, las tendencias fueron negativa con una media de 20 toneladas. El robalo presentó intervalos de captura entre 1.4 a 45 toneladas, con una media 16.8 toneladas, y en 2022 la captura osciló con 16.8 toneladas. El chile (*Elops affinis*) presentó variaciones de 0.8 a 79.88 toneladas (media de 31.8 toneladas) y en 2022 la captura rebasó las 19.2 toneladas. La malacapa (*Diapterus brevirostris*) en 2008 representó dos picos máximos de 31.2 y de 27.2 toneladas en 2018, con una media de 14.1 toneladas, y para el 2022 la captura representó 8.2 toneladas. El constantino (*Centropomus robalito*) presentó variaciones de 0.1 a 23.2 t (media de 10.8 toneladas) con un pico máximo de 23.2 toneladas en 2018 y una captura de 9.4 toneladas en el 2022. En la lisa (*Mugil setosus*), las dos capturas máximas fue de 24.8 toneladas en 2008 y de 31.2 toneladas en 2014, con variaciones de 0.1 a 31.2 toneladas y una media de 10.8 toneladas. Las capturas máximas de sábalo (*Chanos chanos*) se registraron de 26.7 y 27.2 toneladas en 2009 y 2010 y una media de

10.1 toneladas. Respecto con el recurso cuatete se observaron intervalos de 0.1 a 35.7 toneladas, con capturas máximas de 21.5 toneladas en 2012 y de 35.7 toneladas en 2013, con una media de 9.4 toneladas. Finalmente, con el pargo (*Lutjanus* Spp.) presentaron las menores capturas con respecto al resto de especies mencionadas anteriormente, con una variación de 0.1 a 13.2 toneladas, y media de 5.6 toneladas (Figura IV. 535).

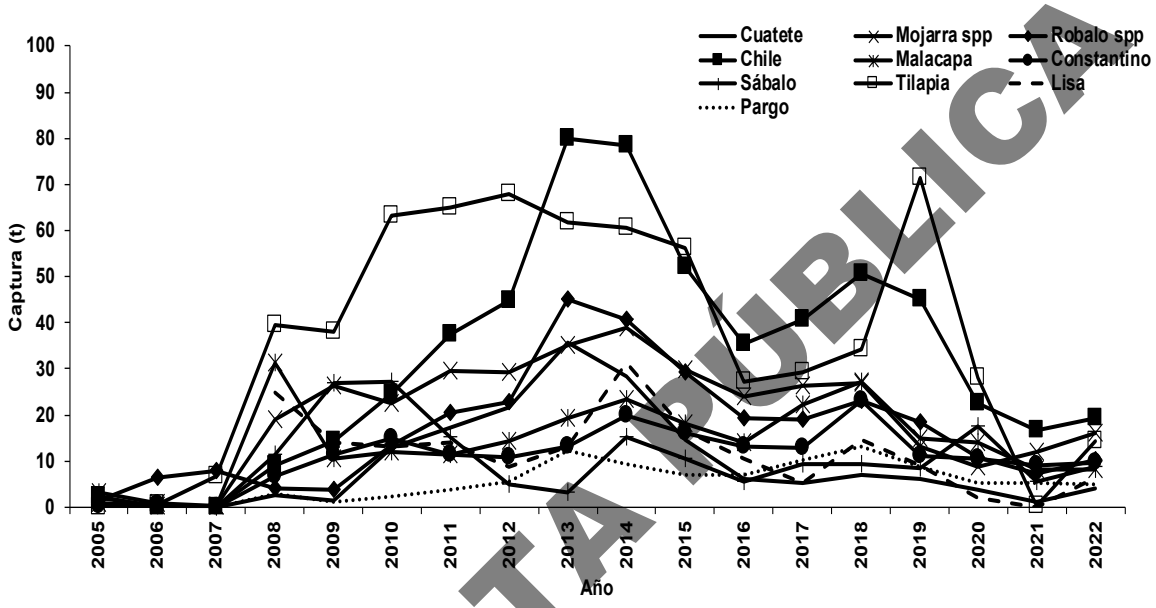


Figura IV. 535. Tendencia de las capturas oficiales de las 10 principales especies de escama estuarina en la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante el 2005 al 2022. (Imagen tomada de la ficha de CNP; escama estuarina de Laguna de Cuyutlán).

Considerando la importancia económica de los recursos de escama estuarina aprovechados comercialmente, el análisis del precio de venta y del valor económico de las principales especies en la Laguna de Cuyutlán durante el periodo 2005–2022 muestra variaciones relevantes entre especies. En cuanto al precio de venta, el robalo (*Centropomus* Spp.) registró el mayor valor promedio, con aproximadamente $56/kg, seguido del pargo (*Lutjanus* Spp.) ($55/kg), el constantino (*Centropromus robalito*) ($28/kg) y la mojarra (*Gerres* Spp.) ($27/kg) (Figura IV. 536). En relación con el valor total de captura, el robalo (*Centropomus* Spp.) también destacó como la especie de mayor contribución económica, con $16,175,321.00, seguido de la tilapia (*Oreochromis* Spp.) con $12,385,342.00 y la mojarra (*Gerres* Spp.) con $9,028,201.00. En contraste, el sábalo (*Chanos chanos*) ($2,751,735.00) y la lisa (*Mugil setosus*) ($2,807,254.00) presentaron los menores aportes económicos. Este comportamiento evidencia que el valor económico de las especies no depende únicamente de su volumen de captura, sino también de su valor comercial en el mercado (Figura IV. 536).

CONSULTA PÚBLICA

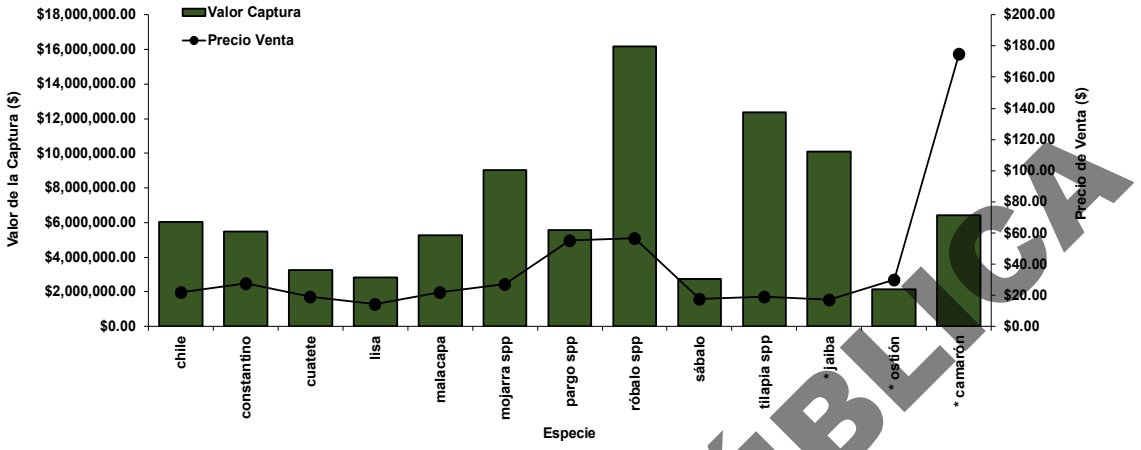


Figura IV. 536. Tendencias del precio venta y valor económico de las principales especies de escama estuarina en la Laguna de Cuyutlán, Colima, durante el 2005 al 2022. (Imagen tomada de la ficha de Carta Nacional Pesquera; escama estuarina de Laguna de Cuyutlán).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17 Mamíferos y quelonios

IV.3.17.1 Generalidades

Los mamíferos y quelonios marinos son organismos protegidos por normas y leyes internacionales y nacionales (p. ej. la lista roja de especies amenazadas de la IUCN y la NOM-059-SEMARNAT), que habitan tanto en regiones costeras como oceánicas usándolas para las actividades biológicas de reproducción y alimentación (Ballance, 2000). Hay tres órdenes que pertenecen a los mamíferos marinos: cetáceos, pinnípedos y sirénidos; el primero se considera el más diverso debido a que es conformado por 39 géneros y 83 especies. En nuestro país se han registrado 40 especies, principalmente en la costa occidental de Baja California, después en el Golfo de California, Golfo de México-Mar Caribe y finalmente en el Pacífico sur mexicano (Torres et al., 1995). Mientras que, de las siete especies de quelonios marinos existentes en el mundo, en México anidan seis de ellas (Márquez, 1990).

Los mamíferos marinos son un recurso marino de importancia ecológica, al ser considerados como depredadores topes de los ecosistemas, alimentándose desde pequeños organismos zooplanctónicos y bentónicos (ballenas filtradoras), hasta incluso otros mamíferos marinos (Ballance, 2000); por lo que estos organismos afectan las historias de vida de sus presas y de organismos de otros niveles tróficos que interactúan con dichas presas. En adición, algunas especies de mamíferos marinos en la actualidad son objeto de la actividad turística “de avistamiento en vida libre”, que representa una fuente económica importante (en México principalmente en regiones de Bahía Banderas y Baja California Sur), incluso superior a la obtenida de las actividades de cacería en décadas pasadas (Payne, 2001), que sobre-explotaron a las poblaciones a nivel mundial hasta reducirlas severamente (Yochem y Leatherwood, 1985).

Por su parte los quelonios marinos también son de gran importancia en los sistemas costeros, debido al papel que juegan como depredadores dentro de la cadena trófica. Además, los huevos de los quelonios son una fuente potencial de alimento para depredadores marinos y costeros. Asimismo, ayudan al mantenimiento de la

vegetación de dunas (Bouchard y Bjorndal, 2000). Mientras que los neonatos son presas potenciales de aves y peces costeros (Márquez, 1990). Por su parte, los adultos al ramonear durante su alimentación aceleran el proceso de descomposición de pastos y producen mayor cantidad de nutrientes. También se ha propuesto que controlan la reproducción de medusas (Pritchard, 2004). Y finalmente han sido un potencial turístico, con el buceo en algunas zonas costeras y anteriormente con la liberación de los neonatos en campamentos tortugueros.

En México y especialmente en el Pacífico Central Mexicano (PCM; Jalisco, Colima y Michoacán) son escasos los trabajos de investigación; solamente se tenía conocimiento de que los cetáceos son el grupo de mamíferos marinos que predomina (Rice, 1998), aspectos básicos como la riqueza y distribución de cetáceos se habían obtenido principalmente de cruceros oceánicos realizados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) durante los años 80´s y 90´s, cuya finalidad era evaluar la interacción y el impacto de la pesquería del atún con los delfines (Perrin et al., 1983); siendo sus principales resultados el registro de 10 especies de pequeños cetáceos (Perrin et al., 1983; Mangels y Gerrodette, 1994; Kinzey et al., 1999; 2000) y nueve de grandes cetáceos (Mangels y Gerrodette, 1994; Kinzey et al., 1999; 2000; 2001).

Se tiene conocimiento de que zonas adyacentes al PCM son de gran importancia ecológica para algunas especies de cetáceos; por ejemplo, el Golfo de California es una zona de alimentación, crianza y posible reproducción para la ballena azul (*Balaenoptera musculus*; Gendron, 2002), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*, Rice, 1974) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*; Jaquet et al., 2003). Mientras que el Domo de Costa Rica también es una zona de alimentación y crianza para la ballena azul (*B. musculus*; Wade and Friedrichsen, 1979; Reilly y Thayer, 1990) y solo de crianza para la ballena jorobada (*M. novaeangliae*; Rasmussen et al., 2004; 2007).

Dado que el PCM se ubica entre estas dos importantes regiones ecológicas de los cetáceos, existe la hipótesis de que la región es solamente una zona de tránsito para estos organismos; sin embargo, un programa de monitoreo formal era necesario para contestar tal hipótesis. Parte de las aportaciones de un programa a largo plazo que ha desarrollado la Universidad de Colima, desde el 2010, ha sido la generación de información que enriquece el conocimiento ecológico de estas especies.

Por su parte, la información biológica-ecológica sobre los quelonios marinos en el país es limitada. Se tiene conocimiento de 6 especies que anidan en costas de nuestro país, siendo en costas de Colima, la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) la más abundante, representando más del 90% de los registros de anidación desde que se implantaron las estrategias de conservación para estas especies en 1987 (Aguilar-Olguín et al., 2016). Para proteger estas poblaciones, el Centro Ecológico de Cuyutlán "El Tortugario" realiza esfuerzos de conservación y manejo bajo el marco de la veda total permanente y la normativa mexicana vigente. Sin embargo, no se tienen bien establecidos los patrones de distribución, su abundancia actual, los patrones de migración, la existencia de zonas de alimentación, reproducción, el uso del hábitat y la interacción con el mismo (Bjorndal, 2000). Lo anterior se debe a que todas las investigaciones con quelonios se han basado en hembras presentes en playas de anidación o de organismos muertos en artes de pesca (Vera y Rosales 2012), mientras que los estudios en el mar sobre todos los componentes de las poblaciones de quelonios son prácticamente nulos (Bjorndal, 2000). Por lo cual, generar información sobre su ecología es de gran importancia considerando las distintas actividades antrópicas de la región.

Una de las principales actividades antrópicas que afecta a los mamíferos y quelonios marinos es el tránsito marítimo; el cual es definido como las operaciones de transporte de mercancías que se realizan por vía marítima, y que ha incrementado en un 300% durante el periodo 1992-2003 en todas las cuencas oceánicas del mundo; y dicha tendencia de incremento se ha mantenido en años recientes (Barlow y Gentry, 2004;

CONSULTA PÚBLICA

McDonald et al., 2006). Asimismo, la velocidad y el tamaño de los grandes buques comerciales transbordadores de pasajeros han aumentado, y se usan con más frecuencia en las zonas costeras (Minton et al., 2021) (Figura IV. 537).

Las rutas marítimas más transitadas del mundo coinciden con importantes hábitats de cetáceos, los cuales a menudo son incapaces de evitar el paso de los buques y por ende quedan vulnerables a este impacto ((Figura IV. 537). Las colisiones de los buques son una de las principales causas de mortalidad sobre las poblaciones de cetáceos de todo el mundo, incluidas muchas que ya están amenazadas o en peligro tras décadas de caza comercial (Minton et al., 2021).



Figura IV. 537. Trayecto de las principales rutas de los buques comerciales de gran calado a nivel mundial. Tomado de Minton et al. (2021).

CONSULTA PÚBLICA

Las colisiones siempre tendrán un efecto negativo para el organismo: puede ser una colisión fatal o puede ocasionar heridas que tendrán secuelas en la anatomía del individuo (Geraci y Lounsbury, 2000; Laist et al., 2001). Las colisiones con embarcaciones representan una fuente importante de lesión y mortalidad para los quelonios marinos, particularmente en zonas costeras donde el tránsito marítimo se superpone con áreas de alimentación, desplazamiento y permanencia de estos organismos (Denkinger et al., 2013; Welsh y Witherington, 2023). La mayoría de los registros documentados se asocian con embarcaciones menores vinculadas al transporte local, actividades turísticas y pesca, las cuales, debido a su frecuencia de operación en áreas someras, incrementan la probabilidad de interacción directa; no obstante, la elevada densidad de tráfico marítimo en corredores de navegación y áreas portuarias también señala un riesgo potencial asociado a embarcaciones comerciales de mayor escala (Denkinger et al., 2013; Foley et al., 2019; Welsh y Witherington, 2023). Las afectaciones incluyen fracturas de caparazón, laceraciones profundas ocasionadas por hélices y traumatismos severos que comprometen la supervivencia de los individuos (Denkinger et al., 2013). Esta problemática podría intensificarse bajo escenarios de cambio climático, ya que el desplazamiento proyectado de los puntos críticos de biodiversidad hacia nuevas latitudes y el incremento esperado de la actividad naviera

global aumentarían la superposición espacial entre los quelonios y rutas de navegación, elevando el riesgo de colisión (Duquesne y Fournier, 2025).

En el caso de los mamíferos, particularmente los cetáceos, los incidentes de interacción más frecuentes se han producido tanto con buques más grandes como con los más rápidos, en los que los cetáceos pueden quedar atrapada contra la proa o montada sobre la proa bulbosa, llegando al puerto con el cadáver a bordo (Laist et al., 2001; Jensen et al., 2004; Silber et al., 2010; Ransome et al., 2021); así como en aguas costeras donde los cetáceos se concentran para alimentarse o reproducirse, con el riesgo de colisión con embarcaciones de tamaño pequeño y mediano que se encuentran en altas densidades cerca de regiones costeras urbanizadas (Schoeman et al., 2020). Las lesiones observadas en las ballenas como consecuencia de colisiones con buques incluyen fracturas, hemorragias y cortes graves por hélices (Knowlton y Kraus, 2001; Campbell-Malone et al., 2008; Moore et al., 2013). Estas interacciones se han identificado como una causa importante de muerte en una amplia gama de cetáceos flotantes y varados mediante necropsia (Laist et al., 2001; Panigada et al., 2006). Sin embargo, en ocasiones, algunas colisiones no dejan evidencia externa del impacto y, en el caso de algunos cadáveres recuperados, no se pudo determinar la causa de la muerte debido, por ejemplo, a una descomposición avanzada (Glass et al., 2009). Actualmente, en el Pacífico Tropical Oriental (PTO), el número de colisiones con buques ha aumentado un 264 %, y México se sitúa dentro de esta zona como el país con el mayor número de interacciones entre cetáceos y buques, desde casos de colisión debidos a actividades turísticas (n = 6) hasta aquellos relacionados con buques de alta mar (n = 12) (Ransome et al., 2021).

Por su parte, mundialmente la flota comercial es la principal generadora de los niveles de ruido subacuático de fondo en los últimos cincuenta años (Barlow y Gentry, 2004; McDonald et al., 2006). La definición de “ruido submarino” es el espectro de sonidos generados por una fuente antropogénica a una potencia considerable, por lo que es un disturbio para los seres vivos acuáticos. El ruido ha incrementado en el ambiente submarino debido a las actividades humanas, que día con día son más frecuentes (Hatch y Wright, 2007).

De toda la variedad de embarcaciones comerciales, los grandes buques porta-contenedores de nueva generación y que producen ruido de baja frecuencia (5-200 Hz) son los más comunes (Payne y Webb, 1971; Barlow y Gentry, 2004; Parks y Clark, 2007). Este tipo de ruido puede percibirse a grandes distancias, dado que el sonido viaja más rápido a través del agua de mar, y su potencia se puede propagar de manera considerable (>150 dB); por lo que es un disturbio para la fauna marina (Weilgart, 2007a).

También, la generación de sonidos también es un tema importante para una amplia gama de especies marinas, desde moluscos, peces, hasta mamíferos acuáticos como una herramienta para la comunicación, navegación, localización de presas y evasión de depredadores. En particular, las ballenas tienen un oído muy adaptado y son particularmente dependientes del sonido para sobrevivir. Los cetáceos dentados incluyen todas las especies de delfines y marsopas, así como cachalotes, calderones y orcas. Estos cetáceos utilizan ecolocalización emiten chasquidos o pulsos de sonido que son reflejados cuando entran en contacto con presas u otros objetos bajo el agua, lo que les permite procesar el sonido reflejado y formar una imagen tridimensional. Esta capacidad sensorial es esencial para la supervivencia en entornos marinos que suelen ser demasiado oscuros y/o turbios, donde no es posible utilizar señales visuales para encontrar comida o evitar el peligro (Minton et al., 2021).

Los cetáceos dependen del sonido subacuático para comunicarse, pueden hacerlo a distancias cortas; por ejemplo, cuando los delfines se alimentan o socializan en grupos estrechamente formados; o a largas distancias, como cuando las ballenas barbadas utilizan sonidos de baja frecuencia para comunicarse. Las vocalizaciones de los cetáceos también pueden desempeñar un papel importante en las interacciones sociales y la reproducción; por ejemplo, los machos de ballena jorobada producen largos y complejos sonidos durante

CONSULTA PÚBLICA

la época de apareamiento, que se cree que desempeñan un papel importante, ya sea para atraer a las parejas o en el establecimiento de jerarquías sociales (Minton et al., 2021).

Debido a que el ruido de los barcos alcanza su pico en el mismo rango de frecuencias bajas que utilizan las ballenas barbadas para comunicarse a larga distancia, inicialmente se creía que éstas serían las más sensibles y potencialmente afectadas. Sin embargo, los barcos también emiten energía en frecuencias más altas que también afecta en el rango de audición de ballenas dentadas, delfines y marsopas (Minton et al., 2021).

Múltiples estudios también han documentado cambios de comportamiento en varias especies de cetáceos en respuesta al ruido de los buques. En una revisión de 2019 sobre 154 estudios relacionados con los impactos del ruido del transporte marítimo en mamíferos marinos, Erbe y colaboradores señalaron que se han estudiado los impactos (potenciales) en 47 especies diferentes, siendo los delfines mulares, ballenas jorobadas y belugas los más afectados. Estos estudios muestran que las respuestas de los cetáceos al ruido de los buques pueden variar según la especie y su comportamiento, ubicación y categorías de buques.

Ejemplos de respuestas bien documentadas en diferentes especies y regiones incluyen:

i) Las ballenas jorobadas respondieron al ruido de los barcos con cambios en sus vocalizaciones (aumentando el volumen o cesando su canto), dejar de alimentarse o cambios en la inmersión, comportamiento en superficie, velocidad de respiración.

ii) Las ballenas francas del Atlántico Norte, en peligro de extinción, parecían no mostrar respuestas al actual o simulado ruido marino, pero hoy en día se sabe que están más en riesgo a que sean colisionadas por barcos.

iii) Las poblaciones de orcas residentes del sur y del norte de la costa oeste de Canadá y Estados Unidos han sido objeto de múltiples estudios que documentan una disminución de la búsqueda de alimento en superficie y cambios en la velocidad de respiración y natación en relación con el tráfico de embarcaciones de la zona.

iv) Los delfines mulares han sido objeto de docenas de estudios en todo el mundo, aunque la mayoría de ellos se han centrado en los impactos del ruido submarino generado por embarcaciones más pequeñas, como las embarcaciones de observación de ballenas (Parsons, 2012). En casos extremos, se sabe que los delfines abandonan un área que era muy utilizada por los buques de observación de ballenas y otras embarcaciones.

En resumen, la gran cantidad de estudios realizados hasta la fecha demuestran inequívocamente que el ruido submarino generado por el transporte marítimo tiene el potencial de causar cambios de comportamiento a corto plazo en los cetáceos, que a su vez es probable que tengan impactos a largo plazo en su bienestar y supervivencia a nivel individual y poblacional. Como resumen, Erbe et al. (2019) sugieren que para conocer el detalle de cuán graves pueden ser estos impactos, requiere una comprensión de:

a) Las especies que pueden verse impactadas;

b) Su respuesta auditiva y de comportamiento a diferentes frecuencias de ruido submarino;

c) Cómo utilizan el hábitat donde se genera el ruido de navegación (por ejemplo, el impacto será potencialmente más significativo si interrumpe la alimentación, el descanso, la lactancia o las interacciones sociales importantes);

d) Los tipos de buques que están presentes y las características del ruido que producen;

e) Otras características físicas u oceanográficas que puedan afectar a la forma en que el ruido del buque se propaga y se recibe bajo el agua (Figura IV. 538).

CONSULTA PÚBLICA

Por su parte, los quelonios marinos se les considera de los reptiles vivos con menor actividad vocal; dado que solo se ha registrado emisión de sonidos durante los eventos de anidación (Cook y Forrest, 2005), y un par de eventos de emisión de sonidos de posible estrés ante la presencia de un buzo (Cordero-Tapia y Romero-Vivas, 2017) y ante la emisión de un sonido artificial en estanques de laboratorio (Romero-Vivas y Cordero-Tapia, 2008). No obstante, investigaciones recientes en laboratorio con quelonios de agua dulce sugieren que el ruido marino ambiental les puede causar sordera por un periodo de tiempo de varios minutos, que pudiera afectar la comunicación y la evitación de depredadores (Salas et al. 2023).

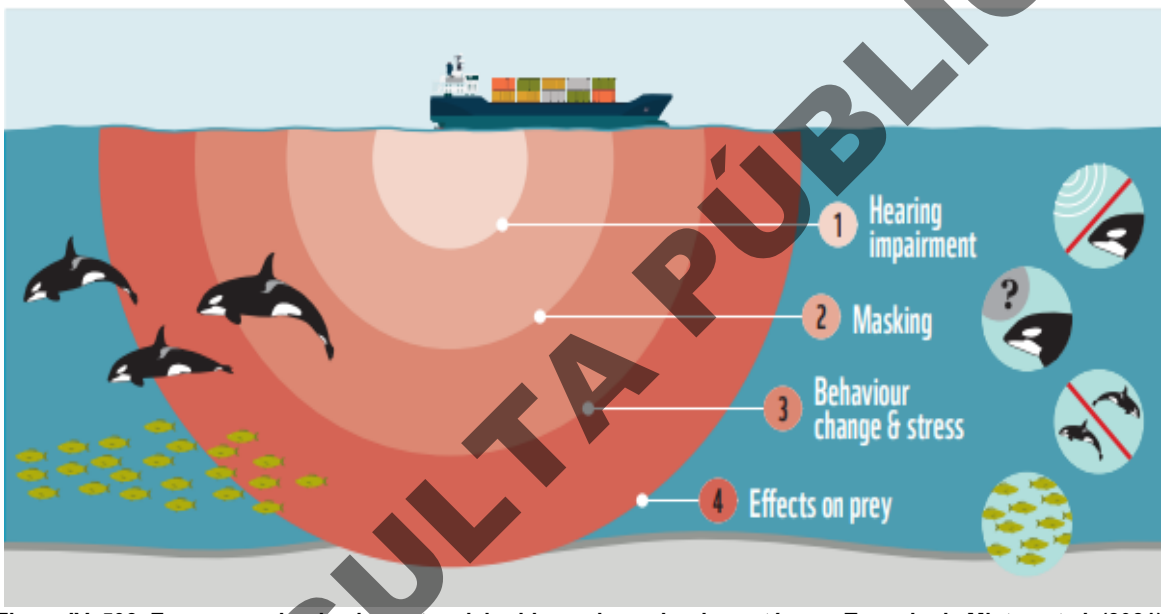


Figura IV. 538. Esquema sobre los impactos del ruido marino sobre los cetáceos. Tomado de Minton et al. (2021).

La temática del transporte marítimo toma mayor relevancia dado que se está expandiendo a rincones del planeta que antes eran inaccesibles o poco frecuentados. Por ejemplo, la expansión de las actividades marítimas en el Ártico a medida se retira la capa de hielo, introduce la amenaza de colisiones y ruido submarino en todas las áreas de distribución de los cetáceos.

El puerto de Manzanillo, situado en el Pacífico Central Mexicano (PCM) dentro del PTO, es el puerto más importante del país en cuanto al tráfico de contenedores y, en 2018, fue considerado el tercer puerto más importante de América Latina (Administración Portuaria Integral [API], 2019; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2019). Además, linda con la terminal de gas licuado KMS, situada a 8 km al sureste, que desde junio de 2012 recibe cargamentos en buques de gran tamaño. Por otra parte, el puerto de Manzanillo recibe cruceros turísticos durante todo el año. Por lo tanto, esto convierte al MCP en una zona con un elevado tráfico marítimo. Pero lo más importante es que se han registrado 14 especies de cetáceos en esta zona: tres especies de rorcuales y 11 de odontocetos (Ortega-Ortiz et al., 2013). Por lo tanto, el elevado tráfico marítimo y la alta densidad de cetáceos hacen del MCP una zona propicia para las interacciones entre cetáceos-quelonios y buques; por lo que es de suma relevancia monitorear los impactos del transporte marítimo en la mayor parte de las regiones donde ocurren desarrollos costeros, como es la TGNLM y el futuro puerto comercial

CONSULTA PÚBLICA

de Nuevo Cuyutlán en Colima, México; para diagnosticarlos y potencialmente mitigar sus efectos sobre los organismos marinos.

IV.3.17.2 Objetivo general

Realizar un diagnóstico de los atributos ecológicos de los mamíferos y quelonios marinos, y su interacción con el tránsito marítimo de la región costera de Colima, como línea base ante la ampliación del puerto comercial de Manzanillo hacia la laguna de Cuyutlán.

IV.3.17.3 Objetivos particulares

Durante tres periodos que abarcaron de agosto de 2022 a febrero 2026:

1) Determinar la riqueza de especies de mamíferos marinos
2) Describir la distribución y densidad de los mamíferos marinos
3) Caracterizar la estructura de los grupos de los mamíferos marinos
4) Evaluar las actividades de comportamiento de los mamíferos marinos
5) Estimar permanencia y retorno de los individuos foto-identificados de mamíferos marinos
6) Determinar la riqueza de especies de quelonios marinos
7) Describir la distribución y densidad de los quelonios marinos
8) Evaluar las actividades reproductivas (cópulas y anidaciones) de quelonios marinos
9) Determinar la distribución de los tipos de embarcaciones
10) Caracterizar el ruido producido por las embarcaciones
11) Determinar las interacciones entre el ruido de embarcaciones y la actividad acústica de mamíferos marinos
12) Determinar los tipos de afectación y mortalidad de mamíferos y quelonios marinos debido a la interacción con embarcaciones
13) Proponer un plan de conservación que permita implementar medidas de mitigación del tránsito marítimo para los mamíferos y quelonios marinos.

IV.3.17.4 Metodología

IV.3.17.4.1 Área de estudio

El Pacífico Central Mexicano es una zona de confluencia de dos sistemas que gobiernan la circulación oceánica: la influencia de la Corriente de California (CC) que se extiende desde los 32°N hasta los 15°N durante su periodo más intenso (invierno-primavera) con una dirección hacia el Sur, y la influencia de agua tropical que llega a formar la Corriente Costera Mexicana (CCM) que se extiende desde los 5° a los 23°N, con una dirección hacia el Norte, siendo más intensa en otoño, estando presente únicamente en la zona norte del PCM. Ambas hacen que esta región sea considerada como una zona de transición donde se generan distintas estructuras dinámicas, que se originan por las variaciones en la estructura termohalina de la columna de agua debidas a la interacción de distintas masas de agua, como el Agua Tropical Superficial (ATS) del Pacífico, el Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) y el agua de la Corriente de California (ACC) (Wyrtky, 1967; Salas et al., 2006). En esta región se localiza la costa de Colima, predominada por playas abiertas, con apenas un par de bahías que brindan condiciones ecológicas óptimas para diversas especies de fauna marina. Al sur de estas bahías se localiza una de estas playas abiertas, la de Cuyutlán, donde se despliega un canal artificial,

CONSULTA PÚBLICA

denominado “Tepalcates”, el cual representa la entrada a la laguna de Cuyutlán donde se ubicará el puerto comercial de Nuevo Cuyutlán.

Previamente en la sección 1 se brindaron los criterios de delimitación del SAR, pero para este programa de monitoreo se consideró una zona de estudio con un área más amplia, desde las bahías de Tenacatita en Jalisco, hasta el sur de Cuyutlán en Colima, y hasta unos 45 km mar adentro. Esto fue porque desde el año 2022 se ha llevado a cabo un monitoreo por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima en la zona costera-oceánica del Pacífico Central Mexicano, del cual se tomará la información disponible para hacer un diagnóstico confiable sobre la ecología de estas especies. De esta forma, se demostrará si los potenciales impactos para estos organismos por el proyecto del nuevo puerto comercial ocurrirían dentro de dicha delimitación del SAR o bien, si pudieran ocurrir en zonas más alejadas de la costa, debido a que tanto los mamíferos como los quelonios marinos son especies con una amplia distribución, con hábitos pelágicos y migratorios. Para ello, se definieron 6 cuadrantes, de 20 x 25 km, que aproximadamente cubrieron la zona costera (cuadrantes 1-3) y una zona con un ambiente más oceánico al estar más allá de la plataforma continental (cuadrantes 4-6) (Figura IV. 544).

IV.3.17.4.2 Trabajo de campo

De acuerdo con la disponibilidad de datos colectados en campo, se definieron 3 periodos para el análisis de dicha información: periodo 1= de agosto del 2022 a julio del 2023, periodo 2= de noviembre del 2023 a diciembre del 2024 y periodo 3= de diciembre del 2025 a febrero del 2026.

Durante estos tres periodos se realizaron navegaciones en una embarcación de 26 pies de eslora, con motor fuera de borda (75 hp), llamada FACIMAR II, propiedad de la Universidad de Colima. Los recorridos con una frecuencia semanal se realizaron durante las horas luz (7 am-7 pm) a una velocidad entre 7 y 9 nudos (con lo que se evita pasar algún organismo en actividad de buceo) permitieron llevar a cabo el registro de los mamíferos y quelonios marinos, así como de las embarcaciones que transitaron en la región. El derrotero no fue sistemático; sin embargo, se procuró navegar en dirección hacia la costa de Jalisco, norte de Colima (abarcando de las bahías de Manzanillo a la playa cocos, y sur de Colima de las bahías de Manzanillo hasta Armería.

Durante las navegaciones, tres observadores colocados en la proa y costados de la embarcación, colectaron información de los cetáceos y quelonios presentes en la zona; para ello, 1) se registró la localización con un geoposicionador (Garmin), 2) se identificaron las especies usando la guía de Carwardine (2000) y Márquez (1990), esperando unas 16 especies de mamíferos (Ortega-Ortiz et al., 2013) y al menos 4 especies de quelonios (Aguilar-Olguín et al., 2016) para la región; también, 3) se estimó el número de individuos si conformaban una agrupación (esperándose agrupaciones pequeñas asociadas a la reproducción en misticetos y en quelonios marinos, y agrupaciones grandes en odontocetos, asociadas a varios factores ecológicos como: la protección, socialización, alimentación y reproducción) y 4) las categorías de edad (cría, juvenil o adulto) de los individuos y 5) se describieron las actividades que realizaron en un lapso de 15 a 30 min mediante un etograma conformado por 10 actividades que han mostrado los cetáceos en la región, p. ej. navegando, en cortejo, descansando, forrajeando, entre otros (Tabla 1, Ortega-Ortiz et al. 2022), con motor apagado para no generar un disturbio.

A los quelonios se les observó el tamaño de la cola en proporción al tamaño de su aletas traseras y tamaño del caparazón como indicador de dimorfismo sexual, presentando los machos una cola más larga que sus aletas y las hembras una cola similar al tamaño de sus aletas (Martínez-Vargas et al., 2022; Martín-Del Campo et al., 2024); esto se logró en aquellos organismos que permanecieron sobre la superficie del agua y que al

CONSULTA PÚBLICA

aproximarse la embarcación uno de los observadores desde la proa de la embarcación (Figura IV. 539) hizo la determinación del sexo.

Para los cetáceos, con una cámara digital (Canon EOS 60D) equipada con un fotolente 100-300 mm (Sigma), se fotografió la sección dorsal de la mayoría de los individuos que conformen el grupo, o de la cola de cada uno los mismos, desde un plano perpendicular con el fin de emplear la técnica de foto-identificación (Katona et al. 1979; Baird et al. 2008), con la cual se buscaron marcas o cicatrices particulares, el análisis de la forma, y patrón de coloración de la aleta dorsal y/o caudal, únicas para cada individuo (Figura IV. 539).

Adicionalmente, se tomaron otras imágenes en secuencia de la mayor parte del cuerpo que emergiera del agua, con el fin de evidenciar algún daño corporal como consecuencia de alguna interacción con el tránsito marítimo.



CONSULTA PÚBLICA

Figura IV. 539. Ejemplo de toma de fotografías a cetáceos en la costa de Colima durante los periodos de monitoreo.

Simultáneamente al registro de los organismos, se obtuvo información de las embarcaciones que navegaban en la región, tales como el nombre y tipo de embarcación con apoyo de la aplicación *Marine traffic.* Asimismo, se realizó el registro del sonido de los organismos o de las embarcaciones, mediante un *sistema acústico activo* que consistió en desplegar manualmente desde la embarcación un sensor (hidrófono SQ26-08® de la compañía Cetacean Reseach Technology, Inc.; con rango de frecuencia de 0.02-50 kHz, sensibilidad de -194 dB y sensibilidad efectiva de -169 dB) conectado a una grabadora digital (Tascam DR-O5X) para obtener la

grabación de las señales acústicas generadas las embarcaciones circundantes o por los organismos. Es decir, este trabajo de campo no fue autónomo, el personal de campo manipulaba y de manera activa colectaba la información *in situ*. Finalmente, se obtuvo una fotografía de la embarcación, y se calculó la distancia a las embarcaciones con un medidor láser (Bushnell).

Como actividad adicional, en cada una de las navegaciones de trabajo se dirigió a las inmediaciones de la boya de recalado de la bahía de Manzanillo, donde se colocó un sistema de registro acústico pasivo. Este sitio fue considerado como "ruidoso", debido a la prevalencia alta del tránsito marítimo que arriba y parte del puerto comercial (Rosales-Chapula et al., 2022). Y posteriormente se navegó hacia la boya de recalado de entrada al canal de Tepalcates, donde se colocó un segundo sistema de acústica pasiva; sitio considerado como "sin ruido". Un ejercicio experimental con dos embarcaciones (una navegaba y la otra detenida desplegaba el hidrófono para registrar el ruido) nos permitió estimar el diámetro de registro acústico por parte de los sensores, el cual fue de aproximadamente 3 millas náuticas (Figura IV. 540).

El *sistema de acústica pasiva* se definió como el despliegue del equipo/sensores para que de manera autónoma realice el registro acústico de las ondas sonoras del ambiente circundante por un periodo de tiempo continuo. Estos sistemas se conformaron por: a) un componente de anclaje (peso muerto y granpin), b) un cabo equivalente a la profundidad del sitio, del que se amarró una boya de señalización en superficie y c) un recipiente con el sensor de acústica pasiva a una profundidad de 6-7 m (Figura IV. 541), dado que se ha determinado que en la zona la capa de mezcla siempre se extiende más de 7 m de profundidad (ver detalles del análisis físico en Rosales-Chapula et al., 2022), por lo que así se evita cualquier error por dispersión o refracción del sonido en los registros acústicos.

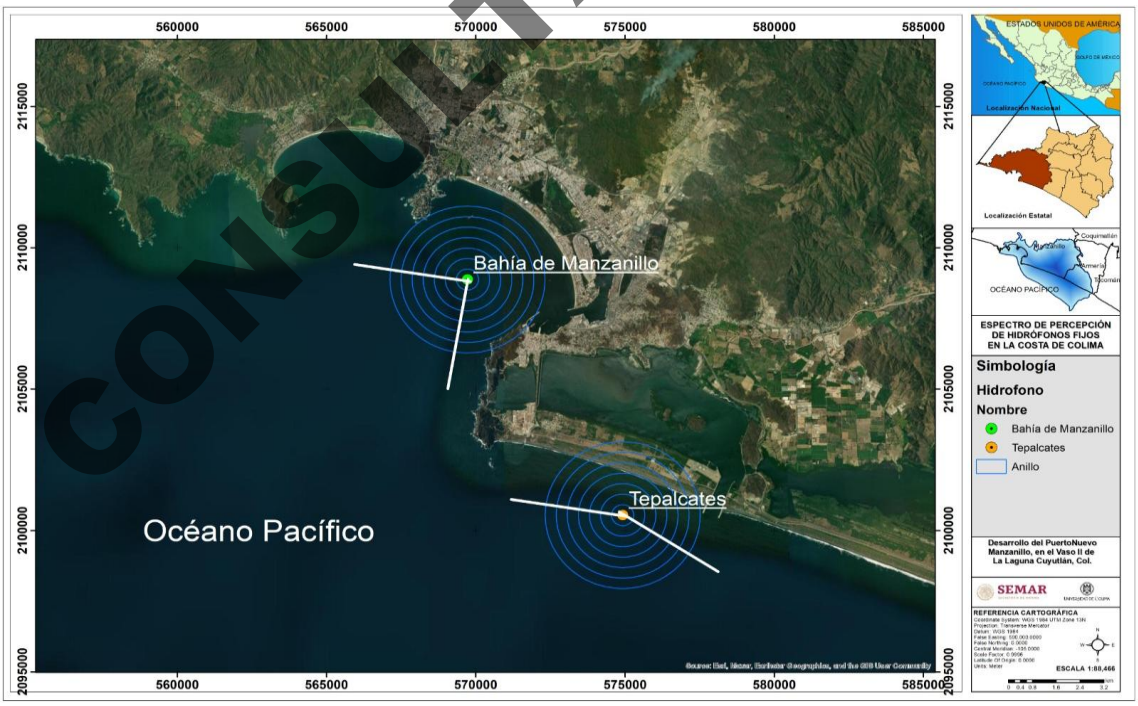


Figura IV. 540. Sitios de colocación de los sistemas de acústica pasiva, "Estación bahías de Manzanillo" y "Estación Tepalcates", y su rango de registro acústico (diámetro ~3 mn) durante el segundo semestre del 2024.

CONSULTA PÚBLICA

Los sensores de acústica omnidireccionales (hidrófono SQ26-08®) fueron acoplados a un recipiente plástico hermético, los cuales almacenaron una grabadora digital (Tascam DR-O5X, con respuesta de frecuencia de 20Hz a 40kHz) y un arreglo de baterías como fuente de energía para que se realicen grabaciones durante un ciclo de 24 hr de manera continua. Al día siguiente se recuperaron los hidrófonos para descargar la información y a las siguientes semanas se volvieron a colocar (dependiendo de las condiciones oceanográficas); de esta manera se contó con un periodo de grabación prolongado que fue considerado como una muestra representativa para evaluar el número y tiempo de las interacciones entre el ruido de embarcaciones y la actividad acústica de los organismos.

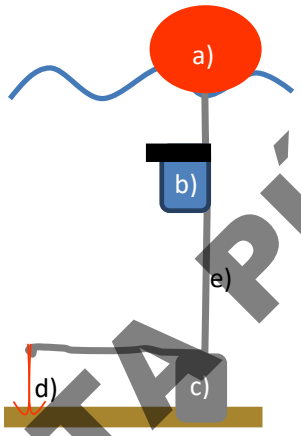


Figura IV. 541. Esquema del despliegue de los hidrófonos, mostrando a) la boya en la superficie del mar, b) el recipiente hermético con sensor acústico, grabadora digital y paquete de baterías, c) el peso muerto, d) el grampín colocado al fondo marino y e) el cabo que les une.

Finalmente, se hizo un monitoreo directo sobre la mortalidad de quelonios y varamientos de mamíferos marinos en todas las playas del estado de Colima, desde Boca de Apiza hasta playa El coco, durante los 3 periodos mencionados; con apoyo de la sociedad civil, prestadores de servicios, autoridades ambientales, etc. a quienes se les ha solicitado levantar algún reporte (911) cuando ocurra algún evento de este tipo, para que nuestro grupo de investigación lo pueda atender en conjunto con las autoridades ambientales (PROFEPA, SEMAR y SEMARNAT). La información recabada en cada evento de varamiento fue: fecha, sitio, observador, especie, categoría de edad, medidas morfométricas, identificación de rasgos por interacción humana, muestras biológicas y fotografías. Con la finalidad de tener una ficha técnica de registro de cada acontecimiento y así, asociarlo o descartarlo en relación con la actividad del tránsito marítimo de la región.

De manera paralela a este monitoreo, dos campamentos tortugueros de la región, “el tortugario de Manzanillo” y “el tortugario de Cuyutlán”, han realizado esfuerzo para la protección y manejo de nidos de tortugas basándose en estándares internacionales y en la NOM-162-SEMARNAT-2012 (García Garduño, 2021). El trabajo de campo se ha realizado en dos playas de la región, la playa de la bahía de Manzanillo, con una longitud de aproximadamente 6.6 km y la playa de Cuyutlán, con una longitud de 30 km, por lo que esta última se ha dividido en 10 zonas, siendo la 1 la más cercana al campamento Tortuguero de Cuyutlán y la 10 la más cercana al canal de Tepalcates, diferenciadas por su grado de perturbación y características geomorfológicas (Figura IV. 542).

CONSULTA PÚBLICA

EL mencionado esfuerzo de los campamentos han sido patrullajes nocturnos, que consistieron en recorridos diarios en la playa entre las 21:00 y las 05:00 horas utilizando vehículos cuatrimoto para localizar hembras reproductoras y rastros (Aguilar Olguín, 2008). Al localizar un nido, se verificó el éxito del desove y se registró la especie, al revisar la simetría de la huella o si la tortuga fue observada mientras depositaba los huevos (Mizobe, 2012). Todos los nidos se recolectaron manualmente y se trasladaron en bolsas de plástico limpias al vivero de incubación. Los huevos fueron sembrados en cavidades artificiales que simulan la profundidad natural que hace la especie en un espacio llamado vivero de incubación (Eckert et al. 2000). Ocasionalmente se registraron las tortugas muertas en las playas, con el fin de evaluar la potencial causa de muerte.

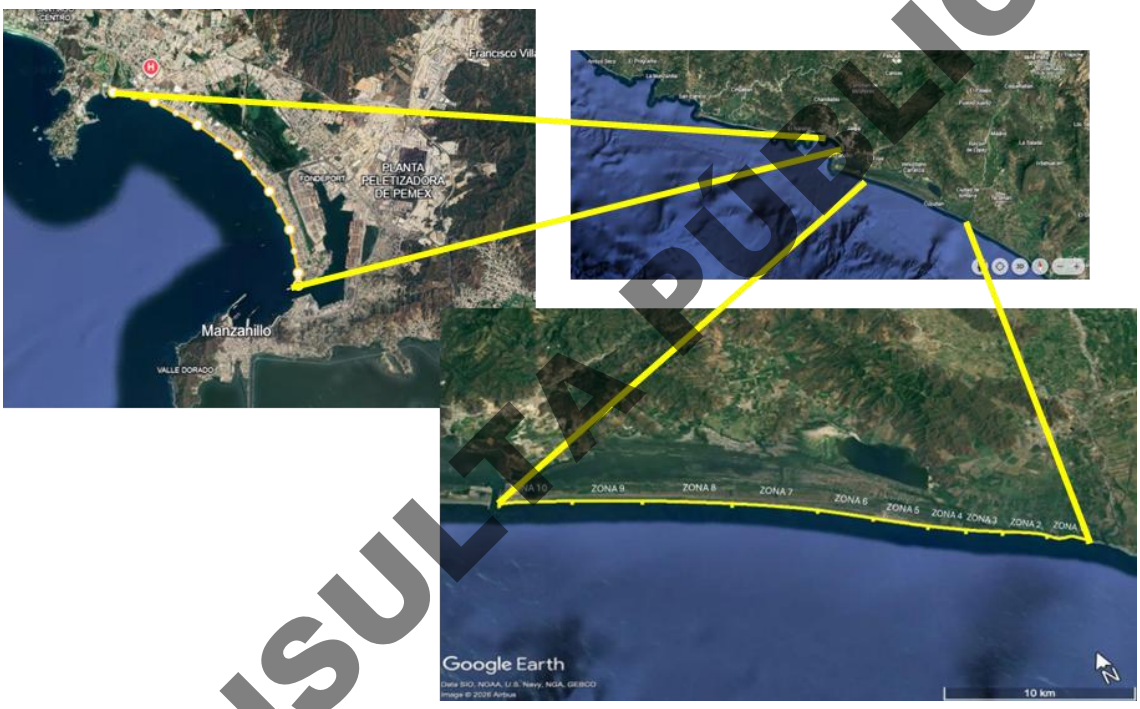


Figura IV. 542. Ubicación de la playa de bahía de Manzanillo (izquierda) y playa de Cuyutlán (derecha) donde se realizaron patrullajes nocturnos por dos campamentos tortugueros para el registro y colecta de nidos.

IV.3.17.4.3 Trabajo de gabinete

Para el análisis de la información ecológica de mamíferos y quelonios marinos recolectada durante los 3 periodos, el área de monitoreo se segmentó en 6 cuadrantes, 3 costeros (de 0 a 30 km) y 3 oceánicos (de 30 a 60 km), extendiéndose desde la bahía de Tenacatita en Jalisco, hasta Armería en Colima. Primeramente, se describió el esfuerzo de navegación realizado para la búsqueda y registro cetáceos, quelonios y embarcaciones en esta región, al estimar la cantidad de kilómetros navegados y plasmarla en un mapa de Sistema de Información Geográfica (ArcGIS).

Referente a los organismos, se hicieron mapas de distribución en Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) y se calculó la tasa de avistamiento por grupo taxonómico (ecuación 1), para ser analizada en espacio y tiempo.

CONSULTA PÚBLICA

$$T.A. = \frac{\#avistamientos}{esfuerzo\ (km)} \quad (1)$$

El registro de las actividades de comportamiento de los cetáceos avistados en el periodo se hizo mediante el uso de un etograma conformado por 10 actividades que han mostrado los cetáceos en la región (Tabla 1, Ortega-Ortiz et al. 2022). Mayor énfasis se puso a las ballenas jorobadas (durante el periodo de noviembre a marzo de cada año, cuando predominan en la región con fines reproductivos, Ortega-Ortiz et al., 2013), dado que es considerada como una de las especies "indicadoras". También se hicieron mapas de distribución de los quelonios observados en actividad reproductiva (cópula) en la zona de estudio durante los 3 periodos.

Con la foto-identificación de los cetáceos avistados se hizo el seguimiento de los mismos individuos en el tiempo, y de esta manera se evaluaron niveles de residencia o transitoriedad, al calcular el tiempo de permanencia y la distancia de los desplazamientos realizados durante la misma. Asimismo, se calculó la tasa de retorno, de acuerdo con la ecuación (2) de Acevedo et al. (2006):

$$Tasa\ de\ retorno = \frac{No.de\ ballena\ reavistadas}{No.de\ ballenas\ identificadas}\ X\ 100 \quad (2)$$

Al obtener niveles altos de permanencia y tasa de retorno (>80% Acevedo et al. 2006; también considerada como fidelidad al sitio), son un indicador de un impacto bajo por los efectos del tránsito marítimo; sin embargo, al identificar un nivel de permanencia y tasa de retorno muy baja o nula sugerirá que la zona está impactada y por ello los organismos se desplazan hacia otros sitios con condiciones óptimas para sus actividades ecológicas.

Referente a las embarcaciones, también se hicieron mapas de distribución en Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), para ser analizados en espacio y tiempo. Previo al análisis de las señales acústicas de las embarcaciones, se hizo una calibración de los sensores hidrófonos y de las grabadoras digitales mediante la respuesta en frecuencia con un análisis de registros de barridos, al estar conectada a un generador de señales HP 33120A, facilitado por la Facultad de Ingeniería Electromecánica (FIE) de la Universidad de Colima (Rosales-Chapula et al. 2022).

En cuanto a las grabaciones obtenidas de los sensores acústicos pasivos en el sitio "sin ruido" (Tepalcates) y el sitio "ruidoso" (bahías de Manzanillo), se contabilizaron las horas con y sin ruido submarino. Los archivos de los registros acústicos fueron analizados con el software Adobe Audition ver. 3.0.

Los datos y espectrogramas resultantes se analizaron de la siguiente manera:

1) Se identificó la frecuencia (Hz) de cada una de las señales acústicas encontradas en los espectrogramas. Posteriormente se identificó la frecuencia registrada en un número mayor de ocasiones, y de acuerdo con sus características se infirió la fuente (embarcación) que la produjo, con base en la descripción hecha por Rosales-Chapula et al. (2022) (Tabla IV. 177), donde se aprecia que las bajas frecuencias coinciden con embarcaciones de gran calado y altas frecuencias con embarcaciones menores. De esta manera se obtuvo el tipo de embarcación dominante (que más transita) en la región. 2) Se evaluó el nivel de presión sonora o la intensidad (dB) de las señales acústicas, para averiguar la fuente de ruido (embarcación, con base en las frecuencias) que pudiera generar un disturbio mayor. Debido a que la presión del sonido de las embarcaciones, obtenida con el software, es en nivel de voltaje, se utilizaron las ecuaciones 3 y 4 para convertirlo a nivel de presión sonora (NPS):

$$V_{dB} = 20 * \log\left(\frac{V_{ps}}{V_{ref}}\right) \quad (3)$$

CONSULTA PÚBLICA

$$NPS = 20 * \log\left(\frac{P_s}{P_{ref}}\right) \quad (4)$$

Donde: VdB es el nivel de voltaje (dB) obtenido del software, Vref es el voltaje de referencia (1V), Vps es el voltaje que recibe la grabadora, que es el dato buscado. A partir de éste, y utilizando las especificaciones de presión-voltaje de cada hidrófono (dB ref@1V/µPa) se convirtieron los voltajes a presión (µPa); teniendo la presión (Ps) y Pref, que es la presión de referencia (1µPa).

$$V_{dB} = 20 * \log\left(\frac{V_{ps}}{V_{ref}}\right) \quad (3)$$

$$NPS = 20 * \log\left(\frac{P_s}{P_{ref}}\right) \quad (4)$$

Donde: VdB es el nivel de voltaje (dB) obtenido del software, Vref es el voltaje de referencia (1V), Vps es el voltaje que recibe la grabadora, que es el dato buscado. A partir de éste, y utilizando las especificaciones de presión-voltaje de cada hidrófono (dB ref@1V/µPa) se convirtieron los voltajes a presión (µPa); teniendo la presión (Ps) y Pref, que es la presión de referencia (1µPa).

Tabla IV. 177. Clasificación de las embarcaciones avistadas en las bahías de Manzanillo de acuerdo con sus rangos de frecuencia.

Grupo	Tipo	Rango de frecuencia (Hz)
Grandes	Gasero	50-140
	Carguero	50-150
	Atunero	70-170
	Granelero	80-190
	Buque de la Marina	100-220
Menores	Catamarán	290-380
	Interceptora	360-450
	Lancha/Panga	350-500

Se estimó el promedio y rango de intensidad de las señales acústicas; agrupando la información mensual, temporal, y semestralmente, para buscar diferencias temporales y por horarios (bloques de 4 hr; Rosales-Chapula, et al. 2022) en las señales acústicas de las embarcaciones en ambos sitios de la región (Tepalcates vs. Manzanillo).

Por su parte, los registros acústicos puntuales de embarcaciones navegando fueron analizadas de manera similar. Con esto se corroboró el rango de frecuencias emitido por tipo de embarcación. Además, para aquellas embarcaciones fotografiadas se les obtuvo su ficha de identificación de la plataforma www.marinetraffic.com y se elaboró un catálogo que caracterizó al tipo de embarcación que se presenta con mayor frecuencia y su potencial impacto a la fauna regional.

CONSULTA PÚBLICA

Para esto, se evaluó la interacción del ruido de embarcaciones con los sonidos de los mamíferos marinos; determinando el número y tiempo de actividad sonora simultánea entre el ruido de embarcaciones y los parámetros de forma y estructura de los silbidos de los delfines (Ferrer-Aguilar, 2022) y enmascaramientos o interrupciones de unidades o frases (Llamas-González, 2019) de la canción de los machos de ballenas jorobadas (la especie predominante de la zona, Ortega-Ortiz et al., 2013).

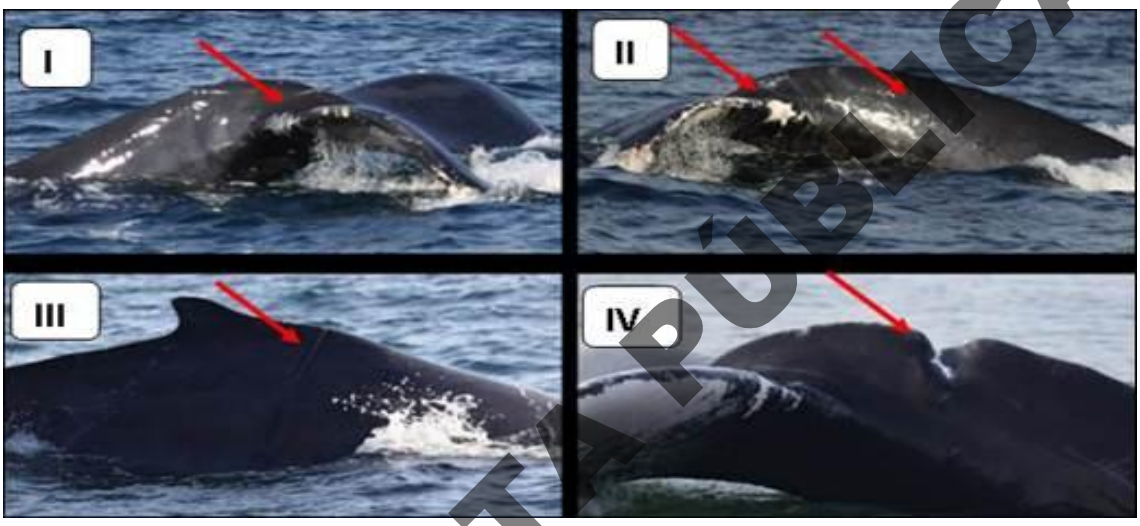


Figura IV. 543. Ejemplo de niveles de heridas/cicatrices en zonas corporales de las ballenas como consecuencia de interacción ante una actividad humana. Se marca con flechas rojas las heridas, desde superficiales (I) hasta profundas (IV).

Las imágenes de mamíferos marinos en las que se pueda observar las diferentes regiones del cuerpo emergiendo del agua, fueron evaluadas minuciosamente con el fin de identificar heridas, marcas o cicatrices potencialmente atribuibles a alguna interacción con una embarcación. Los niveles de daño pueden ser muy superficiales (I), o hasta laceraciones profundas (IV) (Figura IV. 572) que puedan terminar en una amputación. En el análisis se hizo mayor énfasis en aquellas heridas frescas, atribuyendo a que el acontecimiento de afectación potencialmente ocurrió en la región.

Los eventos de mortalidad y varamientos de quelonios y mamíferos marinos en playas fueron analizados en escala de tiempo y espacio. Se determinaron los índices básicos para averiguar qué especie es la que presenta una mortalidad mayor, en qué temporada, en qué sitio y potencialmente averiguar la causa de muerte sobre la evaluación corporal externa (Pugliares et al., 2007; Moore et al., 2013); haciendo énfasis en aquellos cetáceos afectados por algún tipo de embarcación, como los recientes eventos que se han reportado en la región (Lazcano-Pacheco et al., 2022).

Mientras que, por último, los registros de las anidaciones de tortugas realizadas por los campamentos tortugueros de la región, fueron hecho analizados estadísticamente (análisis de varianza paramétrico), al comparar posibles diferencias entre los periodos y las zonas para las diferentes especies registradas.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.5 Resultados

IV.3.17.5.1 Esfuerzo de navegación

Durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Colima, se hizo un esfuerzo de navegación de 10,158 km para la búsqueda de mamíferos y quelonios marinos, así como para el registro de embarcaciones que pudieran interactuar con las especies de interés (Figura IV. 544).

Durante el primer periodo de monitoreo, se recorrieron 4,780 km a lo largo de los 3 cuadrantes costeros, siendo en el cuadrante 2 el recorrido de 3,723 km, en el cuadrante 3 de 707 km y en el cuadrante 1 de 350 km. Durante el segundo periodo de monitoreo se recorrieron 4,501 km, siendo los cuadrantes más explorados el 2 con 2,902 km, el cuadrante 3 con 1,216 km, el 1 con 343 km, y el 5 y 6 con 40 km recorridos. En el tercer periodo, durante solo 3 meses se navegaron 877 km, siendo los más representativos el cuadrante 2 con 472 km recorridos y el cuadrante 3 con 378 km ((Figura IV. 544). Este esfuerzo no fue sistemático, dependió de varios factores como los climáticos, logísticos, operativos y económicos; dado que no se debe olvidar que proviene de varios proyectos que la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima ha implementado en el periodo que se está analizando. Sin embargo, se tiene la seguridad de que este esfuerzo puede ser considerado como una muestra representativa de la colecta de información de la región, y que es de los pocos lugares del país donde se tiene este tipo de monitoreo de manera continua.

CONSULTA PÚBLICA

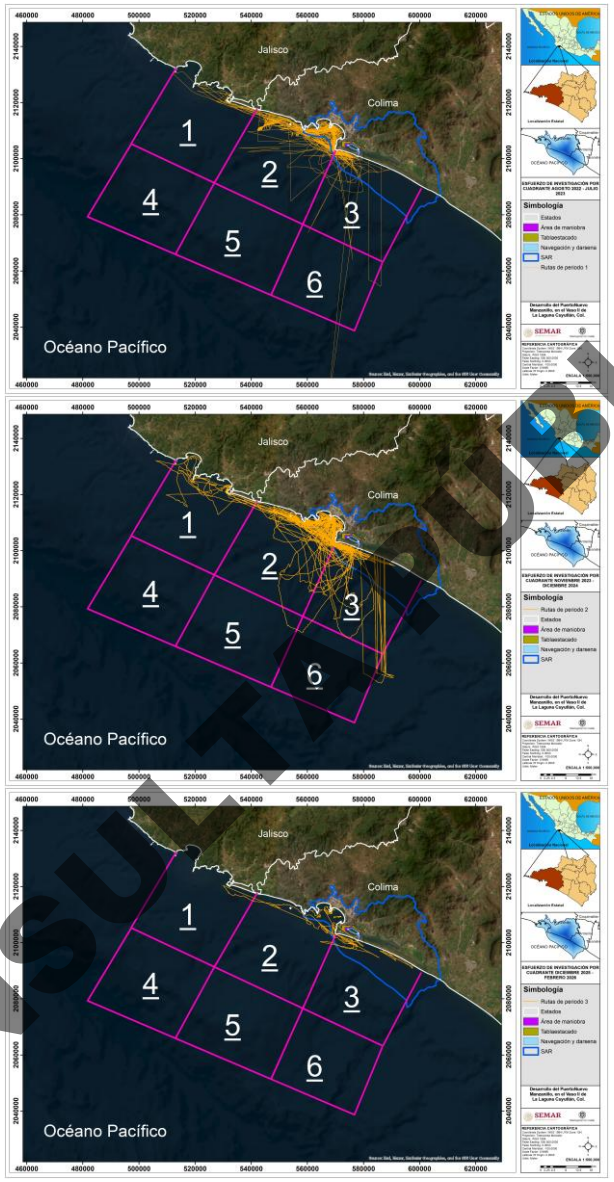


Figura IV. 544. Esfuerzo de navegación empleado en la costa de Colima para el registro de mamíferos y quelonios marinos, así como embarcaciones.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.6 Atributos ecológicos de mamíferos marinos

IV.3.17.6.1 Riqueza y distribución

Durante las navegaciones realizadas en el primer periodo de agosto del 2022 y julio de 2023, se reportó una riqueza de tres especies de mamíferos marinos (Figura IV. 545); correspondientes a una especie de misticeto:

A) la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), siendo la especie dominante; y dos especies de odontocetos: B) el delfín moteado (*Stenella attenuata*) y C) el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*).

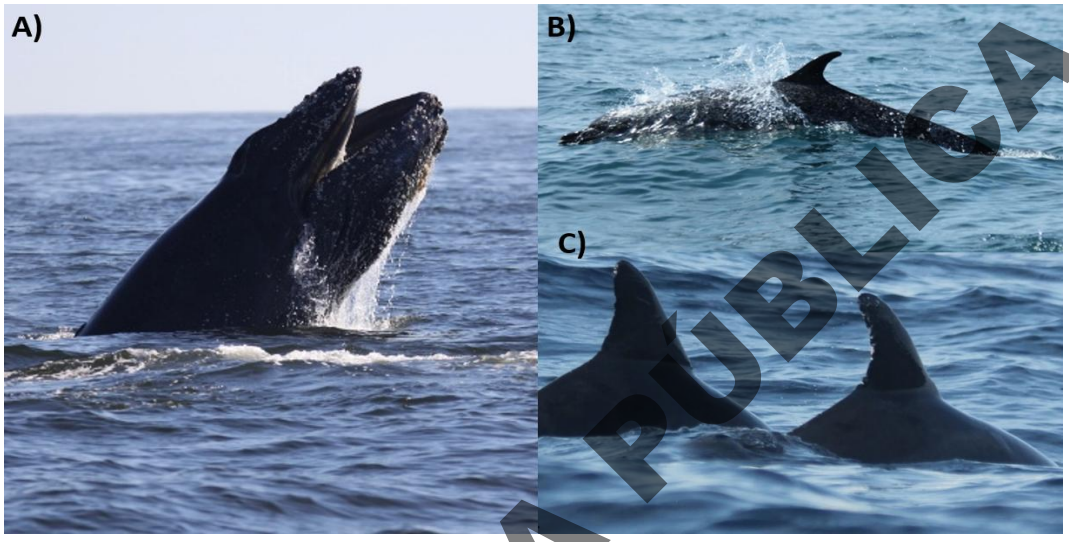


Figura IV. 545. Especies avistadas en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. A) ballena jorobada, B) delfín moteado y C) delfín de dientes rugosos.

Dentro de este periodo, se registraron 183 avistamientos, cuya localización geográfica ocurrió en los cuadrantes 1, 2 y 3 del área de estudio. Sin embargo, predominaron en el número 2; es decir, en zonas aledañas a las bahías de Manzanillo (140 avistamientos, TA=0.0376 (ind/km)), posteriormente 27 avistamientos fueron registrados en el cuadrante número 3 (TA=0.0381 (ind/km)) y finalmente, en el cuadrante 1 se registraron 16 avistamientos (TA=0.0457 (ind/km)) (Figura IV. 546 y Figura IV. 547).

CONSULTA PÚBLICA

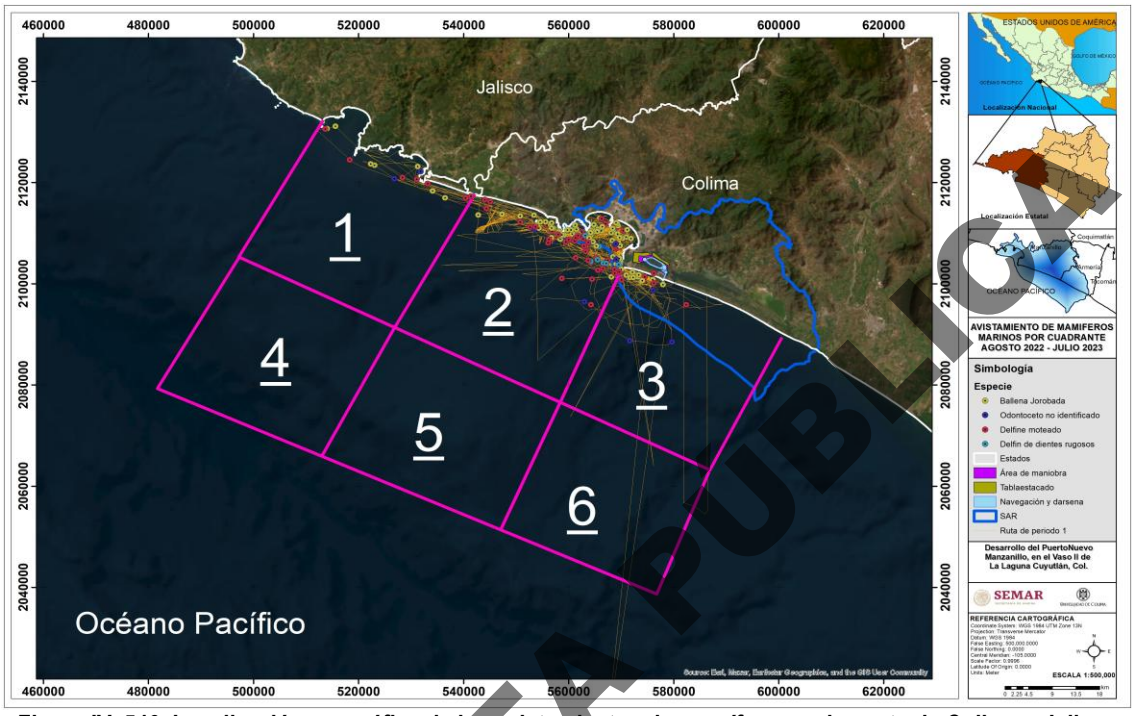


Figura IV. 546. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

De igual manera, en el cuadrante 2 y 3 obtuvieron una riqueza de 4 especies en cada uno, predominando la ballena jorobada; sin embargo, en el cuadrante 1 sólo se registraron 3 especies. Mientras que en los demás cuadrantes hubo una riqueza y abundancia relativa nula (Figura IV. 547).

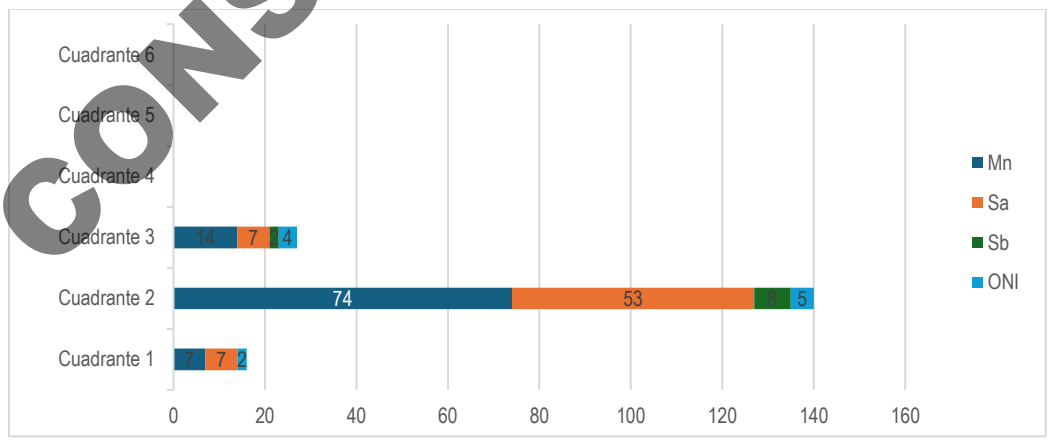


Figura IV. 547. Avistamientos de mamíferos marinos por especie en los cuadrantes de la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado.

CONSULTA PÚBLICA

Además, según la gráfica de avistamientos mensuales (Figura IV. 548), la ballena jorobada fue la especie más abundante de todo el periodo (TA=0.0199 (ind/km)), con 95 avistamientos, principalmente en el cuadrante 2 (con 74 avistamientos) y 3 (con 14). Su presencia comenzó a observarse desde octubre hasta abril; presentando en los meses de octubre y noviembre un número reducido de individuos, el cual aumentó en diciembre, y alcanzó su máximo en enero y febrero, cuando se registran la cantidad mayor de avistamientos con 38 y 39 avistamientos, respectivamente. Después de febrero, la frecuencia de registros disminuyó. Este patrón coincide con su temporada de migración reproductiva, cuando estas ballenas llegan a aguas tropicales para reproducirse y tener crías.

Por otro lado, dentro del grupo de los odontocetos, el delfín moteado es la especie que se encontró presente en todo el periodo (Figura IV. 548) al reportarse en 67 ocasiones (TA=0.0140 (ind/km)), principalmente en el cuadrante 2, lo que indica que es una especie residente o frecuente. Seguido por el delfín de dientes rugosos avistado en diez ocasiones en la mitad de los meses considerados (Figura IV. 548), siendo equivalente a una tasa de avistamiento de 0.0021 (ind/km), principalmente en el cuadrante 2.

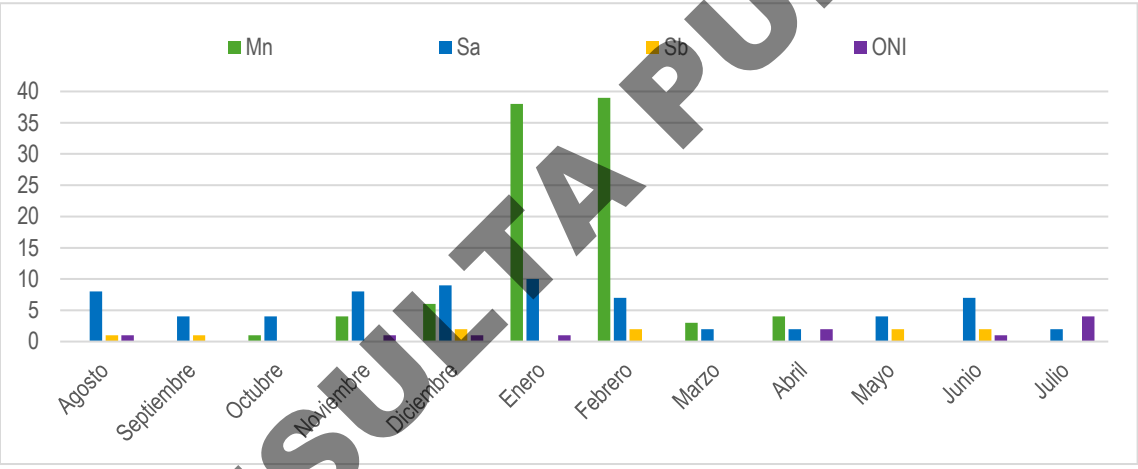


Figura IV. 548. Avistamiento mensual de las distintas especies mamíferos marinos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado.

Durante las navegaciones realizadas en el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024, se reportó una riqueza de ocho especies de mamíferos marinos (Figura IV. 549); correspondientes a una especie de misticeto: A) la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), siendo la especie dominante; seis especies de odontocetos: B) el delfín moteado (*Stenella attenuata*), C) el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), D) la orca (*Orcinus orca*), E) el delfín de Risso (*Grampus griseus*), F) el cachalote enano (*Kogia sima*), y G) el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*); y 1 especie de pinnípedo: H) el lobo marino de California (*Zalophus californianus*). No obstante, no fue posible obtener fotografías de cachalote pigmeo

CONSULTA PÚBLICA

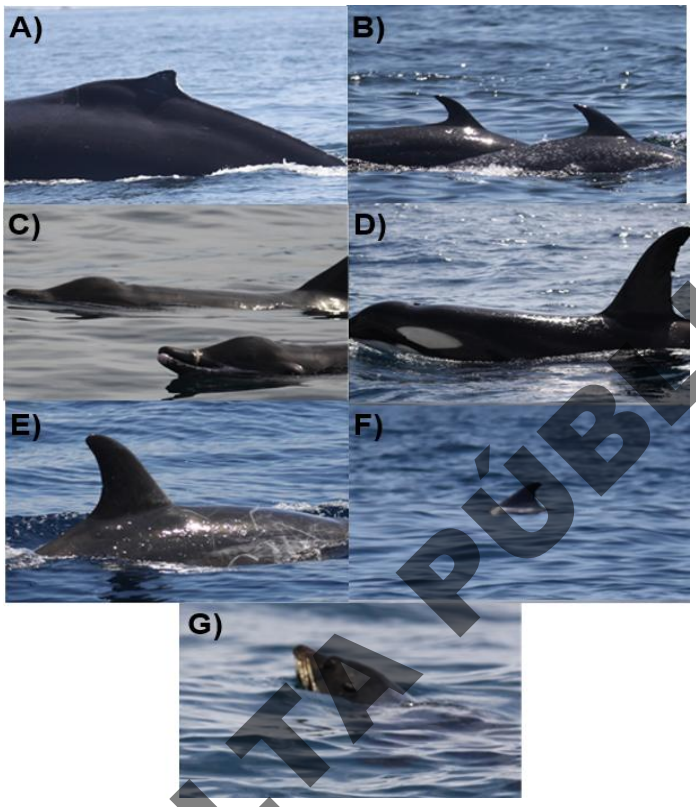


Figura IV. 549. Especies avistadas en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. A) ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), B) delfín moteado (*Stenella attenuata*), C) delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), D) orca (*Orcinus orca*), E) delfín de Risso (*Grampus griseus*), F) cachalote enano (*Kogia sima*), y G) lobo marino de California (*Zalophus californianus)*.

CONSULTA PÚBLICA

Dentro de este periodo, se registraron 254 avistamientos, cuya localización geográfica ocurrió en los cuadrantes 1, 2, 3, 5 y 6 del área de estudio. Sin embargo, predominaron en el número 2; es decir, en zonas aledañas a las bahías de Manzanillo (163 avistamientos, (TA=0.0561 (ind/km)), posteriormente 61 avistamientos fueron registrados en el cuadrante número 3 (TA=0.05016 (ind/km)), en el cuadrante 1 se registraron 28 avistamientos (TA= 0.0816 (ind/km)), finalmente en el cuadrante 5 y 6 se obtuvieron 1 avistamiento en cada uno (TA= 0.06666 (ind/km) y TA=0.04 (ind/km), respectivamente) (Figura IV. 550 y Figura IV. 551).

En cuanto a la riqueza de los cuadrantes, el cuadrante 3 obtuvo el valor de riqueza mayor con 6 especies. Sin embargo, en el cuadrante 5 y 6 solo hubo un registro en cada uno del lobo marino de California. Mientras que en el cuadrante 4 hubo una riqueza y abundancia relativa nula (Figura IV. 551).

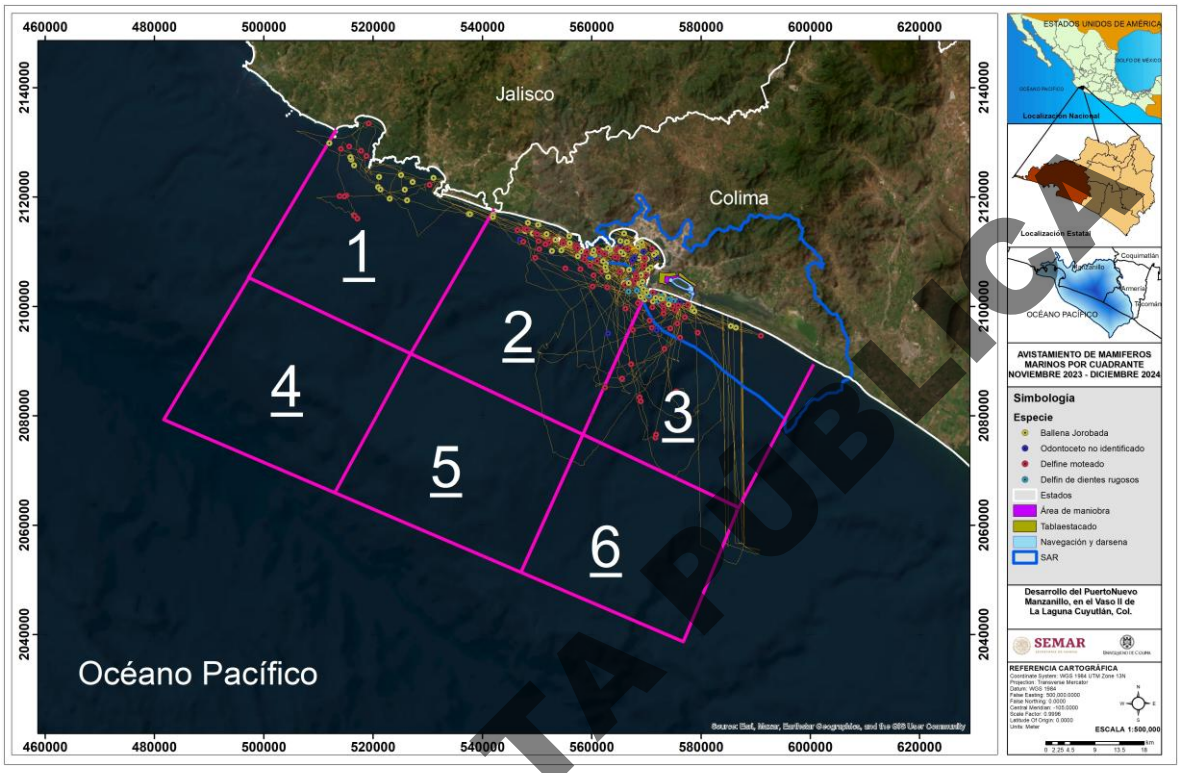


Figura IV. 550. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

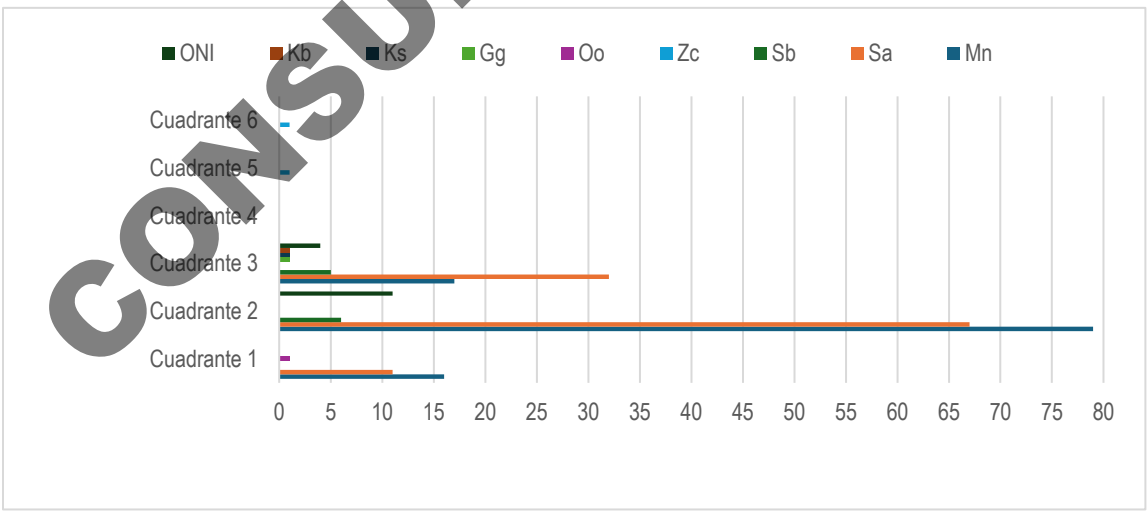


Figura IV. 551. Avistamientos de mamíferos marinos por especie en los cuadrantes de la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. ONI= Odontoceto no identificado, Kb= *Kogia breviceps* (cachalote pigmeo), Ks= *Kogia sima* (Cachalote enano), Gg= *Grampus griseus* (delfín de Risso), Oo= *Orcinus orca* (orca), Zc= *Zalophus californianus* (lobo marino de California), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado) y Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada).

CONSULTA PÚBLICA

El análisis de la gráfica de avistamientos mensuales indica que la ballena jorobada fue la especie predominante a lo largo del periodo de estudio (TA= 0.0249 (ind/km)), con 112 avistamientos, principalmente en el cuadrante 2 (con 79 avistamientos). Al igual que en el periodo 1, su frecuencia fue baja en octubre, noviembre, marzo y abril; es decir, al inicio y al final de la temporada de migración reproductiva, y alta en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura IV. 552). Por otro lado, dentro de los odontocetos, el delfín moteado es la especie que se encontró presente en todo el periodo, excepto en septiembre (Figura IV. 552), con 110 registros (TA= 0.0244 (ind/km)), principalmente en el cuadrante 2 y 3; es decir, en las zonas aledañas a las bahías de Manzanillo. Seguido por el delfín de dientes rugosos con 11 avistamientos (TA= 0.0024 (ind/km)) en 7 de los 14 meses considerados (Figura IV. 552). Además, el lobo marino de California fue avistado dos veces descansando en el mes de mayo y solo avistaron en una sola ocasión el delfín de Risso, el cachalote enano y el cachalote pigmeo (cada una con una TA= 0.0002 (ind/km)), en el cuadrante 3.

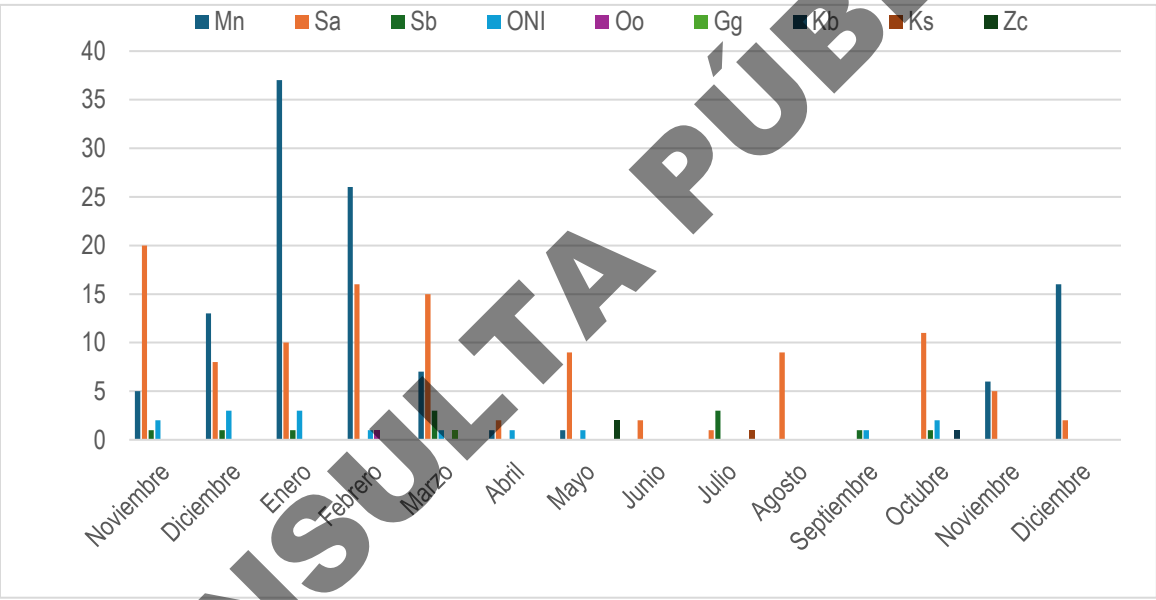


Figura IV. 552. Avistamiento mensual de las distintas especies mamíferos marinos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. ONI= Odontoceto no identificado, Kb= *Kogia breviceps* (cachalote pigmeo), Ks= *Kogia sima* (Cachalote enano), Gg= *Grampus griseus* (delfín de Risso), Oo= *Orcinus orca* (orca), Zc= *Zalophus californianus* (lobo marino de California), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado) y Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada).

CONSULTA PÚBLICA

El periodo 3, que abarcó de diciembre del 2025 a febrero del 2026, reflejó una riqueza de 3 especies (Figura IV. 553); correspondientes a dos especies de odontocetos: A) el delfín moteado (*Stenella attenuata*) y B) el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*); y a una especie de misticeto: C) la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), siendo la especie dominante.

En el transcurso de este periodo, se registraron 94 avistamientos principalmente dentro de los cuadrantes 2 con 54 avistamientos (TA=0.1144 (ind/km)) y del 3 con 37 avistamientos (TA=0.0978 (ind/km)). Por otro lado, en el cuadrante 1 se registraron 3 avistamientos (TA=0.1111 (ind/km)) (Figura IV. 554 y Figura IV. 555).

En cuanto a la riqueza de los cuadrantes, los cuadrantes 2 y 3 obtuvieron el valor de riqueza mayor con 3 especies. Sin embargo, en el cuadrante 1 se registraron 3 avistamientos de ballena jorobada (Figura IV. 555).

Los datos de avistamientos mensuales señalan que la ballena jorobada fue la especie predominante a lo largo del periodo de estudio (TA= 0.0718 (ind/km)) con 63 avistamientos, principalmente en el cuadrante 2 y 3. Además, a pesar de que únicamente se realizaron muestreos durante tres meses, se puede observar que este periodo siguió el mismo patrón de avistamientos de ballena jorobada registrado en periodos anteriores ((Figura IV. 556).

Asimismo, el delfín moteado se encontró presente en todo el periodo (Figura IV. 556), con 23 registros (TA= 0.0262 (ind/km)) distribuidos en el cuadrante 1, 2 y 3. Seguido por el delfín de dientes rugosos con 3 avistamientos (TA= 0.0034 (ind/km)) en diciembre y enero (Figura IV. 556) en los cuadrantes 2 y 3.

CONSULTA PÚBLICA

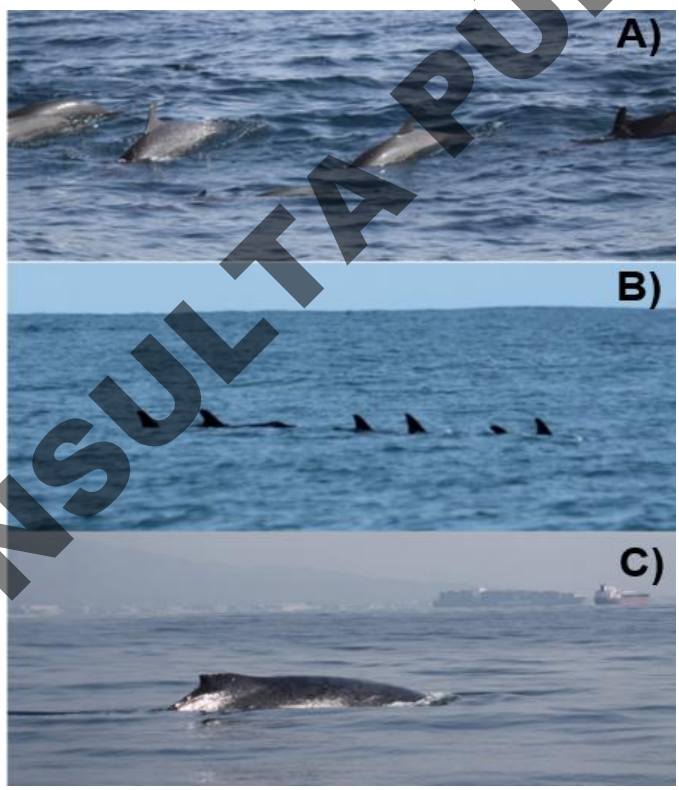


Figura IV. 553. Especies avistadas en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. A) delfín moteado *(Stenella attenuata*), B) delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) y C) ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*).

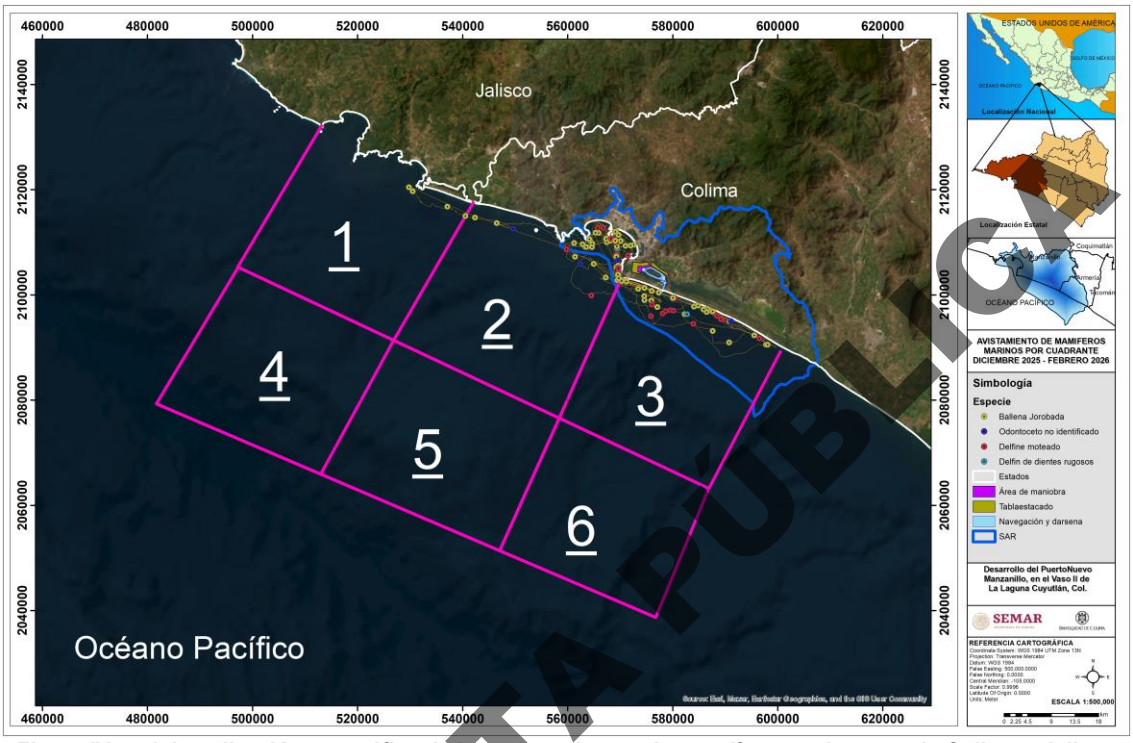


Figura IV. 554. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

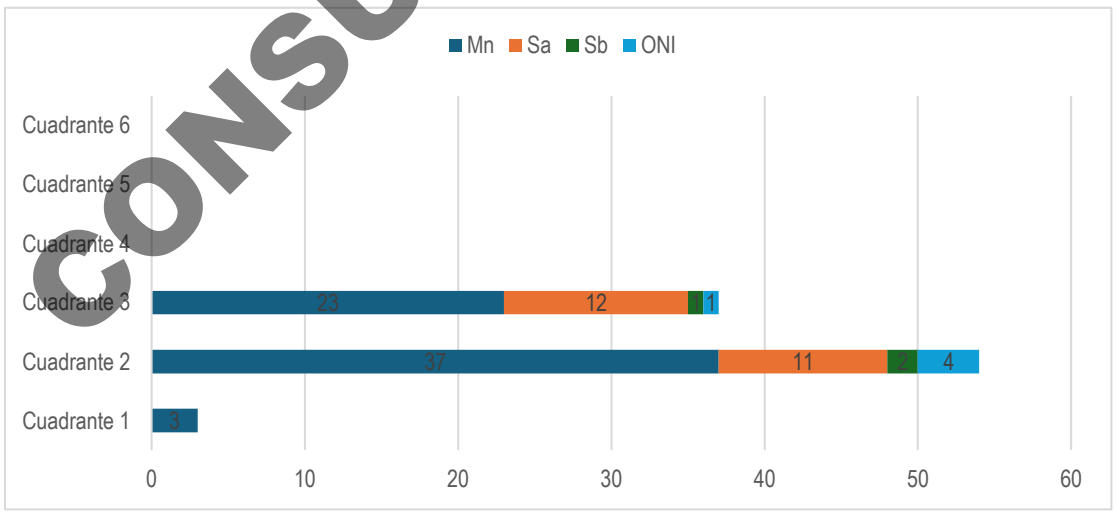


Figura IV. 555. Avistamientos de mamíferos marinos por especie en los cuadrantes de la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado..

CONSULTA PÚBLICA

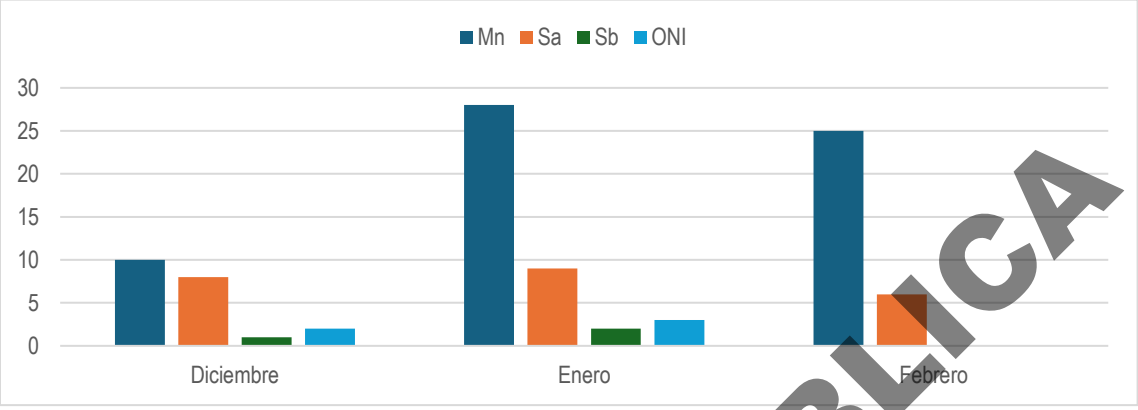


Figura IV. 556. Avistamiento mensual de las distintas especies mamíferos marinos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026, Mn= *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada), Sa= *Stenella attenuata* (delfín moteado), Sb= *Steno bredanensis* (delfín de dientes rugosos) y ONI= Odontoceto no identificado.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.6.2 Estructura de grupos

Durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023, respecto a los misticetos (ballenas jorobadas) se observaron siete tipos de agrupaciones: “Solitario” (52 registros), “Pareja” agrupación conformada por dos adultos reportados en 17 ocasiones, “Madre con cría” reportados en 16 ocasiones, “Madre con cría y escolta” (4 registros), “Grupo de 3 individuos” con 3 registros, “Grupo de 4 individuos” (2 registros) y “Grupo de 6 individuos” registrado en una sola ocasión. Todas las agrupaciones de ballenas se avistaron en los cuadrantes 1, 2 y 3 (Figura IV. 557).

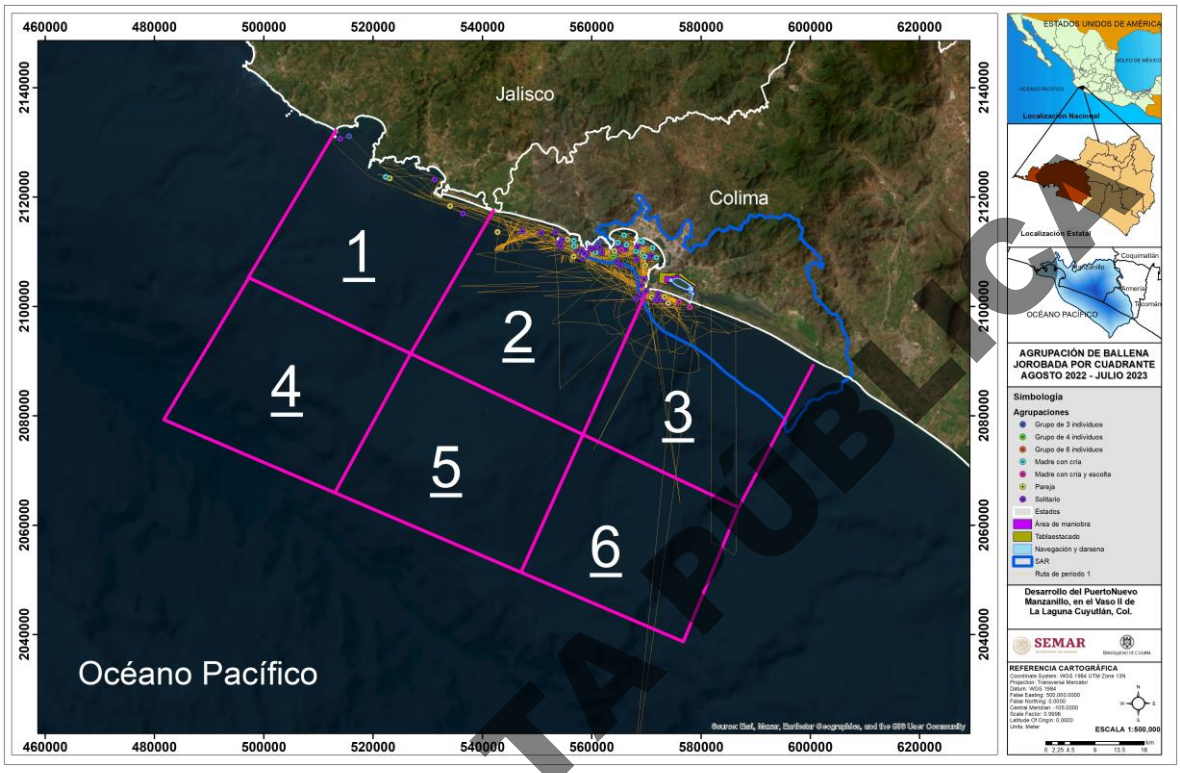


Figura IV. 557. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

En los odontocetos registrados (el delfín moteado, el delfín de dientes rugosos y los no identificados [por la distancia del avistamiento y/o por la falta de fotografía para su identificación]) predominaron agrupaciones conformadas de 1 a 4 individuos (36 avistamientos), seguido por la agrupación de 5 a 9 individuos (19 avistamientos), los cuales estuvieron presentes en los cuadrantes 1, 2 y 3. Por otro lado, sólo se reportaron dos agrupaciones de 80 a 100 individuos en el cuadrante 2 en el mes de febrero y marzo (Figura IV. 558).

CONSULTA PÚBLICA

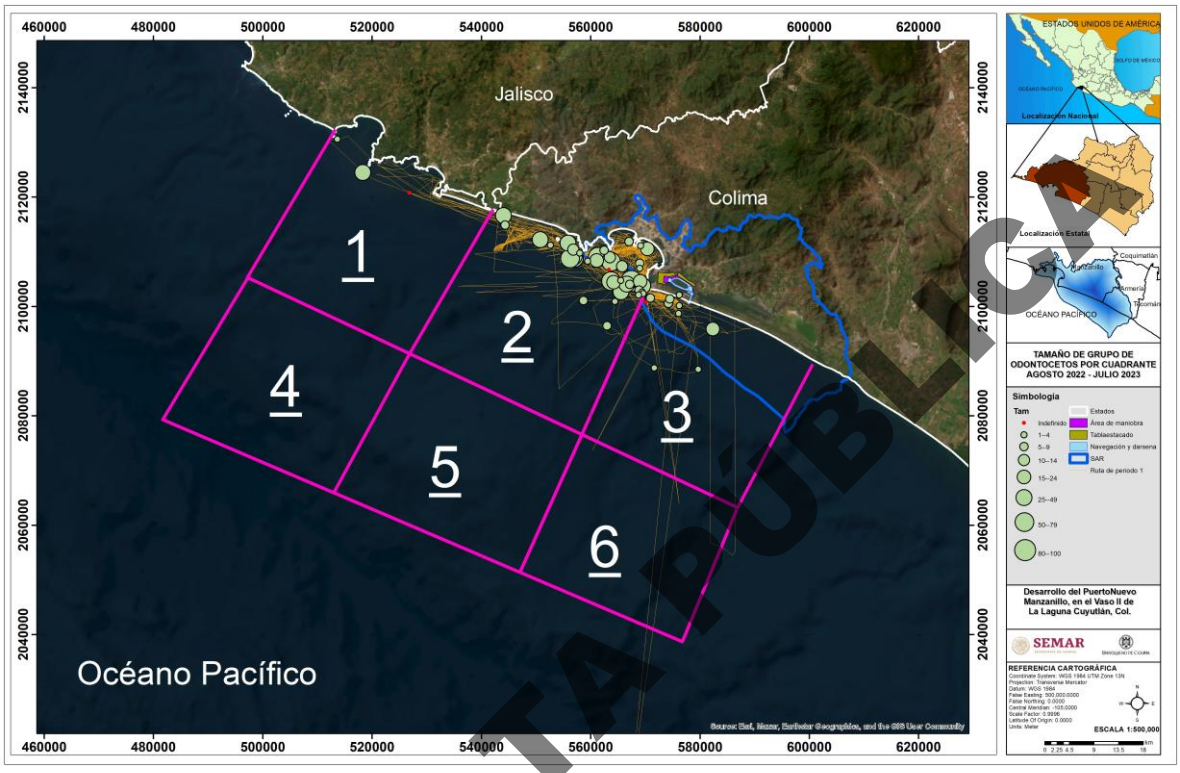


Figura IV. 558. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

Para el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024, se observaron siete tipos de agrupaciones de ballenas jorobadas: “Solitario” (51 registros), “Pareja” agrupación conformada por dos adultos reportados en 33 ocasiones, “Madre con cría” reportados en 12 ocasiones, “Madre con cría y escolta” (3 registros), “Grupo de 3 individuos” con 5 registros, “Grupo de 4 individuos” (4 registros) y “Grupo de 6 individuos” registrado en cuatro ocasiones. Todas las agrupaciones de ballenas se avistaron en los cuadrantes 1, 2 y 3 (Figura IV. 559).

CONSULTA PÚBLICA

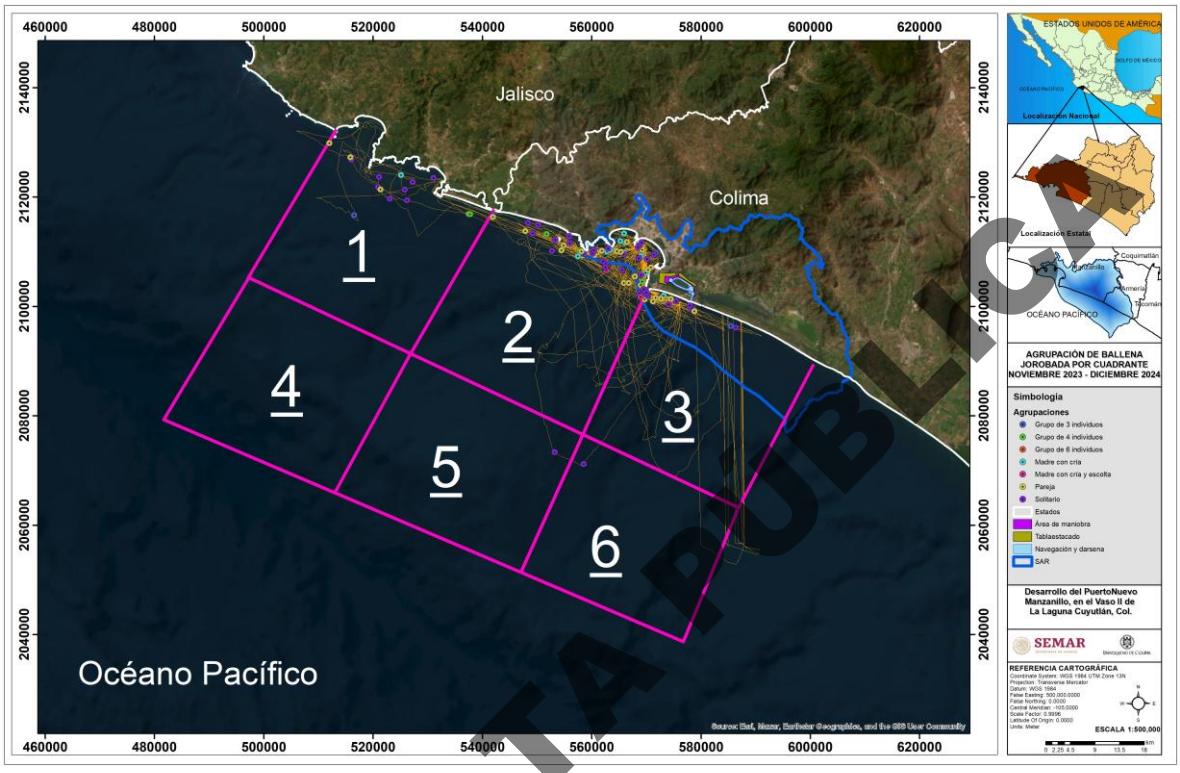


Figura IV. 559. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

Por otro lado, en los odontocetos (delfín moteado, el delfín de dientes rugosos, delfín de Risso, la orca, el cachalote pigmeo, el cachalote enano y los no identificados) predominaron agrupaciones conformadas de 1 a 4 individuos (69 avistamientos), seguido por la agrupación de 5 a 9 individuos (31 avistamientos), los cuales éstos estuvieron presentes en los cuadrantes 1, 2 y 3. Por otro lado, sólo se reportó una agrupación de 80 a 100 individuos en el cuadrante 2 en el mes de mayo (Figura IV. 560).

CONSULTA PÚBLICA

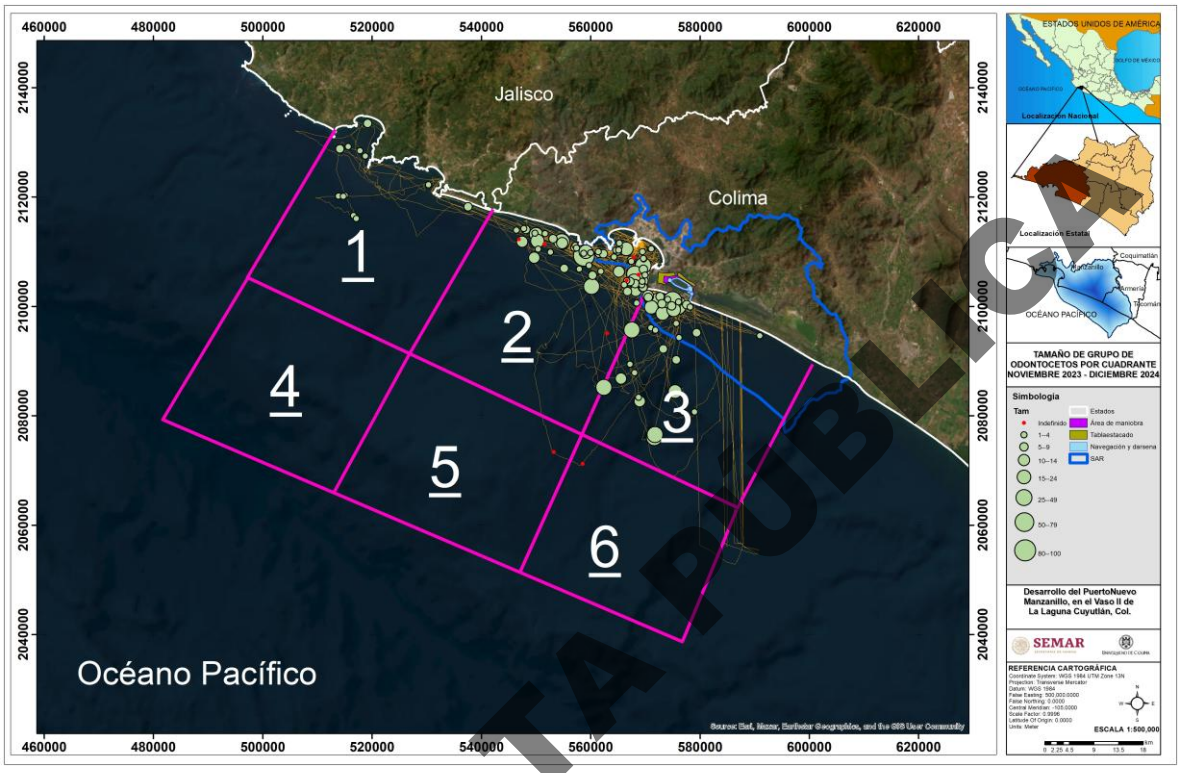


Figura IV. 560. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

Finalmente, en el periodo 3, de diciembre del 2025-febrero del 2026, se observaron siete tipos de agrupaciones de misticetos (ballenas jorobadas): “Solitario” (26 registros), “Pareja” agrupación conformada por dos adultos reportados en 16 ocasiones, “Madre con cría” reportados en 13 ocasiones, “Madre con cría y escolta” (1 registro), “Grupo de 3 individuos” con 4 registros, “Grupo de 4 individuos” (2 registros) y “Grupo de 7 individuos” registrado en una ocasión. Todas las agrupaciones de ballenas se avistaron en los cuadrantes 1, 2 y 3 (Figura IV. 561).

CONSULTA PÚBLICA

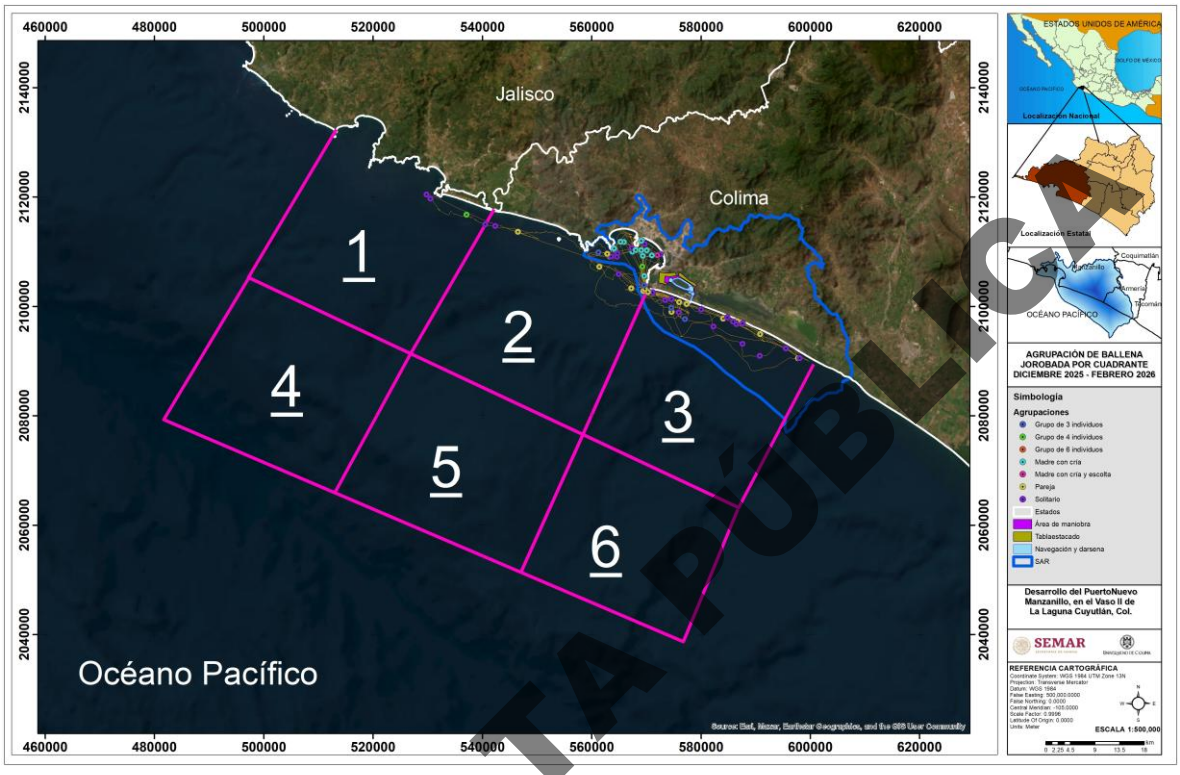


Figura IV. 561. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

Mientras que, en los odontocetos (delfín moteado, el delfín de dientes rugosos y los no identificados) predominaron agrupaciones conformadas de 1 a 4 individuos (16 avistamientos), seguido por la agrupación de 5 a 9 individuos (5 avistamientos), los cuales éstos estuvieron presentes en los cuadrantes 2 y 3. Por otro lado, sólo se reportó una agrupación de 50 a 79 individuos de delfín moteado en el cuadrante 2 en el mes de febrero (Figura IV. 562).

CONSULTA PÚBLICA

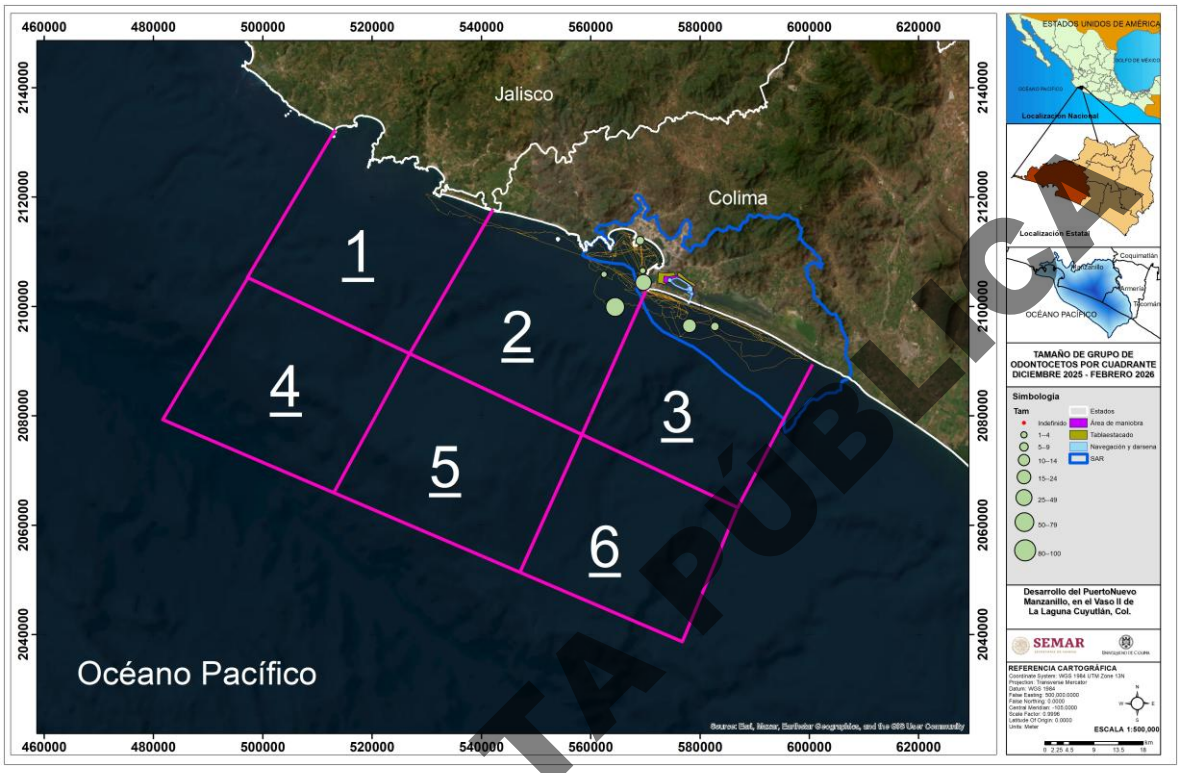


Figura IV. 562. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

IV.3.17.6.3 Actividades de comportamiento

En el periodo 1, de agosto del 2022-julio de 2023, se observaron ocho actividades de comportamiento en ballenas jorobadas: navegación, salto-golpe-caudal, canto, competencia, afiliación, vago, crianza y evasivo. La navegación, definida como el desplazamiento de los animales siguiendo un rumbo específico, se registró en 40 ocasiones en solitario, parejas, madres con cría, madres con cría y escolta y un grupo de 3 individuos, que se localizaban principalmente en el cuadrante 2. El comportamiento de Salto-Golpe-Caudal, definidos como estos comportamientos físicos-vigorosos en superficie, fue registrado en 14 ocasiones, principalmente en madres con cría, solitarios y parejas ubicados en los cuadrantes 1, 2 y 3. Se registraron actividades de competencia, canto y afiliación, con tres avistamientos para cada una de ellas, principalmente en el cuadrante 2. Por último, solo se obtuvo un registro de comportamiento vago (movimientos impredecibles o desordenados) en una sola ballena, un registro de crianza y uno del comportamiento evasivo, ambos con madres con crías (Figura IV. 563).

CONSULTA PÚBLICA

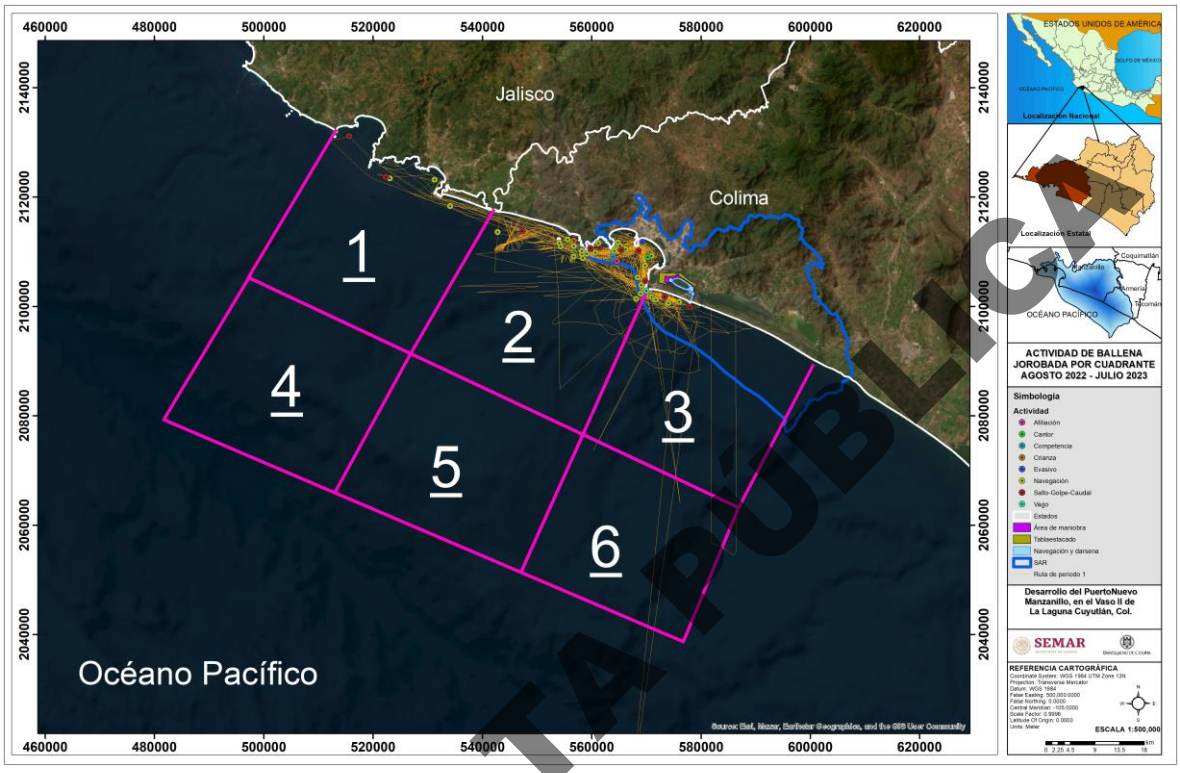


Figura IV. 563. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

Por otro lado, en delfín moteado, se observaron cinco comportamientos. La actividad en superficie, con 21 registros en el cuadrante 1, 2 y 3. La navegación registrada en 15 ocasiones en el cuadrante 2 y 3. El forrajeo, que se refiere a la búsqueda y/o consumo de alimento, fue observado en 13 ocasiones en grupos de menos de 30 individuos tanto de delfines moteados como de dientes rugosos. El comportamiento disperso con 4 registros y el evasivo con 1 registro de delfines moteados (Figura IV. 564).

CONSULTA PÚBLICA

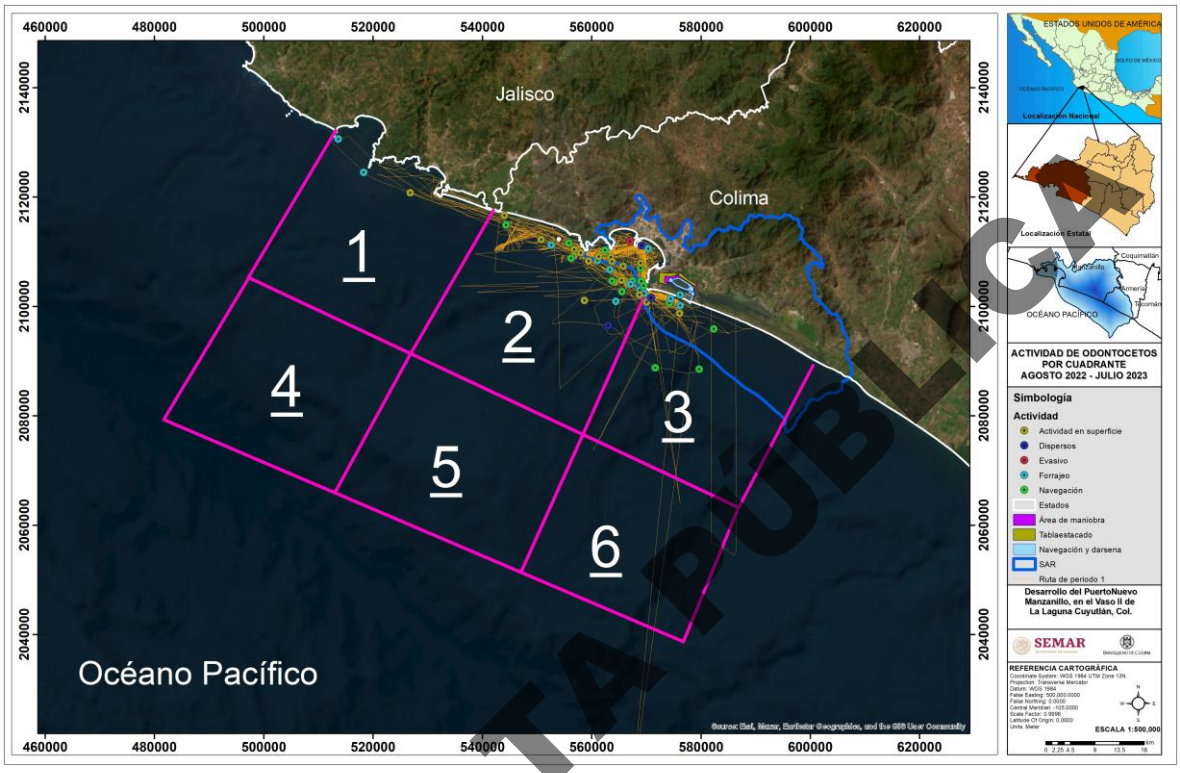


Figura IV. 564. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

Para el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024, en ballenas jorobadas, se observaron 11 actividades de comportamiento: navegación, salto-golpe-caudal, competencia, afiliación, crianza, canto, cortejo, vago, evasivo, forrajeo y actividad en superficie. La navegación se registró en 66 ocasiones en todo tipo de agrupaciones. El comportamiento de Salto-Golpe-Caudal fue registrado en 13 ocasiones, principalmente en solitarios, madres con cría y parejas ubicados en los cuadrantes 2. Se registraron actividades de competencia, canto y afiliación, con tres avistamientos para cada una de ellas, principalmente en el cuadrante 2. Por último, solo se obtuvo un registro de comportamiento vago (movimientos impredecibles o desordenados) en una sola ballena, un registro de crianza y uno del comportamiento evasivo, ambos con madres con crías (Figura IV. 565).

CONSULTA PÚBLICA

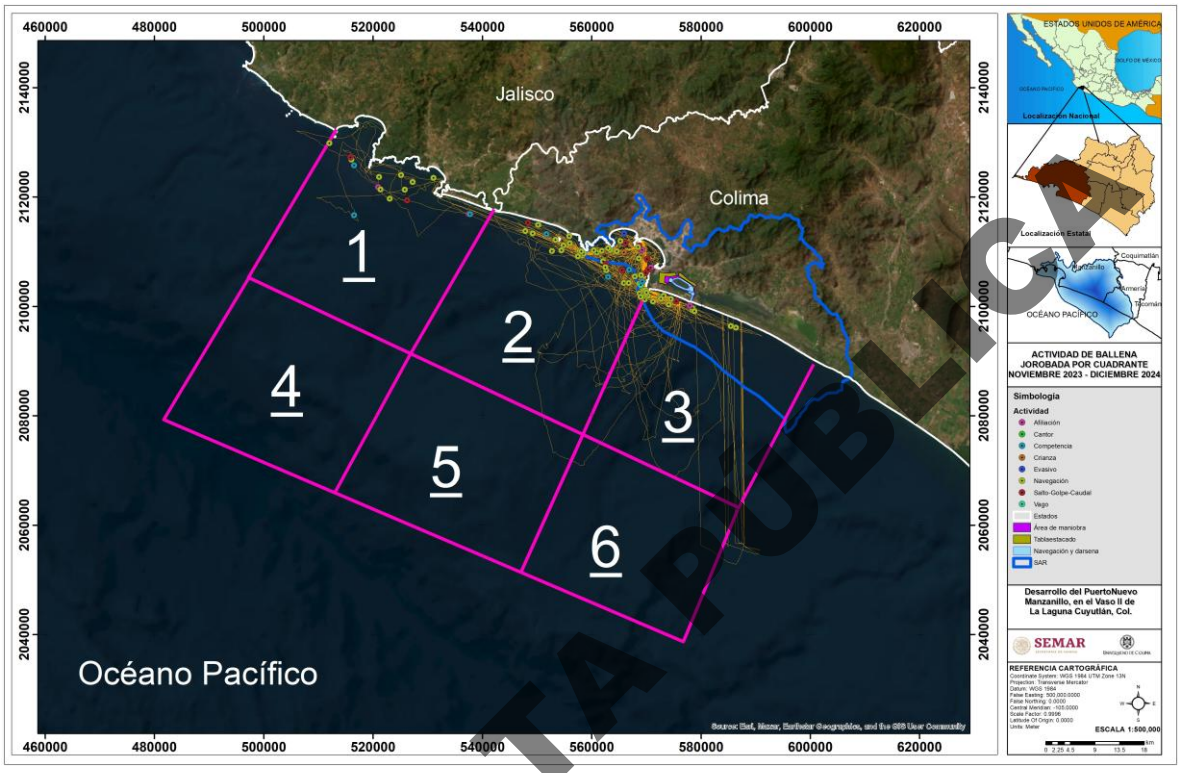


Figura IV. 565. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

En cuanto al delfín moteado, se observaron 10 comportamientos. La navegación registrada en 66 ocasiones en el cuadrante 1, 2 y 3. La actividad en superficie, con 18 registros, principalmente en el cuadrante 2 y 3. El forrajeo fue observado en 16 ocasiones en grupos de menos de 30 individuos. El comportamiento vago con 4 reportes en delfín moteado. El hostigamiento registrado en 3 ocasiones por delfín moteado y delfín de dientes rugosos hacia ballenas jorobadas. El comportamiento disperso en delfín moteado y evasivo en delfín moteado y de dientes rugosos se registraron en 2 ocasiones cada uno. Y el comportamiento de afiliación, cortejo y espionaje se reportaron 1 ocasión cada uno en delfín moteado (Figura IV. 566).

CONSULTA PÚBLICA

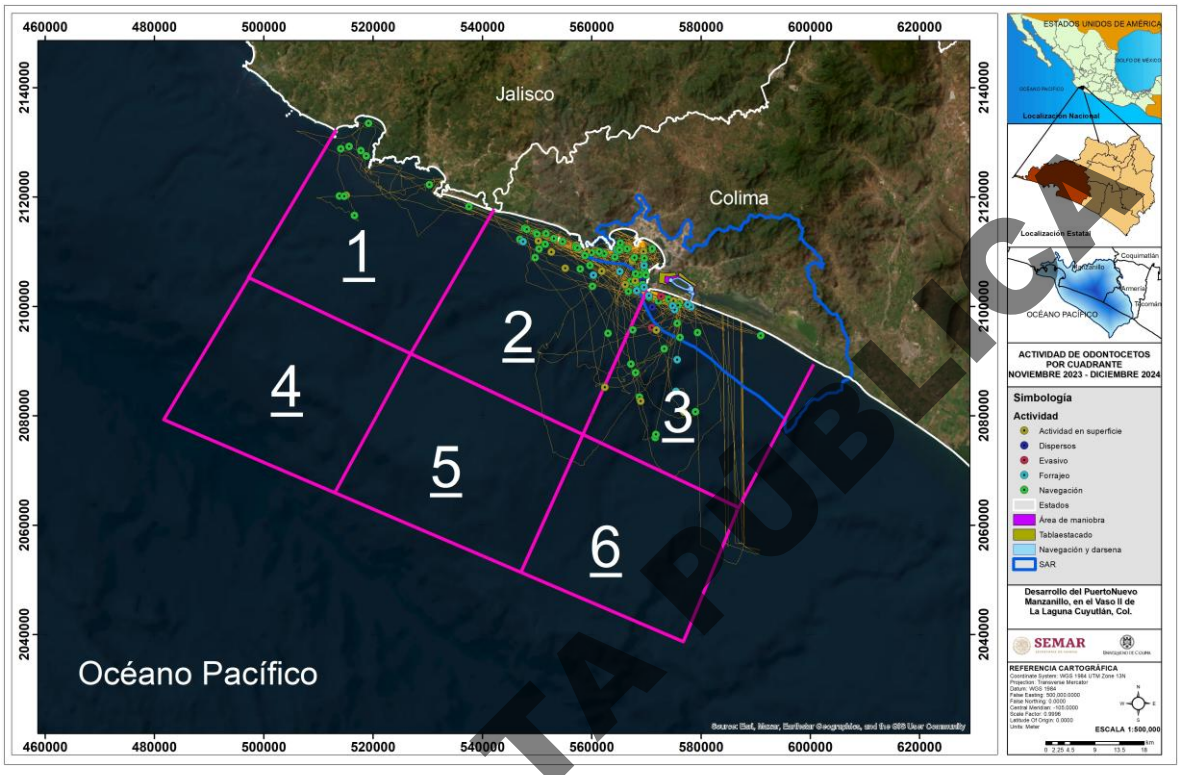


Figura IV. 566. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

En el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026, en ballenas jorobadas, se observaron 10 actividades de comportamiento: navegación, descanso, crianza, competencia, vago, salto-golpe-caudal, canto, cortejo, agonístico y juego. La navegación se registró en 25 ocasiones en solitarios, parejas, madres con cría y grupos de 3 individuos. El descanso se presentó en 8 ocasiones en parejas y madres con cría localizadas principalmente en el cuadrante 2. La crianza se presentó en 4 ocasiones. La competencia se presentó en 3 ocasiones entre individuos de grupos de 4 y uno de 7. Los comportamientos de Salto-Golpe-Caudal, canto, cortejo y juego se registraron en una ocasión cada uno. Cabe destacar que una pareja en enero presentó un comportamiento agonístico; es decir, presentó una conducta de evitación y exhibiciones de advertencia ante la presencia intrusiva de delfines moteados y delfines de dientes rugosos (Figura IV. 567).

CONSULTA PÚBLICA

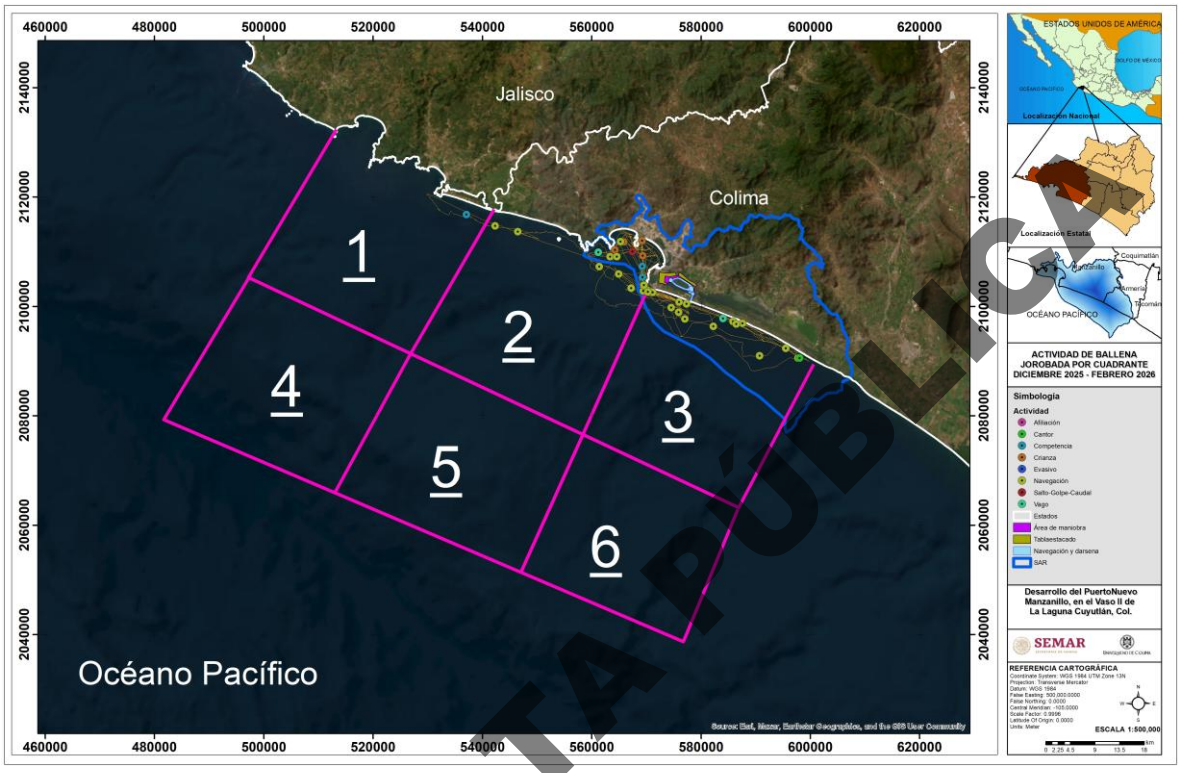


Figura IV. 567. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

En el delfín moteado, se observaron 5 comportamientos. La navegación registrada en 2 ocasiones en delfines moteados ubicados en el cuadrante 3. La actividad en superficie, con 2 registros de odontocetos no identificados, en el cuadrante 2. Finalmente, el forrajeo, la actividad dispersa, y el hostigamiento fueron registrados en una ocasión cada uno tanto en delfín moteado como en delfín de dientes rugosos (Figura IV. 568).

CONSULTA PÚBLICA

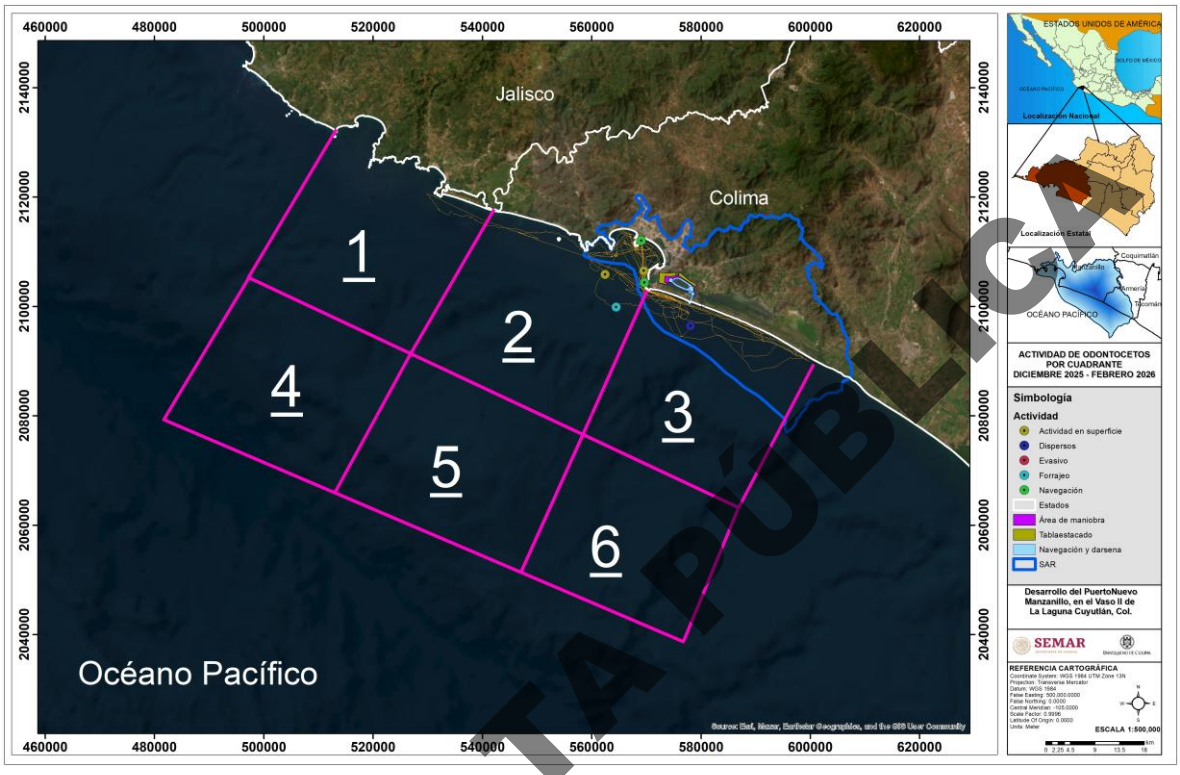


Figura IV. 568. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.6.3.1 Actividad acústica de ballenas y delfines

Durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023, a través del muestreo mediante el sistema acústico activo, se realizó la búsqueda de sonidos de cantos de ballena jorobada producidos por los machos para el cortejo, en 73 sitios distribuidos principalmente en los cuadrantes 2 y 3 del área de estudio. En donde se tuvo la presencia de éstos en 20 ocasiones, y ausencia en 53 sitios de la zona de estudio (Figura IV. 569). Se colectaron un total de 18 grabaciones con una duración de 1 hrs 31 min y 25 seg, teniendo que los cantos estuvieron presentes en 1 hrs 25 min y 42 seg, con un rango de frecuencia de 10 a 8,500 Hz (Tabla IV. 178).

Tabla IV. 178 Características de la grabación con cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Mes	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)
Noviembre	00:03:52	00:03:23	50-1400
	00:15:44	00:15:44	20-5000
	00:02:00	00:01:49	-

Diciembre	00:02:00	00:00:18	¿-600
	00:01:00	00:01:00	100-600
	00:01:00	00:01:00	100-600
Enero	00:05:00	00:05:00	10—3000
Febrero	00:03:00	00:03:00	100-1000
	00:03:03	00:03:03	100-1000
	00:05:09	00:03:05	100-1050
	00:10:01	00:10:01	100-1400
	00:02:30	00:02:30	100-700
	00:02:01	00:02:01	100-800
	00:05:03	00:05:03	100-4100
	00:02:07	00:02:07	100-5500
	00:05:25	00:05:25	100-6800
	00:20:00	00:20:00	10-8500
	00:02:30	00:01:13	200-500

CONSULTA PÚBLICA

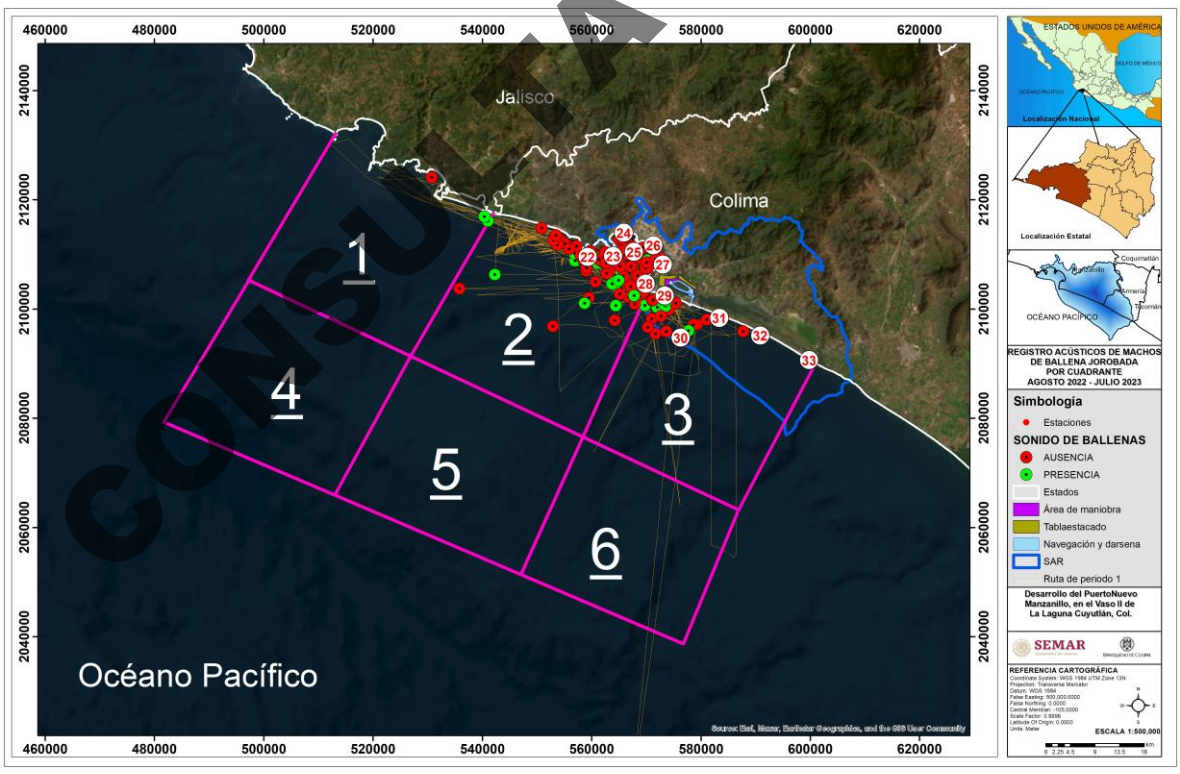


Figura IV. 569. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Asimismo, se registraron sonidos de delfín en 23 ocasiones en los cuadrantes 1, 2 y 3 (Figura IV. 570); dichas grabaciones tuvieron una duración de 1 hrs 15 min y 1 seg, principalmente provenientes de los meses de octubre y diciembre (n=4 y 5). Y se registraron sonidos (asociados a alimentación y/o comunicación) de delfines en 58 min y 24 seg, con una frecuencia de 0 -23,000 Hz (Tabla IV. 179).

Tabla IV. 179. Características de las grabaciones con sonidos de delfín a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Mes	Duración de la grabación	Duración de los sonidos	Rango de frecuencias (Hz)
Septiembre	00:02:59	00:02:59	7000-18000
	00:02:00	00:01:08	7000-18000
	00:04:30	00:04:30	7000-18000
Octubre	00:05:00	00:04:34	7000-16000
	00:10:20	00:10:20	7000-18000
	00:05:00	00:02:19	10000-15000
	00:08:10	00:08:10	8000-18000
Noviembre	00:03:00	00:03:00	10000-16000
	00:02:30	00:02:30	9000-14000
	00:03:52	00:03:17	10000-18000
Diciembre	00:02:00	00:02:00	8000-16000
	00:02:00	00:01:01	7000-10000
	00:01:30	00:00:33	6000-18000
	00:01:00	00:01:00	0-20000
	00:01:00	00:00:55	5000-20000
Enero	00:02:00	00:00:01	6000-10000
Febrero	00:03:00	00:00:03	5500-15000
	00:02:00	00:00:01	13000-16000
	00:02:30	00:00:01	1000-46000
Junio	00:05:00	00:05:00	4000-10000
	00:03:00	00:02:22	1000-23000
Julio	00:01:10	00:01:10	90000-13000
	00:01:30	00:01:30	1000-23000

CONSULTA PÚBLICA

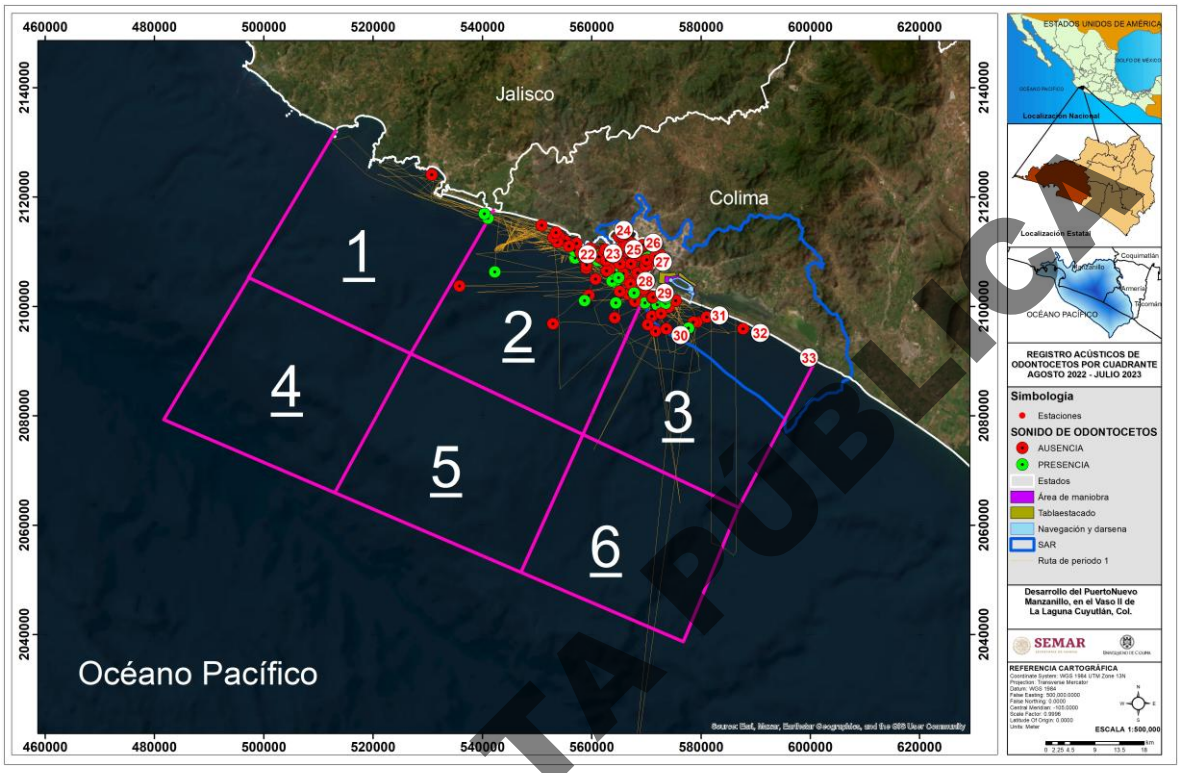


Figura IV. 570 Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024, los cantos de ballena jorobada estuvieron en 101 sitios distribuidos principalmente en los cuadrantes 1, 2 y 3 del área de estudio. En donde se tuvo la presencia de éstos en 26 ocasiones, y ausencia en 75 sitios de la zona de estudio (Figura IV. 571). Se colectaron un total de 16 grabaciones con una duración de 3 hrs 28 min y 41 seg, teniendo que los cantos estuvieron presentes en 3 hrs 25 min y 10 seg, con un rango de frecuencia de 40 a 6,000 Hz (Tabla IV. 180).

Tabla IV. 180. Características de la grabación con cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

Mes	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)
Noviembre	00:02:20	00:00:01	500-600
Enero	00:45:00	00:45:00	40-6000
	00:15:00	00:15:00	50-2500
	00:21:10	00:19:58	50-6000
	00:10:00	00:10:00	50-1500

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)
	00:11:01	00:11:01	40-6000
	00:07:00	00:07:00	40-6000
	00:20:00	00:20:00	100-1000
Febrero	00:16:10	00:16:10	100-3000
	00:15:00	00:15:00	100-6000
	00:15:00	00:15:00	100-5000
	00:01:00	00:01:00	100-500
Marzo	00:05:00	00:05:00	100-1000
Noviembre	00:01:00	00:01:00	50-1300
	00:03:00	00:03:00	50-800
	00:21:00	00:21:00	50-2400

CONSULTA PÚBLICA

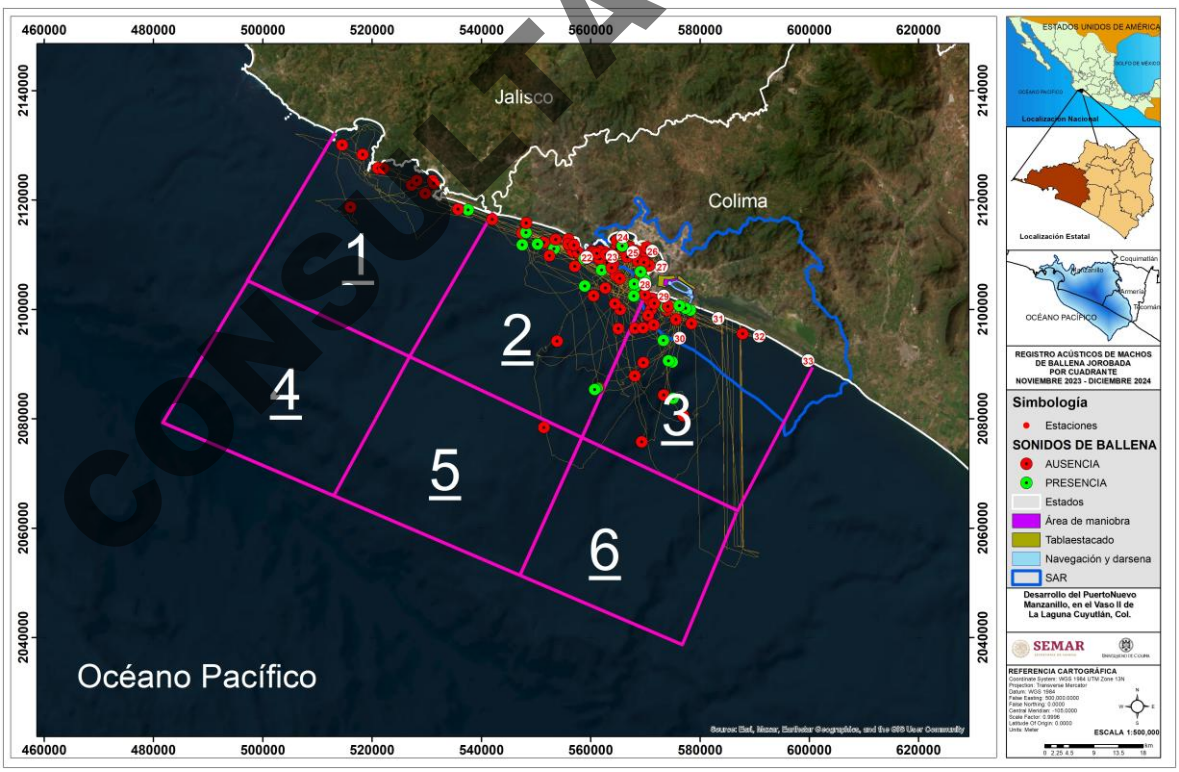


Figura IV. 571 . Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

Los sonidos de delfín provinieron de 30 lances de hidrófono en los cuadrantes 1, 2 y 3 (Figura IV. 572); cuyos archivos tuvieron una duración de 1 hrs 38 min y 18 seg; principalmente provenientes de los meses de agosto y octubre (n=4 y 5). Y en estas grabaciones se registraron sonidos de delfín en 1 hrs 13 min y 22 seg, con una frecuencia de 100 -23,000 Hz (Tabla IV. 181).

Tabla IV. 181. Características de las grabaciones con sonidos de delfín a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

Mes	Duración de la grabación	Duración de los sonidos	Rango de frecuencias (Hz)
Noviembre	00:01:15	00:00:01	8000-11000
	00:03:00	00:02:11	6000-16000
Enero	00:01:00	00:01:00	1000-23000
Febrero	00:01:07	00:00:01	6500-16000
	00:02:00	00:01:51	1000-23000
	00:01:10	00:00:12	5000-14000
Marzo	00:10:00	00:10:00	1000-23000
	00:02:31	00:02:31	1000-23000
Abril	00:01:30	00:01:30	6000-23000
	00:02:01	00:02:01	1000-23000
Mayo	00:04:12	00:03:21	1000-23000
Junio	00:02:00	00:03:21	5000-23000
	00:03:00	00:02:48	4000-23000
	00:02:30	00:02:30	7000-10000
Julio	00:01:30	00:01:26	7000-12000
	00:06:00	00:06:00	1000-23000
Agosto	00:04:10	00:04:10	1000-23000
	00:01:10	00:00:55	2000-23000
	00:03:00	00:02:52	100-23000
	00:01:00	00:00:03	4000-16000
Octubre	00:02:32	00:02:07	1000-23000
	00:02:00	00:00:33	1000-23000
	00:01:30	00:00:44	8000-14000
	00:05:30	00:05:30	1000-23000
	00:05:40	00:05:40	1000-23000
Noviembre	00:01:00	00:00:01	8000-13000
	00:01:00	00:00:01	8500-10500
	00:21:00	00:09:59	5500-13500
Diciembre	00:03:00	00:00:02	9000-18000

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Duración de la grabación	Duración de los sonidos	Rango de frecuencias (Hz)
	00:01:00	00:00:01	6000-20000

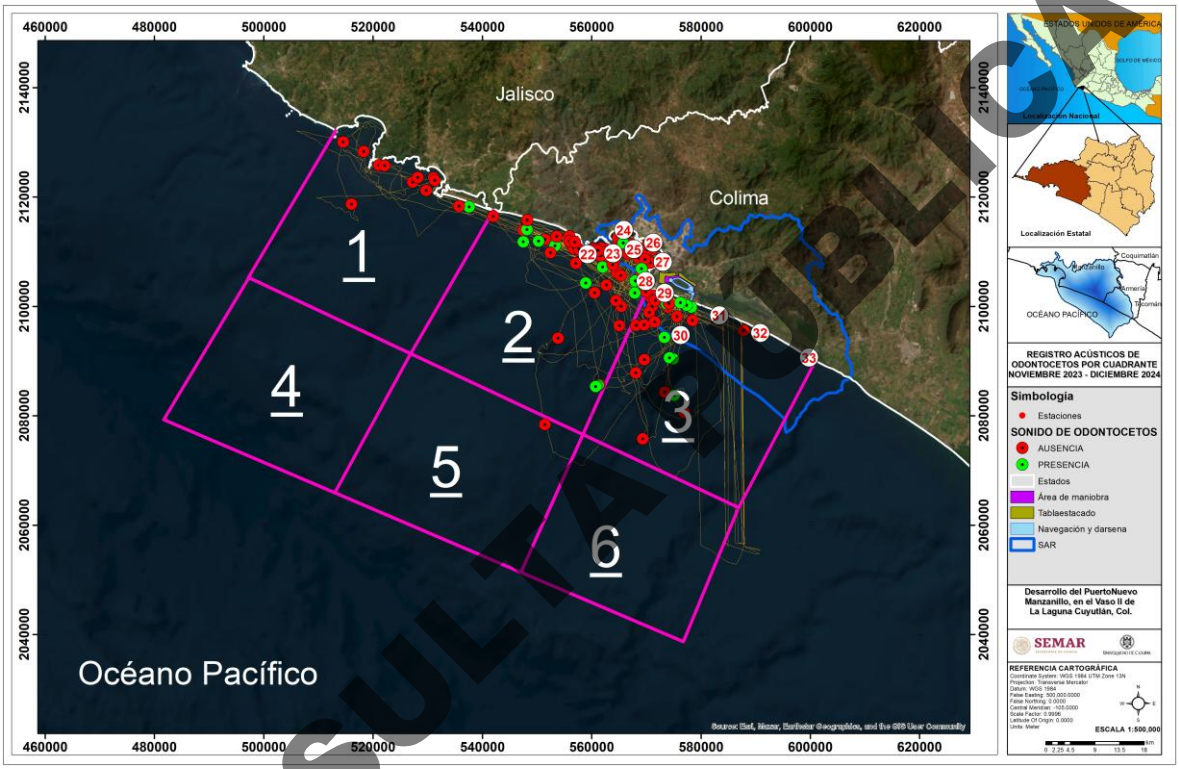


Figura IV. 572 Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

Durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026, los cantos de ballena jorobada se registraron en 55 sitios distribuidos en los cuadrantes 2 y 3 del área de estudio. En donde se tuvo la presencia de éstos en 11 ocasiones, y ausencia en 44 sitios de la zona de estudio (Figura IV. 573). Se colectaron un total de 11 grabaciones con una duración de 3 hrs 28 min y 41 seg, teniendo que los cantos estuvieron presentes en 1 hrs 48 min y 52 seg, con un rango de frecuencia de 50 a 10,000 Hz (Tabla IV. 182).

Tabla IV. 182. Características de la grabación con cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

Mes	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)
Diciembre	00:05:31	00:02:04	100-600

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)
	00:05:00	00:05:00	100-1,000
	00:15:00	00:15:00	100-3,000
Enero	00:16:21	00:16:21	50-7,000
	00:15:00	00:15:00	50-10,000
	00:02:00	00:02:00	100-400
	00:10:00	00:10:00	50-3,000
	00:03:00	00:03:00	100-1,000
Febrero	00:15:00	00:15:00	50-3,000
	00:17:00	00:17:00	100-3,000
	00:05:00	00:05:00	100-3,000

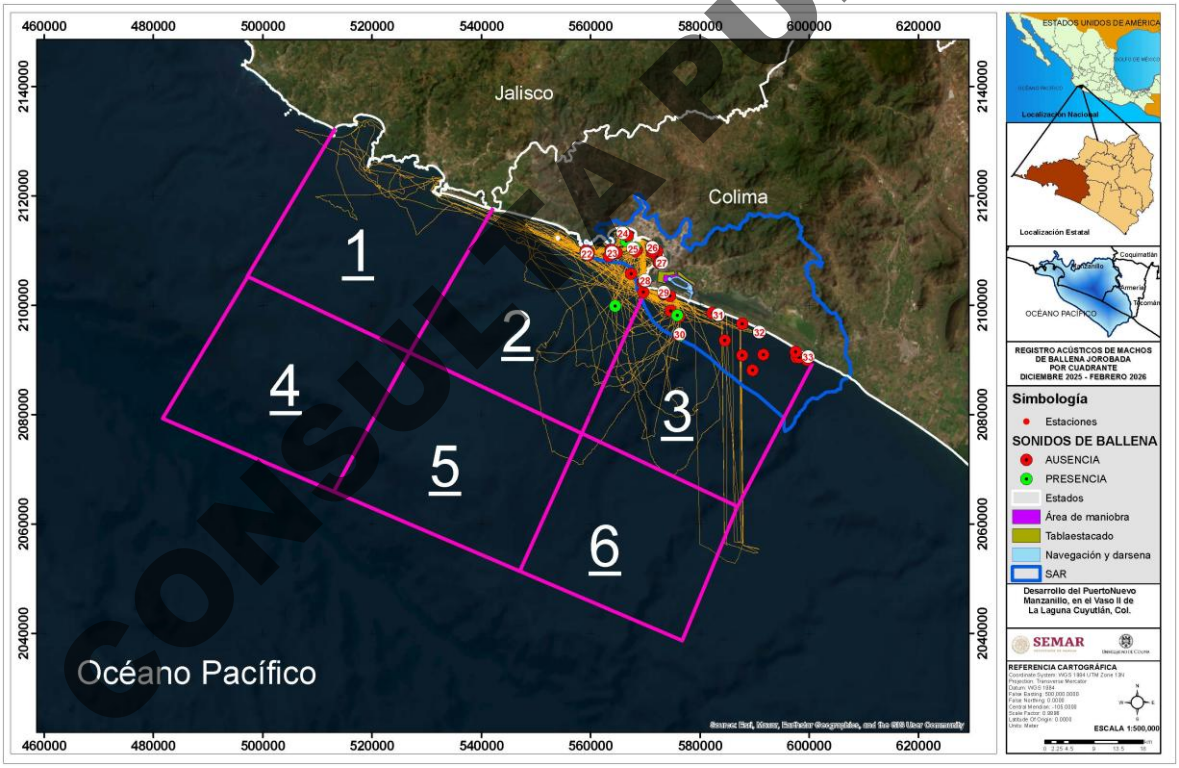


Figura IV. 573. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

Finalmente, se registraron sonidos de delfín en nueve ocasiones en los cuadrantes 2 y 3 (Figura IV. 574); dichos archivos tuvieron una duración de 33 min y 52 seg; principalmente proveniente del mes de febrero (n=6). Y en estas grabaciones se registraron sonidos de delfín en 1 hrs 20 min y 13 seg, con una frecuencia de 50 -23,000 Hz (Tabla IV. 183).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 183 Características de las grabaciones con sonidos de delfín a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

Mes	Duración de la grabación	Duración de los sonidos	Rango de frecuencias (Hz)
Diciembre	00:02:00	00:02:00	6,000-17,000
Enero	00:02:00	00:51:00	6,500-22,000
	00:02:00	00:01:20	8,000-17000
Febrero	00:02:00	00:00:01	8,000-14,000
	00:01:14	00:01:14	50-23,000
	00:15:00	00:15:00	50-23,000
	00:00:45	00:00:45	50-23,000
	00:07:00	00:07:00	50-23,000
	00:01:53	00:01:53	50-23,000

CONSULTA PÚBLICA

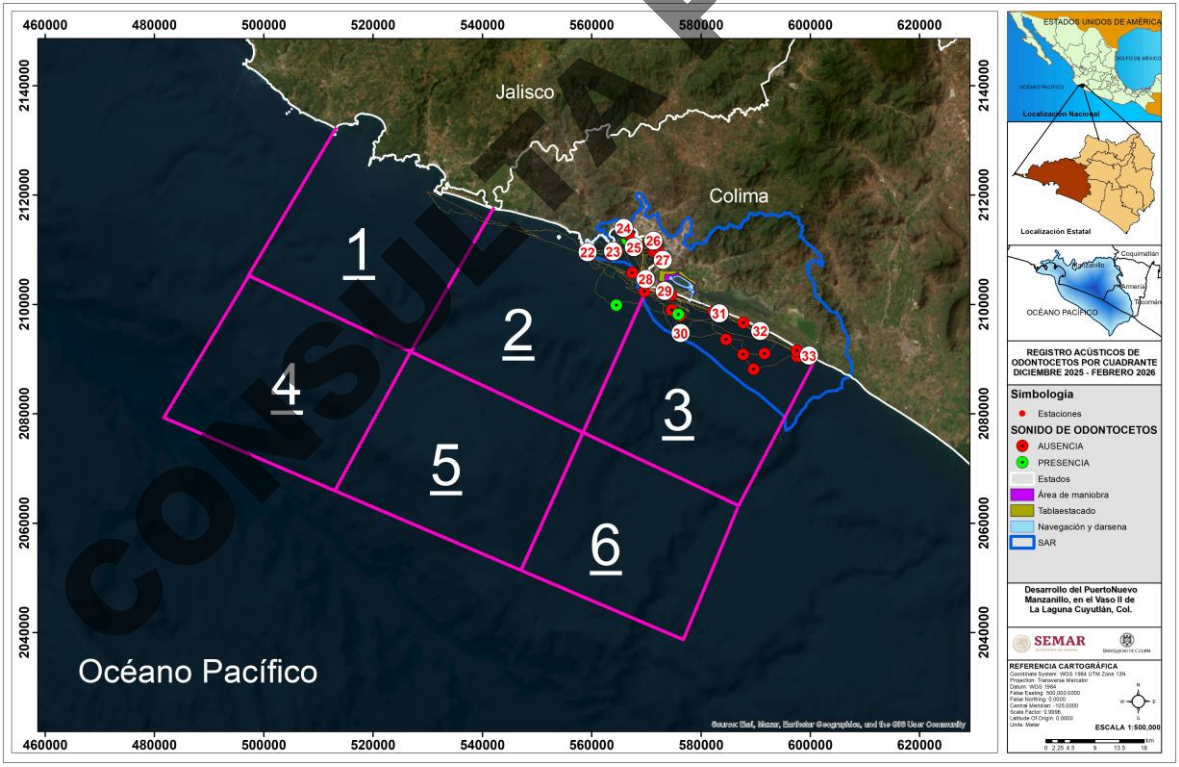


Figura IV. 574. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

IV.3.17.7 Parámetros individuales (permanencia y retorno) de ballenas y delfines por foto-identificación

Durante los 3 periodos de monitoreo, fue posible registrar 270 avistamientos de ballena jorobada, a partir de los cuales solo en 165 se obtuvieron fotos para lograr foto-identificar (ID) 265 individuos.

Durante el primer periodo de monitoreo, agosto 2022–julio 2023, se realizaron 48 avistamientos, de los cuales fue posible identificar 88 individuos de ballena jorobada, destacando que febrero fue el mes con más individuos identificados (34, del ID #36 al #70), mientras que el mes con menos individuos identificados fue noviembre (1). Durante el segundo periodo de monitoreo se realizaron 107 avistamientos, de los cuales fue posible identificar 125 individuos de ballena jorobada, destacando febrero como el mes con más individuos identificados (27, del ID #144 al #171), mientras que el mes con menos individuos identificados fue mayo (1). Finalmente, durante el tercer periodo de monitoreo se realizaron 10 avistamientos, de los cuales fue posible identificar 52 individuos de ballena jorobada, destacando enero como el mes con más individuos identificados (24, del ID #227 al #251), mientras que el mes con menos individuos identificados fue diciembre (12) (Figura IV. 575).

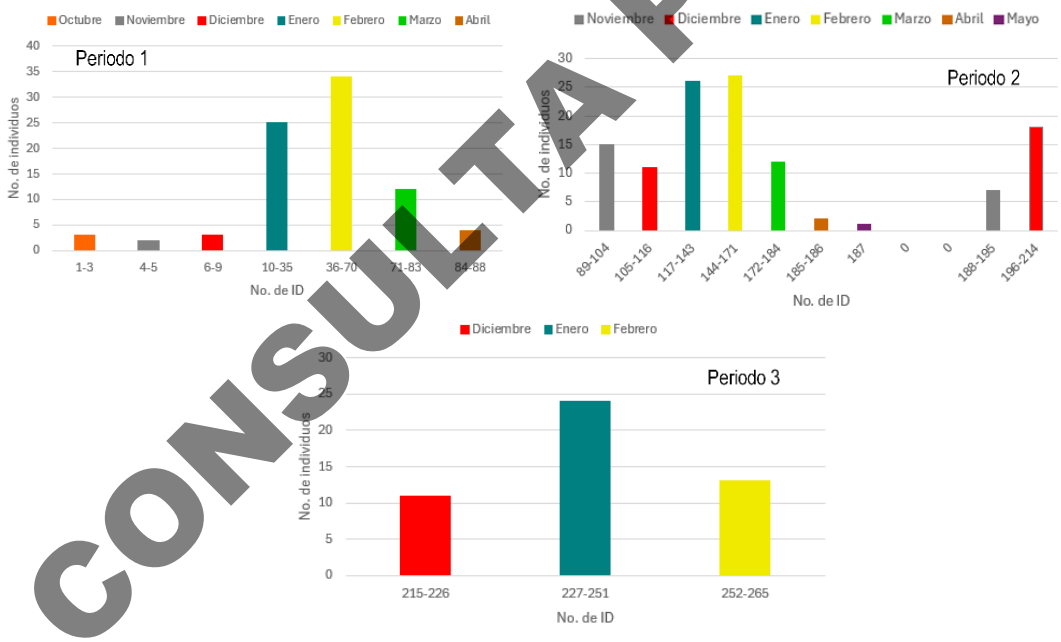


Figura IV. 575 Número de individuos de ballena jorobada foto-identificados en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1 (agosto 2022–julio 2023), 2 (noviembre 2023–diciembre 2024) y 3 (diciembre 2025-febrero 2026).

De los 265 individuos de ballena jorobada foto-identificados en los 3 periodos de monitoreo, se registraron re-avistamientos para cuatro de ellos, el #60, #158, #176 y #244 que correspondieron a madres acompañadas de sus respectivas crías (#61, #159, #177 y #245). La permanencia de dos de ellas fue de 1 día, pero la madre

CONSULTA PÚBLICA

#244 estuvo en la región hasta por 9 días y la #158 hasta 14 días. Las 4 madres con cría fueron observadas y re-avistadas en el cuadrante 2, por lo que sus desplazamientos estuvieron en un rango de 2 a 4.6 km; sin embargo, la madre #158 se le observó también en el cuadrante 1, por lo que hizo un desplazamiento de hasta 43 km (Tabla IV. 184).

Tabla IV. 184. Información sobre la permanencia de los individuos de ballena jorobada avistados durante los tres periodos de monitoreo en los cuadrantes de la costa de Colima..

# ID	Tipo de grupo	Avistamientos	Fecha	Permanencia	Cuadrantes / Desplazamiento
60 y 61	Madre con cría	1ero	18/02/2023	1 día	2 / ~2.5 km
60 y 61	Madre con cría	2do	19/02/2023		
158 y 159	Madre con cría	1ero	10/02/2024	14 días	1 y 2 / ~43 km
158 y 159	Madre con cría	2do	18/02/2024		
158 y 159	Madre con cría	3ero	23/02/2024		
158 y 159	Madre con cría	4to	24/02/2024		
176 y 177	Madre con cría	1ero	23/02/2024	1 día	2 / ~4.6 km
176 y 177	Madre con cría	2do	24/02/2024		
244 y 245	Madre con cría	1ero	31/01/2026	9 días	2 / ~4 km
244 y 245	Madre con cría	2do	01/02/2026		
244 y 245	Madre con cría	3ro	07/02/2026		
244 y 245	Madre con cría	4to	08/02/2026		

CONSULTA PÚBLICA

De manera particular, de los 48 avistamientos de ballena jorobada realizados durante el primer periodo, agosto
De manera particular, de los 48 avistamientos de ballena jorobada realizados durante el primer periodo, agosto
2022–julio 2023, se logró obtener alrededor de 8,184 imágenes que permitieron la identificación de 88 individuos diferentes. De los cuales, solo una madre y su cría (individuos #60 y #61) fueron avistadas por primera vez el día 18 de febrero, y fueron re-avistadas un día después; pero en ambos días las ballenas se registraron dentro de la bahía de Manzanillo, por lo que apenas se desplazaron en un radio de 2.5 km (Figura IV. 576).

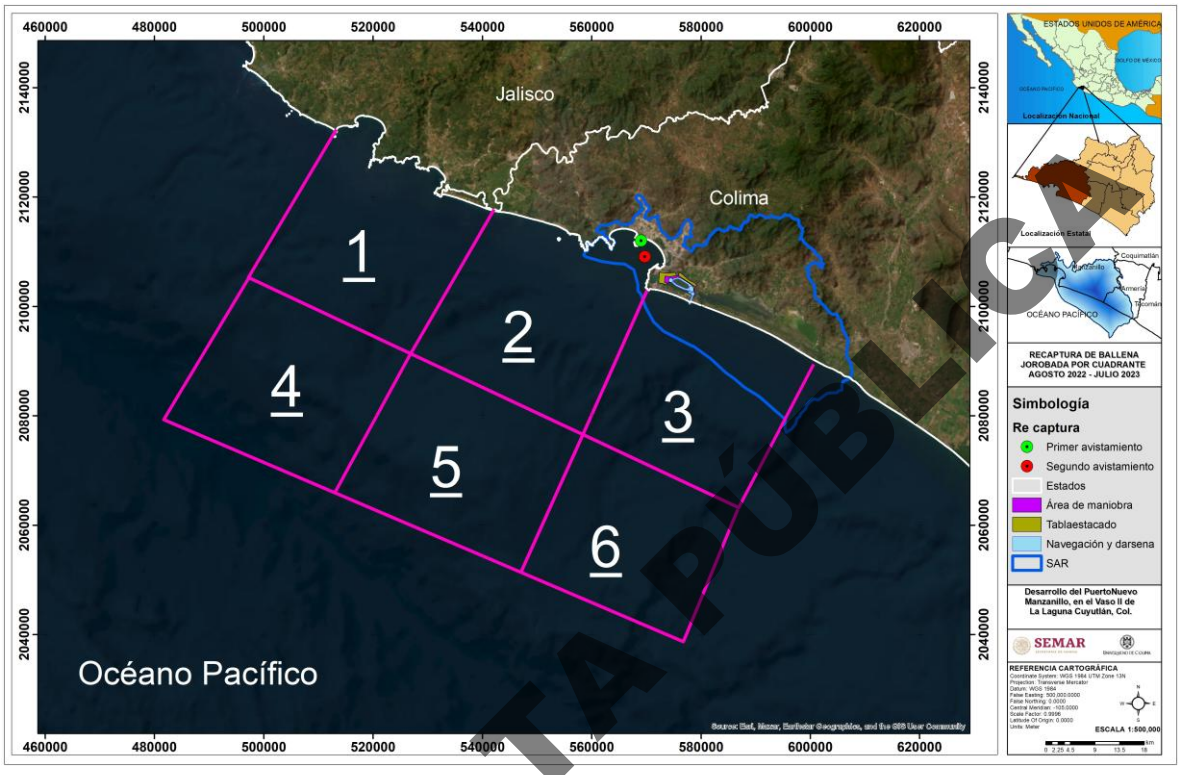


Figura IV. 576. Ubicación geográfica de las ballenas jorobadas foto-recapturadas en la costa de Colima durante el primer periodo (agosto 2022–julio 2023).

CONSULTA PÚBLICA

jorobada, se obtuvieron aproximadamente 13,004 imágenes que permitieron la identificación de 126 individuos diferentes mediante el mismo protocolo; pero solo dos individuos fueron foto-recapturados. La primera fue una madre con cría (individuos #158 y #159) avistadas por primero vez el día 10 de febrero, y fueron vistas nuevamente los días 18, 23 y 24 del mismo mes; pero en sitios diferentes, por primera vez en el cuadrante 2, fuera de la bahía de Santiago, por segunda vez fueron avistados en el cuadrante 1 fuera de la bahía de Melaque, el tercer avistamiento fue en la misma zona que el primero, y el cuarto avistamiento fue dentro de la bahía de Manzanillo, en el cuadrante 2 (circulo color azul en Figura 41). El segundo individuo foto-recapturado fue otra madre con cría (individuos #176 y #177) que se observaron también en el mes de febrero los días 23 y 24, la primera dentro de la bahía de Santiago y la segunda fuera de la misma (circulo color verde en Figura IV. 577).

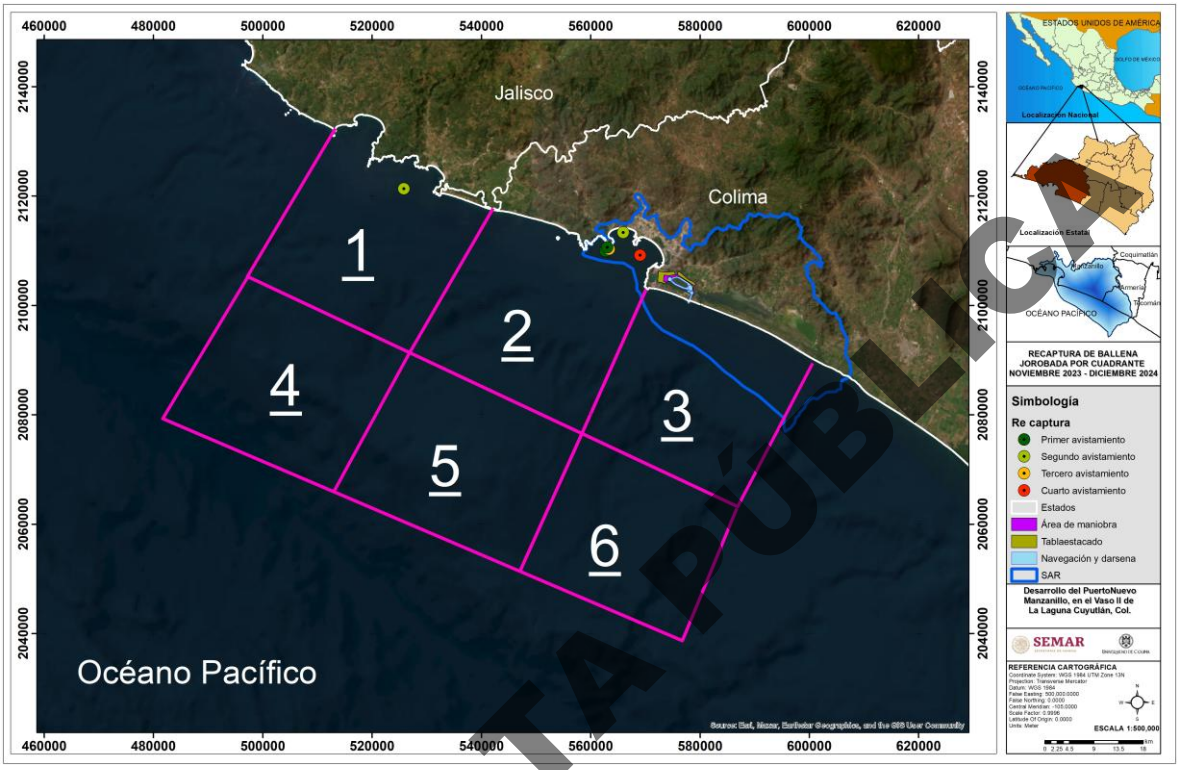


Figura IV. 577. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el segundo periodo (noviembre 2023–diciembre 2024).

Durante el tercer periodo de monitoreo, diciembre 2025–febrero 2026, de los 10 avistamientos de ballena jorobada realizados se logró obtener alrededor de 4,147 imágenes que permitieron la identificación de 52 individuos diferentes. Del total individuos diferenciados durante el tercer periodo se encontró una recaptura, la cual fue de una madre con cría (individuos #244 y #245) avistado por primera vez el 31 de enero de 2026 dentro de la bahía de Manzanillo, y fueron vistas nuevamente el 01 (bahía de Manzanillo), 07 (bahía de Santiago) y 08 de febrero (la Punta de ambas bahías) (Figura IV. 578).

CONSULTA PÚBLICA

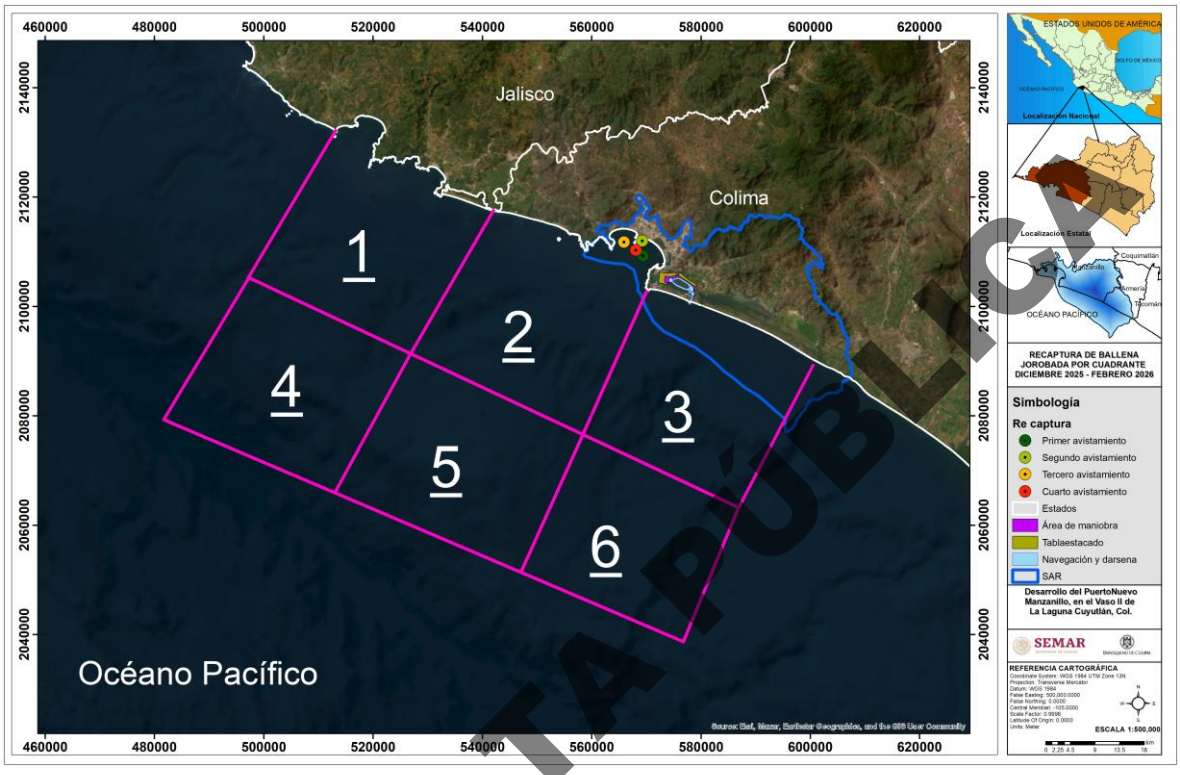


Figura IV. 578. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el tercer periodo (diciembre 2025–febrero 2026).

Con respecto a la determinación de la tasa de retorno de las ballenas jorobadas, se llevó a cabo una comparación fotográfica entre los 265 individuos registrados durante los tres periodos monitoreados. De esta forma se identificó solamente un individuo (#74, Figura IV. 579) avistado por primera vez el 13 de marzo del 2023 (periodo 1) y re-avistado el 11 de febrero de 2024 (periodo 2); en ambos avistamientos se registró formando parte de una agrupación trio de adultos. Durante el primer avistamiento, el individuo fue observado en el cuadrante 3 muy cerca de la costa, frente al canal de Tepalcates. Mientras que, en el segundo avistamiento, fue localizado en el cuadrante 2, frente al faro de campos (Figura IV. 580). Con base en lo anterior, la tasa de retorno de las ballenas foto-identificadas a la región corresponde a un 0.37% para el periodo de estudio.

CONSULTA PÚBLICA

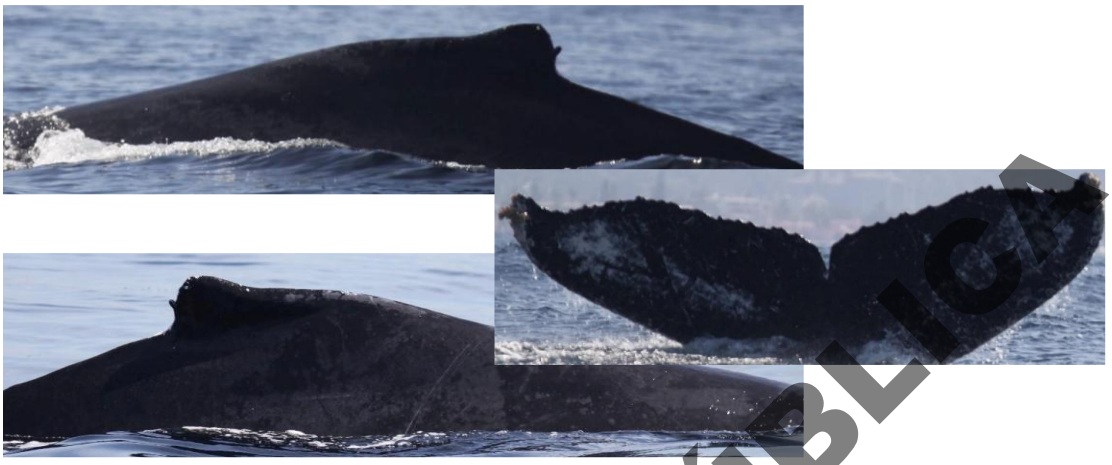


Figura IV. 579. Fotografías de los costados y aleta caudal del individuo #74 de ballena jorobada que retornó a la costa de Colima del periodo 1 (13 marzo 2023) al periodo 2 (11 febrero 2024).

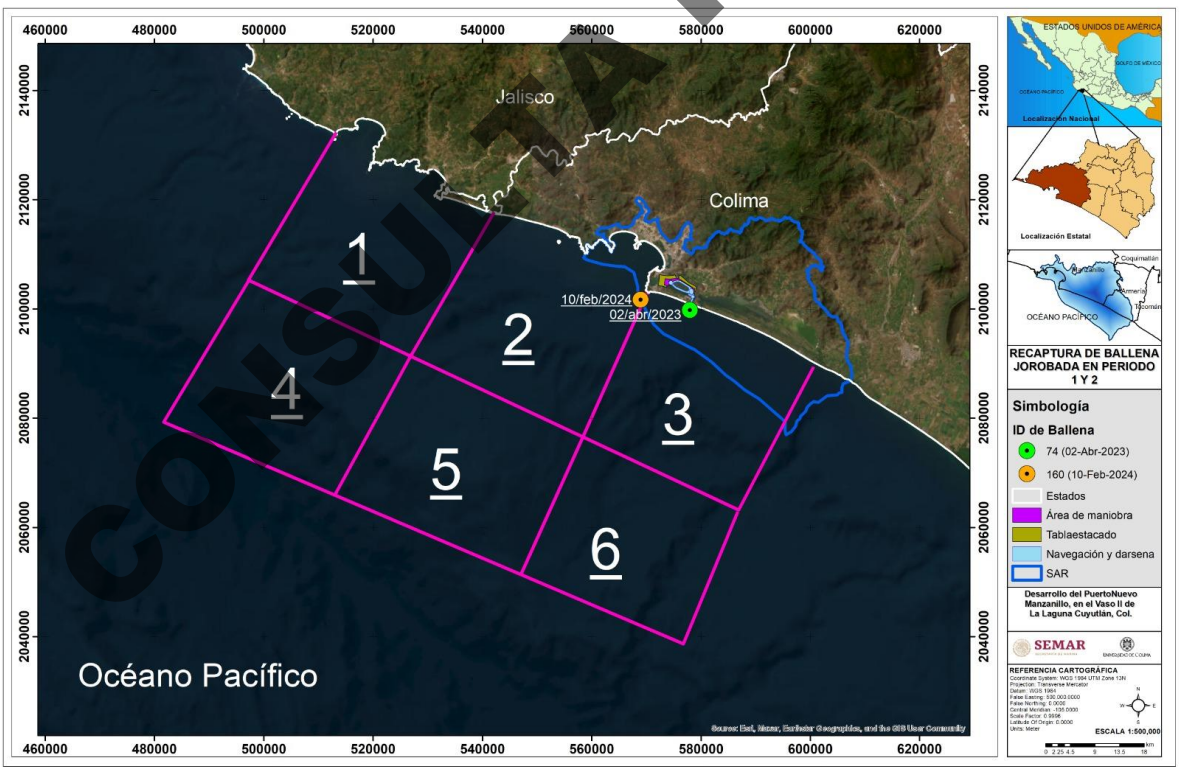


Figura IV. 580. Ubicación geográfica del avistamiento en el periodo 1 (13 marzo 2023) y el re-avistamiento en el periodo 2 (11 febrero 2024) del individuo #74 de ballena jorobada que retornó a la costa de Colima.

CONSULTA PÚBLICA

El mismo ejercicio de foto-identificación se realizó con los delfines avistados en los 3 periodos; a partir de los cuales fue posible identificar a 327 individuos correspondientes a tres especies: delfín moteado, delfín de dientes rugosos y delfín de Risso; siendo el primero el predominante en la región con la identificación de 253 individuos durante los 3 periodos (Tabla IV. 185).

Tabla IV. 185. Número de delfines foto-identificados por especie en cada uno de los periodos de estudio.

Especie	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Delfín moteado (*Stenella attenuata*)	72	51	130
Delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*)	19	32	14
Delfín de Risso (*Grampus griseus*)	0	9	0

Los individuos de delfines identificados durante los 3 periodos de monitoreo mostraron una variación mensual; siendo en los meses de diciembre y enero cuando hubo un número mayor de identificaciones, con 61 y 74 respectivamente. En contraste, los meses de marzo y junio no hubo identificaciones. Mientras que un segundo "pico" de identificaciones en los meses de febrero y agosto (40 y 46, respectivamente) (Figura IV. 581).

En cuanto a la espacialidad, los 253 individuos de delfines moteados fueron foto-identificados principalmente en la zona costera de los cuadrantes 2 y 3, destacando sitios dentro de las bahías de Manzanillo y frente al canal de Tepalcates. Los 65 delfines de dientes rugosos identificados por fotografías estuvieron fuera de las bahías de Manzanillo y frente a la playa de campos, principalmente. Mientras que las identificaciones de los delfines de Risso fueron en un sitio cercano a la zona oceánica frente al canal de Tepalcates (Figura IV. 582).

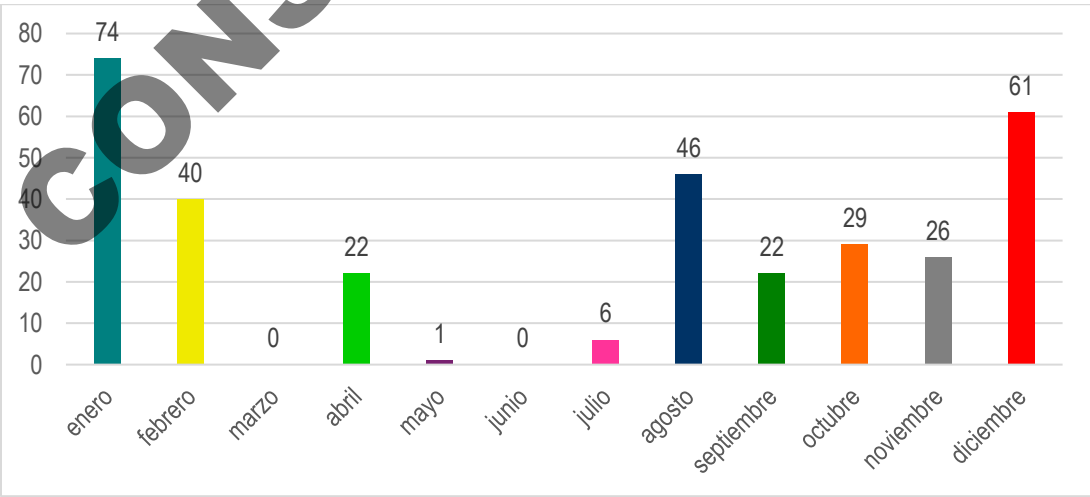


Figura IV. 581. Número total de individuos de delfines foto-identificados por mes durante los 3 periodos de monitoreo.

CONSULTA PÚBLICA

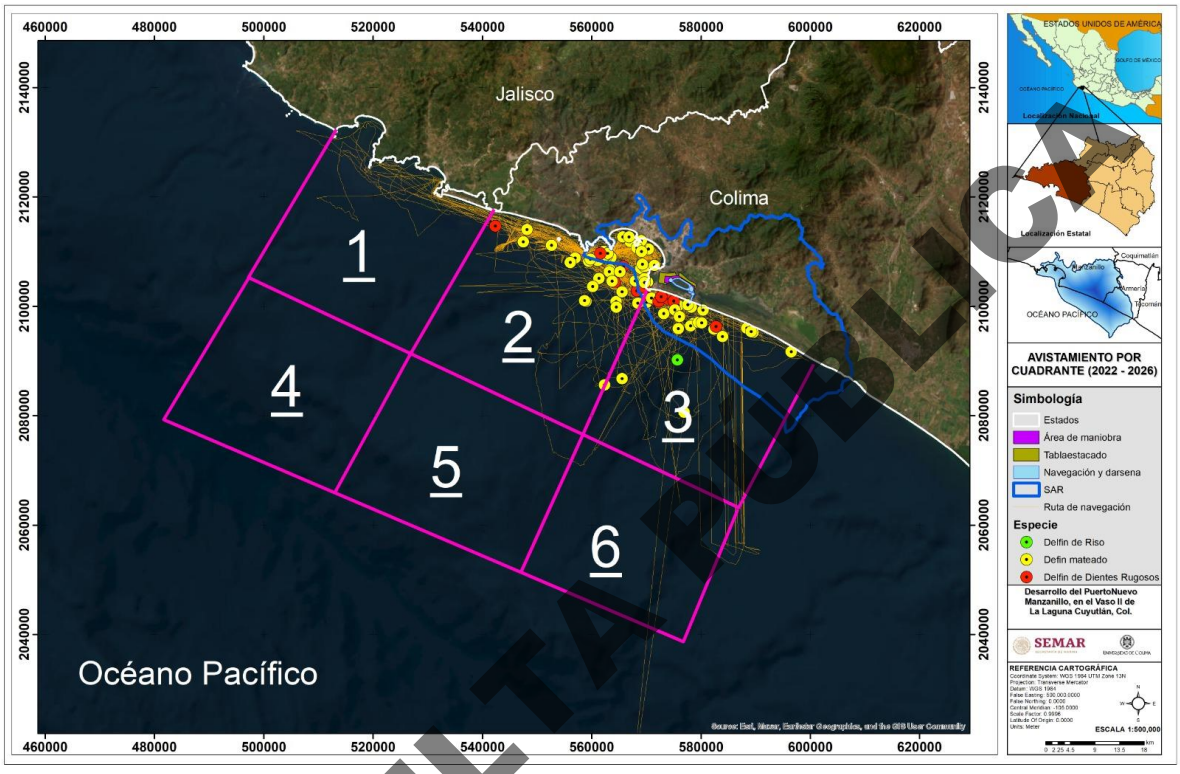


Figura IV. 582 Localización geográfica de los delfines foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo.

De los delfines identificados, solo hubo 12 foto-recapturas de delfines moteados (Figura IV. 583) y 13 de delfines de dientes rugosos (Figura IV. 584) correspondientes a los periodos 1 y 2. Los individuos de delfines moteados mostraron una permanencia promedio de 37.1 días (rango: 1-120 días). Mientras que los individuos de dientes rugosos tuvieron una permanencia promedio de 160.8 días (rango: 32-259 días) (Tabla IV. 186 y Tabla IV. 187).

Tabla IV. 186. Información sobre la permanencia de los individuos de delfines moteados foto-identificados (Sa) durante los tres periodos de monitoreo en los cuadrantes de la costa de Colima.

# ID	Avistamiento	Fecha	Permanencia (días)	Desplazamiento / cuadrantes
Sa 8	1ero	14/10/2022	22	~8.80 km / 2
Sa 8	2do	05/11/2022		
Sa 9	1ro	14/10/2022	22	~8.80 km / 2
Sa 9	2do	05/11/2022		
Sa 10	1ro	14/10/2022	50	~6.30 km / 2 y 3
Sa 10	2do	03/12/2022		

CONSULTA PÚBLICA

# ID	Avistamiento	Fecha	Permanencia (días)	Desplazamiento / cuadrantes
Sa 13	1ro	14/10/2022	22	~8.80 km / 2
Sa 13	2do	05/11/2022		
Sa 17	1ro	15/10/2022	21	~14.90 km / 2 y 3
Sa 17	2do	05/11/2022		
Sa 21	1ro	18/10/2022	18	~20.20 km / 2 y 3
Sa 21	2do	05/11/2022		
Sa 24	1ro	19/10/2022	55	~7.20 km / 2
Sa 24	2do	13/12/2022		
Sa 27	1ro	19/10/2022	17	~1 km / 2
Sa27	2do	05/11/2022		
Sa 35	1ro	05/11/2022	1	~9.20 km / 2
Sa 35	2do	06/11/2022		
Sa 64	1ro	29/06/2024	120	~15.70 km / 2
Sa 64	2do	27/10/2024		
Sa 75	1ro	18/08/2024	63	~28.90 km / 2 y 3
Sa 75	2do	20/10/2024		
Sa 79	1ro	20/10/2024	34	~30.40 km / 2 y 3
Sa 79	2do	23/11/2024		

CONSULTA PÚBLICA

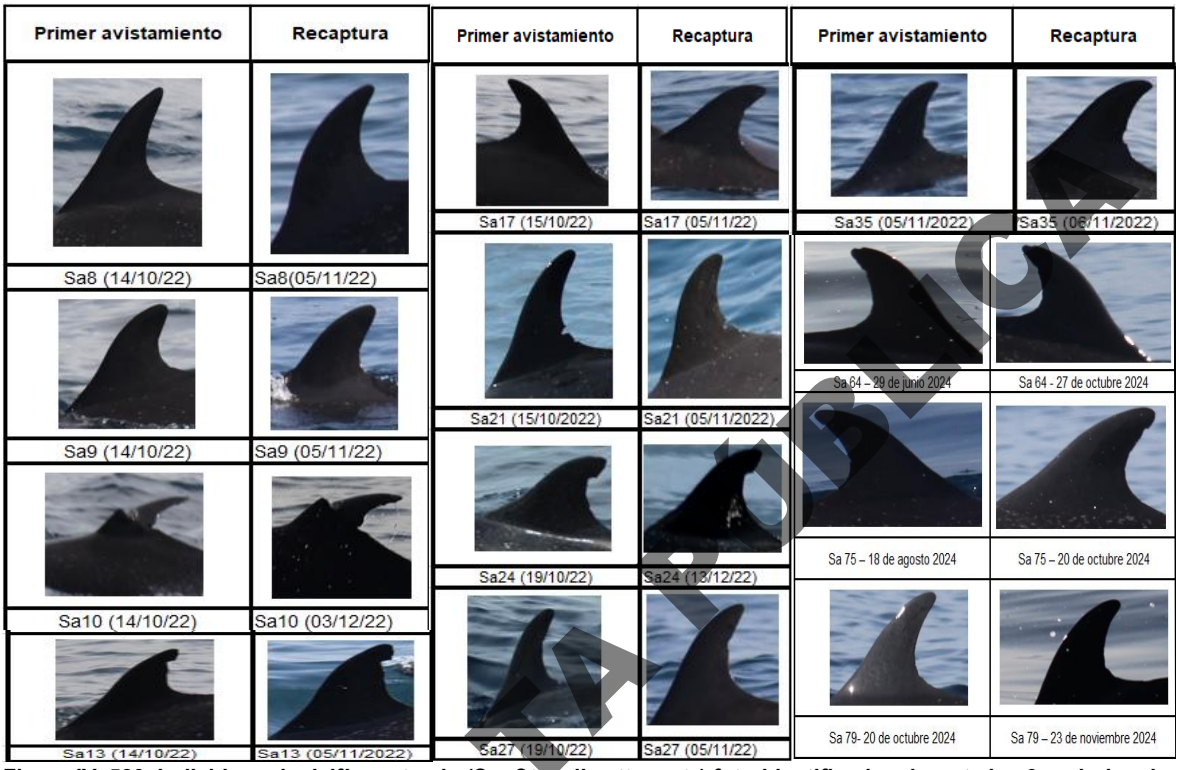


Figura IV. 583. Individuos de delfín moteado (Sa, *Stenella attenuata*) foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Colima, con su respectiva fecha de primer avistamiento y su recaptura.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 187. Información sobre la permanencia de los individuos de delfines de dientes rugosos foto-identificados (Sb) durante los tres periodos de monitoreo en los cuadrantes de la costa de Colima.

# ID	Avistamiento	Fecha	Permanencia (días)	Desplazamiento / cuadrantes
Sb 01	1ero	25/11/2023	70	~2.50 km / 2
Sb 01	2do	03/02/2024		
Sb 05	1ero	03/02/2024	259	~1.50 km / 2
Sb 05	2do	19/10/2024		
Sb 07	1ero	03/02/2024	259	~1.50 km / 2
Sb07	2do	19/10/2024		
Sb 09	1ero	03/02/2024	179	~6 km / 2 y 3
Sb 09	2do	31/07/2024		
Sb 11	1ero	03/02/2024	179	~6 km / 2 y 3
Sb 11	2do	31/07/2024		
Sb 12	1ero	03/02/2024	259	~1.50 km / 2
Sb 12	2do	19/10/2024		

# ID	Avistamiento	Fecha	Permanencia (días)	Desplazamiento / cuadrantes
Sb 16	1ero	03/02/2024	178	~6 km / 2 y 3
Sb 16	2do	30/07/2024		
Sb 18	1ero	03/02/2024	259	~1.5 km / 2
Sb18	2do	19/10/2024		
Sb 25	1ero	29/06/2024	112	~3.65 km / 2 y 3
Sb 25	2do	19/10/2024		
Sb 26	1ero	29/06/2024	112	~3.65 km / 2 y 3
Sb 26	2do	19/10/2024		
Sb 28	1ero	29/06/2024	32	~2.80 km / 3
Sb 28	2do	31/07/2024		
Sb 30	1ero	29/06/2024	32	~2.76 km / 3
Sb 30	2do	31/07/2024		

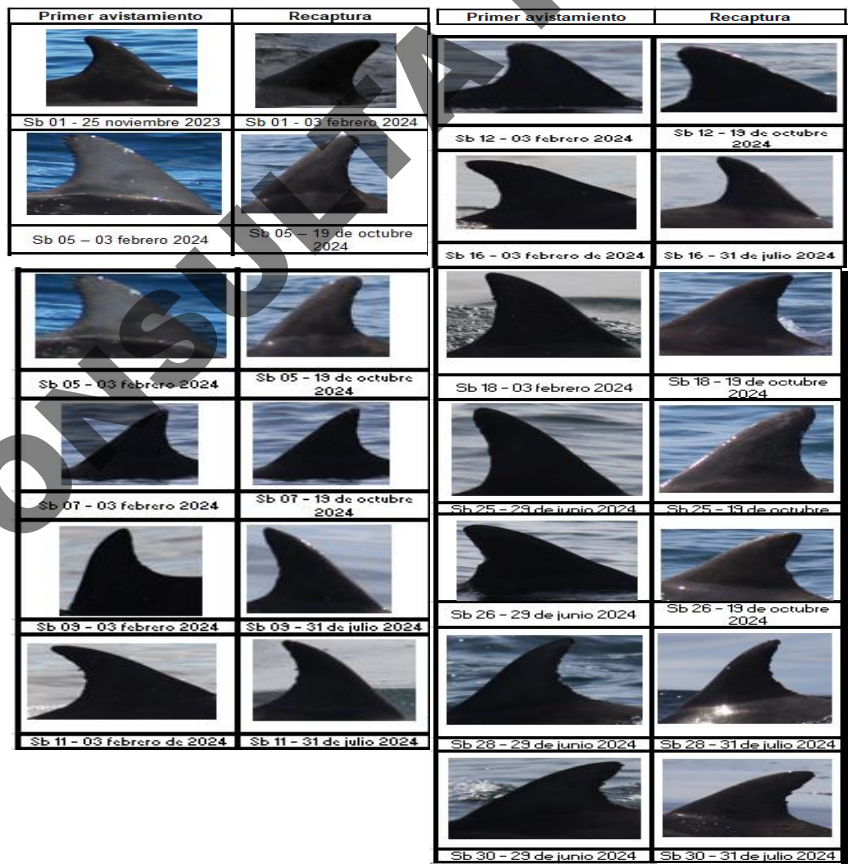


Figura IV. 584. Individuos de delfín de dientes rugosos (Sb, *Steno bredanensis*) foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Colima, con su respectiva fecha de primer avistamiento y su recaptura.

CONSULTA PÚBLICA

En el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023, solo ocurrieron 9 foto-recapturas de delfines moteados; con una distancia promedio de 13.3 km (rango: 1-30.4 km), observándose un uso importante del hábitat de las bahías de Manzanillo y en el frente adyacente al canal de Tepalcates (Figura IV. 585).

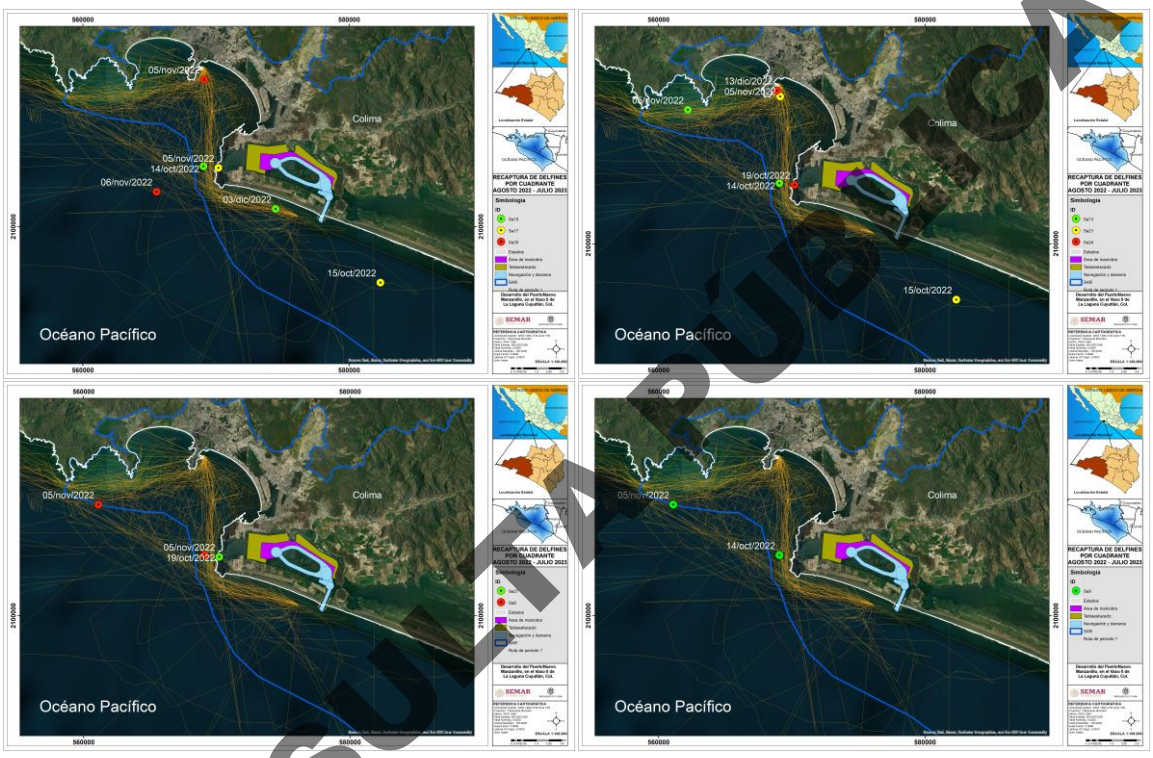


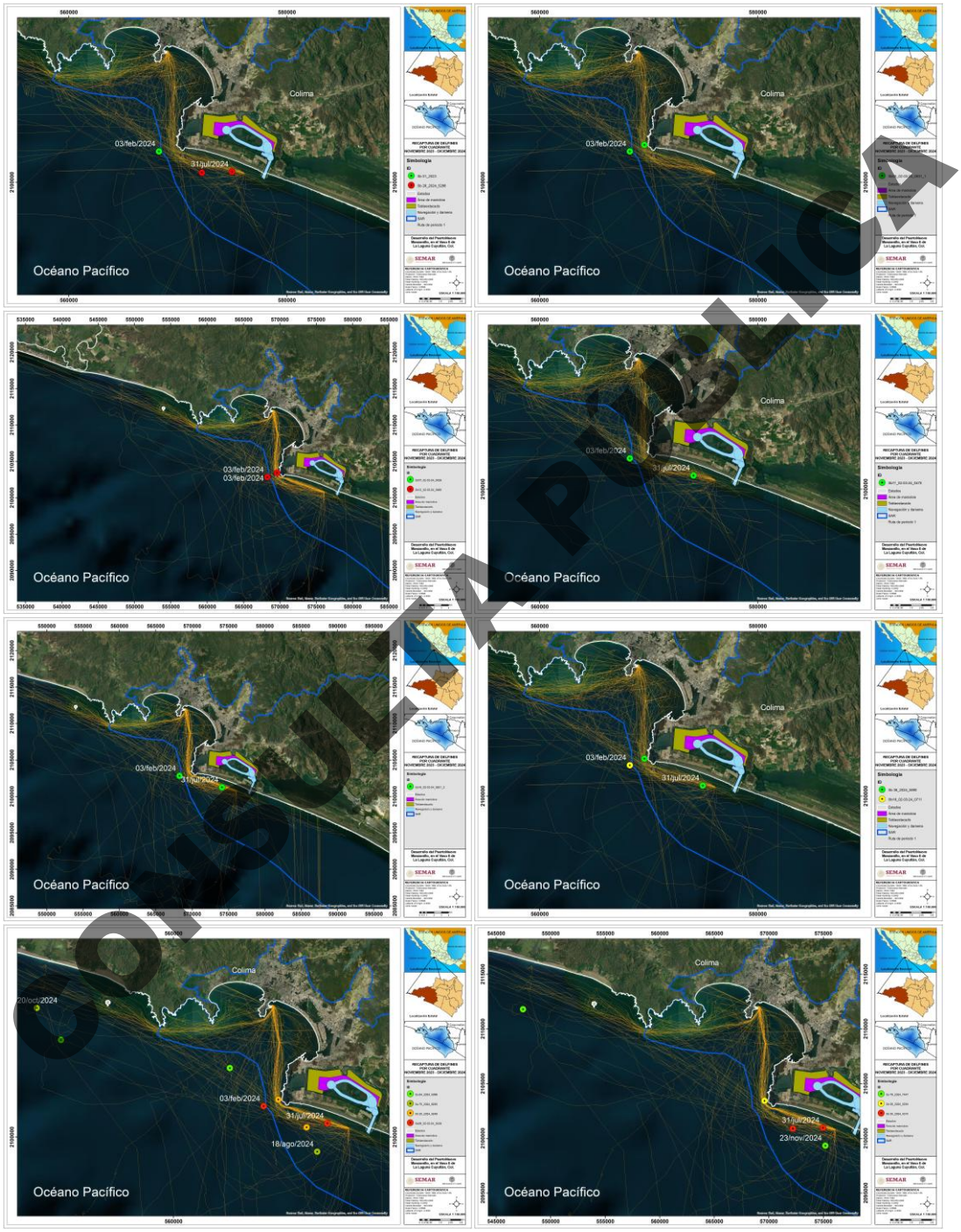
Figura IV. 585. Ubicación de los delfines moteados foto-recapturados durante el primer periodo de monitoreo (agosto 2022–julio 2023). Dentro de cada mapa se indica la fecha de cada avistamiento por color para cada individuo.

CONSULTA PÚBLICA

Mientras que en el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024, ocurrieron 13 foto-recapturas de delfines de dientes rugosos y 3 foto-recapturas de delfines moteados; con una distancia promedio de 3.28 km (rango: 1.5-6 km), y en esta ocasión observándose un uso importante del hábitat fuera de las bahías de Manzanillo, particularmente de la punta del faro de campos hacia el frente adyacente al canal de Tepalcates (Figura IV. 586).

Durante el periodo 3 no hubo delfines foto-recapturados.

En cuanto a la determinación de la tasa de retorno, las 12 foto-recapturas de delfines moteados y las 13 de delfines de dientes rugosos fueron dentro los periodos, lo que indica una permanencia temporal de varios días en la zona de influencia durante el periodo de muestreo. Sin embargo, al no registrarse estos mismos individuos en años subsecuentes (no foto-recapturados), la tasa de retorno interanual se determinó en 0% para el periodo de estudio.



COPIA PÚBLICA

Figura IV. 586. Ubicación de los delfines moteados y de dientes rugosos foto-recapturados durante el periodo 2 (noviembre 2023-diciembre 2024). Dentro de cada mapa se indica la fecha de cada avistamiento por color para cada individuo.

IV.3.17.8 Atributos ecológicos de quelonios marinos

IV.3.17.8.1 Riqueza de especies de quelonios marinos en la zona marina

La riqueza de quelonios marinos registrada en la zona marina durante los 3 periodos fue de dos especies, con una predominancia de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) con 441 registros, seguida por la tortuga prieta (*Chelonia mydas agassizii*) con 76 registros (Tabla IV. 188).

Tabla IV. 188. Registros de tortugas marinas por especie en la zona marina de la costa de Colima durante los 3 periodos de monitoreo.

Especie	Periodo 1 (Ago 2022-Jul 2023)	Periodo 2 (Nov 2023-Dic 2024)	Periodo 3 (Dic 2025-Feb 2026)	Total
Lepidochelys olivacea	198	214	29	441
Chelonia mydas agassizii	38	34	4	76
No identificada	83	101	33	217

Durante el primer periodo, agosto 2022-julio 2023, se avistaron 319 quelonios marinos, de manera en que el 62% (n=198) correspondieron a la especie de tortuga golfina, el 11% (n=38) a tortuga prieta y el 26% (n=83) no fueron identificadas. De acuerdo con la distribución espacial, 151 tortugas se ubicaron en el cuadrante 2, 110 tortugas en el cuadrante 3 y 6 tortugas en el cuadrante 1 (Figura IV. 587).

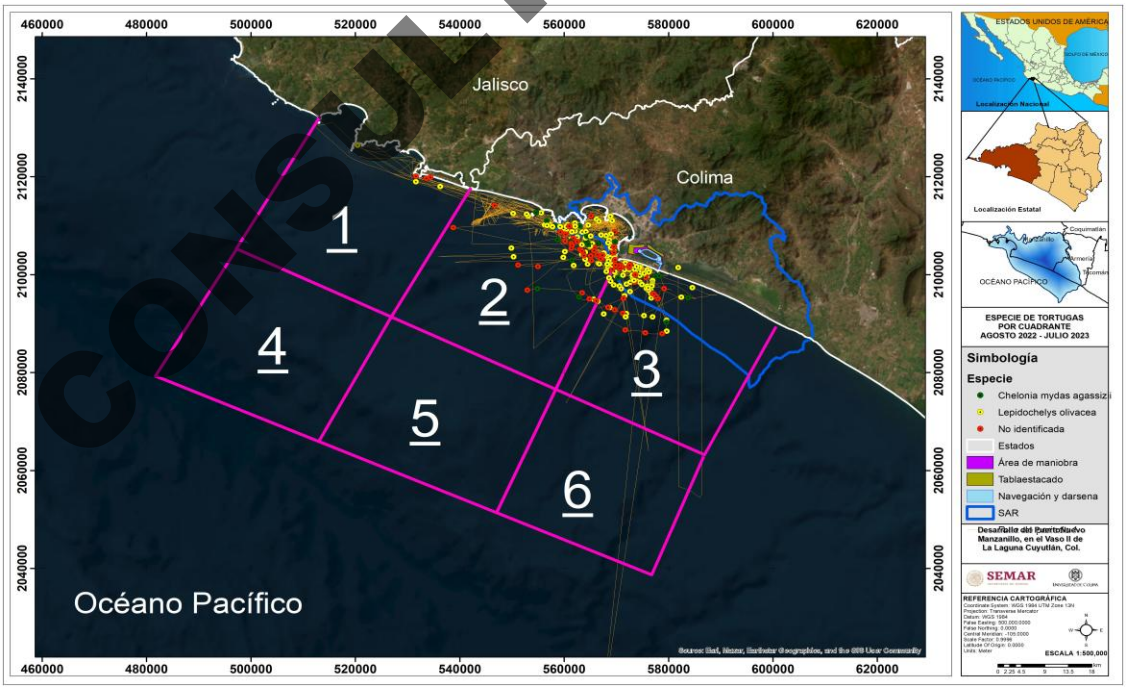


Figura IV. 587. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA

Durante el segundo periodo, noviembre 2023-diciembre 2024, se avistaron 349 quelonios marinos, los cuales el 61% (n=214) correspondieron a la especie de tortuga golfina, 10% (n=34) a tortuga prieta y el 29% (n=101) no identificadas. Con respecto a la distribución espacial, 21 tortugas se ubicaron en el cuadrante 1, 161 tortugas en el cuadrante 2, 134 tortugas en el cuadrante 3, 2 en el cuadrante 5 y 2 tortugas en el cuadrante 6 (Figura IV. 588).

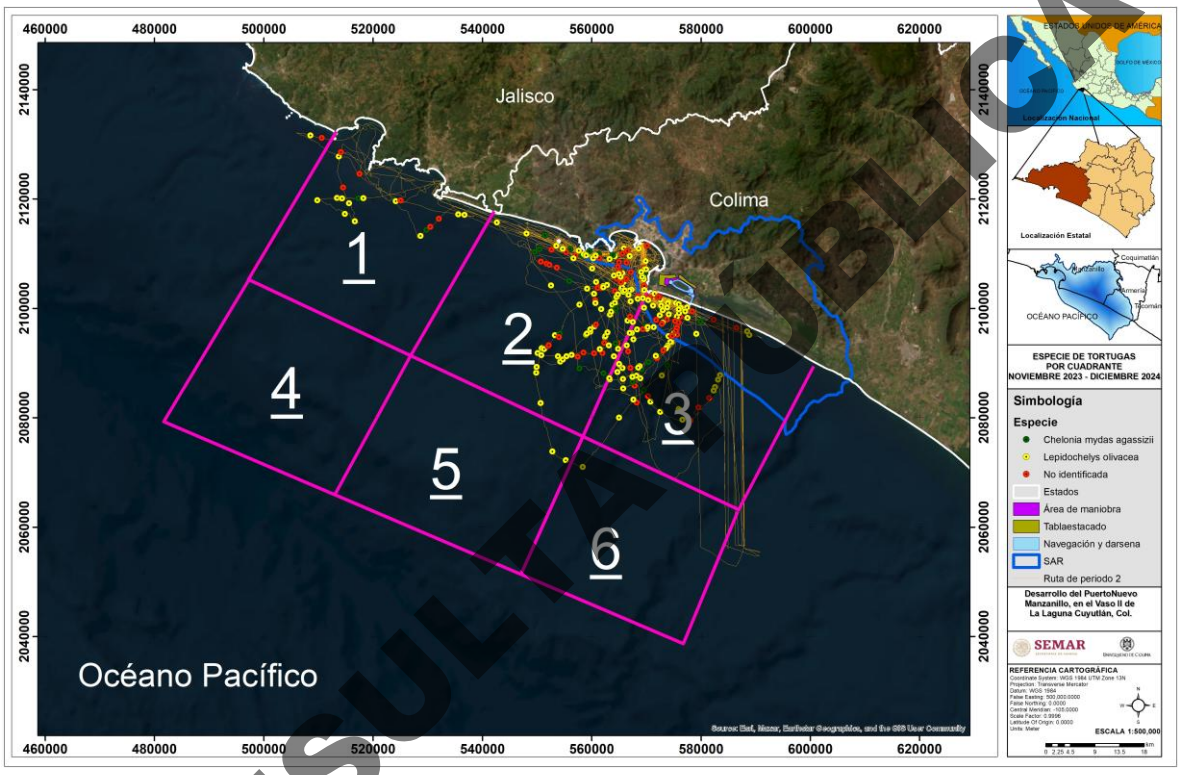


Figura IV. 588. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.

Finalmente, durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026, se registraron 66 tortugas marinas, de las cuales el 44% (n=29) correspondieron a tortuga golfina, 6% (n=4) a tortuga prieta y el 50% (n=33) no fueron identificadas. Con respecto a la distribución espacial, 48 tortugas se ubicaron en el cuadrante 3, 13 en el cuadrante 2 y 1 tortuga en el cuadrante 1 (Figura IV. 589).

CONSULTA PÚBLICA

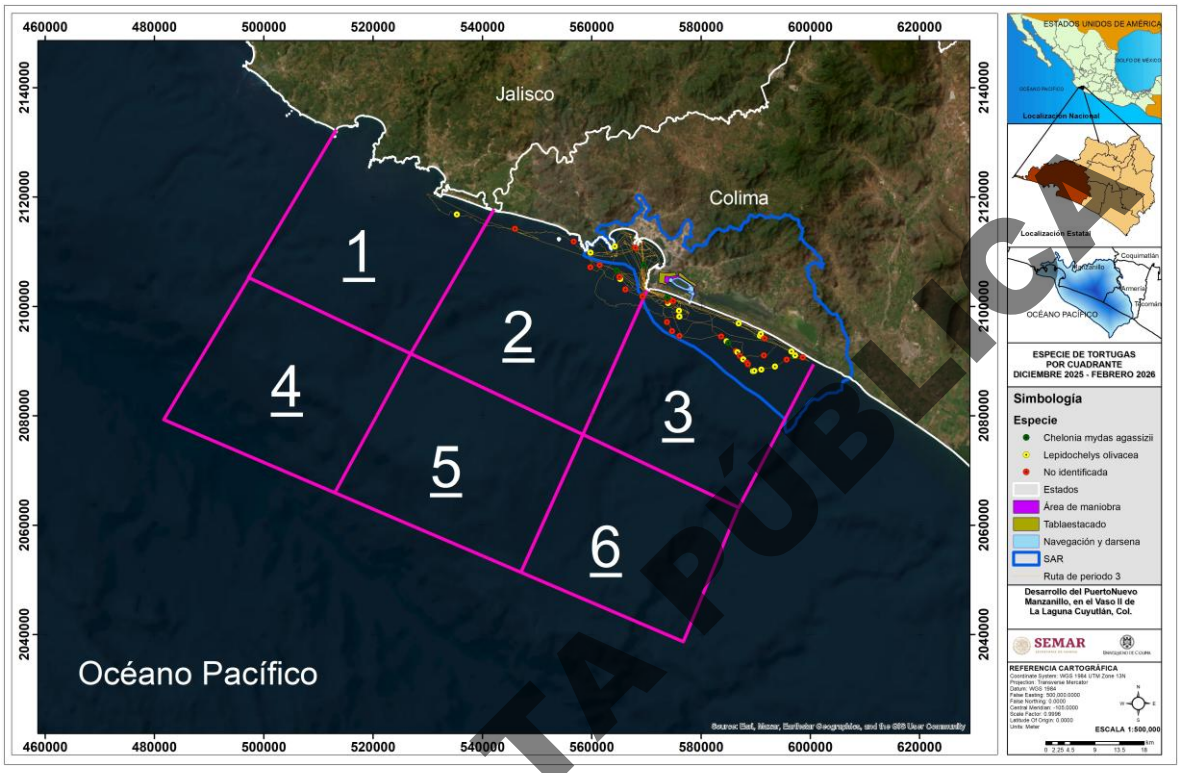


Figura IV. 589. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026.

La tasa de avistamiento calculada sugiere que la densidad de tortugas en general fue 0.84 tortugas/ km; siendo mayor (TA= 0.43 tortugas/km) durante el periodo 2 (noviembre 2023-diciembre 2024) y en el cuadrante 3 (TA=0.39 tortugas/km) (Tabla IV. 189).

Tabla IV. 189. Tasa de avistamiento de tortugas marinas en los cuadrantes de la zona marina de la costa de Colima durante los 3 periodos de monitoreo.

Cuadrante	Periodo 1 (Ago 2022-Jul 2023)	Periodo 2 (Nov 2023-Dic 2024)	Periodo 3 (Dic 2025-Feb 2026)	Total
1	0.0171	0.0612	0.0370	0.115
2	0.0406	0.0555	0.0254	0.121
3	0.1556	0.1094	0.1270	0.392
4	0	0	0	0
5	0	0.1333	0	0.133
6	0	0.0800	0	0.08
Total	0.2133	0.4394	0.1894	**0.84**

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.8.2 Distribución de quelonios marinos por sexo y eventos de cópulas en la zona marina

Durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023, principalmente de la tortuga golfina se distinguieron 67 machos y 54 hembras; siendo identificados 36 machos y 31 hembras en el cuadrante 2; 29 machos y 23 hembras en el cuadrante 3; mientras que en el cuadrante 1 se registraron solo 2 machos (Figura IV. 590).

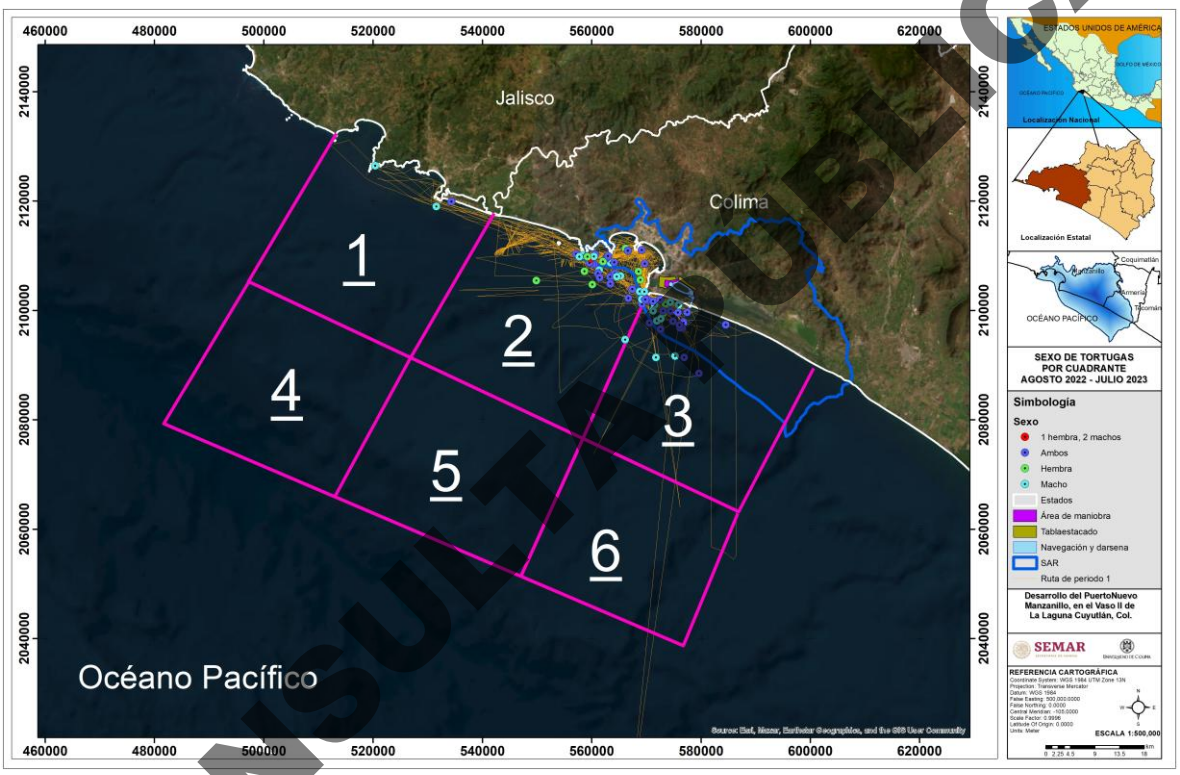


Figura IV. 590. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023.

Con respecto al comportamiento, se obtuvieron 46 registros, de los cuales 26 correspondieron a cópulas y 20 a actividades de cortejo. Respecto a la distribución espacial de estas actividades, en el cuadrante 3 se registraron 13 cópulas y 8 actividades de cortejo, mientras que en el cuadrante 2 se registró 12 cópulas y 12 actividades de cortejo y finalmente una sola cópula en el cuadrante 1 (Figura IV. 591).

CONSULTA PÚBLICA

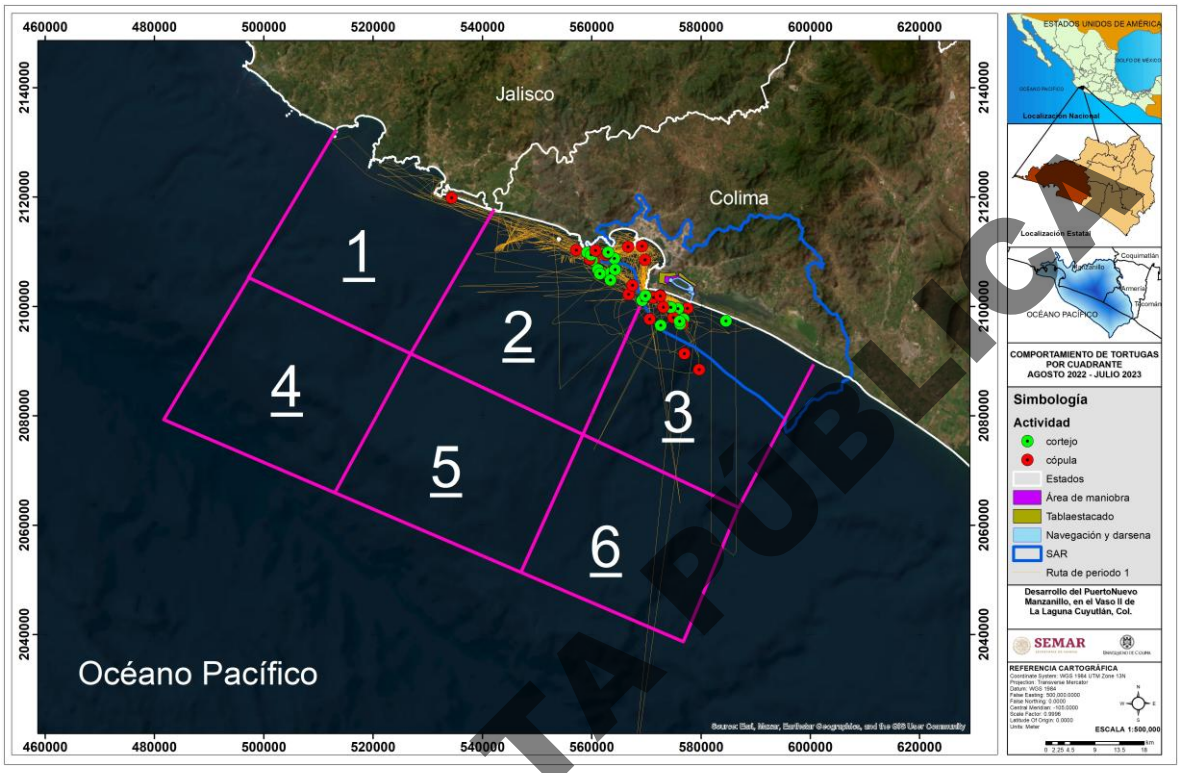


Figura IV. 591. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023.

Para el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024, se distinguieron 71 machos y 35 hembras principalmente de tortugas golfinas; de los cuales 35 machos y 17 hembras estuvieron en el cuadrante 2, 30 machos y 18 hembras en el cuadrante 3, 5 machos en el cuadrante 1 y 1 macho en el cuadrante 6 (Figura IV. 592).

CONSULTA PÚBLICA

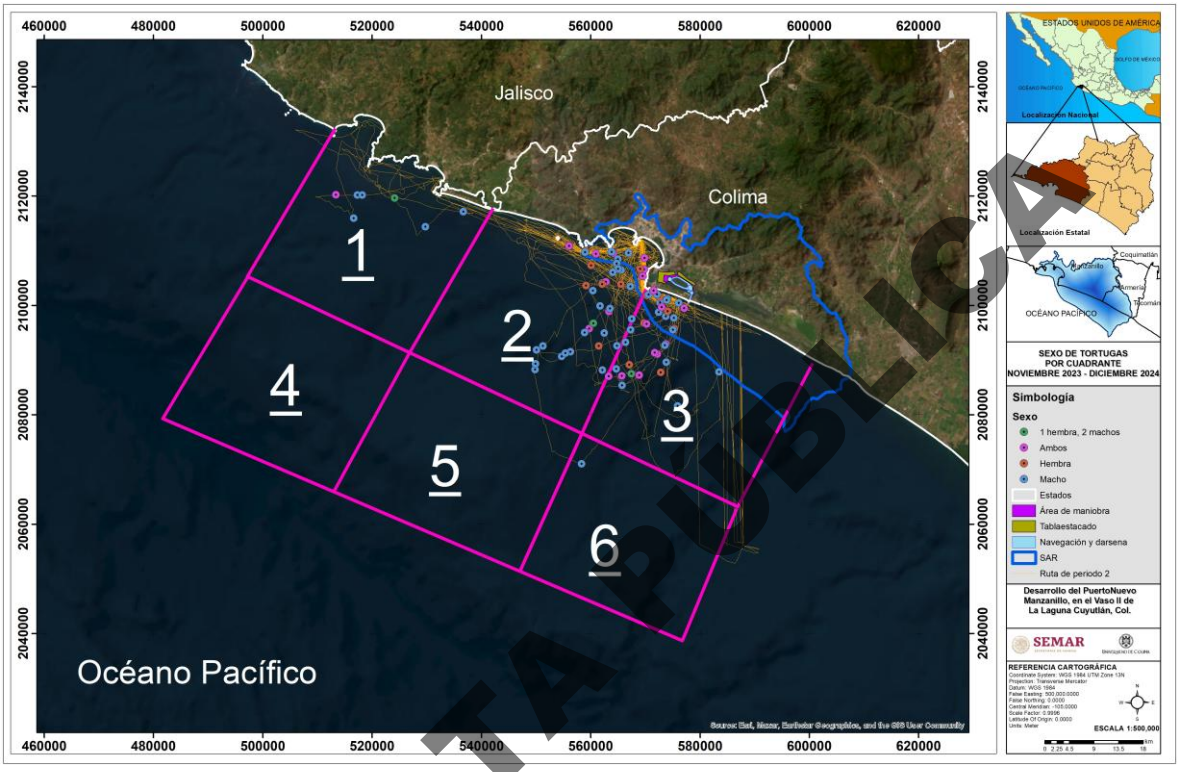


Figura IV. 592. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.

Con respecto al comportamiento en este periodo 2, se obtuvieron 24 registros, de los cuales 11 fueron cópulas y 13 actividades de cortejo. Respecto a la distribución espacial de estas actividades, en el cuadrante 3 se registraron 6 cópulas y 6 actividades de cortejo, mientras que en el cuadrante 2 se registraron 5 cópulas y 5 actividades de cortejo y finalmente 2 actividades de cortejo en el cuadrante 1 Figura IV. 593).

CONSULTA PÚBLICA

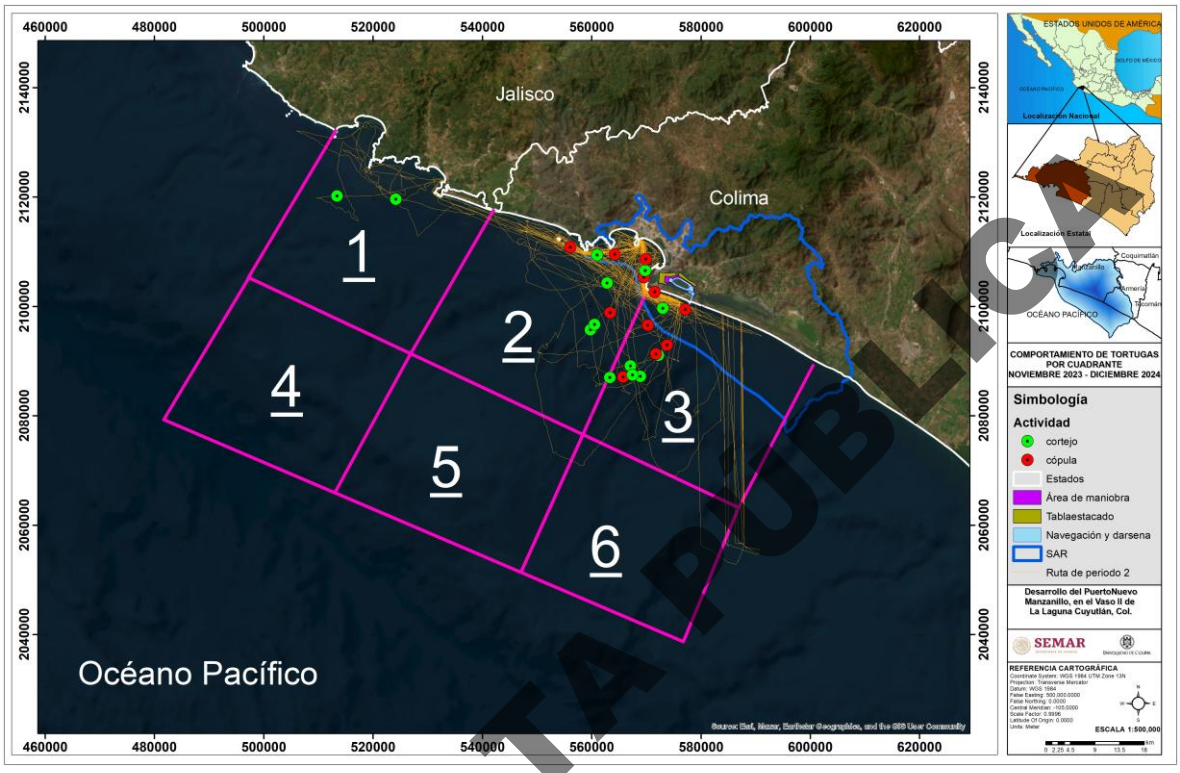


Figura IV. 593. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.

Finalmente, en el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026, se lograron distinguir 5 machos y 4 hembras principalmente de tortugas golfinas, presentándose 4 machos y 4 hembras en el cuadrante 3; mientras que en el cuadrante 2 solo se identificó 1 macho (Figura IV. 594).

CONSULTA PÚBLICA

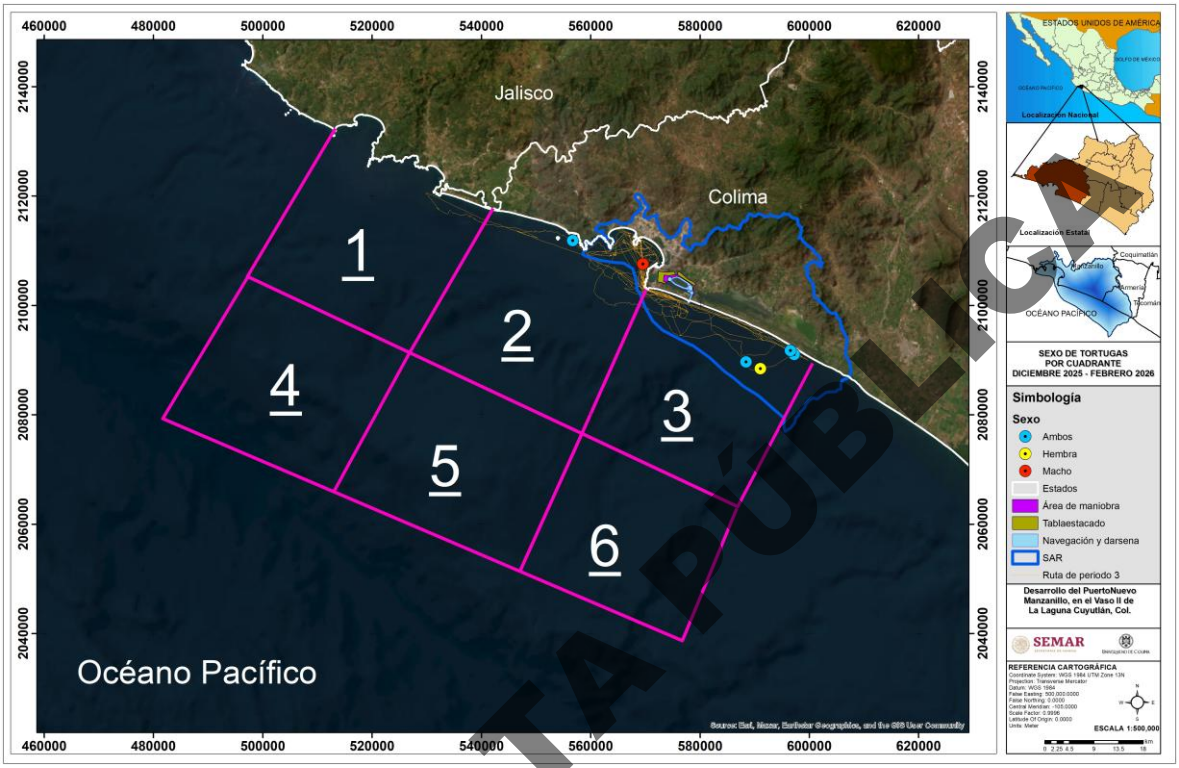


Figura IV. 594. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026.

En el comportamiento registrado únicamente se obtuvieron 2 eventos de cópula y 2 de cortejo. En el cuadrante 3 ocurrieron las 2 cópulas y 1 actividad de cortejo, mientras que la otra actividad de cortejo fue en el cuadrante 2 (Figura IV. 595).

CONSULTA PÚBLICA

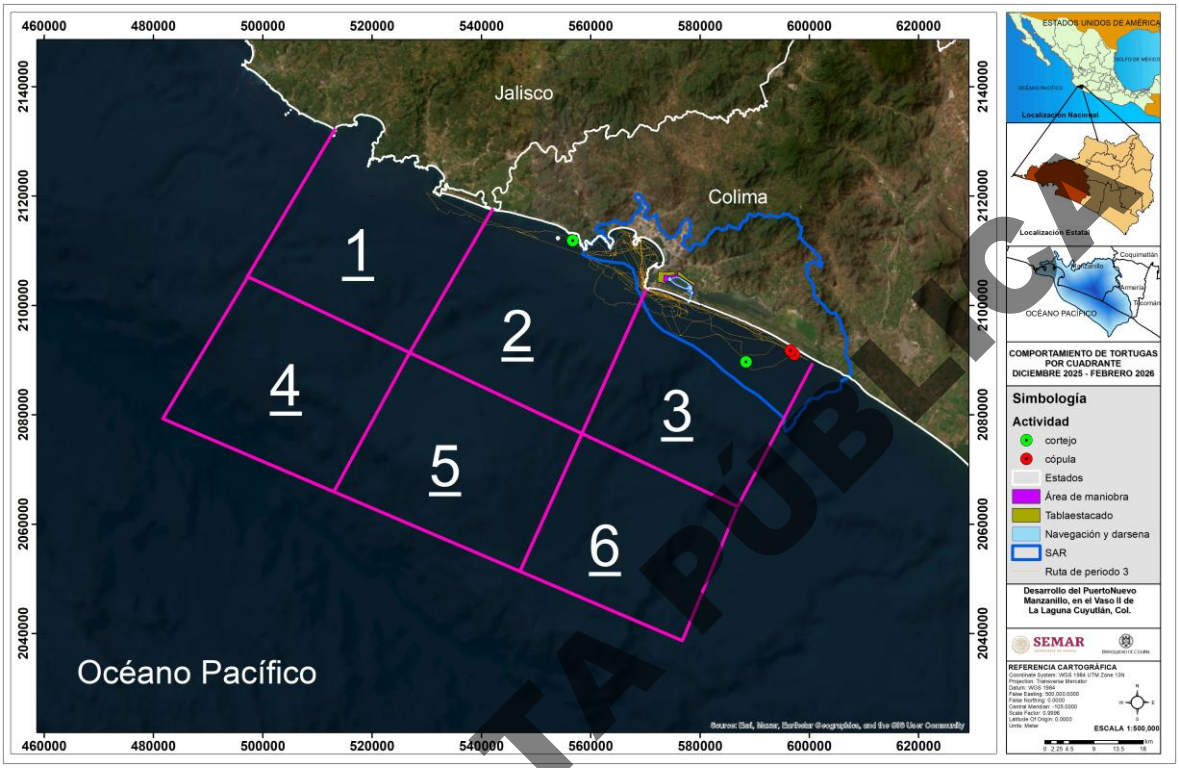


Figura IV. 595. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, diciembre 2025-febrero 2026.

IV.3.17.8.3 Anidaciones de las especies de quelonios marinos en playas de la región

IV.3.17.8.3.1 Anidaciones en playas de Manzanillo

La riqueza de quelonios registrada para la zona de Manzanillo a través de la contabilidad de nidos protegidos durante los años comprendidos de 2022-2025 fue de tres especies, teniendo una prevalencia en cantidad de nidos de la especie tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) con 6,990 registros y la tortuga laúd, la menos frecuente con solo 21 registros (Tabla IV. 190).

Tabla IV. 190. Cantidad de nidos protegidos por especie durante 2022-2025 en la bahía de Manzanillo

Especie	2022	2023	2024	2025	Total
Lepidochelys olivacea	1,825	1,864	1,230	2,071	6,990
Chelonia m. agassizii	23	101	8	48	180
Dermochelys coriacea	0	6	1	14	21

CONSULTA PÚBLICA

Las anidaciones por temporada en la bahía de Manzanillo mostraron este patrón. En el año 2022 se registraron 1,848 nidos protegidos, de los cuales predominaron los de la tortuga golfina con 1,825 nidos reportados (98.76%), a diferencia de la tortuga prieta, de la cual se registraron 23 nidos (1.24%). Los meses de mayor anidación fueron agosto (n=695), septiembre (n=518) y octubre (n=225), representando el 78% del total. Durante el 2023, se reportó un incremento de nidos protegidos, con un total de 1,971 nidos, registrándose de igual forma la predominancia de la tortuga golfina (1,864 nidos, 94.6%) seguida la tortuga prieta (101 nidos, 5.1%) y finalmente la tortuga laúd (6 nidos, 0.3%). De igual forma, el mes que registró un número mayor de nidos fue agosto con 685 (35%), seguido septiembre con 383 (19%) y julio con 271 nidos (14%). En el año 2024 se reflejó una reducción en la anidación, contabilizándose 1,239 nidos en total, de los cuales el 99.3% (n=1,230) correspondieron a tortuga golfina, 0.6% a tortuga prieta (n=8) y solo 1 (0.1%) de tortuga laúd. Al contrario de la tendencia de las temporadas anteriores, septiembre fue el mes con más nidos (380 nidos, 30.7%), seguido agosto (341 nidos, 27.5%) y octubre (229 nidos, 18.5%). Finalmente, en el año 2025 hubo un notable incremento en el número de nidos n= 2,133; la tortuga golfina representó el 97.1% (n=2,071) de los nidos protegidos, la tortuga prieta el 2.3% (n=48) y además se registró un incremento de anidación de la tortuga laúd, con 14 nidos (0.7%). Con respecto al número de nidos por mes, agosto representó el 34.13% (n=728) del total, mientras que septiembre el 25.55% (n= 545) y octubre el 10.97% (n=234) (Figura IV. 596).

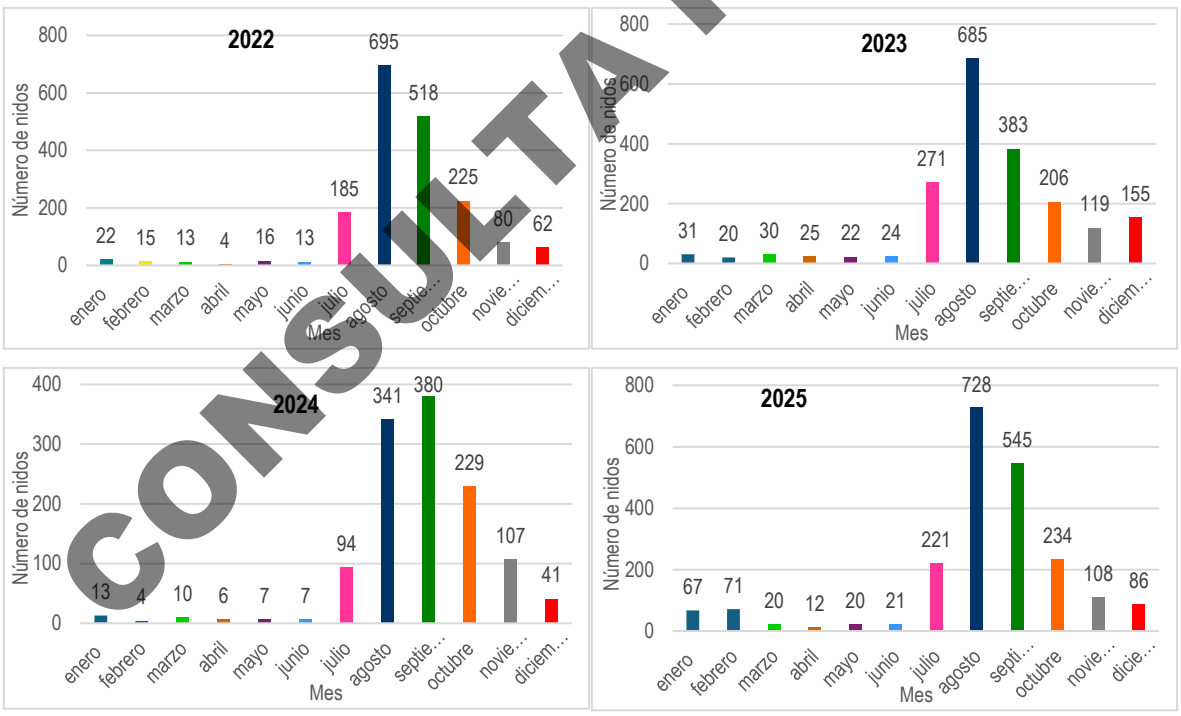


Figura IV. 596. Nidos protegidos por mes en la bahía de Manzanillo durante la temporada 2022, 2023, 2024 y 2025.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.8.3.2 Anidaciones en playa de Cuyutlán

La riqueza de quelonios registrada en las 10 zonas de la playa de Cuyutlán a través de la contabilidad de nidos protegidos durante los años 2023-2025 fue de tres especies, teniendo una prevalencia en cantidad de nidos de la especie tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) con 3,211 registros y la tortuga laúd, la menos frecuente con solo 20 registros (Tabla IV. 191).

Tabla IV. 191. Cantidad de nidos protegidos por especie durante 2023-2025 en la playa de Cuyutlán

Especie	2023	2024	2025	Total
Lepidochelys olivacea	1,049	1,001	1,161	3,211
Chelonia m. agassizii	6	5	16	27
Dermochelys coriacea	3	7	10	20

Las anidaciones por temporada tuvieron el siguiente patrón. Durante el año 2023 se registraron 1,058 nidos protegidos, de los cuales el 99.1% correspondió a la tortuga golfina (1,049 nidos), mientras que la tortuga prieta y la tortuga laúd representaron apenas el 0.6% y 0.3%, respectivamente (Tabla IV. 192). Un análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p < 0.05$) y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) mostró que tales diferencias fueron por los datos de la tortuga golfina respecto a las demás. Los meses con mayor número de nidos protegidos fueron agosto (362 nidos), septiembre (341) y julio (136), que en conjunto aportaron el 80% del total anual, siendo estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) principalmente los meses de agosto y septiembre (prueba de Tukey: $p < 0.05$) (Tabla IV. 193). Las zonas más relevantes fueron la zona 4 (230 nidos), la zona 3 (159) y la zona 10 (152), en las se recolectaron la mayor cantidad de nidos, pero sin ser estadísticamente diferentes ($p > 0.05$) (Tabla IV. 192).

Tabla IV. 192. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en las zonas de la playa de Cuyutlán durante el año 2023.

Zona	*Chelonia m. agassizii*	*Dermochelys coriacea*	*Lepidochelys olivacea*	Total
1	0	0	31	31
2	4	0	69	73
3	0	0	159	159
4	2	3	225	230
5	0	0	119	119
6	0	0	15	15
7	0	0	63	63
8	0	0	86	86
9	0	0	130	130
10	0	0	152	152
TOTAL	**6**	**3**	**1,049**	**1,058**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 193. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en los meses del 2023 en las diversas zonas de la playa de Cuyutlán.

Zona	*Chelonia m. agassizii*	*Dermochelys coriacea*	*Lepidochelys olivacea*	Total
Enero	1	3	1	5
Febrero	0	0	9	9
Marzo	1	0	13	14
Abril	0	0	4	4
Mayo	0	0	1	1
Junio	0	0	14	14
Julio	0	0	136	136
Agosto	0	0	362	362
Septiembre	0	0	341	341
Octubre	0	0	163	163
Noviembre	0	0	4	4
Diciembre	4	0	1	5
TOTAL	6	3	1,049	1,058

En el año 2024 se contabilizaron 1,013 nidos protegidos, con predominio de tortuga golfina (1,001 nidos, 98.8%), seguida por tortuga laúd (7 nidos) y tortuga prieta (5 nidos), el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p < 0.05$) y la prueba de Tukey mostró que la golfina fue la causante de tales diferencias ($p < 0.05$). Los meses de mayor anidación fueron septiembre (345 nidos), octubre (259) y agosto (257), que representaron el 84% del total, con diferencias significativas ($p < 0.05$), principalmente por el mes de septiembre ($p < 0.05$) (Tabla IV. 194). Las zonas con jun número mayor de nidos fueron la zona 10 (189 nidos), la zona 9 (179) y la zona 8 (169); sin embargo, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas ($p > 0.05$) (Tabla IV. 195).

Tabla IV. 194. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en las zonas de la playa de Cuyutlán durante el año 2024.

Zona	*Chelonia m. agassizii*	*Dermochelys coriacea*	*Lepidochelys olivacea*	Total
1	0	1	31	32
2	1	1	79	81
3	1	2	98	101
4	0	0	90	90
5	1	0	55	56
6	1	2	60	63
7	0	0	53	53
8	1	1	167	169
9	0	0	179	179

CONSULTA PÚBLICA

10	0	0	189	189
TOTAL	5	7	1,001	1,013

Tabla IV. 195. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en los meses del 2024 en las diversas zonas de la playa de Cuyutlán.

Zona	*Chelonia m. agassizii*	*Dermochelys coriacea*	*Lepidochelys olivacea*	Total
Enero	2	1	4	7
Febrero	0	0	0	0
Marzo	0	0	2	2
Abril	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	0	0	27	27
Agosto	0	1	256	257
Septiembre	0	0	345	345
Octubre	1	1	257	259
Noviembre	1	2	83	86
Diciembre	1	2	27	30
TOTAL	5	7	1,001	1,013

En el año 2025 se registraron 1,187 nidos protegidos, con un incremento respecto a los dos años previos. La tortuga golfina mantuvo la frecuencia más alta (1,161 nidos, 97.8%), mientras que la tortuga prieta (16 nidos) y la tortuga laúd (10 nidos) mostraron un ligero aumento; pero no suficiente para evitar las diferencias significativas ($p < 0.05$) mostradas por la tortuga golfina (Prueba de Tukey, $p < 0.05$). Los meses con mayor registro de anidación fueron septiembre (548 nidos), agosto (260) y junio (85), que en conjunto aportaron el 74% del total anual, con diferencias significativas ($p < 0.05$) principalmente por el mes de septiembre (Prueba de Tukey, $p < 0.05$) (Tabla IV. 196). Las zonas en las que se presentó la anidación mayor fueron la zona 5 (216 nidos), la zona 10 (165) y la zona 9 (159), aun con esto, el análisis de varianza no detecto diferencias significativas ($p < 0.05$) (Tabla IV. 197).

Tabla IV. 196. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en las zonas de la playa de Cuyutlán durante el año 2025.

Zona	*Chelonia m. agassizii*	*Dermochelys coriacea*	*Lepidochelys olivacea*	Total
1	0	0	9	9
2	0	3	36	39
3	5	2	151	158
4	2	2	144	148
5	3	1	212	216
6	5	2	145	152

CONSULTA PÚBLICA

7	0	0	28	28
8	0	0	113	113
9	0	0	159	159
10	1	0	164	165
TOTAL	16	10	1,161	1,187

Tabla IV. 197. Número de nidos por especie de tortuga marina protegidos en los meses del 2025 en las diversas zonas de la playa de Cuyutlán.

Zona	*Chelonia m. agassizii*	*Dermochelys coriacea*	*Lepidochelys olivacea*	Total
Enero	2	1	5	8
Febrero	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	85	85
Julio	0	0	91	91
Agosto	1	0	259	260
Septiembre	0	0	548	548
Octubre	1	1	118	120
Noviembre	5	5	45	55
Diciembre	7	3	10	20
TOTAL	16	10	1,161	1,187

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.9 Registro de embarcaciones

Durante el periodo 1, que comprende los meses de agosto 2022 a julio 2023, se registraron 168 embarcaciones de 10 tipos diferentes, dentro y fuera de las bahías de Manzanillo, predominando los buques petroleros (52) y graneleros (47), seguidos de los buques portacontenedores (29), carga general (14) y perforador (13). El resto de los buques fluctuaron entre 1 (cargas químicas) y 5 (Patrulla) registros (Figura IV. 597) (Anexo 1).

Por su parte, durante el mes de agosto se registró la cantidad mayor de buques (17) teniendo como predominante los buques petroleros; seguido por el mes de julio (21) con registros altos de buques graneleros. Mientras que los meses de abril y marzo, presentaron el registro menor de estas embarcaciones (6 y 7, respectivamente), con presencia en cantidades bajas de buques de carga general, draga, granelero, perforador, petrolero y portacontenedores (Figura IV. 597).

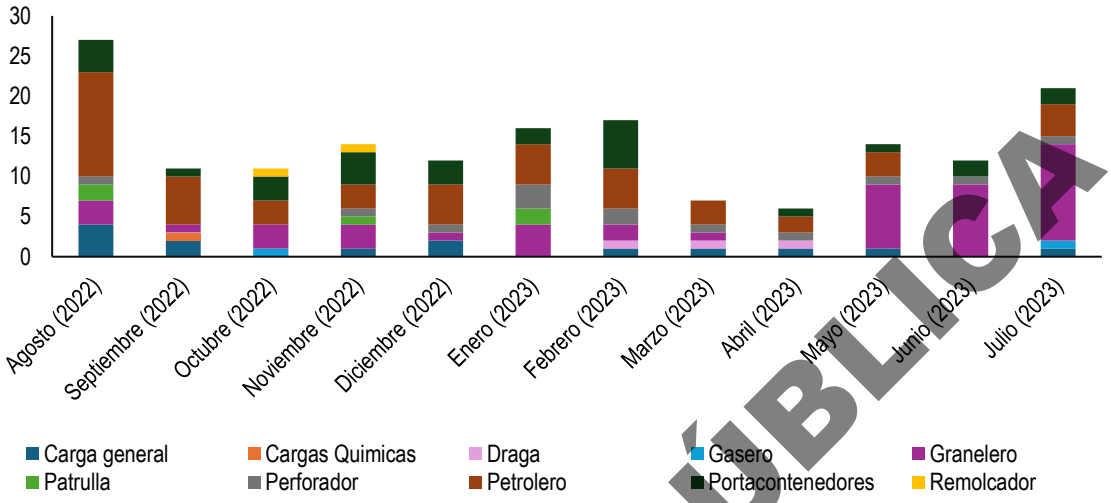


Figura IV. 597. Tipo de embarcaciones registradas durante el periodo 1, agosto 2022–julio 2023.

De manera espacial, las embarcaciones se registraron tanto dentro de las bahías de Manzanillo, como fuera de éstas. Los buques graneleros, petroleros, portacontenedores y draga, fueron los que se registraron en una cantidad mayor de sitios, ya que estos se encontraron dentro de la bahía de Manzanillo, fuera de la bahía de Santiago y de forma oceánica frente a ambas bahías (cuadrantes 2 y 3). Mientras que el resto de las embarcaciones se registraron únicamente dentro de las bahías (cuadrante 2) (Figura IV. 598).

CONSULTA PÚBLICA

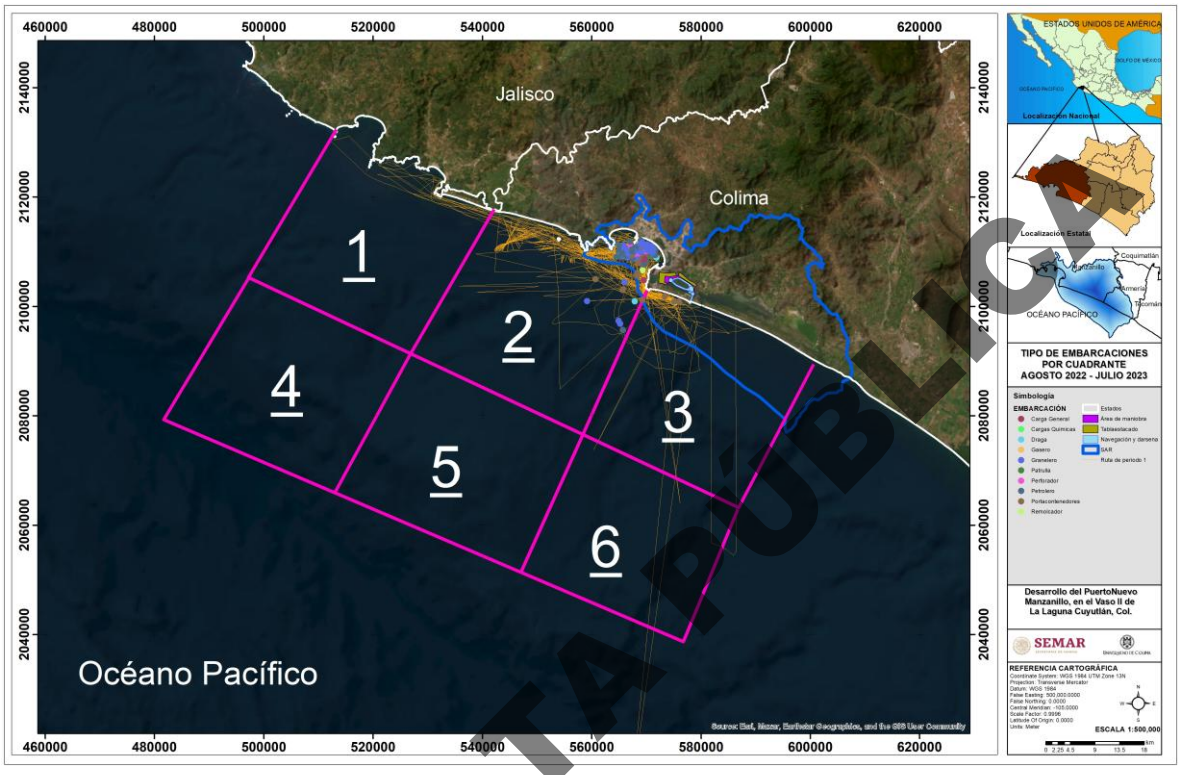


Figura IV. 598. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 1, agosto 2022–julio 2023.

Durante el periodo 2, que comprende los meses de noviembre 2023 a diciembre 2024, se registraron 313 embarcaciones de 12 tipos diferentes dentro y fuera de las bahías de Manzanillo. Entre ellas, predominaron los buques graneleros (101) y portacontenedores (91), seguidos de los buques petroleros (67) y carga general (35). El resto de los buques fluctuaron entre 1 (crucero, patrulla, perforador, marina USA y tiburonero) y 7 (remolcador) registros (Figura IV. 599).

Durante el mes de febrero y octubre se registró la cantidad mayor de buques (44 y 41, respectivamente), en donde predominaron los barcos petroleros y graneleros. Mientras que, en los meses de diciembre del 2024 y septiembre 2023, se presentó el menor registro de estas embarcaciones (1 y 8, respectivamente), en donde se registraron remolcadores, graneleros y portacontenedores (Figura IV. 599).

CONSULTA PÚBLICA

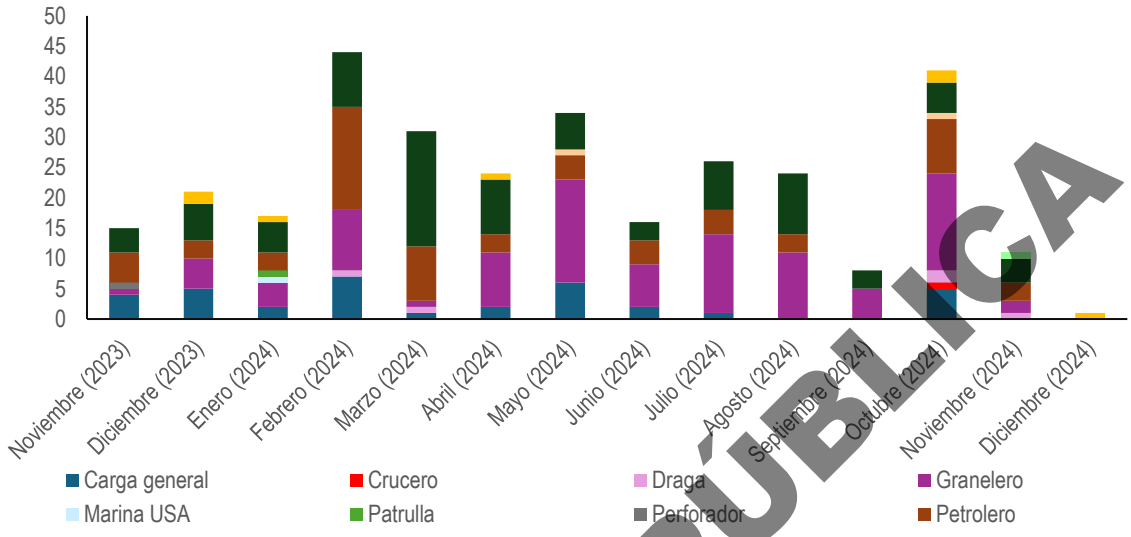


Figura IV. 599. Tipo de embarcaciones registradas durante el periodo 2, noviembre 2023 -diciembre 2024.

De manera espacial, las embarcaciones se registraron dentro y fuera de las bahías de Manzanillo. Los buques portacontenedores destacaron por presentarse en gran cantidad de sitios, tanto dentro de las bahías, como de forma oceánica en los cuadrantes 1, 2, 3 y 6; los buques carga general, crucero y draga predominaron dentro de bahía de Manzanillo, como al sur de bahía de Santiago (cuadrante 2); y los buques marina USA, patrulla, y tiburonero únicamente se registraron en sitios fueras de las bahías (cuadrante 2 y 3) (Figura IV. 600).

CONSULTA PÚBLICA

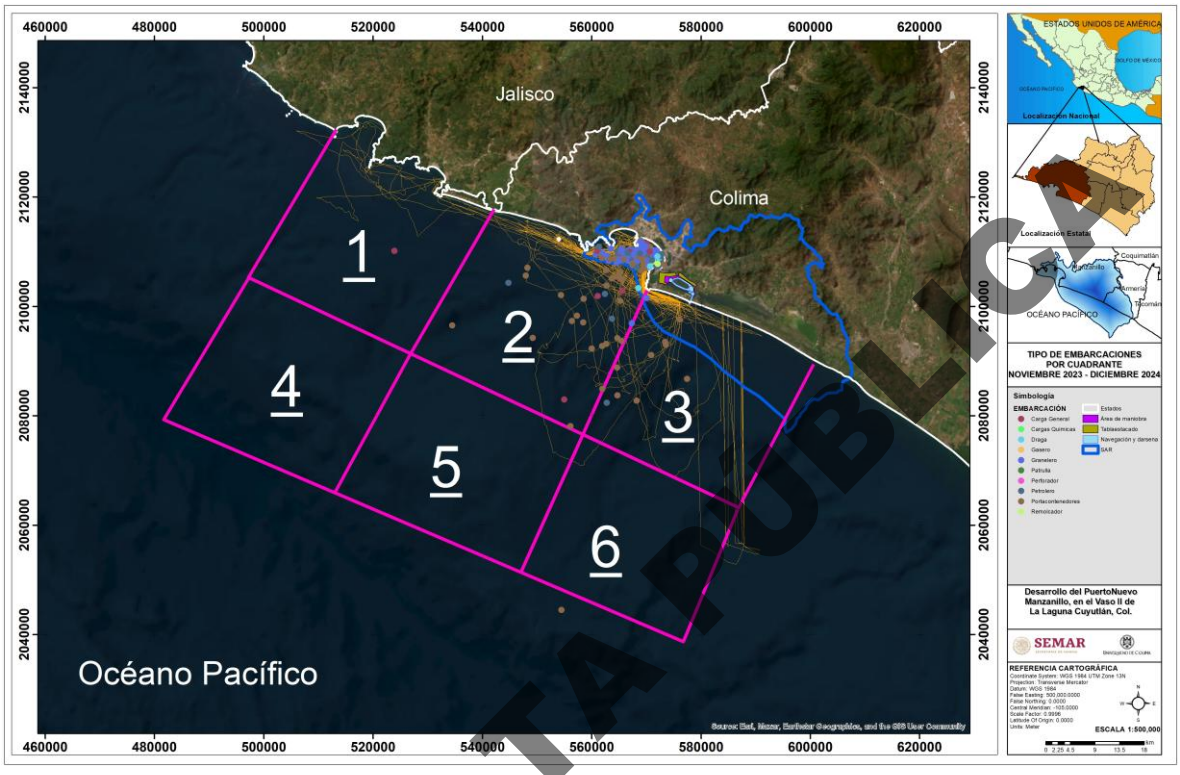


Figura IV. 600. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.

Durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026, se registraron 42 embarcaciones de 7 tipos diferentes dentro y fuera de las bahías de Manzanillo, predominando los buques graneleros (15) y portacontenedores (14); seguido de los buques petroleros (6) y carga general (3). El resto de los buques fluctuaron entre 1 (cargas pesadas, y remolcador) y 2 (atunero) registros (Figura IV. 601).

En el caso de la temporalidad, durante el mes de enero se registró la cantidad mayor de buques (19), teniendo como predominantes los buques graneleros (11). Mientras que el mes de diciembre obtuvo el registro menor de estas embarcaciones (9), en donde se registraron en cantidades bajas (1-3) buques de carga general, graneleros, petroleros, portacontenedores y remolcador) (Figura IV. 601).

CONSULTA PÚBLICA

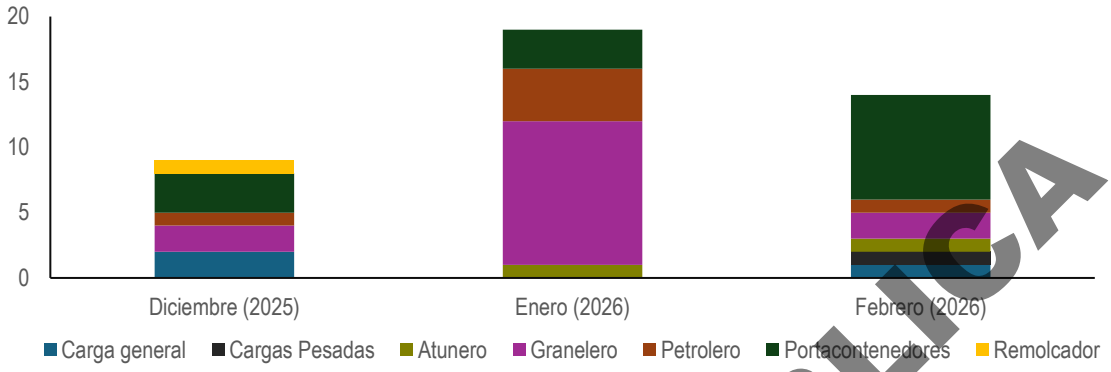


Figura IV. 601. Tipo de embarcaciones registradas durante el periodo 3 (diciembre 2025 – febrero 2026).

De manera espacial, las embarcaciones se registraron dentro y fuera de las bahías de Manzanillo. Los buques graneleros, predominaron frente a bahía Manzanillo y Bahía Santiago (cuadrante 2); mientras que los buques portacontenedores se encontraron en mayor proporción fuera de las bahías (cuadrantes 2 y 3). El resto de las embarcaciones, se registraron dentro de las bahías de Manzanillo (cuadrante 2) (Figura IV. 602).

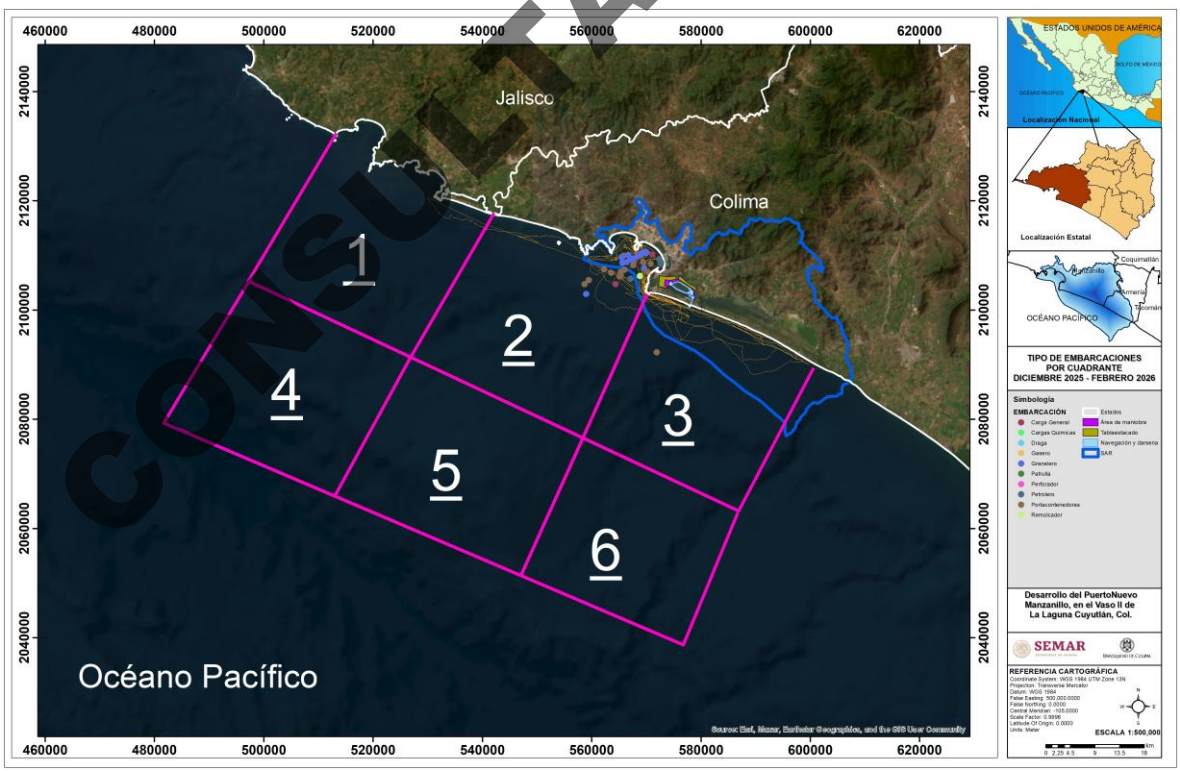


Figura IV. 602. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 3, diciembre 2025–febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.9.1 Ruido de embarcaciones

Durante el periodo 1, de agosto 2022–julio 2023, se realizaron 132 lances de hidrófono en diferentes sitios de los cuadrantes 1, 2 y 3 del área de estudio, de los cuales se obtuvieron 108 grabaciones en total (Figura IV. 603, Tabla IV. 198). En el cuadrante 2 se registró el número mayor de embarcaciones, mientras que en el cuadrante 1 y 3 hubo ausencia de éstos. La cantidad mayor de grabaciones colectadas fue en el mes de noviembre (22), mientras que la cantidad menor, fue durante marzo (1). La duración total fue de 05 hrs 16 min 58 seg, teniendo que en el mes de agosto se registró la duración mayor (1 hrs 31 min), mientras que el mes de marzo la menor (1 min 32 seg) al registrarse una sola grabación (Tabla IV. 198)).

A partir de estas grabaciones se registró la presencia de barcos en 59 ocasiones con una predominancia en el cuadrante 2 (Figura IV. 604, Tabla IV. 198)). Estas grabaciones contaron con una duración de 3 hrs 6 min 29 seg, lo que constituyó el 58.8% del ruido detectado, con frecuencias de 400 a los 5,500 Hz y un NPS promedio de 170.73 dB. Por su parte, se detectaron 29 embarcaciones menores entre los cuadrantes 1, 2 y 3 con una duración de 1 hrs 21 min y 33 seg, lo que correspondió con el 25.7% del ruido, frecuencias de 100-3,600 Hz y un NPS promedio de 172.23 dB (Figura IV. 605, Tabla IV. 198).

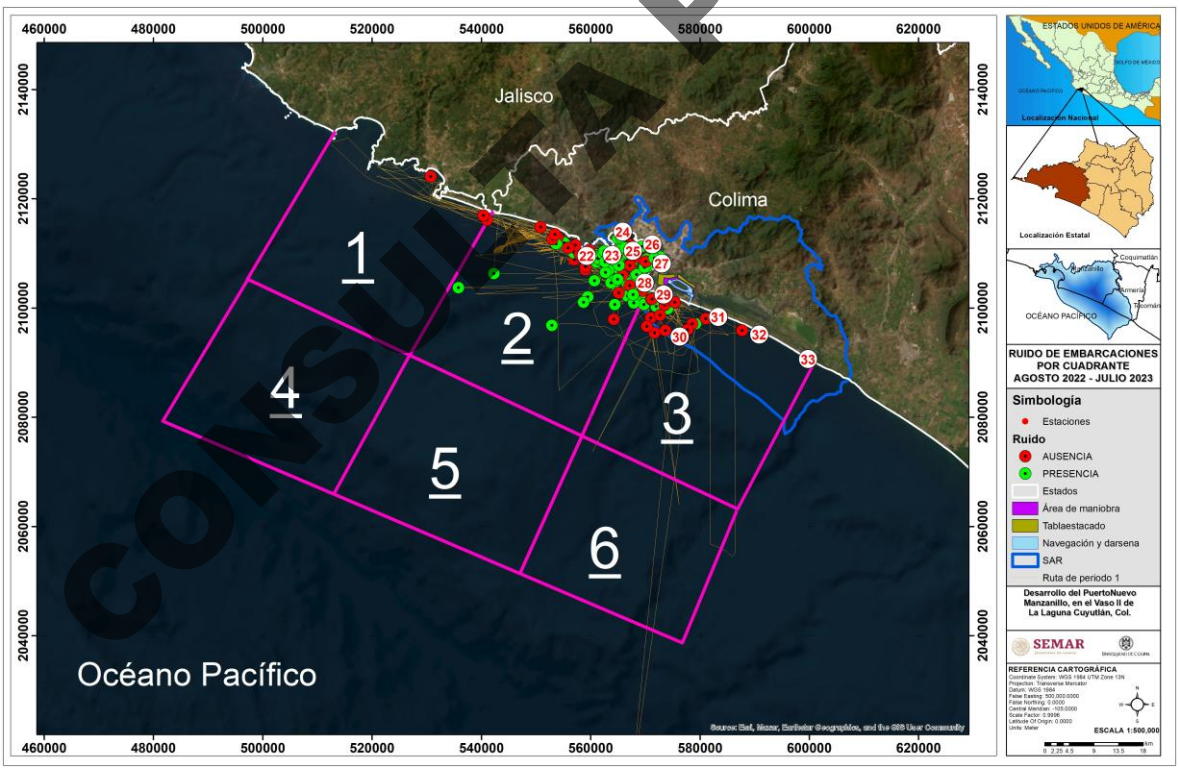


Figura IV. 603. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA

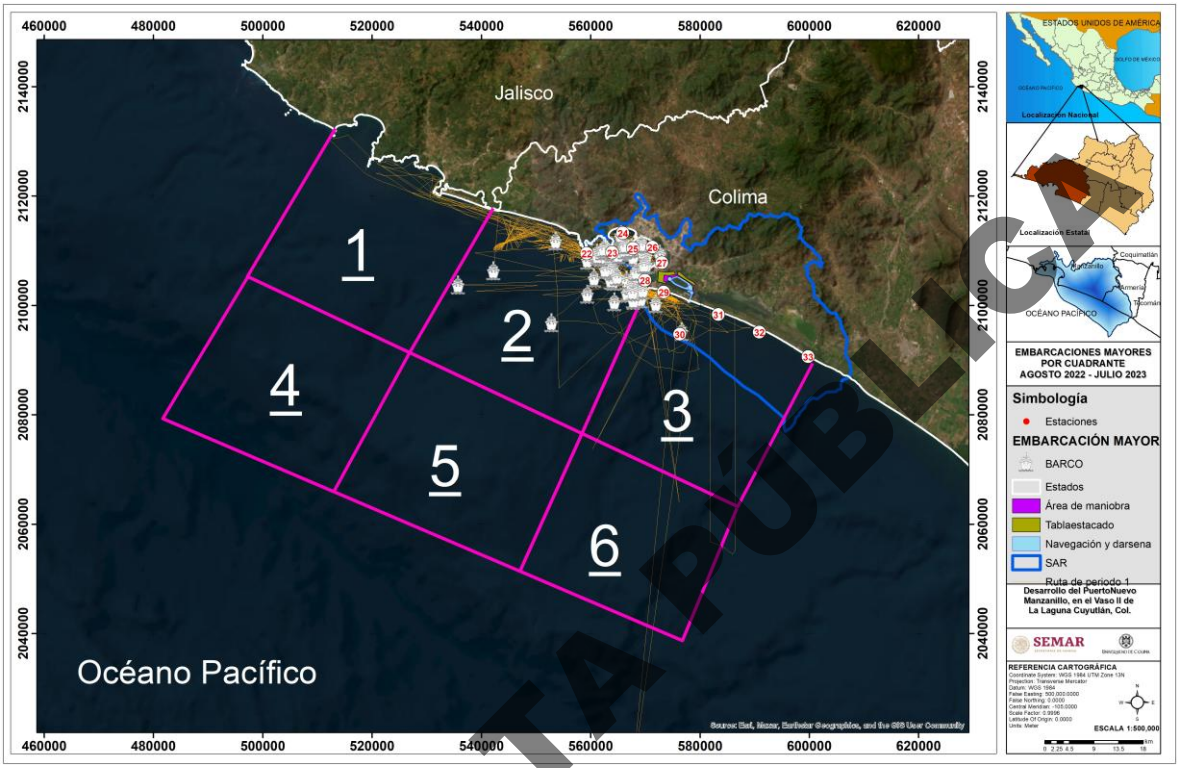


Figura IV. 604. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Tabla IV. 198. Características de las grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Agosto	16	Barcos	01:31:00	00:57:40	11	90-1200	72.59	163.06	172.93	178.30
		Embarcaciones menores		00:21:46	6	400-1700	27.4	171.18	179.48	182.81
Septiembre	13	Barcos	00:27:29	00:18:36	7	100-900	67.67	152.62	163.18	166.19
		Embarcaciones menores		00:07:30	4	400-900	27.28	167.67	172.14	176.22
Octubre	9	Barcos	00:42:26	00:18:34	3	100-700	43.75	159.01	167.81	170.52
		Embarcaciones menores		00:16:28	4	100-3400	38.8	163.45	166.52	168.13
Noviembre	22	Barcos	01:01:13	00:21:00	10	100-1100	34.3	163.98	170.79	173.82
		Embarcaciones menores		00:09:37	4	500-1600	15.7	160.60	171.09	172.52
	15	Barcos	00:26:49	00:20:00	10	100-600	74.58	167.52	172.28	176.22

CONSULTA PÚBLICA

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Diciembre		Embarcaciones menores		00:02:25	2	1800-2400	9.01	171.76	174.10	175.61
Enero	4	Barcos	00:09:15	00:06:00	2	100-400	64.86	167.71	169.40	170.62
		Embarcaciones menores		00:03:15	2	2000-3000	35.13	168.52	169.75	170.71
Febrero	12	Barcos	00:32:02	00:27:51	7	100-5500	86.94	166.30	172.39	174.03
		Embarcaciones menores		00:16:01	4	300-3600	50	172.33	174.51	176.64
Marzo	1	Barcos	00:01:32	00:01:32	1	40-380	100	173.93	173.93	173.93
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Abril	6	Barcos	00:08:33	00:05:01	2	100-600	58.67	172.75	174.76	176.12
		Embarcaciones menores		00:03:01	2	600-1400	35.28	171.47	172.62	173.53
Mayo	3	Barcos	00:03:34	00:02:04	2	40-750	57.94	170.42	170.81	171.16
		Embarcaciones menores		00:01:30	1	1900-2100	42.05	-	170.48	-
Junio	4	Barcos	00:09:23	00:07:01	3	100-800	74.77	169.25	171.35	172.59
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Julio	3	Barcos	00:03:42	00:01:10	1	100-700	31.53	-	169.22	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

CONSULTA PÚBLICA

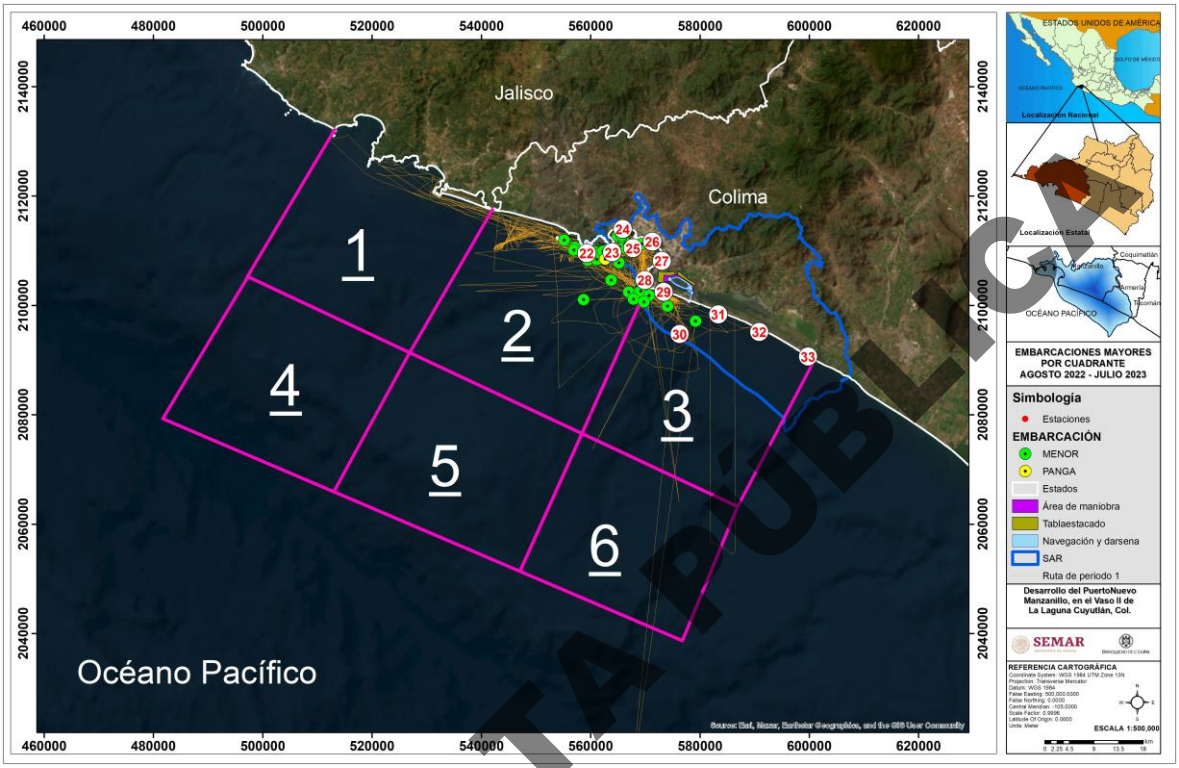


Figura IV. 605. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024, se realizaron 133 lances de hidrófono en diferentes sitios, principalmente en los cuadrantes 1, 2 y 3 del área de estudio. De estos lances se obtuvieron 72 grabaciones en total (Figura IV. 606, Tabla IV. 199). En el cuadrante 2 se registró el número mayor de embarcaciones, mientras que en el cuadrante 1 y 3 hubo una ausencia de éstos. La cantidad mayor de grabaciones colectadas fue en el mes de enero y febrero (12 y 11), mientras que la cantidad menor, fue durante diciembre 2024 (2). La duración total fue de 05 hrs 25 min 24 seg, teniendo que en el mes de enero se registró la duración mayor (2 hrs 16 min 11 seg), mientras que el mes de diciembre 2024 la menor (4 min) al registrarse únicamente un par de grabaciones (Tabla IV. 199).

A partir de estas grabaciones se registró la presencia de barcos en 27 ocasiones con una predominancia en el cuadrante 2 (Figura IV. 607, Tabla IV. 199). Estas grabaciones contaron con una duración de 1 hrs 18 min 44 seg, lo que constituyó el 24.1% del ruido detectado, con frecuencias de 50 a los 1,500 Hz y un NPS promedio de 172.39 dB. Por su parte, se detectaron 22 embarcaciones menores entre los cuadrantes 1, 2 y 3 con una duración de 2 hrs 47 min y 17 seg, lo que correspondió con el 51.4% del ruido, frecuencias de 50-3,500 Hz y un NPS promedio de 170.9 dB (Figura IV. 608, Tabla IV. 199).

CONSULTA PÚBLICA

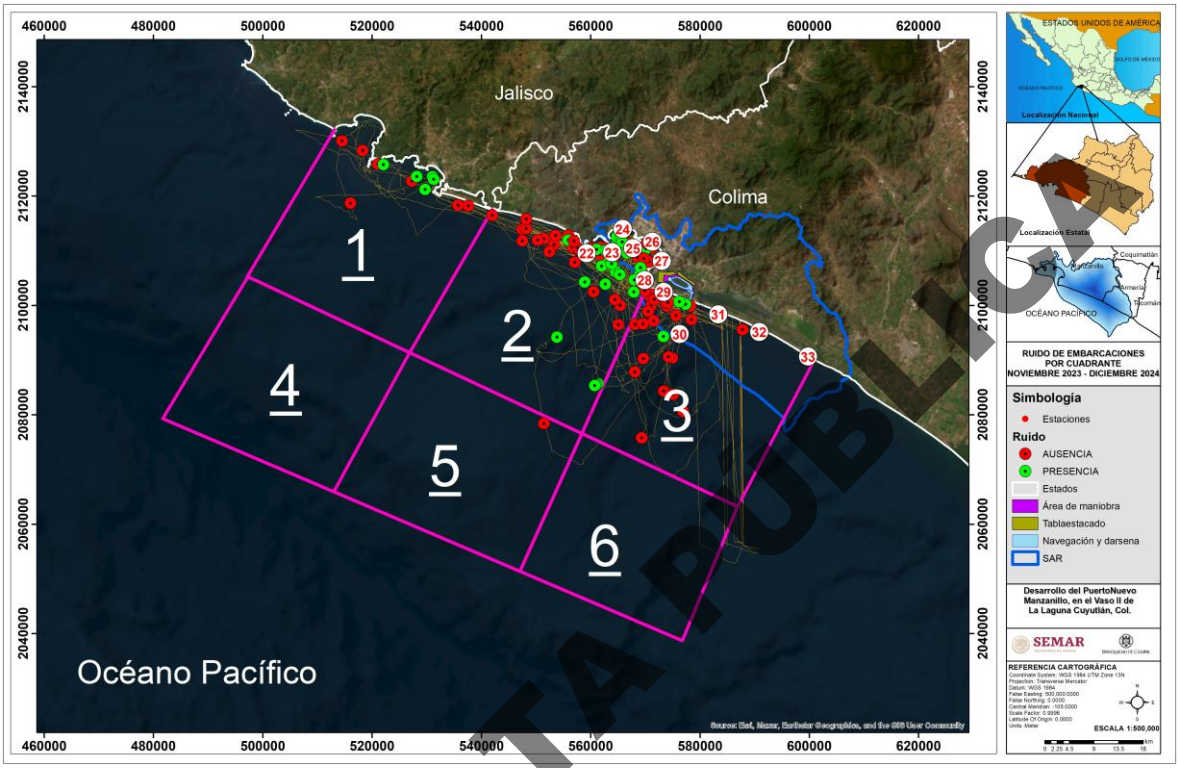


Figura IV. 606. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 199 Características de las grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. (# de grab. = número de grabación, # emb. = Número de embarcaciones y NPS = Nivel de Presión Sonora).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Noviembre	9	Barcos	00:18:55	00:10:00	3	50-800	52.86	167.27	174.721	178.490
		Embarcaciones menores		00:02:20	1	900-1200	12.33	-	167.547	-
Enero	12	Barcos	02:16:11	00:14:00	3	100-600	10.28	166.67	173.374	179.352
		Embarcaciones menores		01:36:34	9	500-3500	70.9	162.96	176.722	185.111
Febrero	11	Barcos	00:56:04	00:02:00	2	100-700	3.56	168.82	171.809	173.166
		Embarcaciones menores		00:49:47	6	50-2600	88.79	168.31	171.378	173.166
Marzo	4	Barcos	00:19:31	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:07:00	2	400-900	35.86	165.71	166.560	167.270
Abril	3	Barcos	00:05:01	00:01:30	1	100-800	29.9	-	169.511	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Mayo	4	Barcos	00:07:49	00:07:49	4	300-1500	100	168.27	179.410	185.130
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Junio	3	Barcos	00:07:30	00:07:30	3	100-400	100	164.46	165.820	167.170
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Julio	4	Barcos	00:10:51	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:07:23	2	800-2500	68.04	163.95	171.200	173.780
Agosto	5	Barcos	00:10:20	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-		-
Octubre	7	Barcos	00:19:12	00:03:55	3	100-500	20.39	157.97	167.170	171.570
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-		-
Noviembre	8	Barcos	00:30:00	00:28:00	6	100-1100	93.3	163.80	174.450	179.920
		Embarcaciones menores		00:04:13	2	300-1400	14.05	170.69	172.070	173.120
Diciembre	2	Barcos	00:04:00	00:04:00	2	50-400	100%	170.75	175.300	177.480
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

CONSULTA PÚBLICA

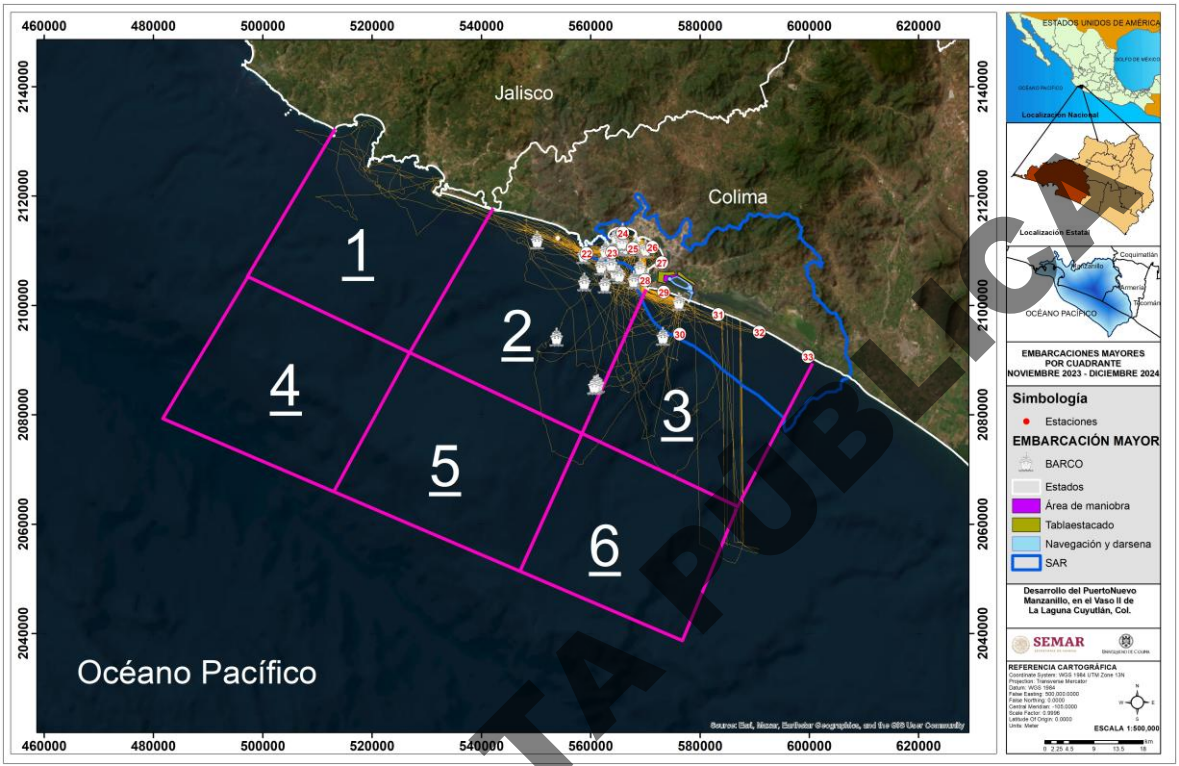


Figura IV. 607 Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA

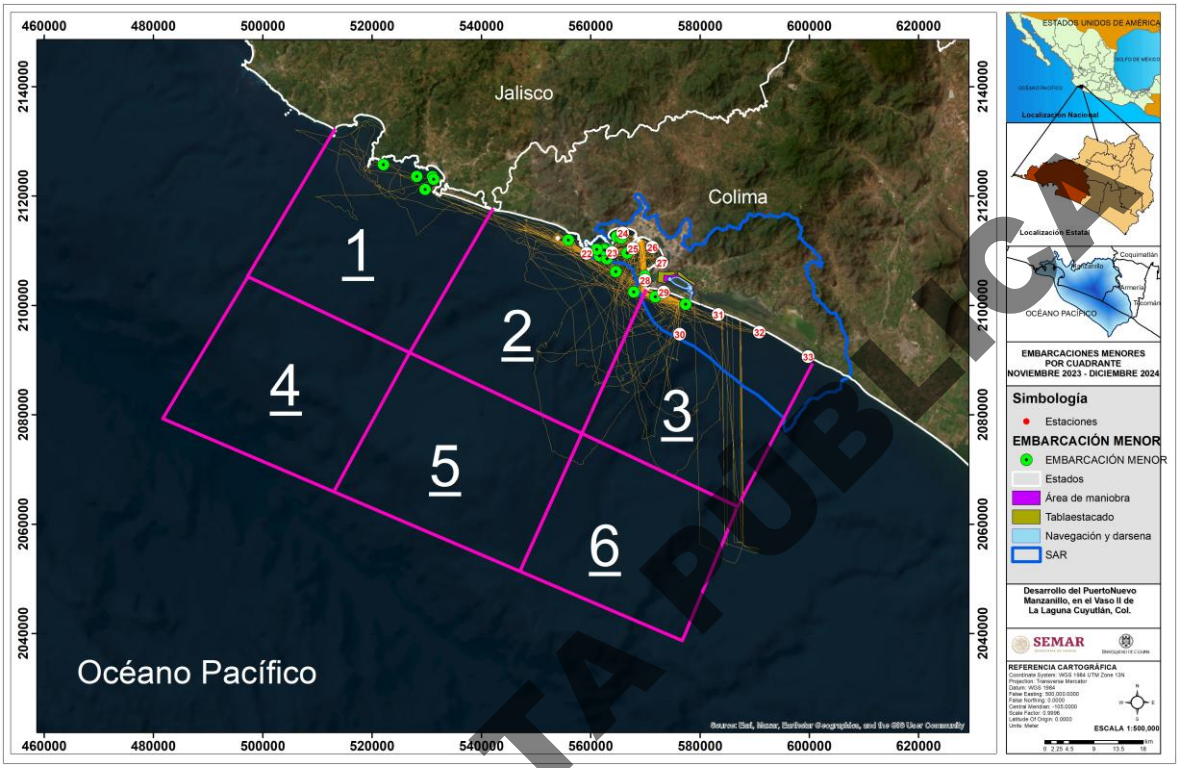


Figura IV. 608. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2 que comprende los meses de noviembre 2023 a diciembre 2024.

Durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026, se realizaron 55 lances de hidrófono en diferentes sitios, principalmente en los cuadrantes 2 y 3 del área de estudio. De estos lances se obtuvieron 37 grabaciones en total (Figura IV. 609, Tabla IV. 200). En el cuadrante 2 se registró el número mayor de embarcaciones, mientras que en el cuadrante 3 hubo una ausencia de éstos. La cantidad de grabaciones colectadas en estos meses fue muy similar, ya que enero fueron 13, mientras que en diciembre y febrero fueron 12. La duración total fue de 02 hrs 58 min 14 seg, teniendo que el mes de febrero registró la duración mayor (1 hrs 10 min 52 seg), mientras que el mes de diciembre la menor (44 min 57 seg) (Tabla IV. 200).

A partir de estas grabaciones se registró la presencia de barcos en 21 ocasiones con una predominancia en el cuadrante 2 (Figura IV. 610, Tabla IV. 200). Estas grabaciones contaron con una duración de 1 hrs 21 min 19 seg, lo que constituyó el 45.62% del ruido detectado, con frecuencias de 50 a los 800 Hz y un NPS promedio de 180.41 dB. Por su parte, se detectaron 10 embarcaciones menores entre los cuadrantes 2 y 3 con una duración de 45 min y 52 seg, lo que correspondió con el 25.73% del ruido, frecuencias de 600-2,800 Hz y un NPS promedio de 176.91 dB (Figura IV. 611, Tabla IV. 200).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 200. Características de las grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026. (# de grab. = número de grabación, # emb. = Número de embarcaciones y NPS = Nivel de Presión Sonora).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Diciembre	12	Barcos	00:44:57	00:14:31	4	50-800	32.29	174.89	178.18	182.53
		Embarcaciones menores		00:07:13	3	600-2800	16.05	172.96	178.6	184.6
Enero	13	Barcos	01:02:25	00:17:56	8	50-800	28.73	169.45	176.63	181.46
		Embarcaciones menores		00:29:17	5	1000-2600	46.91	169.45	175.62	180.37
Febrero	12	Barcos	01:10:52	00:48:52	9	50-800	68.95	180.97	186.43	190.19
		Embarcaciones menores		00:09:22	2	1200-2800	13.21	172.83	176.51	180.196

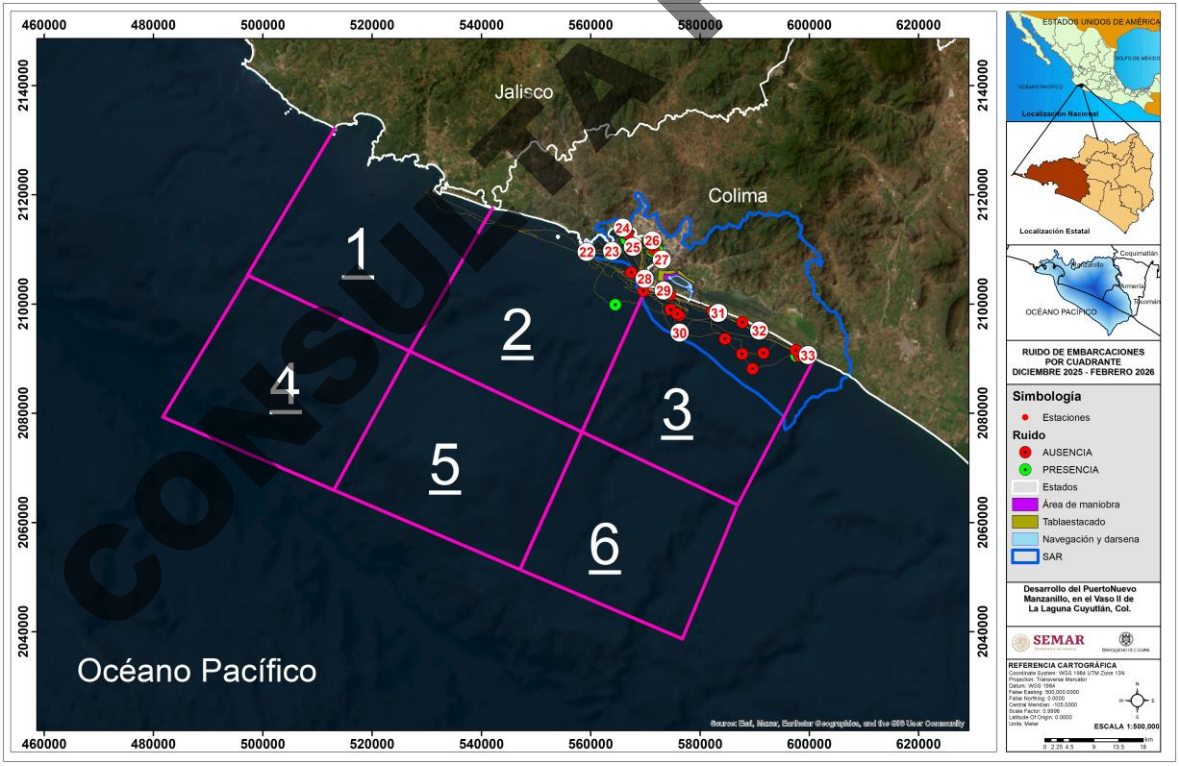


Figura IV. 609. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

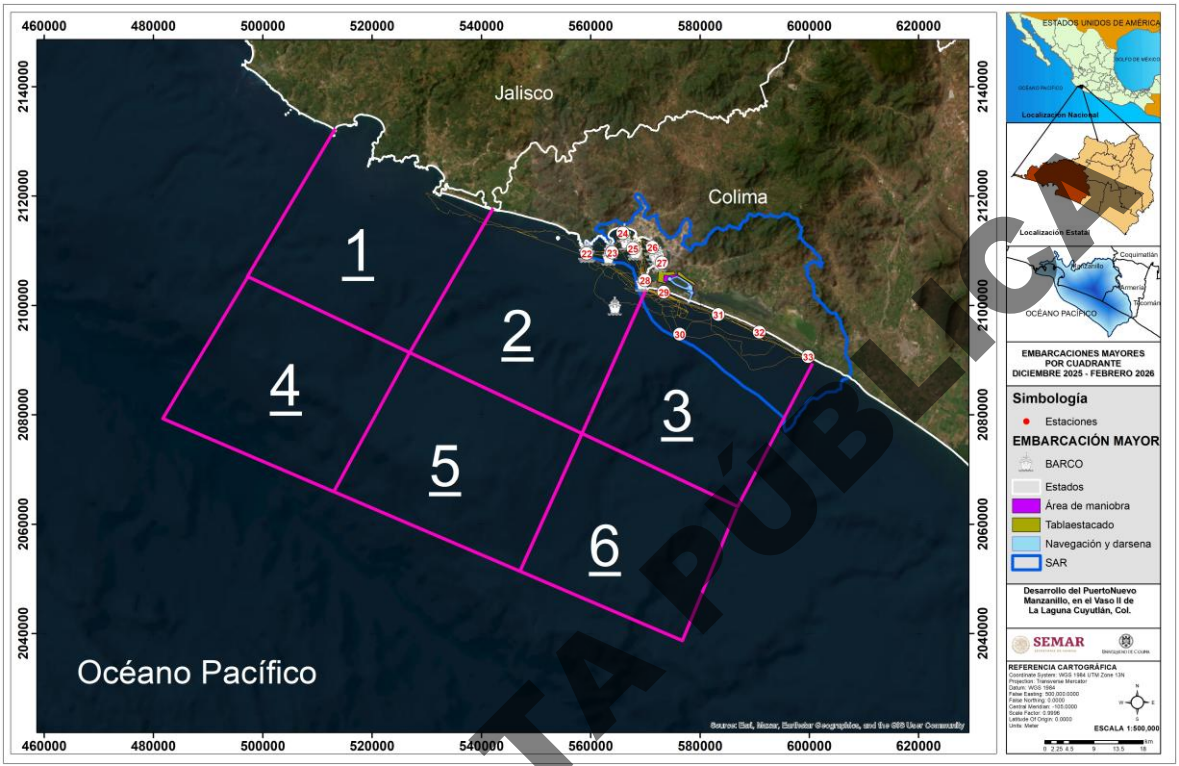


Figura IV. 610. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

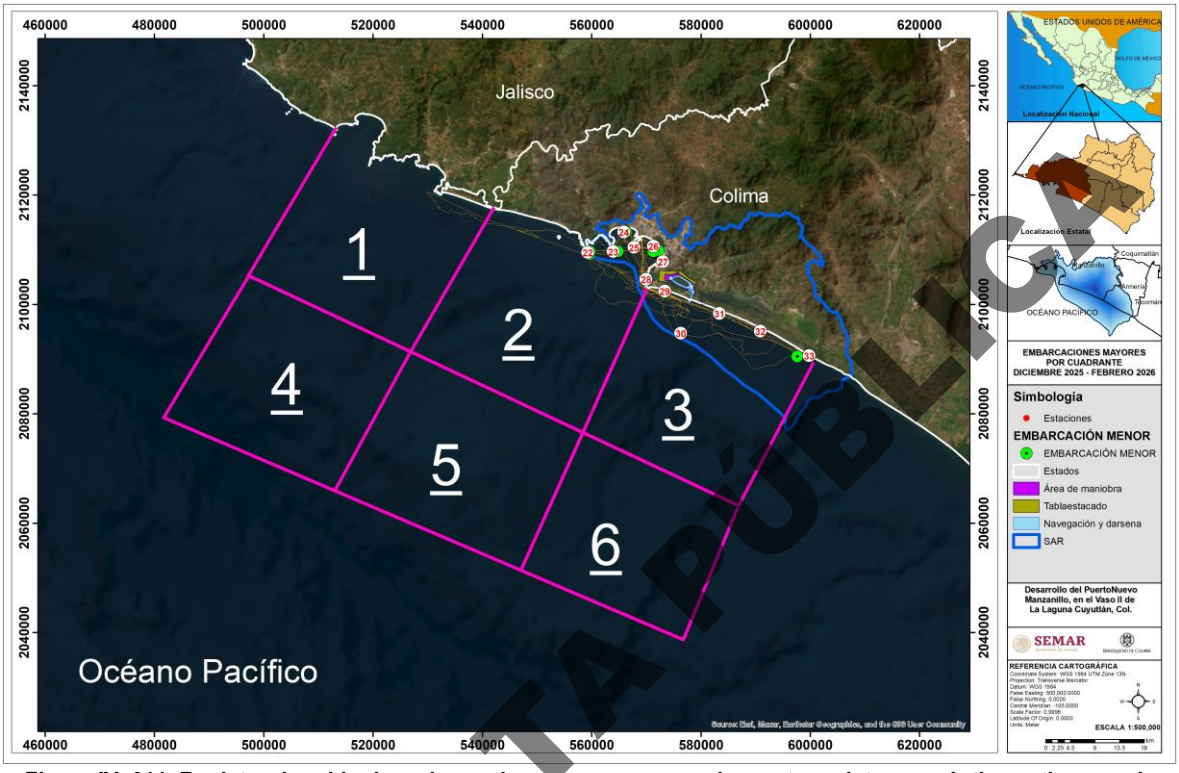


Figura IV. 611. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026.

IV.3.17.10 Interacciones entre el ruido de embarcaciones y la actividad acústica de mamíferos marinos

Para evaluar las interacciones entre el ruido y la actividad acústica de los mamíferos, en el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023, el hidrófono fijo (acústica pasiva) en la bahía de Manzanillo grabó 305:05:00 (hrs:min:seg), de las cuales el 71.12% del tiempo se presentó ruido de embarcaciones, con un nivel de presión sonora mínimo de 165.8 dB, máximo de 191.97 dB, y promedio de 183.16 dB (Tabla IV. 201). Mientras que el hidrófono colocado en Tepalcates registró 356:19:00 (hrs:min:seg) de grabación submarina, en las que se detectó ruido de embarcaciones en el 23.14% del tiempo, así como un nivel de presión sonora mínimo de 163.11 dB, máximo de 187.97 dB, y promedio de 177.80 dB (Tabla IV. 201).

En el mes de septiembre, en la estación de bahía de Manzanillo se presentó hasta un 96.7% del tiempo con ruido, y con el promedio más potente (189.64 dB); mientras que, en los meses de agosto y septiembre, este porcentaje de ruido fue el menor en la estación de Tepalcates (7.27% y 11.22%, respectivamente) y con una potencia promedio más baja (169.48 dB) (Tabla IV. 201).

Los parámetros de este ruido generado por embarcaciones permitió diferenciarlas entre mayores (barcos industriales, de comercio internacional) y menores (lanchas/pangas), de las cuales se detectaron más embarcaciones mayores en la Bahía de Manzanillo (91) que en Tepalcates (32) y su rango de frecuencias

CONSULTA PÚBLICA

fluctuó entre 20-450 Hz; mientras que las embarcaciones menores fueron más abundantes en Tepalcates (119) que la Bahía de Manzanillo (42) y su rango de frecuencias varió entre 200 y 700 Hz (Tabla IV. 202).

De forma mensual, el mayor número de embarcaciones se registró en noviembre con 17 embarcaciones menores en la estación de Tepalcates, y en el mes de febrero con 17 barcos en la Bahía de Manzanillo. Mientras que la menor cantidad se presentó en los meses de septiembre, noviembre, diciembre, enero, mayo, junio y julio, tanto en embarcaciones menores como en barcos en ambas estaciones (Tabla IV. 202).

Tabla IV. 201. Características del ruido de embarcaciones detectado en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023 (NPS = Nivel de Presión Sonora.

Mes	Estación	Tiempo total registrado	Tiempo con ruido registrado	% de Ruido	SPL Mínimo (dB)	RMS SPL (dB)	SPL Máximo (dB)
Agosto	Bahía de Manzanillo	13:41:00	12:29:07	91.23	169.1	172.4	176.13
	Tepalcates	26:47:00	06:21:34	23.74	167.7	169.48	172
	Bahía de Manzanillo	25:41:00	19:37:20	76.4	165.89	174.11	178
	Tepalcates	12:47:00	00:55:50	7.27	163.11	168.84	173
Septiembre	Bahía de Manzanillo	25:29:00	25:04.01	99.67	186.48	189.64	191.97
	Tepalcates	21:29:00	04:16:24	19.89	178	179.44	181.17
Octubre	Bahía de Manzanillo	25:52:00	16:45:50	64.80	173.97	183.67	188.56
	Tepalcates	22:32:00	11:20:31	50.33	177.22	182.27	187.97
Noviembre	Bahía de Manzanillo	29:43:00	23:35:32	79.39	172.22	181.04	185.22
	Tepalcates	49:15:00	12:45:04	25.89	175.81	182.13	187.4
Diciembre	Bahía de Manzanillo	25:02:00	20:46:43	83.00	174.79	183	189.57
	Tepalcates	26:11:00	02:56:25	11.22	174.22	178.33	183.79
Enero	Bahía de Manzanillo	17:28:00	14:23:28	82.39	177.7	182.56	187.25
	Tepalcates	16:23:00	04:24:51	26.94	173.7	176.45	178.88
Febrero	Bahía de Manzanillo	45:46:00	24:54:02	54.40	173.11	180.01	184.8
	Tepalcates	40:54:00	10:43:48	26.23	174.55	179.13	182.32
Marzo	Bahía de Manzanillo	28:01:00	26:11:47	93.50	177.22	184.32	188
	Tepalcates	25:31:00	05:31:03	21.62	170.03	175.22	179.39
Abril	Bahía de Manzanillo	03:52:00	02:22:34	61.45	173.79	181.14	184.97
	Tepalcates	24:55:00	03:09:21	12.66	170.79	174.65	177.93

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Estación	Tiempo total registrado	Tiempo con ruido registrado	% de Ruido	SPL Mínimo (dB)	RMS SPL (dB)	SPL Máximo (dB)
Mayo	Bahía de Manzanillo	17:30:00	15:51:54	90.65	175.55	180.95	185.65
	Tepalcates	23:11:00	05:40:58	24.51	173.99	175.51	177.64
Junio	Bahía de Manzanillo	18:14:00	18:13:43	99.97	175.22	186.02	189.47
	Tepalcates	24:18:00	03:32:03	14.54	174.11	178.05	181.79
Julio	Bahía de Manzanillo	11:18:00	06:59:38	61.89	176.32	182.45	185.47
	Tepalcates	25:43:00	06:26:03	25.01	173.38	174.64	175.96

Tabla IV. 202. Información de embarcaciones y sus rangos de frecuencia acústica registrados en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
Agosto	Bahía de Manzanillo	Barcos	8	50-250
		Lanchas	3	300-530
	Tepalcates	Barcos	2	100-230
		Lanchas	7	300-450
	Bahía de Manzanillo	Barcos	8	30-300
		Lanchas	3	250-500
	Tepalcates	Barcos		
		Lanchas	10	200-600
Septiembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	7	20-350
		Lanchas	1	500-600
	Tepalcates	Barcos	1	200-300
		Lanchas	4	400-700
Octubre	Bahía de Manzanillo	Barcos	9	60-350
		Lanchas	4	400-650
	Tepalcates	Barcos	5	100-300
		Lanchas	3	400-700
Noviembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	7	80-300
		Lanchas	1	400-550
	Tepalcates	Barcos	5	100-350
		Lanchas	17	300-600
Diciembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	11	50-300
		Lanchas	9	250-600
	Tepalcates	Barcos	1	250-350

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
		Lanchas	11	250-600
Enero	Bahía de Manzanillo	Barcos	7	30-300
		Lanchas	2	350-500
	Tepalcates	Barcos	1	350-450
		Lanchas	9	300-700
Febrero	Bahía de Manzanillo	Barcos	17	50-350
		Lanchas	11	300-700
	Tepalcates	Barcos	5	50-400
		Lanchas	15	300-600
Marzo	Bahía de Manzanillo	Barcos	5	50-300
		Lanchas	2	400-600
	Tepalcates	Barcos	2	150-300
		Lanchas	16	300-700
Abril	Bahía de Manzanillo	Barcos	2	50-300
		Lanchas	2	400-600
	Tepalcates	Barcos	3	100-350
		Lanchas	5	350-600
Mayo	Bahía de Manzanillo	Barcos	4	50-300
		Lanchas	2	400-600
	Tepalcates	Barcos	1	50-150
		Lanchas	3	300-600
Junio	Bahía de Manzanillo	Barcos	3	50-300
		Lanchas	1	400-500
	Tepalcates	Barcos	2	100-250
		Lanchas	9	350-650
Julio	Bahía de Manzanillo	Barcos	3	30-300
		Lanchas	1	300-400
	Tepalcates	Barcos	4	50-300
		Lanchas	10	350-700

CONSULTA PÚBLICA

En el caso de los horarios en donde se registraron los sonidos de embarcaciones, sobresale el rango de 08-12 hr y 12-16 hr para ambas estaciones; debido a que en Bahía de Manzanillo se detectaron los porcentajes mayores de sonidos de barcos (16% y 24%, respectivamente). Mientras que en la estación de Tepalcates se presentaron 31 y 20 sonidos de embarcaciones menores (24% y 17%, respectivamente) (Figura IV. 612 y Figura IV. 613).

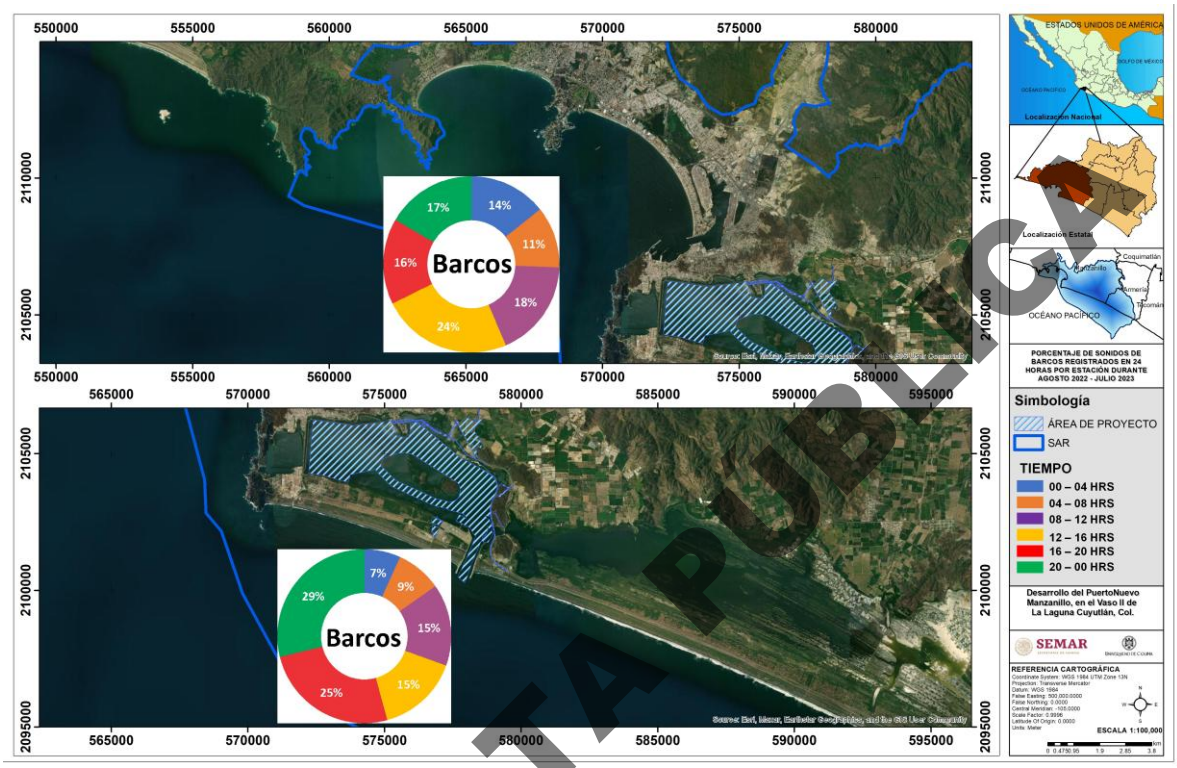


Figura IV. 612. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA

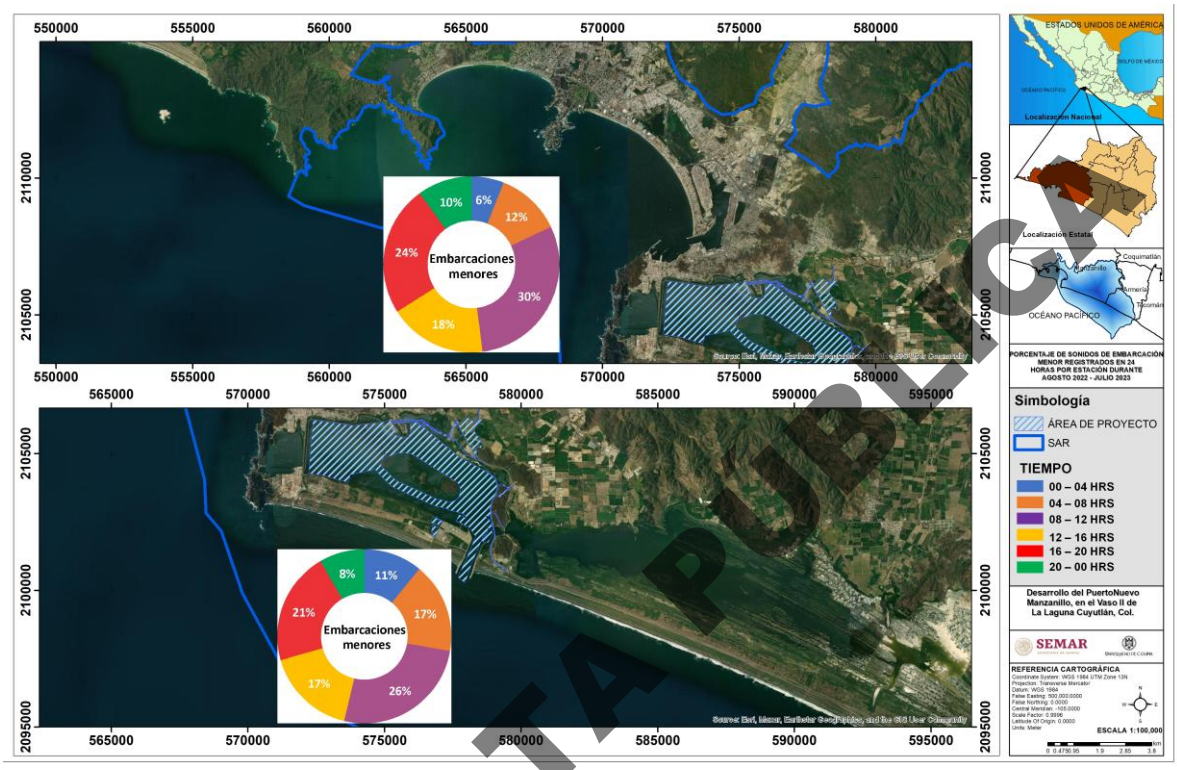


Figura IV. 613. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.

Sobre los sonidos de ballenas, se registraron cantos en 73 hrs 23 min 49 seg en total. En la estación de Tepalcates el tiempo de detección fue de 35 hrs 54 min y 30 seg de cantos de ballena, con una frecuencia de 10-6,000 Hz y una interacción con embarcaciones de 4 hrs, 7 min y 31 seg. Mientras que, en la estación de Bahía de Manzanillo, se tuvo un registro de 37 hrs 29 min y 19 seg de sonidos de ballena, con una frecuencia de 10-6,000 Hz y una interacción con embarcaciones de 13 hrs, 29 min y 19 seg (Tabla IV. 203).

Tabla IV. 203. Características de las grabaciones con cantos de ballenas obtenidas con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

Mes	Estación	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)	Interacción con embarcaciones	Tiempo de interacción
Diciembre	Tepalcates	26:11:00	09:23:45	200-3200	SI	01:41:23
	Bahía de Manzanillo	25:02:00	02:51:02	100-3300	SI	02:51:02
Enero	Tepalcates	16:23:00	05:18:48	50-6000	SI	00:15:35
	Bahía de Manzanillo	17:28:00	04:42:31	40-6000	SI	04:42:31

CONSULTA PÚBLICA

Febrero	Tepalcates	40:54:00	20:25:42	10-5,000	SI	01:50:13
	Bahía de Manzanillo	45:46:00	05:55:46	10-6,000	SI	05:55:46
Marzo	Tepalcates	25:31:00	00:20:20	500-1500	SI	00:20:20
	Bahía de Manzanillo	28:01:00			-	
Abril	Tepalcates	24:57:14	00:25:55	400-4000	NO	
	Bahía de Manzanillo	02:51:02				

CONSULTA PÚBLICA

En el caso de los horarios en los que se registraron los cantos de las ballenas, en la estación de Bahía de Manzanillo, se tuvo un registro mayor de estos en el rango de 16:00-20:00 hrs y 20:00-00:00 hrs al contar con cinco registros de cantos de ballenas en cada uno; mientras que en la estación de Tepalcates fue el horario de las 00:00-04:00 hrs cuando se encontraron 11 registros de cantos (Figura IV. 614).

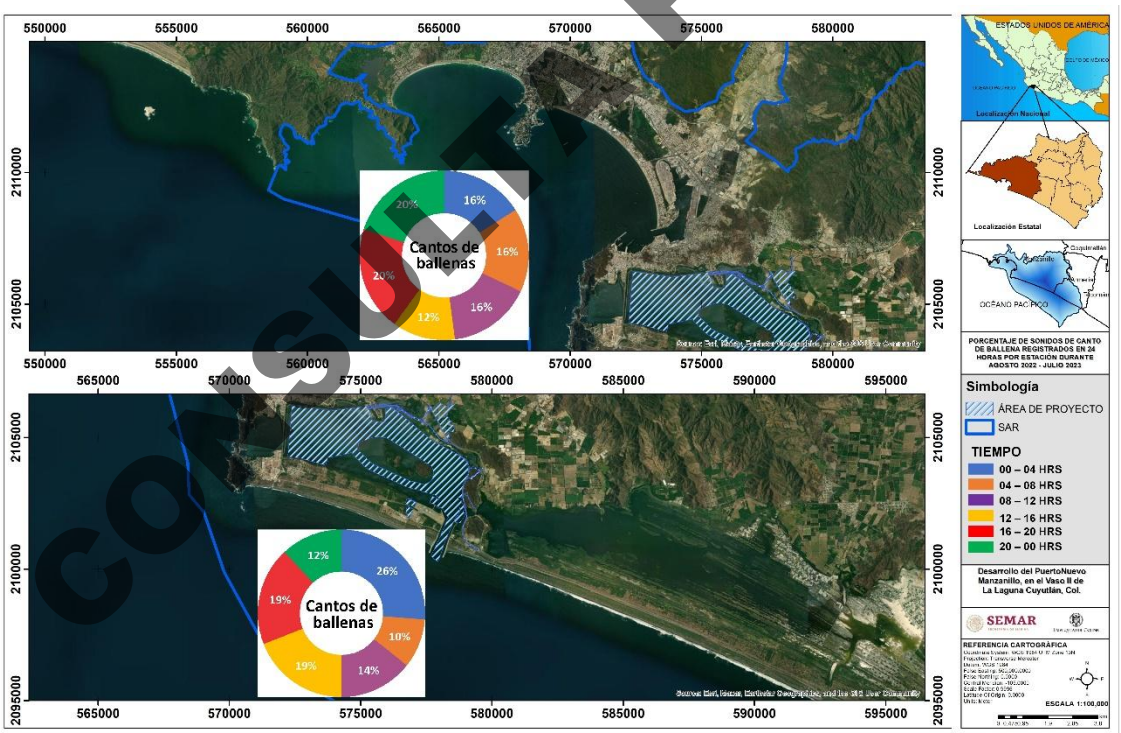


Figura IV. 614. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.

En el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024, el hidrófono fijo (acústica pasiva) en la bahía de Manzanillo grabó 636:07:51 (hrs:min:seg), de las cuales el 76.84% del tiempo se presentó ruido de

embarcaciones, con un nivel de presión sonora mínimo de 169.19 dB, máximo de 190.43 dB, y promedio de 184.53 dB (Tabla IV. 204). Mientras que el hidrófono colocado en Tepalcates registró 599:24:42 (hrs:min:seg) de grabaciones submarinas, en las que se detectó ruido de embarcaciones en el 21.67% del tiempo, así como un nivel de presión sonora mínimo de 170.12 dB, máximo de 188.45 dB, y promedio de 179.82 dB (Tabla IV. 204).

Mensualmente en este periodo, diciembre mostró un 100% de ruido en la estación de Bahía de Manzanillo, mientras que, en los meses de octubre y agosto, este porcentaje fue menor en la estación de Tepalcates (5.22% y 7.30%, respectivamente). En octubre, el nivel de presión sonora promedio mayor ocurrió en la Bahía de Manzanillo (187.79 dB), mientras que el menor fue en el mes de diciembre en la estación de Tepalcates (170.75 dB) (Tabla IV. 204).

Los parámetros de este ruido generado por embarcaciones permitió diferenciarlas entre mayores (barcos industriales, de comercio internacional) y menores (lanchas/pangas), de las cuales se detectaron más embarcaciones mayores en la Bahía de Manzanillo (168) que en Tepalcates (43) y su rango de frecuencias fluctuó entre 50-1200 Hz; mientras que las embarcaciones menores fueron más abundantes en Tepalcates (161) que la Bahía de Manzanillo (91) y su rango de frecuencias varió entre 100-1400 Hz (Tabla IV. 205).

De forma mensual, el mayor número de embarcaciones se registró en los meses de febrero con 16 embarcaciones menores en la estación de Tepalcates, y diciembre 2024 con 16 barcos y 16 embarcaciones menores en Bahía de Manzanillo. Mientras que la menor cantidad se presentó en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, julio, agosto, septiembre y diciembre, tanto en embarcaciones menores como en barcos en ambas estaciones (Tabla IV. 205).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 204. Características del ruido de embarcaciones detectado en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024 (NPS = Nivel de Presión Sonora).

Mes	Estación	Tiempo total registrado	Tiempo con ruido registrado	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS medio (dB)	NPS Máximo (dB)
Noviembre	Bahía de Manzanillo	29:16:00	25:03:30	85.62	175.03	183.39	187
	Tepalcates	26:50:00	05:50:53	21.79	172.57	176.2	179.32
	Bahía de Manzanillo	28:58:00	17:10:58	59.31	174.68	184.38	188.86
	Tepalcates	26:53:00	05:21:50	19.95	176.17	178.35	180.68
Diciembre	Bahía de Manzanillo	28:38:00	27:28:04	95.92	173.63	182.92	187.4
	Tepalcates	23:07:00	09:19:43	40.35	175.48	180.66	186.59
	Bahía de Manzanillo	31:46:00	25:47:45	81.20	172.88	181.92	188.06
	Tepalcates	27:30:00	09:16:06	33.70	174.37	179.56	181.65
Enero	Bahía de Manzanillo	26:44:00	24:10:58	90.45	177.22	181.95	186.73

Mes	Estación	Tiempo total registrado	Tiempo con ruido registrado	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS medio (dB)	NPS Máximo (dB)
	Tepalcates	24:49:00	05:47:46	23.35	177.7	180.66	183.76
	Bahía de Manzanillo	33:00:00	25:41.08	77.83	176.22	186.33	190.34
	Tepalcates	25:34:00	11:30:13	44.99	175.58	182.82	186.51
Febrero	Tepalcates	44:09:00	03:12:59	7.28	176.62	182.19	185.97
	Bahía de Manzanillo	07:22:00	07:09:09	97.09	182.81	182.81	182.81
	Tepalcates	19:03:00	02:53:32	15.18	175.17	178.46	180.93
	Bahía de Manzanillo	33:53:00	23:47:30	70.21	176.37	186.29	190.43
Marzo	Bahía de Manzanillo	32:04:00	25:13:14	78.65	177.57	184.75	189.21
	Tepalcates	30:15:00	05:32:26	18.31	177.22	182.8	186.58
	Bahía de Manzanillo	19:08:00	10:15:56	53.65	177.03	184.12	187.91
	Tepalcates	27:10:00	04:35:45	16.91	177.83	181.67	187.78
Abril	Bahía de Manzanillo	32:58:00	26:39:12	80.85	175.22	186.22	189.29
	Tepalcates	17:56:00	02:07:31	11.85	178.75	177.11	182.71
	Bahía de Manzanillo	17:07:00	16:00:58	93.57	178.37	184.85	186.79
	Tepalcates	22:12:00	02:33:27	11.52	174.79	177.57	181.09
Mayo	Bahía de Manzanillo	31:50:00	26:56:47	84.65	178.22	186.24	189.16
	Tepalcates	16:31:00	01:28:25	8.92	176.06	181.31	184.57
	Bahía de Manzanillo	25:33:00	24:06:38	94.36	178.37	186.32	188.58
	Tepalcates	17:22:00	01:47:17	10.29	174.37	176.62	179.79
Junio	Bahía de Manzanillo	17:14:00	14:59:16	86.97	180.76	184.21	187.8
	Tepalcates	23:55:00	05:43:54	23.96	174.17	179.48	184.55
Julio	Bahía de Manzanillo	26:38:00	21:09:48	79.46	176.22	183.03	187.36
	Tepalcates	24:22:00	05:38:59	23.18	175.3	181.14	186.43
	Bahía de Manzanillo	23:36:00	22:50:11	96.76	180.26	185.7	187.61
	Tepalcates	24:36:00	02:34:43	10.48	175.7	182.67	187.64
Agosto	Bahía de Manzanillo	27:26:00	18:43:07	68.23	176.97	185.73	188.99
	Tepalcates	25:31:00	03:33:06	13.92	175.03	181.96	187.93

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Estación	Tiempo total registrado	Tiempo con ruido registrado	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS medio (dB)	NPS Máximo (dB)
	Bahía de Manzanillo	11:58:00	09:26:42	78.92	175.83	185.36	188.32
	Tepalcates	08:13:00	00:36:00	7.30	176	180.14	182.56
Septiembre	Bahía de Manzanillo	13:03:00	11:03:57	84.79	178.81	185.65	187.83
	Tepalcates	09:01:00	00:47:26	8.77	176.97	177.24	177.49
	Bahía de Manzanillo	26:39:00	13:40:10	51.29	176.99	184.53	188.45
	Tepalcates	26:38:00	01:50:05	6.89	178.33	182.54	187.49
Octubre	Bahía de Manzanillo	15:55:00	13:00:30	81.73	183.93	187.41	188.95
	Tepalcates	24:14:00	01:15:56	5.22	178.42	183.43	186.28
	Bahía de Manzanillo	28:30:00	19:05:14	66.97	182.88	187.79	189.69
	Tepalcates	26:48:00	02:19:55	8.70	175.99	183.59	188.45
Noviembre	Bahía de Manzanillo	38:59:44	36:38:24	93.90	169.86	179.34	184.32
	Tepalcates	30:57:07	08:27:15	27.30	170.12	176.76	182.94
Diciembre	Bahía de Manzanillo	27:52:07	27:54:44	100.00	169.19	182.25	187.37
	Tepalcates	25:48:35	25:48:35	100.00	-	170.75	-

Tabla IV. 205. Información de embarcaciones y sus rangos de frecuencia acústica registrados en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
Noviembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	7	50-350
		Lanchas	4	400-700
	Tepalcates	Barcos	3	50-300
		Lanchas	4	350-600
	Bahía de Manzanillo	Barcos	10	50-350
		Lanchas	3	350-600
	Tepalcates	Barcos	3	100-350
		Lanchas	5	450-750
Diciembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	3	100-300
		Lanchas	2	400-700
	Tepalcates	Barcos	4	100-350

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
		Lanchas	3	400-650
	Bahía de Manzanillo	Barcos	8	50-350
		Lanchas	5	400-700
	Tepalcates	Barcos	5	50-350
		Lanchas	8	400-800
Enero	Bahía de Manzanillo	Barcos	4	100-400
		Lanchas	5	400-700
	Tepalcates	Barcos	2	150-300
		Lanchas	10	450-750
	Bahía de Manzanillo	Barcos	6	50-350
		Lanchas	7	450-700
	Tepalcates	Barcos	2	200-350
		Lanchas	6	400-700
Febrero	Bahía de Manzanillo	Barcos		
		Lanchas		
	Tepalcates	Barcos	3	200-350
		Lanchas	16	400-750
	Bahía de Manzanillo	Barcos	1	50-200
		Lanchas		
	Tepalcates	Barcos	1	250-350
		Lanchas	7	350-700
	Bahía de Manzanillo	Barcos	10	50-350
		Lanchas	6	200-650
	Tepalcates	Barcos		
		Lanchas		
Marzo	Bahía de Manzanillo	Barcos	10	50-350
		Lanchas	7	300-750
	Tepalcates	Barcos	2	200-350
		Lanchas	9	350-700
	Bahía de Manzanillo	Barcos	7	50-350
		Lanchas	1	500-650
	Tepalcates	Barcos	1	200-300
		Lanchas	10	400-750
Abril	Bahía de Manzanillo	Barcos	8	50-400
		Lanchas	3	400-650
	Tepalcates	Barcos	1	250-350
		Lanchas	8	350-700
	Bahía de Manzanillo	Barcos	3	100-350

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
		Lanchas	1	450-550
	Tepalcates	Barcos	2	50-350
		Lanchas	7	400-700
Mayo	Bahía de Manzanillo	Barcos	9	50-400
		Lanchas	4	400-750
	Tepalcates	Barcos	2	150-300
		Lanchas	1	300-500
	Bahía de Manzanillo	Barcos	3	50-350
		Lanchas	2	550-700
	Tepalcates	Barcos	1	300-400
		Lanchas	7	400-750
Junio	Bahía de Manzanillo	Barcos	4	50-300
		Lanchas	0	
	Tepalcates	Barcos	2	50-350
		Lanchas	5	500-750
Julio	Bahía de Manzanillo	Barcos	5	50-350
		Lanchas	2	400-700
	Tepalcates	Barcos	2	100-350
		Lanchas	4	500-750
	Bahía de Manzanillo	Barcos	3	50-350
		Lanchas	0	
	Tepalcates	Barcos	1	100-250
		Lanchas	8	400-750
Agosto	Bahía de Manzanillo	Barcos	10	50-400
		Lanchas	4	400-650
	Tepalcates	Barcos	1	100-250
		Lanchas	8	400-750
	Bahía de Manzanillo	Barcos	4	50-350
		Lanchas	1	600-750
	Tepalcates	Barcos	0	
		Lanchas	3	400-600
Septiembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	4	50-350
		Lanchas	0	
	Tepalcates	Barcos	1	100-200
		Lanchas	1	600-750
	Bahía de Manzanillo	Barcos	6	50-350
		Lanchas	4	500-750
	Tepalcates	Barcos	1	200-350

CONSULTA PÚBLICA

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
		Lanchas	7	500-750
Octubre	Bahía de Manzanillo	Barcos	4	50-350
		Lanchas	0	
	Tepalcates	Barcos	0	
		Lanchas	6	400-800
	Bahía de Manzanillo	Barcos	8	50-400
		Lanchas	2	400-750
	Tepalcates	Barcos	0	
		Lanchas	8	450-800
Noviembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	15	100-900
		Lanchas	12	100-1400
	Tepalcates	Barcos	2	100-1000
		Lanchas	10	400-1400
Diciembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	16	50-1200
		Lanchas	16	100-1400
	Tepalcates	Barcos	1	50-300
		Lanchas		

En el caso de los horarios en donde se registraron los sonidos de embarcaciones, sobresale el rango de 08:00-12:00 hrs en ambas estaciones; debido a que en Bahía de Manzanillo se detectó el porcentaje mayor (26%) de sonidos de barcos, con 71 registros de sonido. Mientras que en la estación de Tepalcates se presentaron 59 registros de sonidos de embarcaciones menores (38%) (Figura IV. 615 y Figura IV. 616).

CONSULTA PÚBLICA

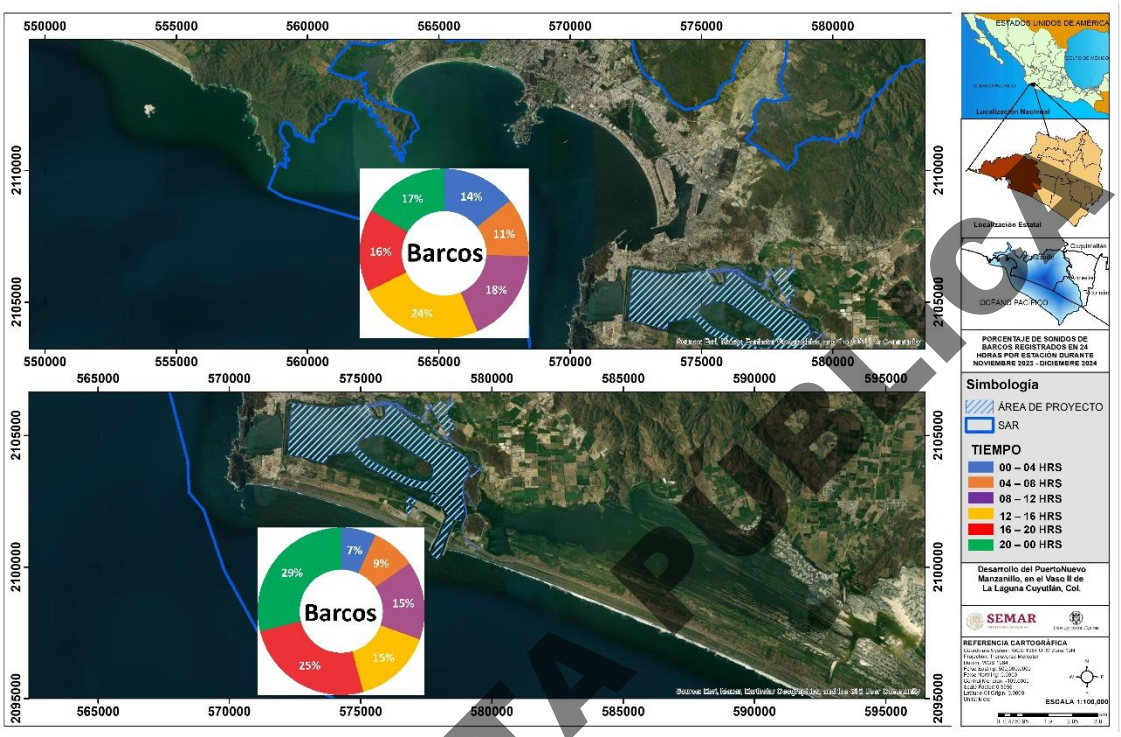


Figura IV. 615. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA

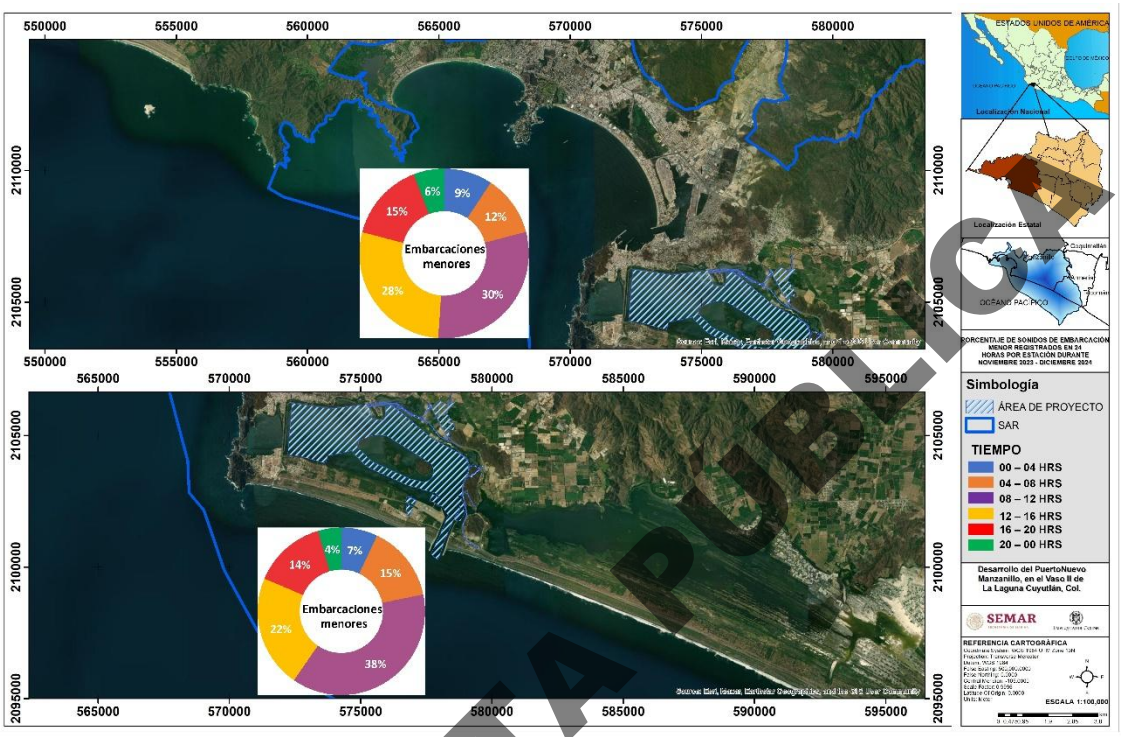


Figura IV. 616. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registradas en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

Durante este periodo 2, se registraron cantos de ballena en 172 hrs 47 min 10 seg en total. En la estación de Tepalcates el tiempo de detección fue de 71 hrs 26 min y 55 seg de cantos de ballena, con una frecuencia de 50-10,000 Hz y una interacción con embarcaciones de 42 hrs, 53 min y 1 seg. Mientras que, en la estación de Bahía de Manzanillo, se tuvo un registro de 101 hrs 20 min y 15 seg de sonidos de ballena con una frecuencia de 50-8,400 Hz y una interacción con embarcaciones del mismo tiempo (101 hrs 20 min y 15 seg) (Tabla IV. 206).

Tabla IV. 206 Características de las grabaciones con cantos de ballenas obtenidas con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.

Mes	Estación	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)	Interacción con embarcaciones	Tiempo de interacción
Noviembre-Diciembre	Tepalcates	104:20:00	19:35:09	100-10000	SI	04:55:49
	Bahía de Manzanillo	118:38:00	18:24:57	50-4000	SI	18:24:57
Enero	Tepalcates	50:23:00	13:38:26	50-8000	SI	04:16:13
	Bahía de Manzanillo	59:44:00	13:51:15	50-7000	SI	13:51:15
Febrero	Tepalcates	63:12:00	10:42:32	100-8000	SI	00:23:30

CONSULTA PÚBLICA

	Bahía de Manzanillo	41:15:00	24:53:24	100-7000	SI	24:53:24
Marzo	Tepalcates	57:25:00	27:30:48	100-5500	SI	07:28:54
	Bahía de Manzanillo	51:12:00	13:40:14	1000-7000	SI	13:40:14
Noviembre	Tepalcates	30:57:07				
	Bahía de Manzanillo	38:59:44	09:56:42	100-5000	Si	09:56:42
Diciembre	Tepalcates	25:48:35				25:48:35
	Bahía de Manzanillo	27:52:07	20:33:43	50-8400	Si	20:33:43

En el caso de los horarios en los que se registraron los cantos de las ballenas, en la estación de Bahía de Manzanillo, se tuvo un registro mayor de estos en el rango de 12:00-16:00 y 16:00-20:00 hrs al contar con 13 y 11 registros de cantos de ballenas respectivamente; mientras que en la estación de Tepalcates fue el horario de las 04:00-08:00 y 12:00-16:00 hrs cuando se encontraron 7 registros de cantos en cada uno (Figura IV. 617).

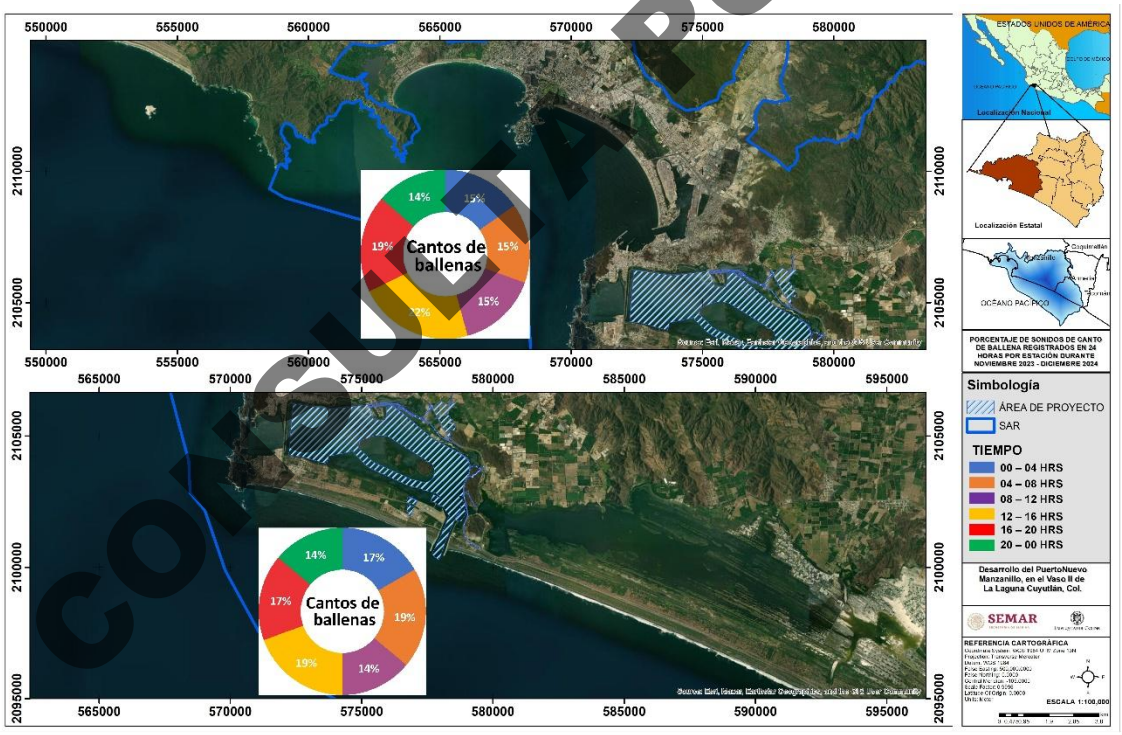


Figura IV. 617. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

En el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026, el hidrófono fijo (acústica pasiva) en la bahía de Manzanillo grabó 152:33:42 (hrs:min:seg), de las cuales el 71.124% del tiempo se presentó ruido de embarcaciones, con un nivel de presión sonora mínimo de 163.1 dB, máximo de 191.44 dB, y promedio de 177.27 dB (Tabla IV.

CONSULTA PÚBLICA

207). Mientras que el hidrófono colocado en Tepalcates registró 132:03:32 (hrs:min:seg) de grabaciones submarinas, en las que se detectó ruido de embarcaciones en el 21.67% del tiempo, así como un nivel de presión sonora mínimo de 170.12 dB, máximo de 188.45 dB, y promedio de 179.82 dB (Tabla IV. 207).

Por su parte, de forma mensual, en diciembre en la estación de Bahía de Manzanillo se contó con un 100% de ruido, esto debido a que varias embarcaciones se presentaron simultáneamente; mientras que, en los meses de enero y febrero, este porcentaje fue menor en la estación de Tepalcates (36.73% y 26.78%, respectivamente). Y en el mes de diciembre en la Bahía de Manzanillo, se presentó el promedio mayor del nivel de presión sonora (179.55 dB), mientras que el menor fue en enero en la estación de Tepalcates (174.9 dB) (Tabla IV. 207).

Tabla IV. 207. Características del ruido de embarcaciones detectado en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026 (NPS = Nivel de Presión Sonora).

Mes	Estación	Tiempo total registrado	Tiempo con ruido registrado	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS medio (dB)	NPS Máximo (dB)
Diciembre	Bahía de Manzanillo	30:05:09	30:05:09	100	170.23	179.55	189.28
	Tepalcates	27:33:48	10:55:48	39.65	169.44	176.95	184.47
Enero	Bahía de Manzanillo	71:51:30	71:51:30	100	163.1	176.74	190.38
	Tepalcates	52:36:24	19:19:09	36.73	167.76	174.9	182.05
Febrero	Bahía de Manzanillo	50:37:03	50:37:03	100	164.76	178.1	191.44
	Tepalcates	51:53:20	13:27:54	26.78	165.43	176.76	188.09

Los parámetros de este ruido generado por embarcaciones permitió diferenciarlas entre mayores (barcos industriales, de comercio internacional) y menores (lanchas/pangas), de las cuales se detectaron más embarcaciones mayores en la Bahía de Manzanillo (147) que en Tepalcates (9) y su rango de frecuencias fluctuó entre 50-1000 Hz; mientras que las embarcaciones menores fueron igual de abundantes tanto en Tepalcates (105) como en la Bahía de Manzanillo (136) y su rango de frecuencias varió entre 700-4800 Hz (Tabla IV. 208).

De forma mensual, el mayor número de embarcaciones se registró en el mes de enero con 73 barcos en la estación de Bahía de Manzanillo. Mientras que la menor cantidad se presentó en los meses de diciembre y marzo, con dos embarcaciones registradas en Bahía de Manzanillo (Tabla IV. 208).

En el caso de los horarios en los que se registraron los sonidos de embarcaciones, sobresale el rango de 08:00-12:00 hrs en ambas estaciones; debido a que en Bahía de Manzanillo se detectó el porcentaje mayor (24%) de sonidos de barcos, con 37 registros de sonido. Mientras que en la estación de Tepalcates se presentaron 33 registros de sonidos de embarcaciones menores (31%) (Figura IV. 618 y Figura IV. 619).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 208. Información de embarcaciones y sus rangos de frecuencia acústica registrados en ambas estaciones con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026.

Mes	Estación	Tipo de embarcación	Número de embarcaciones	Rango de frecuencias
Diciembre	Bahía de Manzanillo	Barcos	24	50-1000
		Lanchas	33	1000-4800
	Tepalcates	Barcos	2	300-600
		Lanchas	36	800-4800
Enero	Bahía de Manzanillo	Barcos	73	50-800
		Lanchas	55	900-4800
	Tepalcates	Barcos	5	200-700
		Lanchas	34	700-3400
Febrero	Bahía de Manzanillo	Barcos	50	50-900
		Lanchas	48	800-3800
	Tepalcates	Barcos	2	200-700
		Lanchas	35	700-3800

CONSULTA PÚBLICA

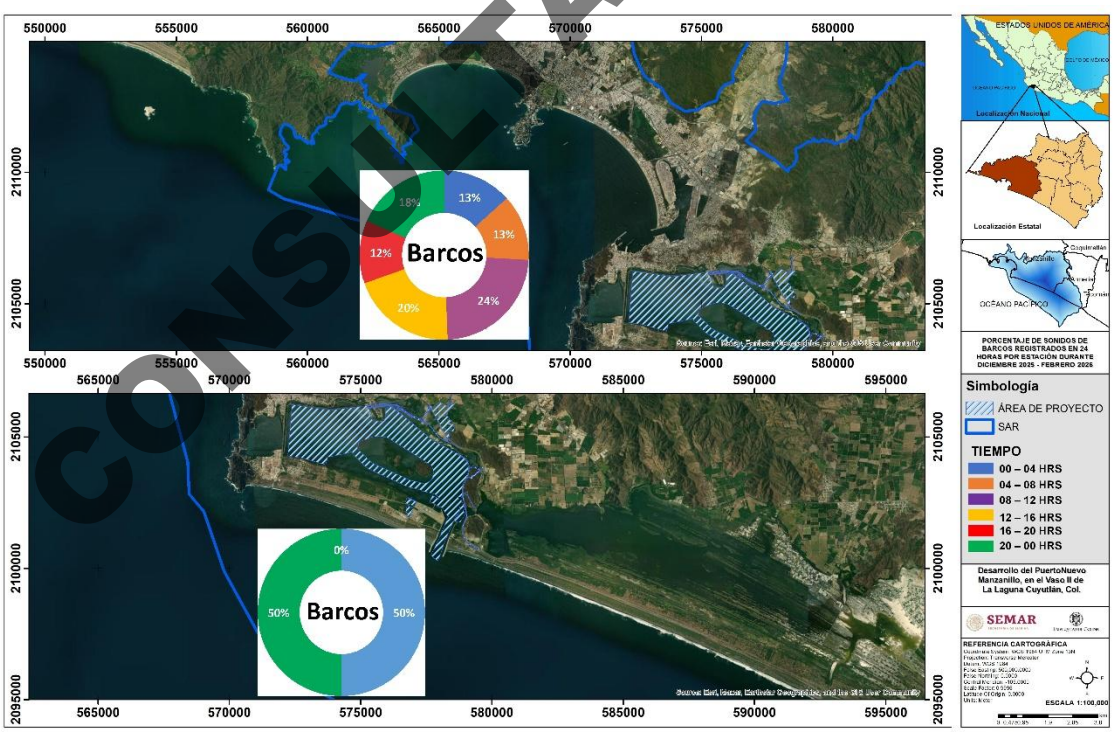


Figura IV. 618. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

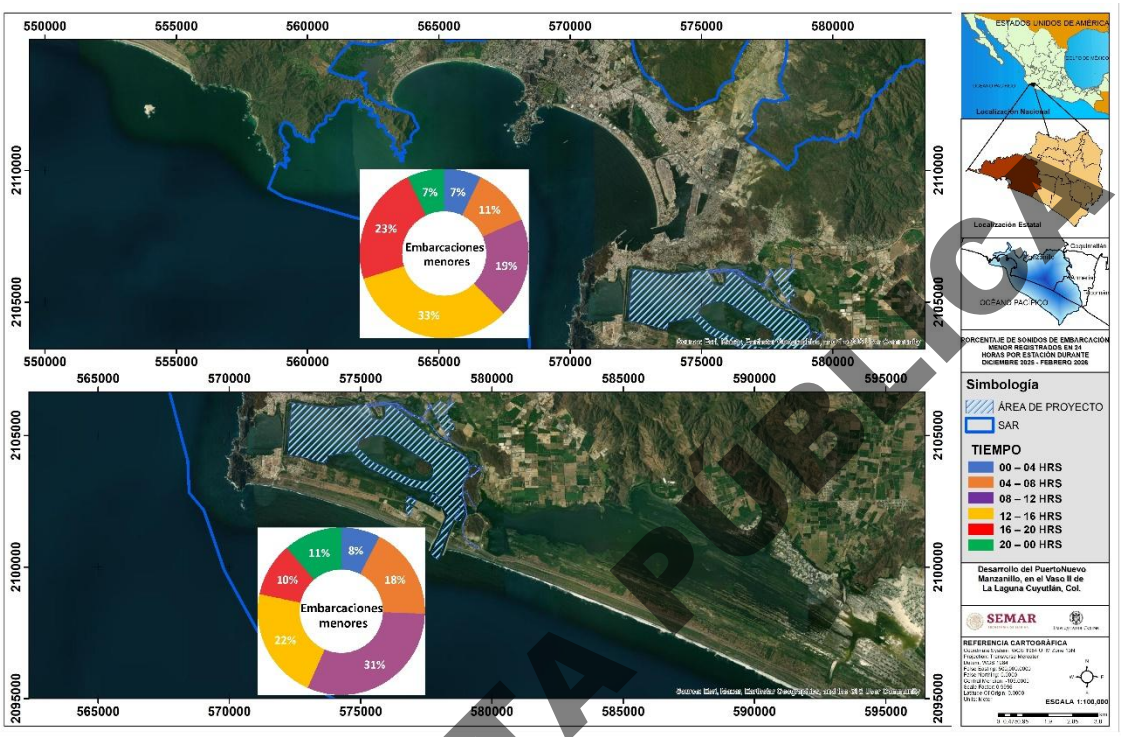


Figura IV. 619. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

Finalmente, se registraron cantos de ballena en 127 hrs 57 min 59 seg en total con este método pasivo durante el periodo 3. En la estación de Tepalcates el tiempo de detección fue de 44 hrs 29 min y 28 seg de cantos de ballena, con una frecuencia de 100-8,000 Hz y una interacción con embarcaciones de 14 hrs, 46 min y 51 seg. Mientras que, en la estación de Bahía de Manzanillo, se tuvo un registro de 83 hrs 28 min y 31 seg fueron con sonidos de ballena y una interacción con embarcaciones del mismo tiempo (Tabla IV. 209).

Tabla IV. 209. Características de las grabaciones con sonidos de ballena a través del muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026.

Mes	Estación	Duración de la grabación	Duración de los cantos	Rango de frecuencias (Hz)	Interacción con embarcaciones	Tiempo de interacción
Diciembre	Tepalcates	27:33:48	8:16:19	100-6000	SI	4:21:58
	Bahía de Manzanillo	30:05:09	16:46:16	50-7000	SI	16:46:16
Enero	Tepalcates	52:36:24	30:59:29	100-8000	SI	10:24:53
	Bahía de Manzanillo	71:51:30	43:31:11	50-7000	SI	43:31:11
Febrero	Tepalcates	51:53:20	5:13:40	100-1200	NO	00:00:00

CONSULTA PÚBLICA

	Bahía de Manzanillo	50:37:03	23:11:04	50-10000	SI	23:11:04

En el caso de los horarios en los que se registraron los cantos de las ballenas, en la estación de Bahía de Manzanillo, se tuvo una detección mayor de éstos en el rango de 20:00-00:00 hrs al contar con 7 registros; mientras que en la estación de Tepalcates fue el horario de las 00:00-04:00 y 04:00-08:00 hrs cuando se encontraron 6 registros de cantos en cada uno (Figura IV. 620).

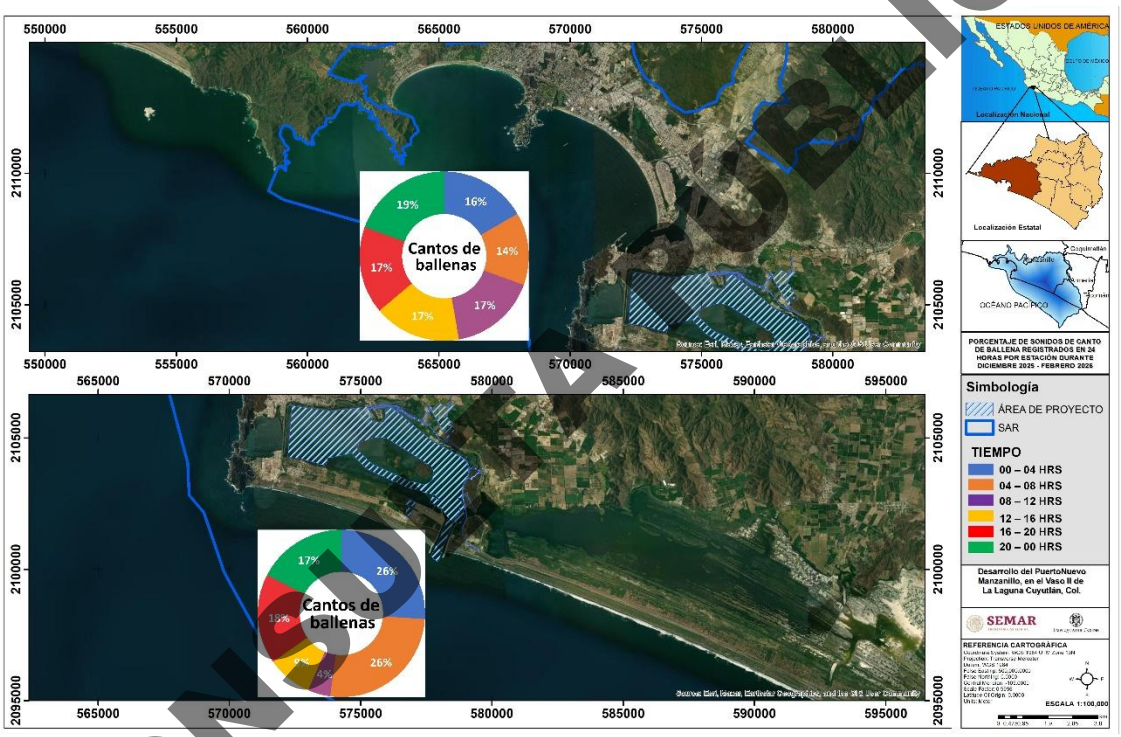


Figura IV. 620. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.11 Afectaciones y mortalidad de mamíferos y quelonios por la interacción con embarcaciones

IV.3.17.11.1 Ballenas y delfines con afectaciones por embarcaciones

Durante los 3 periodos de monitoreo se registraron 7 individuos de ballena jorobada con afectaciones asociadas a interacciones con embarcaciones, la mayoría mostraron afectaciones cicatrizadas por lo que seguramente fueron eventos que ocurrieron en el pasado, en algún lugar de su distribución incluyendo posiblemente la costa de Colima.

El primer individuo fue visto el 14 de enero del 2024 frente a la playa de Ventanas, dentro de la bahía de Manzanillo, Col. Presentaba una serie de cicatrices en el dorso anterior a la aleta, y continuaban hacia ambos flancos, lo que sugiere que el organismo pudo haber sido afectado por una propela de embarcación mediana (p. ej. un yate), o bien pudo haberse enredado en algún objeto como una cadena (Figura IV. 621).



Figura IV. 621. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso y costados de su cuerpo, vista el 14 de enero del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima.

El segundo individuo fue visto el 21 de enero del 2024 frente a la playa El Edén, y presentaba diversas cicatrices sobre el dorso a la altura de su aleta, por lo que se le observaba de color blanquecino y la ausencia de aleta dorsal, así como dos marcas lineales que se extienden hacia su costado derecho; asociadas a algún evento de golpe por propela en el pasado (Figura IV. 622).



Figura IV. 622. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso, vista el 21 de enero del 2024 frente a la playa El Edén, costa de Manzanillo, Colima.

CONSULTA PÚBLICA

El tercer individuo fue visto el 10 de febrero del 2024 frente a la playa de campos, Manzanillo. Presentaba heridas cicatrizadas posible hechas por una propela del lado derecho, cerca de la cabeza y atrás de la aleta dorsal. Las heridas de la cabeza eran muy notorias y profundas. (Figura IV. 623).



Figura IV. 623. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso y costados de su cuerpo, 10 de febrero del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima.

El cuarto individuo fue visto el 24 de febrero frente a la bahía de Carrizales, Manzanillo, y presentaba diversas cicatrices sobre el dorso a la altura de su aleta. Tales cicatrices pudieran estar asociadas a algún evento de corte por propela reciente (Figura IV. 624).



Figura IV. 624. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso, 24 de febrero del 2024, frente a la bahía de Carrizales, costa de Manzanillo, Colima.

El quinto individuo fue visto el 23 de marzo frente al faro de Campos, Manzanillo. Presentaba una cicatriz cerca de la base de la aleta dorsal, posiblemente originada por el contacto de una propela (Figura IV. 625).

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 625. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en la base de la aleta dorsal, 23 de marzo del 2024 frente al faro de Campos, costa de Colima

El sexto individuo se avistó el 20 de noviembre del 2024, frente al faro de Campos, entre la entrada a las bahías y el canal de Tepalcates. La ballena afectada formaba parte de un grupo de cortejo de cinco ballenas; y presentaba una cicatriz muy notoria, tanto a lo largo, como a lo ancho y a lo profundo en la parte media del dorso, posiblemente causada por una colisión con una embarcación mayor en el pasado. De igual manera, presentaba distintas marcas lineales sobre la aleta dorsal y a los costados en la región del pedúnculo, con el posible mismo origen que la herida anterior (Figura IV. 626).

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 626. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en el dorso y costados de su cuerpo debido a la colisión con una embarcación en el pasado, avistada el 20 de noviembre del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima.

El séptimo individuo, también fue parte del mismo grupo de cortejo avistado el 20 de noviembre, presentaba una cicatrizada profunda que dividía la aleta dorsal en dos partes, potencialmente asociada por la interacción con la propela de una embarcación mayor/mediana (Figura IV. 627).

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 627. Ballena jorobada con marcas de interacción humana en la aleta dorsal debido a la colisión con una embarcación en el pasado, avistada el 20 de noviembre del 2024 en la costa de Manzanillo, Colima.

Finalmente, durante los tres periodos se identificaron 6 individuos de delfín moteado con daños severos en la aleta dorsal; lesiones relacionadas por la interacción con embarcaciones (Figura IV. 628).

CONSULTA PÚBLICA

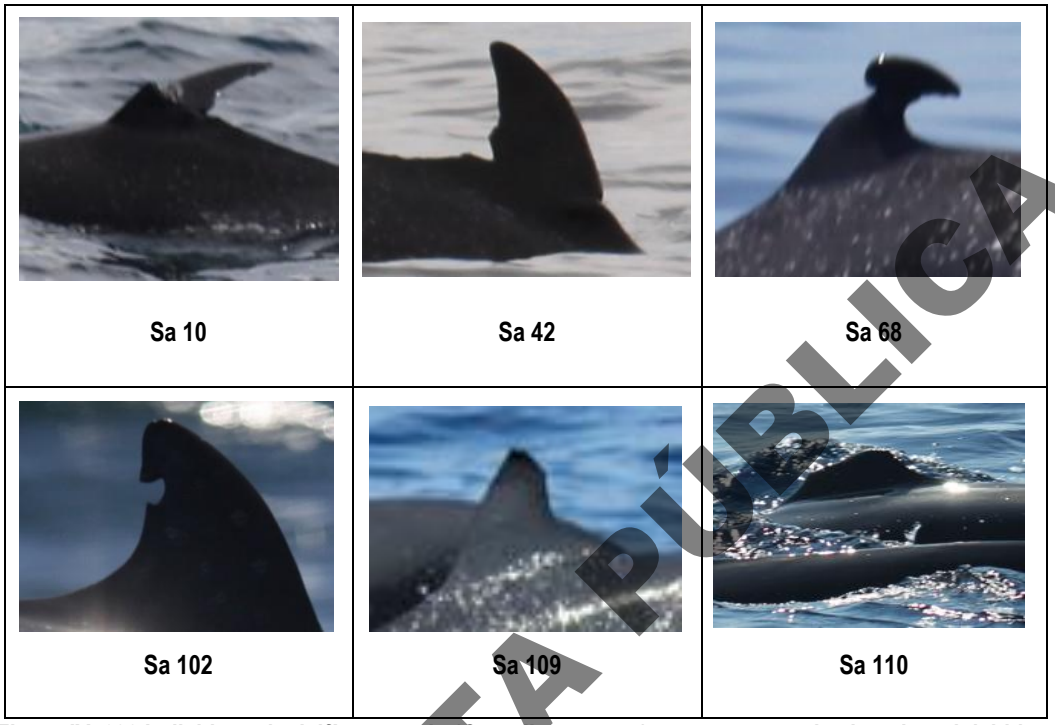


Figura IV. 628 Individuos de delfín moteado (*Stenella atenuata*) con marcas en la aleta dorsal debido a interacciones con embarcaciones, avistados durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Manzanillo, Colima.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.17.11.2 . Mortalidad de mamíferos y quelonios

Durante los 3 periodos de monitoreo se registraron un total de 21 eventos de mortalidad de mamíferos marinos en la región del SAR. Un 28% de estos eventos ocurrió en el cuadrante 1, donde se ubican las bahías de Tenacatita y Barra de Navidad Jalisco, otro 28% de los organismos muertos fueron registrados dentro de las bahías de Manzanillo; mientras que el 43% restante fueron eventos localizados en playa de campos, y playas de Armería y Tecomán (Figura IV. 629). La mayoría de los eventos (38%) ocurrieron recientemente, en el año 2025; mientras que solo el 14% de los mismos ocurrió en el 2022. Mientras que, entre temporadas, el 43% de los eventos fueron en invierno, el 33% en primavera y solo el 24% en otoño, sin registros en verano (Tabla IV. 210).

El 38% de los eventos fueron organismos considerados frescos (categoría 1); el 29% en descomposición muy avanzada (categoría 4), el 28% fueron organismos con descomposición poco avanzada y avanzada (categorías 2 y 3) y solo el 5% correspondió a un organismo casi momificado (categoría 5) (Tabla IV. 210). Por esta razón, en un importante número de estos eventos de mortalidad (55%) no fue posible determinar la causa de la muerte; del resto, el 9% fue por causas naturales (depredación por orcas), otro 9% por interacción con artes de pesca, y finalmente el 23% de estos eventos de muerte de mamíferos fue por interacción con embarcaciones (Tabla IV. 210).

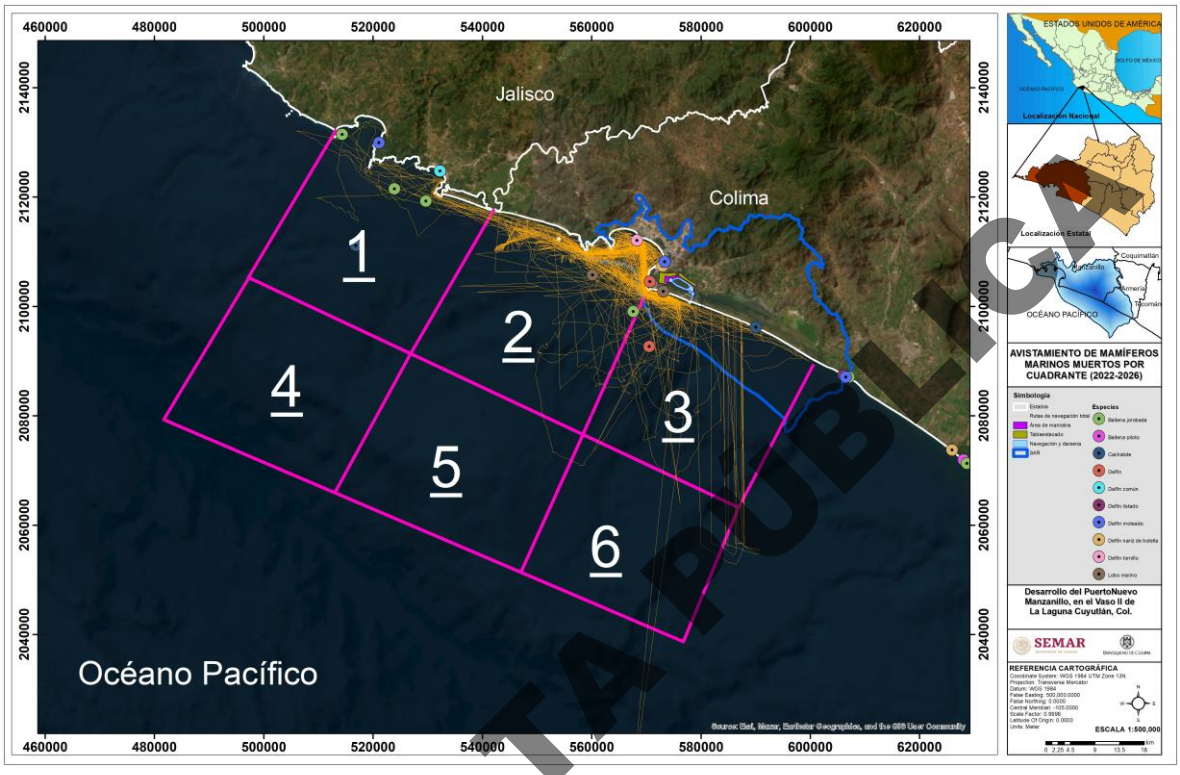


Figura IV. 629. Localización geográfica de los eventos de mortalidad de los mamíferos marinos durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Jalisco y Colima.

Dentro de los eventos de mortalidad por embarcaciones destacan el #11 y #16, correspondientes a cachalotes (*Physeter macrocephalus*) que presentaron heridas por colisión.

El evento #11 ocurrió el 21 de abril del 2024, en aguas marinas a 12 millas frente al Islote “El Viejo”, Barra de Navidad Jal. Presentaba un ligero avance de descomposición (Categoría 2). No se pudo determinar el sexo, pero era un subadulto o adulto de una longitud de ~10 m. Se evidenciaron impactos humanos, dado que muy probablemente sufrió una colisión por embarcación mayor, dado que mostraba una herida en el costado derecho, el que estaba sumergido, de donde burbujeaba sangre constantemente (Figura IV. 630). Por lo que probablemente murió por desangre o por secuela al impacto de una embarcación mayor; dado que estos animales realizan buceos prolongados y posteriormente, pasan mucho tiempo descansando en superficie, por lo que son más vulnerables a ser colisionados en este lapso.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 210 Eventos de mortalidad de mamíferos marinos durante los 3 periodos de monitoreo en la costa de Jalisco y Colima.

# de eventos	Nombre común	Especie	Fecha	Sitio	Condición	Causa de muerte
1	Delfín listado	*Stenella coeruleoalba*	22/09/2022	Cuyutlán, Armería, Col.	Fresco	Ataque orcas
2	Delfín	*N.I.*	04/10/2022	El Tapo, Manzanillo, Col.	Muy avanzado	N.D.
3	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	16/12/2022	La Puntilla, Armería, Col.	Avanzado	N.D.
4	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	04/03/2023	Tenacatita, Jal.	Muy avanzado	N.D.
5	Delfín tornillo	*Stenella longirostris*	19/03/2023	Santiago, Manzanillo, Col.	Poco avanzado	Ataque orcas
6	Delfín común	*Delphinus delphis*	17/04/2023	Melaque, Jal.	Muy avanzado	N.D.
7	Lobo marino	*N.I.*	11/11/2023	Bahías Manzanillo, Col.	Muy avanzado	N.D.
8	Delfín nariz de botella	*Tursiops truncatus*	19/12/2023	Chupadero, Tecomán, Col.	Avanzado	N.D.
9	Delfín moteado	*Stenella attenuata*	03/02/2024	Tamarindo, Jal.	Fresco	Corte por propela de embarcación
10	Lobo marino	*N.I.*	25/02/2024	Campos, Manzanillo, Col.	Momificado	N.D.
11	Cachalote	*Physeter macrocephalus*	21/04/2024	Barra de Navidad, Jal.	Poco avanzado	Colisión de embarcación
12	Delfín nariz de botella	*Tursiops truncatus*	05/09/2024	Bahías Manzanillo, Col.	Fresco	Golpe por embarcación
13	Delfín moteado	*Stenella attenuata*	26/10/2024	Las Brisas, Manzanillo, Col.	Fresco	N.D.
14	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	07/01/2025	Barra de Navidad, Jal.	Avanzado	Enmallada en redes de pesca
15	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	20/01/2025	Barra de Navidad, Jal.	Muy avanzado	N.D.
16	Cachalote	*Physeter macrocephalus*	27/01/2025	Cuyutlán, Armería, Col.	Poco avanzado	Colisión de embarcación
17	Delfín moteado	*Stenella attenuata*	30/01/02025	El Paraíso, Armería, Col.	Fresco	Golpe por embarcación
18	Ballena piloto	*Globicephala macrorhynchus*	24/03/2025	El Chupadero, Tecomán, Col.	Fresco	N.D.
19	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	24/03/2025	El Chupadero, Tecomán, Col.	Muy avanzado	N.D.
20	Delfín	*N.I.*	27/04/2025	Aguas oceánicas de Col.	Fresco	Enmallado en redes de atunero
21	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*	22/12/2025	Aguas oceánicas de Col.	Fresco	N.D.

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 630. Residuos de sangre emergiendo del costado derecho del cachalote muerto en aguas oceánicas frente a Barra de Navidad, Jal.

El evento #16 ocurrió el 27 de enero del 2025, en la playa de Cuyutlán. Era un organismo en condición de descomposición poco avanzada, Categoría 2 (pérdida de piel y exposición de órganos internos), hembra adulta de aproximadamente 10.6 m de longitud. Presentaba una herida en el costado derecho, posterior de poco más de un metro de largo, por donde se expusieron varios de sus órganos internos, por lo que se asoció con una colisión por una embarcación (Figura IV. 631); por lo que probablemente murió por desangre o consecuencias debido a dicha colisión. Cabe destacar que este ejemplar es de hábitos oceánicos y fue el primer evento de varamiento de esta especie en la costa de Colima.

CONSULTA PÚBLICA

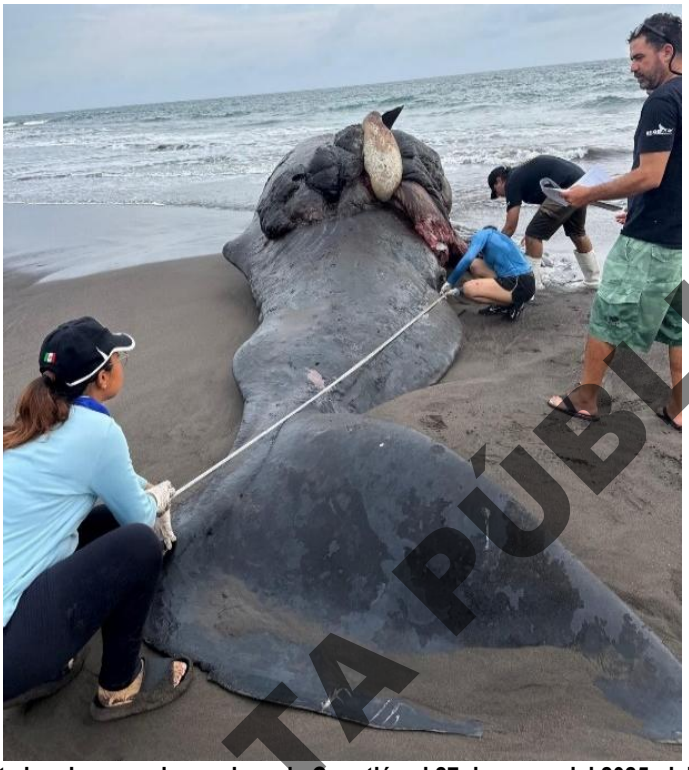


Figura IV. 631. Cachalote hembra varado en playa de Cuyutlán el 27 de enero del 2025, debido a una colisión por embarcación.

Referente a los quelonios marinos, en las aguas adyacentes a la zona del SAR se registraron 7 individuos muertos y dos lesionados, todos fueron tortuga golfinas. Durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023, se tuvo el registro de 5 tortugas muertas, de las cuales 2 eran machos, 1 hembra y 2 no diferenciado. Además, se observó una tortuga macho potencialmente enfermo dado que mostraba una gran comunidad de ectoparásitos sobre su carapacho. En el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024, solo se registró 1 tortuga muerta y una tortuga con un golpe severo en el carapacho. En el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026, también solo se avistó 1 tortuga macho muerta. La mayoría de estos ejemplares se les registró en aguas del cuadrante 2, con solo un registro en cuadrante 1 y 3 (Figura IV. 632).

CONSULTA PÚBLICA

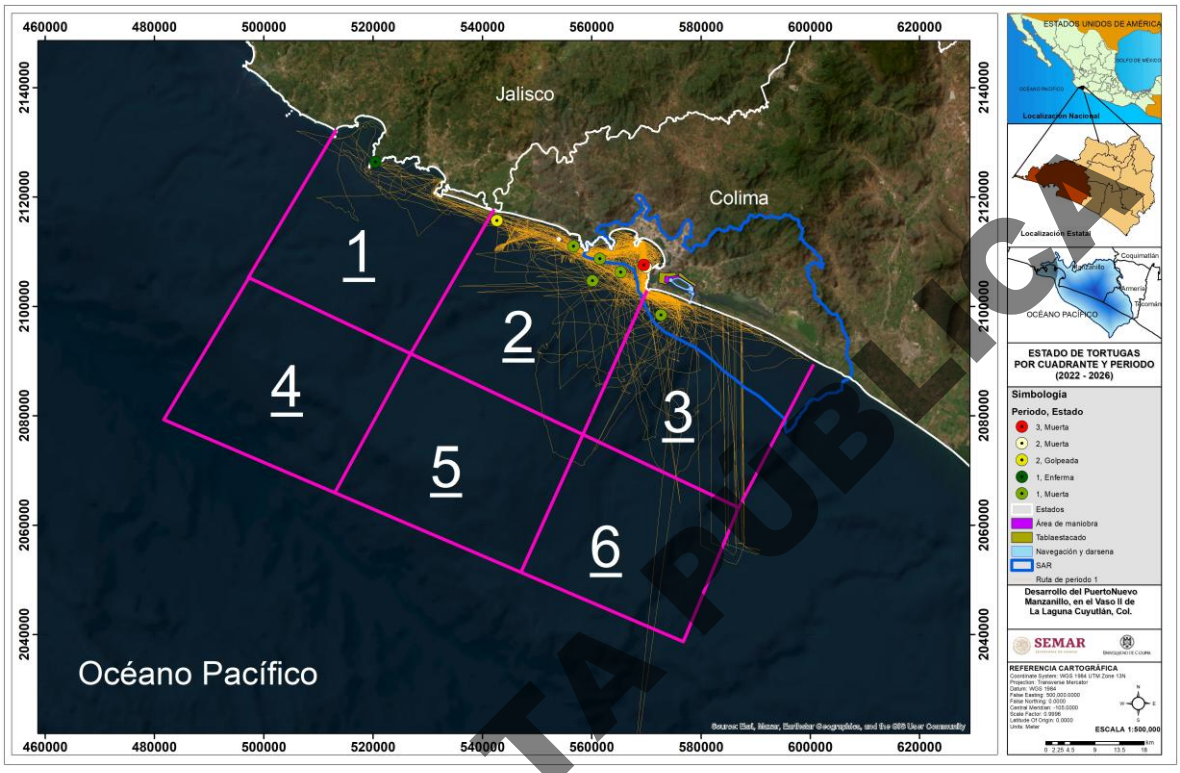


Figura IV. 632. Registro de quelonios marinos muertos en los 3 periodos de monitoreo en los cuadrantes costeros de Jalisco y Colima.

IV.3.17.11.2.1 Mortalidad de quelonios en playa de Cuyutlán

En la playa de Cuyutlán se registraron 161 tortugas muertas durante los 3 años de estudio (2023, 2024 y 2025) (Figura IV. 633).

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 633. Tortuga prieta (*Chelonia mydas*) macho encontrado muerto en enero de 2023 en la zona 8 de la playa de Cuyutlán, Colima.

CONSULTA PÚBLICA

En el año 2023 en total se registraron 60 individuos muertos. La mortalidad se fue mayor en los meses de junio (n=17), julio (n=22) y agosto (n=16), que en conjunto aportaron más del 90% de los casos ($p > 0.05$). Septiembre registró 5 muertes y el resto de los meses prácticamente no tuvo incidencia (Tabla IV. 211).

Tabla IV. 211. Registros del número de tortugas muertas por especie para cada mes del año 2023, en la playa de Cuyutlán, Armería.

Mes	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
Enero	0	0	|	0
Febrero	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0
Junio	9	0	8	17
Julio	18	0	4	22
Agosto	13	0	3	16

Mes	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
Septiembre	5	0	0	5
Octubre	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0

Las zonas con un número mayor de tortugas muertas fueron la zona 10 (n=11), zona 4 (n=10) y zona 5 (n=7) ($p > 0.05$). La mayoría correspondió a la tortuga golfina, aunque también hubo 15 registros de tortuga prieta (Tabla IV. 212).

Tabla IV. 212 Registros del número de tortugas muertas por especie para las zonas de la playa de Cuyutlán, Armería, durante el año 2023.

ZONA	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
1	0	0	0	0
2	1	0	0	1
3	4	0	1	5
4	9	0	1	10
5	6	0	1	7
6	6	0	3	9
7	1	0	2	3
8	5	0	1	6
9	6	0	2	8
10	7	0	4	11

En el año 2024 en total se registraron 44 individuos muertos. La mortalidad se fue mayor en los meses de julio (n=11) y agosto (n=33), representando más del 75% del total anual ($p > 0.05$). El resto de los meses no presentó registros (Tabla IV. 213).

Tabla IV. 213. Registros del número de tortugas muertas por especie para cada mes del año 2024, en la playa de Cuyutlán, Armería.

Mes	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
Mes	***L. olivacea***	***D. coriacea***	***C. mydas***	**TOTAL**
Enero	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0
Julio	9	0	2	11

CONSULTA PÚBLICA

Mes	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
Agosto	29	0	4	33
Septiembre	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0

Las zonas con un número mayor de tortugas muertas fueron la zona 4 (n=13), zona 3 (n=6) y zona 5 (n=6) ($p > 0.05$). La mortalidad afectó principalmente a la tortuga golfina, con solo 6 registros de tortuga prieta (Tabla IV. 214).

Tabla IV. 214. Registros del número de tortugas muertas por especie para las zonas de la playa de Cuyutlán, Armería, durante el año 2024.

ZONA	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
1	0	0	0	0
2	3	0	0	3
3	6	0	0	6
4	11	0	2	13
5	6	0	0	6
6	5	0	0	5
7	3	0	0	3
8	1	0	2	3
9	2	0	2	4
10	1	0	0	1

Finalmente, en el año 2025 se registraron 57 individuos muertos; y los meses críticos fueron agosto (n=28), septiembre (n=11) y octubre (n=11) ($p > 0.05$), que en conjunto aportaron más del 85% de las muertes (Tabla IV. 215).

Tabla IV. 215 Registros del número de tortugas muertas por especie para cada mes del año 2025, en la playa de Cuyutlán, Armería.

Mes	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
Enero	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0

CONSULTA PÚBLICA

Mes	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
Junio	0	0	0	0
Julio	4	0	3	7
Agosto	23	0	5	28
Septiembre	11	0	0	11
Octubre	9	0	2	11
Noviembre	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0

Las zonas con un número mayor de tortugas muertas fueron la zona 4 (n=9), zona 2 (n=8) y zona 8 (n=8) ($p > 0.05$). La mortalidad afectó también en mayor medida a la tortuga golfina, y 10 registros de tortuga prieta (Tabla IV. 216).

Tabla IV. 216. Registros del número de tortugas muertas por especie para las zonas de la playa de Cuyutlán, Armería, durante el año 2025.

ZONA	*L. olivacea*	*D. coriacea*	*C. mydas*	TOTAL
1	0	0	0	0
2	8	0	0	8
3	4	0	0	4
4	9	0	0	9
5	5	0	2	7
6	4	0	2	6
7	4	0	1	5
8	6	0	2	8
9	3	0	3	6
10	4	0	0	4

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18 Medio socioeconómico

IV.3.18.1 Descripción del medio socioeconómico del Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)

IV.3.18.1.1 Introducción

En el presente apartado se caracteriza el medio socioeconómico del SAR del Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). El SAR se asume como la unidad espacial principal de descripción e interpretación. Dentro de dicho sistema se reconocen ámbitos funcionales diferenciados —los Municipios de Manzanillo y Armería, el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán y el corredor Cuyutlán-Armería— únicamente como recursos de ordenamiento interno del análisis.

Bajo este criterio, la caracterización inicia con los Municipios de Manzanillo y Armería, debido a que ambos concentran población, actividades económicas, infraestructura, servicios, dinámicas urbanas, actividades tradicionales y condiciones de bienestar directamente relacionadas con el SAR (Figura IV. 634). Posteriormente se describe el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, por ser el ámbito de mayor intensidad territorial respecto del proyecto y el espacio donde se superponen actividades pesqueras, salineras, usos cotidianos del agua, infraestructura energética, movilidad local y referencias patrimoniales. Finalmente, se analizan las posibles formas en que el proyecto podría modificar la condición socioeconómica actual del Vaso II y del SAR en su conjunto.

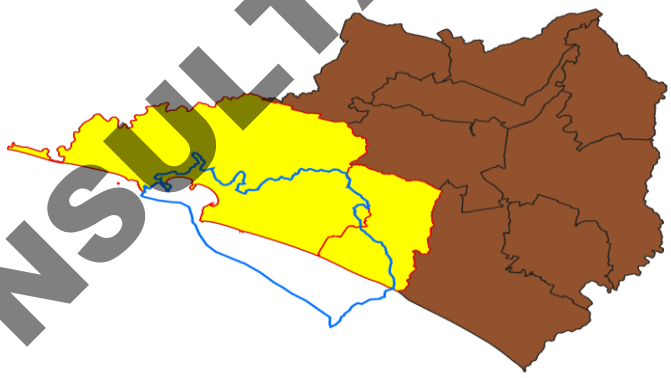


Figura IV. 634. Ubicación de los Municipios de Manzanillo y Armería en el SAR. Fuente: elaboración propia con base en INEGI, Marco Geoestadístico 2024, capa de áreas geoestadísticas municipales del Estado de Colima.

Esta secuencia permite mantener continuidad metodológica entre tres niveles de análisis: primero, el contexto municipal del SAR; segundo, la problemática socioeconómica actual de los municipios y del sistema lagunar; tercero, la exposición específica del Vaso II y de los actores vinculados a su borde, accesibilidad, agua, paisaje productivo y actividades tradicionales. En este sentido, el análisis no considera al Vaso II de la Laguna de Cuyutlán como una unidad aislada, sino como un ámbito funcional dentro de un sistema regional más amplio, cuya dinámica socioeconómica se articula con Manzanillo, Armería y el corredor lagunar de Cuyutlán (Vanclay, 2003; CONANP, 2011; INPLAN, 2020; Rodrigue, 2020).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.2 Municipio de Manzanillo, Estado de Colima

El Municipio de Manzanillo concentra la mayor intensidad urbana, económica, vial y portuaria vinculada al proyecto. Por ello, la lectura socioeconómica de este apartado se desarrolla a partir de ese municipio, pero sin desprenderlo del sistema lagunar ni de los actores que dependen de la continuidad ecológica y productiva del SAR.

IV.3.18.1.2.1 Población y estructura demográfica.

De acuerdo con INEGI (2020), el Municipio de Manzanillo registró una población total de 191,031 habitantes, lo que representa aproximadamente 26% de la población total de la entidad y lo consolida como el municipio más poblado del estado. La distribución por sexo es equilibrada, con 50.2% de población femenina y 49.8% de población masculina. Las proyecciones municipales utilizadas en documentos oficiales recientes con base en el Consejo Nacional de Población (CONAPO) apuntan además a un crecimiento sostenido de la población en años posteriores, lo que refuerza la presión potencial sobre vivienda, movilidad y servicios (Tabla IV. 217).

La estructura por edad muestra una concentración significativa en grupos etarios asociados tanto a población joven como a población en edad productiva. Los rangos de 10 a 14 años, 25 a 29 años y 30 a 34 años concentran una proporción relevante de la población total, lo que evidencia la existencia de un bono demográfico, entendido como la predominancia de población en edad de trabajar respecto a la población dependiente (CONAPO, 2023). Esta condición tiene implicaciones directas en la demanda de empleo, vivienda, movilidad y servicios urbanos, particularmente en contextos de expansión económica vinculados a infraestructura estratégica.

Tabla IV. 217. Información demográfica general de Manzanillo (2020)

Indicador	Valor
Población total (2020)	191,031 habitantes
Participación en la población estatal	26%
Población femenina	95,914 (50.2%)
Población masculina	95,117 (49.8%)
Grupo de edad más numeroso	10–14 años (16,050)
Segundo grupo más numeroso	30–34 años (15,936)
Tercer grupo más numeroso	25–29 años (15,931)
Población en edad laboral	50%

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2020) y estimaciones demográficas de CONAPO para referencia reciente.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.2.2 Vivienda y acceso a tecnologías

Las características de la vivienda en Manzanillo reflejan un patrón predominantemente urbano. Según el INEGI (2020), la mayor parte de las viviendas particulares habitadas cuenta con dos o tres recámaras, lo que sugiere la prevalencia de hogares pequeños y medianos, asociados a procesos de urbanización consolidada y expansión reciente.

En cuanto al acceso a tecnologías de la información y comunicación, 58.6% de las viviendas dispone de acceso a internet, 39.1% cuenta con computadora y 92.4% dispone de teléfono celular. Estos indicadores son relevantes desde una perspectiva socioeconómica, ya que la conectividad digital incide en acceso a educación, empleo y servicios, particularmente en municipios integrados a cadenas logísticas y de comercio exterior. La Tabla IV. 218 resume estos indicadores de vivienda y conectividad.

Tabla IV. 218. Viviendas y acceso a tecnologías.

Indicador	Valor
Viviendas con 3 recámaras	41.40%
Viviendas con 2 recámaras	47.20%
Viviendas con acceso a internet	58.60%
Viviendas con computadora	39.10%
Viviendas con teléfono celular	92.40%

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2020).

IV.3.18.1.2.3 Caracterización económica de Manzanillo

La caracterización socioeconómica del municipio se apoya en información estadística oficial del INEGI, principalmente del XVI Censo de Población y Vivienda 2020, complementada con encuestas y registros administrativos recientes en materia de empleo, educación, salud, pobreza y seguridad, así como con estimaciones de población del CONAPO para el horizonte reciente.

La estructura económica de Manzanillo está determinada por su condición de ciudad portuaria, logística y de servicios. El municipio concentra actividades de transporte, almacenamiento, comercio exterior, agencias aduanales, maniobras portuarias, servicios auxiliares, comercio urbano, hospedaje, restaurantes, mantenimiento, transporte local, servicios personales y actividades asociadas a infraestructura estratégica. Esta composición explica que el mercado laboral municipal no dependa de una sola rama, sino de la interacción entre operación portuaria, comercio, servicios urbanos, turismo, logística e infraestructura energética.

El comportamiento reciente del puerto confirma la centralidad de la actividad logística. En 2024, el Puerto de Manzanillo movilizó 33,572,428 toneladas de carga total, incluyendo productos petroleros, y 3,924,501 TEU. La carga contenerizada alcanzó 23,580,193 toneladas, lo que muestra la especialización del puerto en mercancías contenerizadas y su efecto sobre transporte, almacenamiento, servicios aduanales y circulación de camiones. La misma estadística portuaria reportó 1,181,230 ingresos de camiones al puerto durante 2024, dato relevante

CONSULTA PÚBLICA

para el análisis socioeconómico porque vincula la actividad económica con movilidad urbana, presión vial, tiempos de traslado y exposición cotidiana de la población local (ASIPONA Manzanillo, 2024).

La información de comercio exterior municipal también muestra una economía conectada a flujos internacionales. Data México reporta que en 2024 las exportaciones de Manzanillo fueron de US$32.5 millones, mientras que sus importaciones ascendieron a US$834 millones. Entre los principales productos exportados se identifican melones, sandías y papayas; aparatos de radiodifusión o televisión; y estructuras de hierro o acero. En importaciones destacan filetes y carne de pescado, grúas y aparatos de elevación, y automóviles. Esta composición indica que Manzanillo combina una base portuaria y logística con actividades comerciales, agroexportadoras, pesqueras, industriales y de servicios vinculadas al comercio exterior (Secretaría de Economía, 2025).

El comportamiento sectorial es diferenciado. Las actividades portuarias y logísticas muestran mayor dinamismo, demanda de perfiles técnicos, capacidad de formalización y encadenamientos con transporte, almacenamiento, comercio exterior y servicios especializados. El comercio y los servicios urbanos crecen asociados al flujo poblacional, turístico y portuario, aunque con mayor presencia de informalidad. Las actividades industriales y energéticas tienen alto peso estratégico, pero menor absorción masiva de empleo local. En cambio, las actividades tradicionales y de proximidad, como pesca, servicios vinculados al borde lagunar, comercio local y turismo de pequeña escala, presentan mayor vulnerabilidad porque dependen de acceso al agua, calidad ambiental, movilidad corta, reputación de los productos locales y continuidad territorial del sistema lagunar.

IV.3.18.1.2.4 Empleo y salarios

La dinámica laboral de Manzanillo se inserta en un contexto caracterizado por una alta participación de la población económicamente activa y una baja tasa de desocupación. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE-INEGI), la tasa de desocupación se ubicó en 2.11% al segundo trimestre de 2024, nivel inferior al promedio nacional.

No obstante, persisten diferencias significativas entre empleo formal e informal. El salario promedio del empleo formal en la entidad se ubicó en $9,044 pesos mensuales, mientras que el empleo informal registró un promedio de $6,464 pesos, reflejando brechas salariales y de acceso a prestaciones sociales (Figura IV. 635). Estas condiciones son particularmente relevantes para el análisis del proyecto, en tanto la expansión portuaria tiene el potencial de fortalecer el empleo formal y mejorar la calidad del ingreso, siempre que se promuevan políticas de capacitación y encadenamiento productivo local (Banco Mundial, 2022).

La dinámica laboral de Manzanillo se inserta en un contexto caracterizado por una alta participación de la población económicamente activa y una baja tasa de desocupación. De acuerdo con la ENOE (2024), la tasa de desocupación se ubicó en 2.11% al segundo trimestre de 2024, nivel inferior al promedio nacional.

CONSULTA PÚBLICA

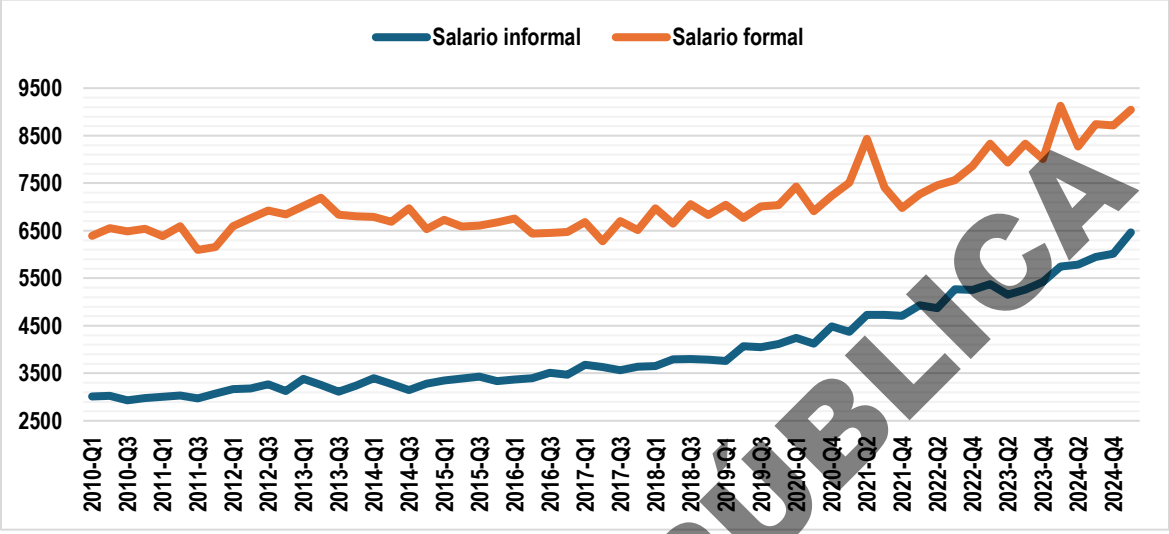


Figura IV. 635. Evolución del salario promedio formal e informal en Colima, con referencia analítica para Manzanillo. Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía y series laborales estatales de referencia.

CONSULTA PÚBLICA

En Manzanillo, la combinación de baja desocupación e informalidad elevada describe una economía local activa, pero segmentada (dicha circunstancia también se deduce para Armería). La ciudad concentra empleo en servicios, comercio, transporte, maniobras portuarias, actividades auxiliares y ocupaciones ligadas a la operación urbana del puerto. Esto explica que exista capacidad de absorción de mano de obra y, al mismo tiempo, diferencias marcadas en estabilidad, protección social y nivel salarial. En términos prácticos, la dinámica económica municipal descansa en una base laboral amplia, aunque no homogénea, donde conviven empleo formal vinculado a logística y servicios especializados con trabajo informal en comercio, transporte menor, servicios personales y ocupaciones de apoyo.

La experiencia comparada en proyectos intensivos en capital muestra que el efecto positivo agregado sobre empleo no garantiza una distribución social homogénea de beneficios. La OCDE y el Banco Mundial han documentado que, en proyectos logísticos y de infraestructura mayor, los puestos mejor remunerados y más estables suelen concentrarse en perfiles técnicos, administrativos o especializados, mientras que los grupos con menor escolaridad o mayor inserción informal enfrentan una participación más intensa en fases temporales de construcción y una menor permanencia en la etapa operativa (OECD, 2020; Banco Mundial, 2022). Esta observación es particularmente relevante para Manzanillo, donde la estructura ocupacional ya presenta una brecha clara entre formalidad e informalidad.

En consecuencia, el análisis socioeconómico debe hacer explícito que la expansión portuaria coexiste con una mejora agregada del empleo y, al mismo tiempo, con procesos de desplazamiento económico relativo en actividades tradicionales o de proximidad. El problema no es únicamente cuántos puestos nuevos se generan, sino quién accede a ellos, con qué requisitos, por cuánto tiempo y con qué posibilidad real de movilidad ascendente. Desde esta perspectiva, el fortalecimiento de capital humano local, la capacitación pertinente y la contratación con enfoque territorial no deben presentarse como beneficios accesorios, sino como condiciones

para evitar que la derrama económica se concentre en segmentos ya mejor posicionados y que los costos de transición recaigan sobre hogares con menor capacidad adaptativa.

Desde la perspectiva socioeconómica, esta estructura presenta un aspecto favorable y otro de cautela. El aspecto favorable es que Manzanillo ya cuenta con una fuerza de trabajo acostumbrada a actividades intensivas en movimiento, servicios y operación, lo que facilita la incorporación de población local a nuevas demandas laborales. El aspecto de cautela es que la brecha entre segmentos formales e informales se amplía si los puestos de mayor remuneración y permanencia requieren perfiles técnicos que no se desarrollen al mismo ritmo en la oferta local. Por ello, la dinámica económica del municipio debe leerse como una plataforma de oportunidad real, pero también como un espacio donde la calidad de la inserción laboral sigue siendo desigual.

En ese sentido, la brecha entre salario formal e informal representa algo más que una diferencia estadística. Expresa una frontera concreta entre quienes se integrarán de manera más estable a la expansión económica y quienes participan desde posiciones de mayor vulnerabilidad. Esa frontera tiende a reproducirse cuando los proyectos intensivos en capital demandan perfiles técnicos específicos y la oferta local de competencias no crece al mismo ritmo. Por eso, el fortalecimiento del capital humano no debe verse como un beneficio accesorio del proyecto, sino como una condición para que la derrama económica tenga una traducción social más amplia. La literatura sobre infraestructura y empleo local coincide en que los mejores resultados aparecen cuando la capacitación, la certificación y la intermediación laboral se organizan antes y durante las fases de mayor demanda de trabajo, y no hasta que el mercado ya seleccionó a sus perfiles preferentes (ANUIES, 2023; OECD, 2020).

También conviene precisar que la generación de empleo vinculada al proyecto no tendrá una composición homogénea. Durante la construcción habrá demanda de oficios, transporte, vigilancia, suministro, mantenimiento básico y servicios auxiliares. En la operación aumentará el peso de perfiles administrativos, técnicos y logísticos con requisitos más definidos. Esta transición modifica la estructura de oportunidades para la población local. Los grupos con menor escolaridad o menor experiencia certificada encontrarán espacios en la etapa de construcción, pero enfrentarán mayores barreras para sostener su inserción en la fase operativa. De ahí la necesidad de pensar el empleo en términos de trayectoria y no únicamente de volumen. Para la evaluación socioeconómica, importa cuántos puestos se abren, pero también importa quién accederá a ellos, durante cuánto tiempo, en qué condiciones y con qué posibilidades de permanencia o movilidad ascendente (Rodríguez, 2020; Banco Mundial, 2022).

IV.3.18.1.2.5 Escolaridad y formación de capital humano

El nivel educativo de la población de Manzanillo se concentra principalmente en los niveles de secundaria y educación media superior, mientras que una proporción menor cuenta con estudios de nivel superior y posgrado. La tasa de analfabetismo, de 2.4%, se encuentra por debajo del promedio nacional, lo que refleja avances en la cobertura educativa básica. La Tabla IV. 219 resume esta estructura educativa.

Sin embargo, diversos estudios han señalado la existencia de una brecha entre la formación académica disponible y las competencias técnicas requeridas por sectores estratégicos como logística, comercio exterior y transporte (ANUIES, 2023; CEPAL, 2021). En este contexto, el fortalecimiento de la educación técnica y superior orientada a dichas áreas resulta clave para maximizar los beneficios socioeconómicos asociados al desarrollo portuario.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 219 Grado de escolaridad en Municipio de Manzanillo, 2024.

Nivel educativo	Porcentaje
Secundaria	30.40%
Preparatoria	25.80%
Primaria	19.80%
Licenciatura	16.50%
Posgrado	1.60%
Tasa de analfabetismo	2.40%

Fuente: elaboración propia con datos de ENOE (2024).

IV.3.18.1.2.6 Salud y atención médica

En el municipio se cuenta con 72 unidades de salud de consulta externa, tres de asistencia social, seis de apoyo y 10 de hospitalización. De estos, 71.4% se encuentra en la ciudad y el resto (28.6%) en el campo (SSA, 2022; CONAPO, 2022). Asimismo, en diciembre de 2024 se anunció la autorización del nuevo Hospital General de Zona en Manzanillo como parte de los Proyectos de Infraestructura 2024-2027 del IMSS.

En cuanto a los recursos de salud, en Manzanillo hay 48 consultorios de medicina general y/o familiar, 30 consultorios de salud reproductiva, 31 de medicina preventiva, 8 de odontología, 3 de psicología, 2 de traumatología, 2 de urgencias y el resto (10) corresponden a otras. Del total de consultorios, 118 están en centros de salud y 16 en hospitales.

En cuanto a las coberturas de salud, 16.1% de la población es atendida por el IMSS-Bienestar, mientras que 54.2% cuenta con seguro social. En el municipio había 4,030 personas con discapacidad física; 3,970 personas con discapacidad visual; y 1,170 con discapacidad auditiva. Del total de discapacidades, la mayoría fueron provocadas por la edad avanzada, enfermedades o desde el nacimiento (INEGI, 2020).

IV.3.18.1.2.7 Pobreza y desigualdad.

El coeficiente de Gini es una medida estadística que mide la desigualdad salarial, está diseñada para representar la distribución de los ingresos de la población. Entre más se acerca a 0 (cero), representa mayor equidad, mientras que valores próximos a 1 (uno), expresan máxima inequidad (CONEVAL, 2020).

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) en Manzanillo 23.1% de la población se encuentra en pobreza moderada, mientras que 1.63% en pobreza extrema; es decir, 45,738 y 3,227 personas respectivamente. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó 32.4% en 2020, mientras que la población vulnerable por ingresos representó 8.1%.

En términos descriptivos, estos datos permiten reconocer un balance mixto. Entre los aspectos favorables sobresalen la reducción gradual de la pobreza durante la década previa, la presencia de un mercado de trabajo dinámico, la posibilidad de ampliar empleos asociados a construcción, logística y servicios, y la expectativa de mayores oportunidades de capacitación, mejora habitacional y demanda de vivienda vinculada al crecimiento

CONSULTA PÚBLICA

económico. Entre los aspectos de cautela permanecen la alta proporción de población vulnerable por carencias sociales, la desigualdad de acceso a seguridad social, la presión que pueden experimentar los hogares de menores ingresos ante cambios en rentas y movilidad, y el riesgo de que los beneficios se concentren con mayor rapidez en quienes ya cuentan con mayor capital educativo o económico (CONEVAL, 2020; Banco Mundial, 2022).

Los territorios con vulnerabilidad social relevante suelen resentir con mayor intensidad los efectos indirectos de proyectos de gran escala sobre vivienda, transporte, alquileres, servicios y gasto cotidiano. La CEPAL ha señalado que el crecimiento económico territorial no se traduce automáticamente en reducción de desigualdad cuando la expansión sectorial incrementa precios de suelo, fragmenta mercados laborales y distribuye de manera asimétrica las oportunidades de inserción productiva (CEPAL, 2021). En este contexto, la condición de pobreza moderada, vulnerabilidad por carencias sociales e informalidad adquiere un significado analítico adicional: indica que una parte relevante de la población tiene márgenes estrechos para absorber aumentos de costo de vida sin deterioro de bienestar.

Por ello, conviene que el presente apartado explicite que la expansión del proyecto podría generar no sólo empleo y demanda de servicios, sino también presiones distributivas concretas sobre renta habitacional, transporte urbano, tiempos de traslado y acceso diferenciado a oportunidades laborales. En municipios donde la actividad portuaria y la vida urbana se superponen, estos efectos tienden a manifestarse con rapidez y a recaer con mayor intensidad sobre hogares de ingreso medio y bajo, especialmente si no se acompaña el proceso con mecanismos de capacitación, intermediación laboral, monitoreo de costos urbanos y fortalecimiento de servicios públicos (Banco Mundial, 2022; CEPAL, 2021).

Como se aprecia en la Figura IV. 636, en Manzanillo la pobreza moderada se redujo de 27.9% en 2010 a 23.1% en 2020; la pobreza extrema pasó de 2.29% a 1.63%; la población vulnerable por carencias sociales disminuyó de 34.1% a 32.4%, mientras que la población no vulnerable aumentó de 31.3% a 34.8% en el mismo periodo.

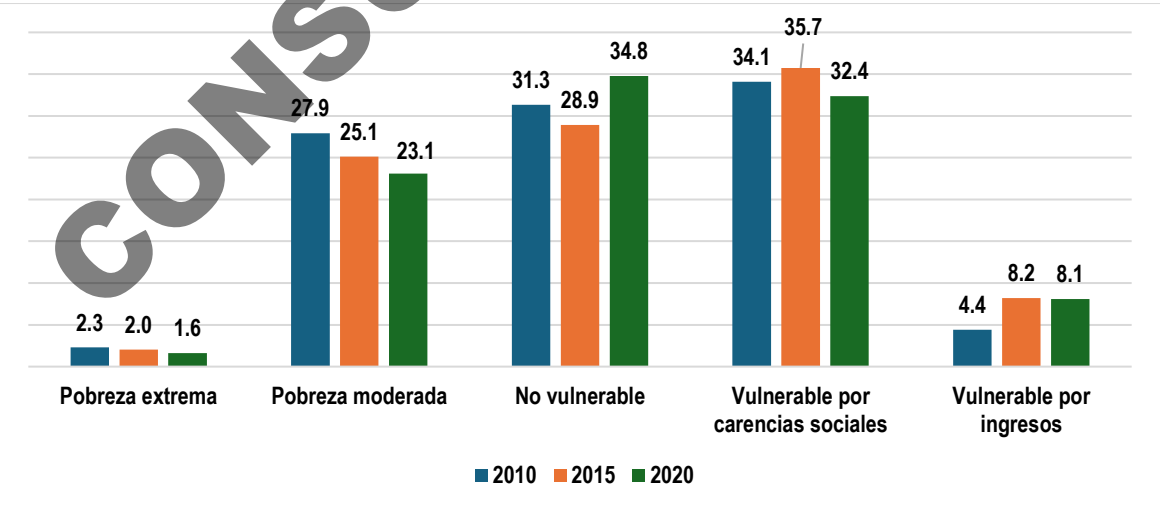


Figura IV. 636. Distribución de personas según condición de pobreza en Manzanillo (%). Fuente: elaboración propia con datos de (CONEVAL, 2020).

CONSULTA PÚBLICA



Figura IV. 637. Mapa de pobreza del Estado de Colima. ***Fuente: tomado de (CONEVAL, 2020).***

CONSULTA PÚBLICA

La evolución de la pobreza en Manzanillo muestra avances durante la última década, pero el dato agregado no debe ocultar la persistencia de fragilidades estructurales. La reducción de la pobreza moderada y extrema es un resultado positivo para la lectura general del municipio. Aun así, la proporción de población vulnerable por carencias sociales continúa siendo alta y eso indica que una parte relevante del bienestar local depende de equilibrios todavía inestables. En términos prácticos, esto quiere decir que muchas familias se sostienen por encima de los umbrales de pobreza monetaria y, al mismo tiempo, enfrentan debilidades en seguridad social, educación, acceso efectivo a servicios o calidad del hábitat. En escenarios de expansión territorial rápida, esas áreas de oportunidad suelen traducirse en una mayor exposición a choques de precio, enfermedad, movilidad costosa o inestabilidad laboral (CONEVAL, 2020; CONAPO, 2022).

En términos de balance, el municipio muestra fortalezas que conviene registrar expresamente: una trayectoria de reducción de pobreza en la década previa, una base laboral amplia, capacidad para atraer inversión y una infraestructura económica que se traduce en más empleo, capacitaciones y demanda habitacional. Sin embargo, también conserva debilidades que no deben subestimarse: carencias sociales todavía elevadas, segmentación ocupacional, diferencias importantes entre trabajo formal e informal y exposición desigual de los hogares a incrementos de costo de vida. En otras palabras, la mejora agregada no elimina el hecho de que la transición económica beneficie con más rapidez a ciertos sectores que a otros, especialmente en un municipio donde la proximidad entre actividad portuaria y vida urbana es alta.

Para la MIA, esta observación tiene un valor analítico importante. Un territorio con vulnerabilidad social relevante responde de manera más sensible a cambios en el costo de vida y en la estructura de oportunidades. Si la construcción y operación del puerto elevan la presión sobre alquileres, transporte, suelo urbano o servicios básicos, los grupos con menor margen económico resentirán antes esos efectos, incluso si el municipio en su conjunto registra crecimiento económico. Esta situación es particularmente visible cuando la expansión

concentra beneficios en sectores con mayor capital económico y educativo, mientras los costos cotidianos se difunden con más amplitud sobre hogares de ingresos medios y bajos. La desigualdad, en ese contexto, puede ampliarse aun cuando aumente la actividad económica total (CEPAL, 2021; CONEVAL, 2020).

En el caso de Manzanillo, además, la condición de puerto estratégico introduce un componente adicional. La ciudad enfrenta presiones que provienen tanto de su dinámica interna como de su papel nacional en el comercio exterior. Eso significa que parte de las transformaciones urbanas y económicas que experimenta no dependen exclusivamente de decisiones locales. La escala federal del proyecto incrementa esa tensión, porque eleva la velocidad potencial de inversión y de reorganización territorial. Por ello, el análisis de pobreza y desigualdad no debe leerse únicamente como un retrato social de la línea base, sino como una advertencia sobre la necesidad de mecanismos de amortiguamiento territorial. Programas de capacitación, contratación local, seguimiento de rentas, fortalecimiento de servicios urbanos y atención a grupos productivos sensibles incidirán directamente en la capacidad del municipio para procesar la expansión sin trasladar sus mayores costos a quienes tienen menor capacidad de adaptación (CONEVAL, 2020; Banco Mundial, 2022).

IV.3.18.1.2.8 Seguridad pública.

Primero se parte de la percepción de seguridad, que en México se define como la sensación de tranquilidad que la población y los hogares tienen sobre la zona geográfica en la que se encuentran.

A nivel estatal, la percepción de seguridad es de las más bajas a nivel nacional, con 21.4% de los hombres y 15% de las mujeres sintiéndose seguras (Figura IV. 638). Cuando se observa por estrato sociodemográfico y sexo, se advierte que los hombres con mejor percepción de seguridad son los del estrato bajo, mientras que entre las mujeres la mejor percepción corresponde al estrato alto.

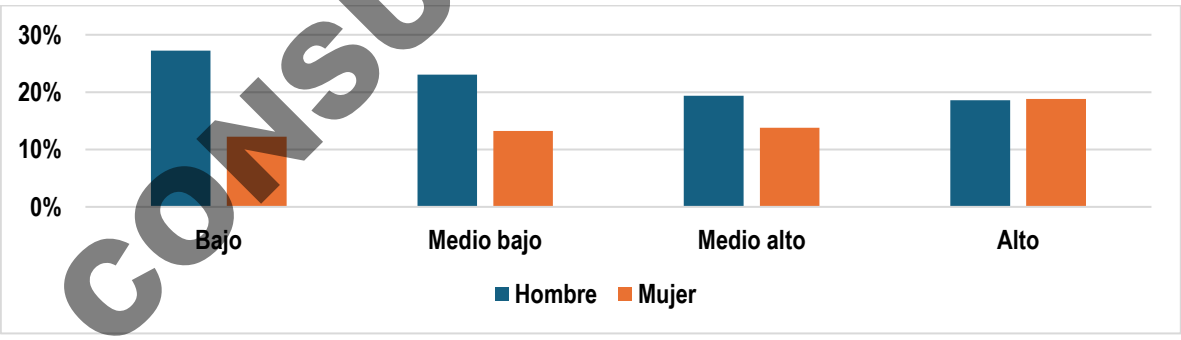


Figura IV. 638. Percepción de seguridad por estrato socioeconómico, Colima, 2024. Fuente: elaboración propia con datos de ENVIPE (2024).

En cuanto a la confianza de la población hacia las autoridades, la Marina presenta los mayores índices de aprobación (90%), seguida del Ejército (86.9%) y la Guardia Nacional (79.5%); en contraste, la policía ministerial, la policía estatal y la policía municipal muestran niveles menores de confianza (ENVIPE, 2024).

CONSULTA PÚBLICA

Como se observa en la Figura IV. 639, en Manzanillo el principal tipo de delito está relacionado con el daño al patrimonio, con 3,235 hechos en 2023. Le siguen los delitos contra la familia (1,177), contra la vida (739), libertad sexual (195) y libertad personal (93).

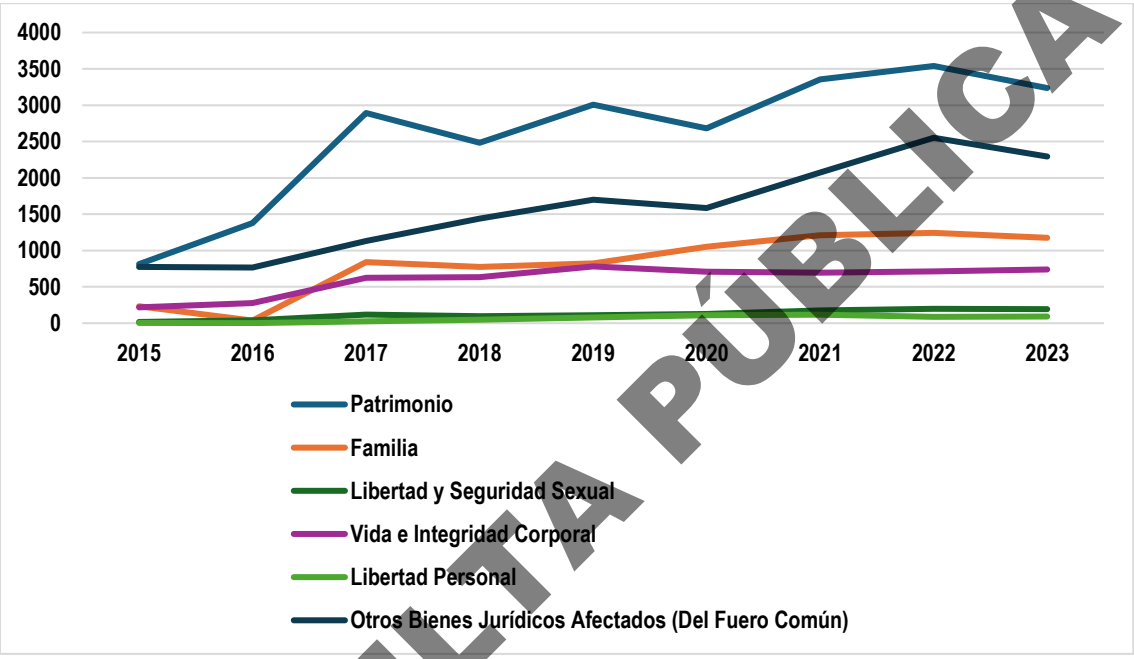


Figura IV. 639. Denuncias por bien afectado en Manzanillo, 2015-2023. ***Fuente: elaboración propia con datos del SESNSP (2023).***

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.2.9 Entorno de seguridad y uso cotidiano del espacio

La variable de seguridad se incorpora en este apartado porque influye directamente en movilidad cotidiana, uso del espacio urbano, operación de comercios y servicios, y percepción de habitabilidad en una ciudad donde convergen actividad portuaria, tránsito pesado y vida barrial. Su valor analítico no radica en reemplazar diagnósticos especializados de seguridad pública, sino en aportar contexto sobre condiciones de uso del territorio.

En el marco del medio socioeconómico, la seguridad debe entenderse no sólo como incidencia delictiva, sino también como condición de uso cotidiano del espacio, previsibilidad de trayectos y percepción de control territorial. La literatura de impacto social ha mostrado que, cuando grandes proyectos intensifican tránsito pesado, reordenamientos espaciales y superposición de usos, aumentan no necesariamente los delitos por sí mismos, pero sí la percepción de inseguridad, la fragmentación de rutinas y el estrés asociado a la pérdida de control sobre el entorno inmediato (Vanclay, 2003; Rodríguez, 2020). En ciudades portuarias, esa sensación puede traducirse en cambios de horario, menor uso del espacio público, reducción de clientela en pequeños establecimientos y deterioro del bienestar barrial.

Por ello, conviene que la variable de seguridad quede vinculada también a movilidad cotidiana, accesibilidad y conflictividad social. La coexistencia de corredores de carga, barrios residenciales, áreas de pesca y nodos de infraestructura estratégica tiende a aumentar la sensibilidad territorial frente a bloqueos, protestas, interrupciones viales o disputas por acceso, incluso cuando dichas tensiones no se traduzcan inmediatamente en hechos delictivos convencionales. Esta precisión enriquece la lectura socioeconómica porque incorpora una dimensión funcional de seguridad, más relacionada con habitabilidad, continuidad de medios de vida y confianza en el territorio.

IV.3.18.1.2.10 Población indígena en Manzanillo: perfil socioeconómico y posibles afectaciones diferenciadas

a) Presencia y composición lingüística

En el Municipio de Manzanillo, la población de tres años y más que habla alguna lengua indígena fue de 596 personas, lo que equivale a 0.31% de la población municipal en 2020. Esta estimación proviene del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020, por lo que su interpretación debe considerar el carácter muestral (intervalo de confianza y error asociados), sin que ello disminuya su utilidad para identificar grupos potencialmente sensibles en la evaluación socioeconómica.

La estructura lingüística reportada sugiere un componente mayoritariamente migrante y urbano (no asociado a una territorialidad indígena continua dentro del municipio): las principales lenguas registradas fueron zapoteco (222 hablantes), náhuatl (178) y otomí (41). La composición es consistente con patrones nacionales de movilidad interna, en los que personas indígenas se insertan en ciudades portuarias y de servicios como fuerza de trabajo, más que como comunidades con asentamiento histórico concentrado.

b) Inserción socioeconómica y vulnerabilidad estructural

Desde el enfoque socioeconómico de una MIA, la relevancia del componente indígena no depende únicamente de su peso demográfico, sino de la probabilidad de afectación diferenciada. La evidencia comparada en evaluación de impacto social muestra que los grupos con menor capital educativo, redes laborales formales y acceso efectivo a servicios tienden a enfrentar riesgos mayores ante procesos de expansión económica acelerada (por ejemplo: presión inmobiliaria, segmentación ocupacional, barreras de acceso a empleos calificados). En Manzanillo, la expansión portuaria intensifica dichas presiones, especialmente durante la fase de construcción, cuando se incrementa la demanda de vivienda y servicios y se reorganiza la contratación laboral.

En términos de impacto, el proyecto puede generar:

1. Efectos positivos potenciales: incremento de oportunidades laborales en construcción y servicios asociados; mayor dinamismo económico local que facilite transiciones a empleo formal si existen mecanismos de vinculación y capacitación.
2. Riesgos específicos: concentración de población indígena migrante en ocupaciones de baja remuneración; persistencia de informalidad; exposición a aumentos de renta y hacinamiento por presiones de mercado en periodos de auge constructivo.

CONSULTA PÚBLICA

c) Implicaciones para gestión social y derechos

En caso de identificarse afectaciones específicas (por ejemplo, barreras lingüísticas en procesos participativos o impactos sobre medios de vida), la evaluación debe prever medidas de inclusión y participación. En términos normativos, el Convenio 169 de la OIT establece estándares internacionales sobre derechos y participación de pueblos indígenas cuando existan medidas susceptibles de afectarles, particularmente mediante mecanismos de consulta apropiados y de buena fe. En Manzanillo, por el perfil urbano y disperso del componente indígena, la gestión social suele orientarse menos a consulta territorial clásica y más a accesibilidad, información, no discriminación e inclusión en beneficios, sin excluir la pertinencia cultural cuando existan grupos identificables o interlocutores representativos.

d) Dimensión cultural y religiosa

A) Dimensión cultural. En el ámbito lagunar y portuario inmediato se registra una interacción histórica prolongada entre actividades económicas tradicionales, como la pesca y la explotación de salinas, y procesos modernos de expansión logística e infraestructura portuaria.

Desde una perspectiva territorial, el área se configura como un paisaje cultural productivo caracterizado por la relación histórica y continua entre comunidades locales y aprovechamiento del medio costero-lagunar. Diversos estudios e informes institucionales destacan que la Laguna de Cuyutlán alberga elementos arqueológicos y culturales vinculados a ocupaciones prehispánicas e históricas.

Adicionalmente, los islotes y sectores aledaños contienen vestigios documentados en investigaciones realizadas desde hace más de una década, asociadas a intervenciones previas de infraestructura en el entorno inmediato, lo que confirma la alta sensibilidad cultural y patrimonial del área (Martínez de la Rosa, INAH, 2025).

Implicación socioeconómica. El significado cultural de la zona se entrelaza con actividades productivas tradicionales que operan como base de sustento y cohesión social. En este contexto, los principales riesgos socioeconómicos se relacionan con presión sobre el paisaje cultural lagunar, desplazamiento de prácticas económicas tradicionales y percepción comunitaria de deterioro del patrimonio biocultural asociado al sistema lagunar.

- Alteración significativa del paisaje cultural lagunar;
- Reducción gradual o desplazamiento de las prácticas económicas tradicionales;
- Percepción comunitaria de pérdida o deterioro del patrimonio biocultural asociado al sistema lagunar.

B) Dimensión religiosa. En la del SAR no se registran concentraciones de rituales indígenas con continuidad territorial actual; no obstante, prevalecen expresiones de religiosidad popular católica profundamente arraigadas en las comunidades pesqueras y costeras, un patrón ampliamente documentado en los litorales mexicanos (Giménez, 2007).

IV.3.18.1.2.11 Puerto de Manzanillo y dinámica portuaria

La actividad portuaria constituye uno de los principales factores estructurantes de la zona de influencia del SAR. Su escala operativa, la intensidad del movimiento de carga y el crecimiento de los flujos terrestres asociados explican parte importante de las presiones económicas, viales y ambientales que se proyectan sobre el territorio

CONSULTA PÚBLICA

inmediato. En términos agregados, el puerto registró 33,832,396 toneladas en 2023, 33,572,428 en 2024 y 31,423,491 en 2025, considerando carga comercial y productos petroleros (Secretaría de Marina, 2025; 2026) (Tabla IV. 220).

Tabla IV. 220 Indicadores operativos seleccionados del Puerto de Manzanillo

Indicador	2023	2024	2025
Movimiento total de carga (toneladas)	33,832,396	33,572,428	31,423,491
Carga contenerizada (toneladas)	22,606,984	23,580,193	22,051,002
Movimiento de TEU	3,699,254	3,924,501	3,893,357
Ingresos de camiones	1,096,762	1,181,230	1,195,651

Fuente: elaboración propia con base en estadísticas de operación portuaria publicadas por la Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo.

La composición del flujo muestra el peso dominante de la importación y de la carga contenerizada. Para 2025, la importación alcanzó 20,226,303 toneladas, la exportación 4,503,187, el transbordo 4,062,743 y el cabotaje 2,631,258. A su vez, el movimiento de TEU pasó de 3.47 millones en 2022 a 3.89 millones en 2025, con un máximo de 3.92 millones en 2024, lo que confirma una escala de operación sostenida y una especialización marcada en tráfico contenerizado (Secretaría de Marina, 2026) (Tabla IV. 221)

Tabla IV. 221 Composición del flujo de carga del Puerto de Manzanillo

Tipo de carga	2024	2025
Importación	21,135,042	20,226,303
Exportación	5,528,108	4,503,187
Transbordo	4,946,144	4,062,743
Cabotaje	1,963,134	2,631,258

Fuente: elaboración propia con base en estadísticas de operación portuaria publicadas por la Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo.

Estas cifras son relevantes para el medio socioeconómico porque el comportamiento portuario no se traduce solamente en actividad logística. También implica mayor circulación de camiones, presión sobre vialidades, modificación de tiempos de traslado, demanda de servicios, exposición a emisiones y un reordenamiento progresivo de usos del suelo en el entorno inmediato. En la zona de influencia del SAR, el puerto debe leerse, por tanto, como un factor de oportunidad económica y, al mismo tiempo, como una fuente potencial de tensiones distributivas sobre sectores tradicionales y asentamientos cercanos.

En clave descriptiva, la dinámica portuaria presenta un balance socioeconómico de doble signo. Entre los componentes favorables se encuentran la capacidad de sostener empleo, la ampliación de demanda para

CONSULTA PÚBLICA

transporte, servicios, comercio, mantenimiento y oferta de vivienda, así como la posibilidad de fortalecer perfiles técnicos y cadenas de proveeduría local. Entre los componentes de cautela destacan la presión sobre vialidades, los tiempos de traslado, la competencia por espacio funcional y la diferencia entre beneficios agregados y costos localizados en sectores tradicionales.

IV.3.18.1.3 Municipio de Armería, Estado de Colima

El Municipio de Armería, se encuentra ubicado dentro del SAR en menor proporción que Manzanillo, pero con una fuerte relación sinérgica con el sistema lagunar, las salinas, la producción agropecuaria y su exposición a cambios en accesibilidad, movilidad y calidad ambiental. Aunque su escala económica y demográfica es menor que la de Manzanillo, su importancia radica precisamente en esa diferencia: permite observar con mayor claridad cómo presiones asociadas al sistema lagunar y portuario recaen sobre territorios con menor conectividad, diversificación económica y mayor vulnerabilidad social relativa.

IV.3.18.1.3.1 Población y estructura demográfica

En 2020, Armería registró 27,626 habitantes, con una composición por sexo prácticamente equilibrada, y una tendencia de decrecimiento respecto de 2010 (Figura IV. 640). Este comportamiento demográfico lo distingue de los polos de mayor atracción y debe considerarse en la lectura de presiones futuras sobre servicios, mercado de trabajo y movilidad vinculada al sistema lagunar, en particular, resulta necesario reflexionar sobre las repercusiones de la caída de la población de Armería en el periodo referido.

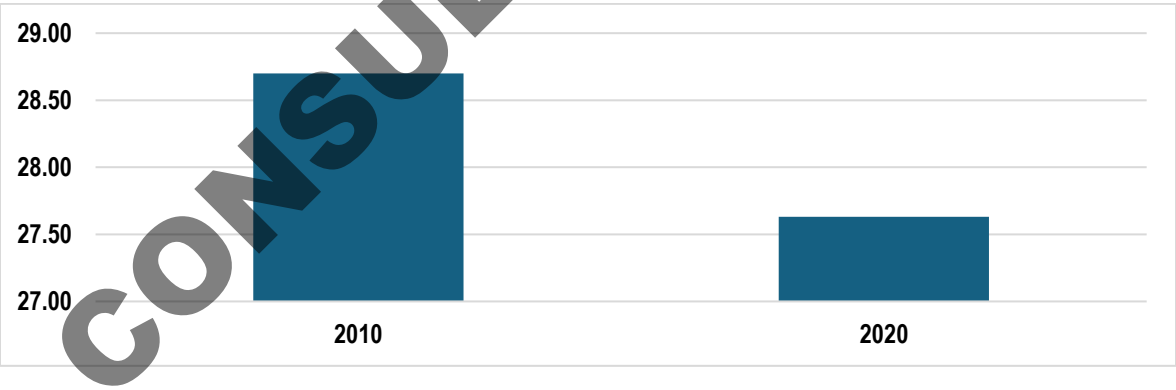


Figura IV. 640 Población de Armería, 2010 y 2020 (miles de habitantes). ***Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2020). Cálculos propios.***

Los grupos etarios con mayor concentración fueron 5–9 años, 10–14 y 15–19 años, que en conjunto representan 26.7% de la población. Este perfil indica un peso relativo alto de población infantil y juvenil, lo que implica demanda educativa y transición a mercado laboral en el mediano plazo. La Tabla IV. 222 resume estos indicadores demográficos.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 222 Principales indicadores demográficos

Indicador	Valor
Población total	27,626
Hombres	50.50%
Mujeres	49.50%
Variación 2010–2020	-3.73%
5–9 años	2,516
10–14 años	2,508
15–19 años	2,349
% conjunto 5–19	26.70%
Rasgo sociodemográfico relevante	Municipio con menor escala demográfica que Manzanillo, tendencia decreciente y peso relativo importante de población infantil y juvenil

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, (2020)

IV.3.18.1.3.2 Viviendas y acceso a tecnología

En 2020, la estructura de vivienda muestra predominio de viviendas con 3 cuartos (34.5%) y 4 cuartos (23.0%), mientras que en dormitorios destacan 2 dormitorios (41.8%) y 1 dormitorio (40.4%). En conectividad, Armería presenta niveles relativamente bajos de acceso a internet (32.2%) y computadora (19.7%), con alta disponibilidad de celular (87.0%) (Tabla IV. 223). Esta brecha es relevante para capacidades educativas, acceso a información y aprovechamiento de oportunidades asociadas a la economía logística y de servicios, particularmente se observa un limitado acceso a la conectividad de las viviendas y equipamiento de computadoras, lo que permite inferir que el Municipio Armería muestra carencias relevantes con respecto a la disponibilidad de tecnologías.

Tabla IV. 223. Viviendas y acceso a tecnologías en Armería

Indicador	Valor
Viviendas con 4 recámaras	23.0
Viviendas con 3 recámaras	34.5%
Viviendas con 2 recámaras	41.8%
Viviendas con acceso a internet	32.2%
Viviendas con computadora	19.7%
Viviendas con teléfono celular	87.0%

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2020).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.3.3 Caracterización económica del Municipio de Armería

La economía de Armería presenta un perfil predominantemente agropecuario, agroexportador, rural y lagunar, distinto al perfil urbano-portuario de Manzanillo. Su base productiva se articula alrededor de cultivos comerciales, actividades agroalimentarias, comercio local, servicios de proximidad, movilidad regional y actividades tradicionales vinculadas al sistema lagunar de Cuyutlán, particularmente la producción salinera. Esta estructura confirma que Armería no debe analizarse como una extensión secundaria de Manzanillo, sino como un componente funcional del SAR con dinámica económica propia y con mayor sensibilidad relativa frente a cambios en conectividad, calidad ambiental, hidrodinámica, acceso y continuidad del corredor Cuyutlán-Armería.

En comercio exterior, Data México reporta que Armería registró exportaciones por US$7.09 millones en 2024, con un crecimiento anual de 28.1%. Los principales productos exportados fueron melones, sandías y papayas, con US$5.98 millones, así como cocos, nueces del Brasil y nueces de marañón, con US$1.1 millones. El principal destino fue Estados Unidos, con US$7.08 millones. Estos datos muestran que la inserción económica externa del municipio depende principalmente de productos agroalimentarios, por lo que su comportamiento está asociado a ciclos agrícolas, condiciones climáticas, costos logísticos, acceso a mercados y continuidad de cadenas de transporte hacia nodos regionales y portuarios (Secretaría de Economía, 2025).

El comportamiento sectorial de Armería es distinto al de Manzanillo. Mientras Manzanillo concentra logística, transporte, comercio exterior, servicios portuarios e infraestructura estratégica, Armería mantiene mayor peso relativo en actividades agropecuarias, comercio local, servicios de pequeña escala, producción salinera y movilidad asociada al corredor Cuyutlán-Armería. El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas permite documentar la distribución territorial de establecimientos económicos por actividad, tamaño y localización, por lo que debe utilizarse como base de contraste para precisar la composición municipal de unidades económicas en el cierre técnico del apartado (INEGI, 2024).

La actividad agropecuaria tiene una importancia central porque conecta al municipio con cadenas alimentarias regionales y de exportación. La información agrícola oficial del SIAP permite verificar producción, superficie sembrada, superficie cosechada, valor de producción y comportamiento por cultivo a escala municipal; por ello, debe emplearse como fuente principal para precisar el peso de cultivos como papaya, melón, sandía, coco, limón u otros productos relevantes en Armería (SIAP, 2024). Esta base es indispensable para no reducir la caracterización económica del municipio a sus exportaciones, ya que una parte de la producción se orienta al mercado nacional, al consumo regional o a intermediación comercial.

La producción salinera constituye otro componente relevante del municipio y del corredor Cuyutlán-Armería. La Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima forma parte de la memoria productiva de Cuyutlán y mantiene una organización social vinculada a la transformación de agua salada en sal. Fuentes sobre la cooperativa refieren que actualmente cuenta con 192 socios, dato que permite identificar una base social organizada asociada a la actividad, sin convertirlo automáticamente en ingreso individual ni en padrón económico definitivo (Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima, s. f.; El Universal, 2019).

En términos socioeconómicos, Armería combina oportunidades y vulnerabilidades. Las oportunidades provienen de su base agroexportadora, de la cercanía con corredores logísticos, de la posible mejora de conectividad y de la articulación con mercados regionales. Las vulnerabilidades derivan de su menor escala económica, menor diversificación sectorial, mayor dependencia de actividades primarias y mayor exposición a cambios en costos de transporte, calidad ambiental, continuidad hidrológica y condiciones del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

Por ello, en el SAR, Armería debe leerse como un municipio agro-lagunar sensible: puede beneficiarse de mejores conexiones y demanda logística, pero también resentir con mayor intensidad las afectaciones sobre salinas.

IV.3.18.1.3.4 Empleo y salarios

La dinámica laboral de Armería se inserta en un contexto caracterizado por una alta participación de la población económicamente activa. No obstante, persisten diferencias significativas entre empleo formal e informal. El salario promedio del empleo formal en la entidad se ubicó en $9,044 pesos mensuales, mientras que el empleo informal registró un promedio de $6,464 pesos, reflejando brechas salariales y de acceso a prestaciones sociales. Estas condiciones son particularmente relevantes para el análisis del proyecto, en tanto la expansión portuaria tiene el potencial de fortalecer el empleo formal y mejorar la calidad del ingreso, siempre que se promuevan políticas de capacitación y encadenamiento productivo local (Banco Mundial, 2022).

IV.3.18.1.3.5 Escolaridad y formación de capital humano

El nivel educativo de la población de Armería se concentra principalmente en los niveles de primaria y secundaria, mientras que una proporción menor cuenta con estudios de nivel superior y posgrado. La tasa de analfabetismo, de 7.14% (población de 15 años y más), se encuentra muy por encima del promedio nacional y del Estado de Colima lo que refleja importantes áreas de oportunidad en la cobertura educativa básica. La Tabla IV. 224 resume esta estructura educativa. Este valor es relevante para identificar brechas de capital humano y diseñar medidas de inclusión (capacitación, certificación laboral) ante escenarios de crecimiento inducido por el proyecto.

Tabla IV. 224 Grado de escolaridad en Municipio de Manzanillo, 2024.

Nivel educativo	Porcentaje
Secundaria	32.1%
Preparatoria	19.2%
Primaria	34.4%
Licenciatura	9.56%
Posgrado	0.50%
Tasa de analfabetismo	7.14%

Fuente: elaboración propia con datos de ENOE (2024).

IV.3.18.1.3.6 Salud y atención médica

En el municipio se contaba en 2020 con 9 unidades médicas ubicadas en zonas urbanas y rurales: Los centros de salud urbanos se ubicaban en la Colonia Emiliano Zapata, la Ciudad de Armería, Cofradía de Juárez y Periquillos, mientras que los rurales en Cuyutlán, El Paraíso, El Puertecito, Rincón de López. Los Reyes y Coalatilla (Secretaria de Salud del Gobierno del Estado de Colima, 2020). Cabe destacar que 100% de las unidades médicas fueron transferidas al IMSS-Bienestar, en los cuales se ofrecen servicios de salud de primer

CONSULTA PÚBLICA

contacto gratuitos, tales como: consulta de medicina general, odontología, asesoría nutricional y educación sexual y reproductiva.

Se resalta que, en 2020, 54.7% de la población era atendida por el Seguro Popular y 26.5% por el IMSS. En el municipio había 933 personas con discapacidad física en 2020 (3.38% del total de la población); 824 personas con discapacidad visual; 382 con discapacidad auditiva y 297 con motriz. Del total de discapacidades, la mayoría fueron provocadas por la edad avanzada, enfermedades o desde el nacimiento (INEGI, 2020).

IV.3.18.1.3.7 Entorno de seguridad pública y movilidad cotidiana

Para percepción de seguridad y confianza institucional, los indicadores disponibles son estatales por limitaciones de representatividad municipal. En 2024, la percepción de seguridad fue 21.4% en hombres y 15% en mujeres a nivel estatal; estos datos se usan como contexto, sin atribución municipal directa.

A nivel municipal, se reportan denuncias totales para octubre de 2025 (53), y las categorías con mayor ocurrencia fueron violencia familiar (8), amenazas (8) y daño a la propiedad (7), que concentraron 43.4% del total mensual (Figura IV. 641).



Figura IV. 641 Denuncias totales en Armería por tipo. ***Fuente: elaboración propia con datos de ENVIPE (2025).***

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.3.8 Salud, condiciones de bienestar y capacidad de adaptación

Desde la perspectiva socioeconómica, las condiciones de bienestar de Armería requieren una lectura atenta porque la mayor vulnerabilidad por carencias sociales hace que cualquier presión adicional sobre ingreso, movilidad o ambiente tenga efectos más rápidos sobre los hogares. La articulación del municipio con el corredor lagunar y con actividades tradicionales como la producción salinera y el trabajo vinculado al agua vuelve especialmente relevantes la calidad del entorno y el acceso efectivo a servicios de salud, transporte y abasto. En territorios de menor escala, los cambios en tiempos de traslado, costos de operación o percepción de deterioro ambiental se reflejan con mayor rapidez en el bienestar cotidiano de las familias.

Por ello, en Armería conviene subrayar un balance dual semejante al observado en otros puntos del SAR: por un lado, la mejora de conectividad y la mayor actividad económica amplían oportunidades de comercialización, empleo eventual y servicios complementarios; por otro, la menor conectividad digital, el mayor rezago educativo y la mayor proporción de población vulnerable por carencias sociales reducen la capacidad de adaptación del municipio frente a presiones de segunda ronda, como aumentos de costos, reacomodos de flujos y deterioro de la continuidad productiva en el corredor lagunar (CONEVAL, 2020; CONAPO, 2022).

IV.3.18.1.3.9 Pobreza y desigualdad

En 2020, Armería registró un Coeficiente de Gini de 0.35 (aprox. 0.355), y una proporción de pobreza moderada de 34.3% y pobreza extrema de 4.14%. Adicionalmente, la población vulnerable por carencias sociales alcanzó 41.7%, y la vulnerable por ingresos 3.85% (Figura IV. 642); entre las carencias principales se señalan la seguridad social, el rezago educativo y el acceso a la alimentación. Estos indicadores caracterizan vulnerabilidad social relevante para estudiar distribución de beneficios/costos del proyecto y riesgos de profundización de brechas, ya que el municipio es considerado como el de mayor pobreza de la entidad.

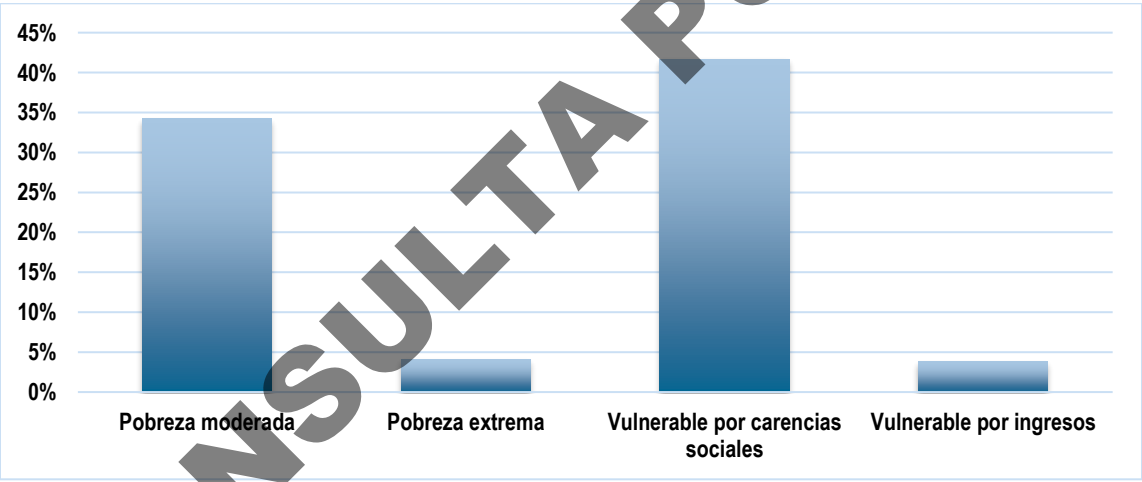


Figura IV. 642 Niveles de pobreza en Armería. *Fuente: Elaboración propia con datos de CONEVAL, 2020.*

IV.3.18.1.3.10 Población indígena en Armería: perfil socioeconómico y posibles afectaciones diferenciadas

En este apartado se revisará la presencia y composición indígena en Armería; la Inseguridad social y vulnerabilidad estructural, las implicaciones para la seguridad social y derechos, así como la dimensión Cultural y religiosa.

a) Presencia y composición lingüística

En este contexto, la población hablante de lengua indígena en Armería fue de 113 personas en 2020, equivalentes a 0.41% de la población de tres años y más; las principales lenguas reportadas fueron náhuatl

CONSULTA PÚBLICA

(61), tarasco o purépecha (28) y huasteco (6). Aunque se trata de una proporción reducida, su registro resulta relevante para efectos de inclusión social y para reconocer que el municipio presenta también diversidad cultural, aun cuando ésta no se exprese como una territorialidad indígena continua (INEGI, 2020).

b) Inserción socioeconómica y vulnerabilidad estructural

Desde el enfoque socioeconómico de una MIA, la relevancia del componente indígena no depende únicamente de su peso demográfico, sino de la probabilidad de afectación diferenciada. La evidencia comparada en evaluación de impacto social muestra que los grupos con menor capital educativo, redes laborales formales y acceso efectivo a servicios tienden a enfrentar riesgos mayores ante procesos de expansión económica acelerada (por ejemplo: presión inmobiliaria, segmentación ocupacional, barreras de acceso a empleos calificados). En Armería, la expansión portuaria intensifica dichas presiones, especialmente durante la fase de construcción, cuando se incrementa la demanda de vivienda y servicios y se reorganiza la contratación laboral.

En términos de impacto, el proyecto puede generar, tal y como se expresó para el Municipio de Manzanillo:

1. Efectos positivos potenciales: incremento de oportunidades laborales en construcción y servicios asociados; mayor dinamismo económico local que facilite transiciones a empleo formal si existen mecanismos de vinculación y capacitación.
2. Riesgos específicos: concentración de población indígena migrante en ocupaciones de baja remuneración; persistencia de informalidad; exposición a aumentos de renta y hacinamiento por presiones de mercado en periodos de auge constructivo.

c) Implicaciones para gestión social y derechos

Al igual que lo señalado para Manzanillo, en caso de identificarse afectaciones específicas (por ejemplo, barreras lingüísticas en procesos participativos o impactos sobre medios de vida), el análisis debe prever medidas de inclusión y participación. En términos normativos, el Convenio 169 de la OIT establece estándares internacionales sobre derechos y participación de pueblos indígenas cuando existan medidas susceptibles de afectarles, particularmente mediante mecanismos de consulta apropiados y de buena fe. En Armería, por el perfil urbano-rural y disperso del componente indígena, la gestión social suele orientarse menos a consulta territorial clásica y más a accesibilidad, información, no discriminación e inclusión en beneficios, sin excluir la pertinencia cultural cuando existan grupos identificables o interlocutores representativos.

d) Dimensión cultural y religiosa

En Armería, la dimensión cultural no debe leerse bajo una lógica urbano-portuaria, sino bajo la continuidad del corredor lagunar, de la actividad salinera y de la relación cotidiana con un paisaje productivo donde agua, trabajo y movilidad conservan un vínculo estrecho. La sensibilidad cultural del municipio deriva de que la reproducción de actividades tradicionales permanece más acoplada al comportamiento del sistema lagunar y a la permanencia del paisaje que en otros puntos del SAR (CONANP, 2011; Universidad de Colima, 2025).

Desde el punto de vista socioeconómico, la dimensión cultural de Armería se relaciona sobre todo con la permanencia de prácticas de trabajo, con la memoria productiva de Cuyutlán y con la valoración comunitaria del paisaje lagunar como soporte de identidad y de actividad económica. Por ello, cambios en acceso, calidad

CONSULTA PÚBLICA

ambiental o continuidad espacial del corredor lagunar pueden ser percibidos no sólo como presión económica, sino también como pérdida de referentes culturales ligados al territorio.

B) Dimensión religiosa. En Armería, al igual que en otras localidades del corredor lagunar, predominan expresiones de religiosidad popular católica y redes comunitarias de apoyo asociadas a la vida cotidiana, a festividades locales y a la organización social de pequeña escala. Estas redes suelen cumplir funciones de acompañamiento, integración y ayuda mutua en contextos donde la cercanía entre familias, trabajo y territorio conserva un peso importante.

Desde el enfoque socioeconómico, estas expresiones religiosas continúan operando como redes informales de cohesión, ayuda y estabilidad comunitaria, por lo que cambios territoriales acelerados pueden alterar su distribución espacial y su capacidad de articulación local.

IV.3.18.1.4 Vaso II de la Laguna de Cuyutlán

El Vaso II de la Laguna de Cuyutlán se analiza como ámbito funcional de mayor intensidad dentro del SAR, no como una zona separada ni como una unidad territorial aislada. Su relevancia socioeconómica deriva de la concentración de usos productivos, ambientales, urbanos, energéticos y logísticos que se articulan en torno al sistema lagunar. En este espacio convergen actividades tradicionales, como pesca, navegación menor, recolección, servicios de proximidad y referencias productivas vinculadas al borde de agua, con infraestructura estratégica de escala regional y nacional, entre la que destacan la terminal de gas natural licuado, la central termoeléctrica, vialidades de acceso, corredores de carga y áreas de interacción con la expansión portuaria.

Desde la perspectiva del medio socioeconómico, el Vaso II funciona como una interfaz territorial entre el sistema lagunar y la dinámica urbano-portuaria de Manzanillo. Esta condición explica que los cambios en accesibilidad, movilidad, calidad del agua, percepción ambiental, tránsito pesado, continuidad del paisaje productivo o compatibilidad de usos puedan producir efectos diferenciados sobre pescadores, permisionarios, salineros, pequeños comerciantes, población residente, prestadores de servicios y actores vinculados al corredor Cuyutlán-Armería. Por ello, su análisis permite identificar con mayor precisión los mecanismos mediante los cuales el proyecto modifica la condición socioeconómica actual del SAR.

El Vaso II de la Laguna de Cuyutlán concentra una parte significativa de las tensiones socioeconómicas del SAR. En él se expresa con mayor claridad la coexistencia entre actividades tradicionales dependientes del sistema lagunar y procesos de infraestructura intensiva asociados al desarrollo portuario, energético y logístico. Esta superposición hace necesario analizarlo como un ámbito de alta sensibilidad funcional, donde pequeñas modificaciones en accesos, rutas de navegación, tiempos de traslado, calidad ambiental o percepción de riesgo alteran la viabilidad cotidiana de actividades que dependen de la proximidad al agua y de la continuidad territorial. Bajo dicho contexto, el Vaso II se considera el principal ámbito de interacción entre el proyecto, el sistema lagunar, la infraestructura estratégica y los medios de vida tradicionales vinculados a la Laguna de Cuyutlán (Vanclay, 2003; CONANP, 2011; INPLAN, 2020; Rodriguez, 2020).

IV.3.18.1.4.1 Infraestructura estratégica en el Vaso II: regasificadora y termoeléctrica

El Vaso II de la Laguna de Cuyutlán constituye un ámbito funcional de mayor intensidad dentro del SAR, no sólo por la presencia de actividades tradicionales vinculadas al sistema lagunar, sino también por su inserción

CONSULTA PÚBLICA

en un entorno de infraestructura estratégica de escala regional y nacional. Entre los elementos más relevantes se encuentran la terminal de gas natural licuado y regasificación de Manzanillo, así como el complejo termoeléctrico asociado a la generación eléctrica en la zona de Campos. La información pública disponible muestra que Manzanillo (Vaso II de la Laguna de Cuyutlán) forma parte de la red nacional de terminales de almacenamiento y regasificación de gas natural licuado, infraestructura vinculada con la seguridad energética y la redundancia de suministro para el occidente del país (Balance Nacional de Energía, 2024; CFE, 2022-2026). De forma complementaria, la Comisión Federal de Electricidad ha señalado que el complejo Manzanillo integra unidades generadoras con capacidad relevante para el sistema eléctrico nacional, y que la central de ciclo combinado de Manzanillo se alimenta del gas suministrado en esta región (CFE, 2019; ASF, 2020).

La presencia simultánea de la regasificadora y la termoeléctrica tiene implicaciones socioeconómicas precisas para el SAR y, de manera más intensa, para el Vaso II y la comunidad de Campos. En primer lugar, eleva el valor estratégico del territorio y explica la convergencia de intereses logísticos, energéticos, de transporte, seguridad, empleo y actividades tradicionales. En segundo lugar, incrementa la sensibilidad social del espacio frente a cambios en movilidad, accesibilidad, percepción de riesgo y compatibilidad de usos. En áreas donde coinciden actividades de pequeña escala con instalaciones energéticas mayores, la afectación no se manifiesta únicamente en términos ambientales. También se expresa como presión sobre habitabilidad, saturación de vialidades secundarias, percepción comunitaria de exposición y conflicto potencial entre la lógica industrial y la permanencia de actividades históricas del sistema lagunar (INPLAN, 2020; Rodriguez, 2020).

La comunidad de Campos ocupa una posición decisiva dentro de este ámbito funcional, porque articula conectividad, empleo, tránsito pesado, infraestructura energética y cercanía con el sistema lagunar. Por ello, el Vaso II no debe describirse como un espacio aislado, sino como una interfaz territorial entre agua de trabajo, equipamientos estratégicos y asentamientos vinculados al SAR. Esta condición permite comprender por qué la coexistencia entre pesca, recolección, población residente, turismo de proximidad, regasificación y generación eléctrica adquiere ahí una expresión socioeconómica particularmente visible. La lectura del Vaso II debe incorporar la infraestructura energética como parte del territorio efectivamente vivido, y no sólo como dato sectorial externo (CFE, 2019; SENER, 2015).

IV.3.18.1.4.2 Vestigios arqueológicos y sensibilidad patrimonial del núcleo

El Vaso II también requiere un tratamiento patrimonial explícito por la presencia de vestigios arqueológicos y antecedentes de salvamento en su entorno. Los trabajos del Instituto Nacional de Antropología e Historia y estudios recientes sobre la arqueología de la Laguna de Cuyutlán han documentado sitios arqueológicos alrededor de los vasos lagunares y en áreas próximas a Campos, lo que permite sostener que la ocupación histórica y prehispánica del sistema lagunar fue intensa y diversificada (Cos, 2024; INAH, 2019). Una publicación reciente del INAH sobre quince años de trabajos en la laguna refiere el registro de múltiples sitios arqueológicos en los alrededores de los vasos de Cuyutlán y señala que este entorno ha sido objeto de intervenciones sistemáticas derivadas de obras e infraestructura en la región (Cos, 2024).

Este dato es relevante para el medio socioeconómico por dos razones. La primera es que el patrimonio arqueológico forma parte de la identidad territorial del SAR y de la memoria de ocupación del sistema lagunar; no constituye un componente separado de la vida social, sino una capa histórica que coexiste con actividades contemporáneas como pesca, salinas, energía, movilidad, comercio local y logística. La segunda es que la presencia de vestigios introduce una dimensión adicional de sensibilidad territorial en el Vaso II: cualquier

CONSULTA PÚBLICA

transformación intensa del espacio debe leerse también en términos de preservación, rescate, continuidad cultural y percepción comunitaria del patrimonio. En territorios donde el paisaje productivo y el paisaje cultural se superponen, el costo social de la alteración no se mide sólo por ingreso o empleo. También se relaciona con la pérdida de referencias materiales que vinculan a la población con la larga duración del territorio (INAH, 2019; INAH, 2025).

IV.3.18.1.4.3 Actores sociales vinculados al Vaso II y al seguimiento socioeconómico

A partir de la caracterización del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán como ámbito funcional de mayor intensidad dentro del SAR, resulta necesario precisar los actores cuya participación, vigilancia técnica, dependencia productiva o posicionamiento social inciden en el seguimiento del medio socioeconómico. La Tabla IV. 225 sintetiza los principales grupos vinculados con el SAR, distinguiendo su relación con el Vaso II, con el corredor Cuyutlán-Armería y con otros nodos socioeconómicos sensibles.

Tabla IV. 225 Actores sociales e interesados en el seguimiento socioeconómico del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán

Categoría de actor social	Entidades y representantes	Ámbito funcional de incidencia dentro del SAR	Relevancia en el seguimiento socioeconómico
Pescadores organizados	16 cooperativas pesqueras vinculadas al sistema lagunar	Vaso II, frentes de agua de Manzanillo, puntos de acceso lagunar, zonas de captura y rutas de navegación menor	Seguimiento de condiciones de pesca, biomasa, calidad del agua, accesibilidad al borde lagunar, puntos de salida y retorno de embarcaciones, costos de operación y continuidad del ingreso pesquero.
Salineros	Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima, integrada por 192 socios	Corredor Cuyutlán-Armería, áreas salineras vinculadas al sistema lagunar y relación funcional con el Vaso II y los vasos III y IV	Seguimiento de impactos sobre hidrodinámica, salinidad, evaporación, accesibilidad a superficies productivas, continuidad estacional de la actividad y preservación del paisaje salinero.
Agricultores y productores rurales vinculados a polinización	Productores agrícolas del corredor costero y zonas de influencia productiva asociadas al SAR	Corredor Cuyutlán-Armería, áreas agrícolas cercanas y zonas funcionalmente dependientes de servicios de polinización	Identificación de impactos indirectos sobre productividad agrícola, servicios ecosistémicos de polinización, movilidad productiva y continuidad de actividades rurales complementarias.
Población residente en localidades próximas al sistema lagunar	Habitantes de Campos, Punta Chica, Punta Grande, Cuyutlán, Armería y colonias urbanas vinculadas al borde lagunar	Localidades y asentamientos del SAR con exposición a movilidad, ruido, polvo, presión vial, cambios de acceso y percepción de riesgo	Seguimiento de habitabilidad, tiempos de traslado, percepción de riesgo, presión sobre servicios, cambios en rutinas cotidianas y afectaciones diferenciadas al bienestar local.

CONSULTA PÚBLICA

Categoría de actor social	Entidades y representantes	Ámbito funcional de incidencia dentro del SAR	Relevancia en el seguimiento socioeconómico
Comerciantes y prestadores de servicios de proximidad	Pequeños comercios, restaurantes, servicios turísticos locales y unidades económicas vinculadas al borde lagunar	Centro Histórico de Manzanillo, frentes de agua, Campos, Cuyutlán, Armería y nodos de movilidad local	Seguimiento de variaciones en flujo de clientes, reputación ambiental de productos locales, accesibilidad, movilidad, ventas, empleo familiar y permanencia de economías de proximidad.
Operadores portuarios, comerciales y logísticos	ASTOM, APROCEMAAC, Comunidad Portuaria A.C. y actores empresariales vinculados a la cadena logística	Puerto de Manzanillo, corredores logísticos, zona urbana de Manzanillo y áreas de interacción con el SAR	Seguimiento de eficiencia logística, responsabilidad corporativa, interacción puerto-ciudad, presión sobre vialidades, compatibilidad de usos y coordinación con medidas de manejo socioeconómico.
Agencias aduanales	AAAPUMAC	Puerto de Manzanillo, corredores de carga, nodos urbanos y áreas de interacción logística con el SAR	Seguimiento de cumplimiento normativo, eficiencia operativa, presión sobre movilidad urbana y efectos indirectos de la cadena logística en zonas colindantes.
Sindicatos y organizaciones laborales	Sindicato de Trabajadores al Servicio del H. Ayuntamiento, CROM-TIMSA, CTM, Sección 289 del Sindicato Minero, Unión de Estibadores y Jornaleros del Pacífico	Puerto, zona urbana de Manzanillo, Campos, corredores industriales y áreas laborales asociadas al proyecto	Seguimiento de demanda de empleo local, condiciones de seguridad y salud en el trabajo, estabilidad laboral, capacitación y distribución territorial de oportunidades económicas.
Asociaciones civiles	Vigilemos Manzanillo A.C., DEMAREM A.C., Pura Vida, ACIMAN A.C.	SAR en conjunto, con énfasis en sistema lagunar, zona urbana de Manzanillo, localidades costeras y espacios de incidencia ciudadana	Contraloría social, seguimiento ciudadano, defensa técnica del ecosistema, revisión de información pública y vigilancia de impactos sociales, ambientales y territoriales.
Movimientos ambientalistas y comunitarios	Salvemos Cuyutlán, Laguna Viva y colectivos locales	Laguna de Cuyutlán, Vaso II, vasos III y IV, corredor Cuyutlán-Armería y comunidades vinculadas al sistema lagunar	Seguimiento de impactos percibidos sobre el sistema lagunar, defensa de actividades tradicionales, denuncia pública, movilización social y registro de conflictividad socioambiental.
Mujeres y defensoras comunitarias	Instituto Colimense de las Mujeres, Red	Asentamientos costeros, comunidades lagunares, hogares vinculados a pesca,	Incorporación de desigualdades diferenciadas, saberes locales, economía del cuidado, efectos sobre hogares,

CONSULTA PÚBLICA

Categoría de actor social	Entidades y representantes	Ámbito funcional de incidencia dentro del SAR	Relevancia en el seguimiento socioeconómico
	Manglares y liderazgos locales	sal, comercio local y servicios de proximidad	seguridad comunitaria y participación de mujeres en procesos de seguimiento.
Jóvenes y comunidades educativas	Estudiantes, comunidades universitarias y tecnológicas de Manzanillo y Armería	SAR en conjunto, con énfasis en monitoreo social, transparencia, innovación local y participación comunitaria	Apoyo en monitoreo comunitario, sistematización de información, transparencia de datos socioambientales, participación intergeneracional y formación de capacidades locales.
Sector turístico y restaurantero	CANACO-SERVYTUR, Skål Internacional, Asociación de Hoteles, CANIRAC Manzanillo y prestadores locales	Manzanillo, Centro Histórico, frentes de agua, playas, servicios urbanos y zonas turísticas funcionalmente conectadas al SAR	Seguimiento de coexistencia entre actividad portuaria, movilidad urbana, calidad paisajística, percepción ambiental, afluencia turística y continuidad de servicios.

Fuente: elaboración propia con base en información recabada en campo, documentación del expediente y fuentes institucionales y académicas consultadas.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.4.4 Actores sociales y su interacción en el sistema lagunar de Cuyutlán

En zona del SAR, los grupos más sensibles a cambios en acceso, calidad ambiental, continuidad productiva y transformación del territorio son pescadores, permisionarios, salineros, apicultores, agricultores, pequeños comerciantes, prestadores de servicios turísticos y población que mantiene un vínculo cotidiano con el borde lagunar. Su relevancia socioeconómica no radica sólo en el número de personas involucradas, sino en el hecho de que dependen de activos específicos: el espejo de agua, la estabilidad en salinidad, la continuidad del paisaje productivo, la disponibilidad de vegetación útil para polinizadores, la accesibilidad a puntos de trabajo y la confianza del consumidor sobre productos y servicios del entorno. Junto con los riesgos, este apartado también reconoce que la dinámica portuaria abre espacios de empleo, capacitación, proveeduría local y servicios para una parte de la población; la cuestión central es cómo se distribuyen esas oportunidades y quiénes tienen capacidad efectiva de aprovecharlas.

IV.3.18.1.4.5 Pescadores y permisionarios

La actividad pesquera del Vaso II se integra por pescadores organizados en cooperativas y por permisionarios que desarrollan su trabajo de manera cotidiana en el sistema lagunar. En ambos casos, se trata de actores directamente vinculados al aprovechamiento del agua como espacio de trabajo, subsistencia e ingreso. Su presencia en el territorio no sólo responde a una ocupación económica, sino a una relación práctica y constante con el comportamiento del cuerpo lagunar, con sus puntos de acceso, con las rutas de navegación menor y con las zonas donde históricamente se ha desarrollado la captura (Figura IV. 643). Por ello, forman parte de la base social más inmediata del Vaso II y de su entorno.



Figura IV. 643. Cooperativas aledañas al Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Fuente: ASIPONA (2026).

Los pescadores suelen operar en escalas reducidas, con embarcaciones menores, equipos de trabajo limitados y circuitos de comercialización de proximidad. Su actividad depende de la experiencia acumulada sobre el agua, de la lectura cotidiana de corrientes, turbidez, profundidad, salinidad y temporalidad, así como del conocimiento de los sitios de captura y de los momentos adecuados para faenar. Los permisionarios, por su parte, participan dentro de un marco de aprovechamiento regulado, con derechos formales de operación sobre determinadas áreas o recursos, y suelen constituir un componente importante de la organización productiva local. Ambos grupos comparten una dependencia directa del sistema lagunar como soporte material de trabajo.

Para fortalecer el carácter operativo del presente apartado, conviene incorporar una estimación preliminar de ocupación e ingreso asociada a la pesca y a los permisionarios del Vaso II. La finalidad de esta cuantificación no es sustituir un padrón definitivo, sino traducir a términos socioeconómicos la magnitud probable de la exposición. De acuerdo con lineamientos internacionales de evaluación de pesca de pequeña escala, cuando no se dispone de padrón individual cerrado, es metodológicamente válido trabajar con rangos razonados construidos a partir de organizaciones existentes, intensidad observada de embarcaciones y funciones complementarias de la cadena pesquera local (FAO, 2015; FAO, 2006).

Bajo un supuesto prudente de entre 8 y 12 personas activas por cooperativa y de entre 5 y 8 personas por grupo de permisionarios, la base ocupacional directamente vinculada a la pesca y a la navegación menor en el entorno inmediato del Vaso II podría ubicarse aproximadamente entre 143 y 216 personas. Esta cifra debe leerse como orden de magnitud y no como padrón final. Su importancia radica en que muestra que la afectación potencial no recae sobre un número reducido de usuarios ocasionales, sino sobre una economía de proximidad de escala intermedia, con fuerte dependencia de accesos, tiempos de desplazamiento y continuidad operativa

CONSULTA PÚBLICA

del espejo de agua. En territorios donde la productividad diaria depende de recorridos cortos y de una alta frecuencia de uso, pequeñas pérdidas de accesibilidad o aumentos moderados de costo pueden traducirse rápidamente en merma de rendimiento neto y deterioro del ingreso familiar (Smith et al., 2010; FAO, 2015).

En términos de ingreso, la literatura sobre pesca muestra que los hogares pesqueros suelen presentar variación estacional y alta sensibilidad a costos de operación, especialmente combustible, mantenimiento, tiempo de traslado y calidad ambiental del cuerpo de agua. Por ello, en ausencia de un estudio de ingresos levantado ex profeso, puede presentarse una banda prudente de ingreso mensual neto por persona ocupada, estimada de manera consistente con la estructura salarial informal observada en economías locales similares y con la propia información salarial incluida en este expediente. Un rango técnicamente razonable para la actividad pesquera de pequeña escala en el contexto local sería de 7,500 a 12,500 pesos mensuales por persona activa, con dependencia familiar del sistema lagunar que podría situarse, en muchos hogares, entre 70% y 90% del ingreso total disponible (FAO, 2006; FAO, 2015; Banco Mundial, 2022). La utilidad de esta estimación es analítica: permite mostrar que la presión territorial sobre el Vaso II tiene efectos plausibles sobre reproducción material del hogar y no sólo sobre ocupación abstracta.

IV.3.18.1.4.6 Salineros

La actividad salinera constituye uno de los usos productivos históricos más representativos del sistema lagunar de Cuyutlán, en particular de los vasos lagunares III y IV, los cuales registran una relación directa con el Vaso II por temas de hidrodinámica y salinidad. Los salineros son los actores que participan en la extracción, manejo y aprovechamiento de sal dentro de un paisaje productivo construido a partir de condiciones muy específicas de evaporación, salinidad, profundidad y control del agua. Su presencia en el territorio expresa una relación de larga duración entre sociedad y laguna, en la que el espacio de trabajo no se limita a una superficie física, sino que comprende conocimiento técnico, temporalidad estacional y organización colectiva en torno al proceso productivo.

A diferencia de otras actividades, la sal se produce mediante un manejo cuidadoso de las condiciones naturales del sistema. Esto implica observar el comportamiento del agua, controlar entradas y salidas, trabajar sobre superficies especializadas y aprovechar momentos del año en que la evaporación y la concentración salina permiten desarrollar el proceso con mayor eficiencia. Por ello, los salineros no sólo ejecutan una labor manual, sino que conservan un saber técnico acumulado sobre el funcionamiento del entorno lagunar. Esa experiencia práctica forma parte de la estructura productiva misma y explica por qué la actividad tiene un valor que combina economía, organización del trabajo y memoria territorial.

La presencia de una sociedad cooperativa integrada por 192 socios proporciona una base más robusta para la estimación socioeconómica de la actividad salinera. No obstante, desde el punto de vista analítico, la cifra de socios debe complementarse con dos precisiones: primero, que la salina funciona como sistema productivo estacional y territorialmente dependiente; segundo, que su valor no se agota en el ingreso monetario directo, sino que incluye trabajo familiar, continuidad patrimonial y conservación de un paisaje productivo históricamente especializado. Los estudios sobre instituciones de aprovechamiento colectivo y recursos de uso común han mostrado que actividades como la sal, cuando dependen de equilibrio hidrológico y organización local, presentan alta vulnerabilidad frente a cambios espaciales y regulatorios que alteran la previsibilidad del sistema (Ostrom, 1990; Berkes, 2008).

CONSULTA PÚBLICA

La actividad salinera se organiza a través de la Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima, integrada por 192 socios, cifra reportada en información pública sobre la zafra de sal en la Laguna de Cuyutlán. Esta base social permite dimensionar la relevancia económica directa de la actividad dentro del SAR, particularmente en el corredor Cuyutlán-Armería y en las áreas salineras funcionalmente vinculadas al sistema lagunar. La actividad no debe valorarse sólo por el ingreso individual de los socios, sino por su carácter histórico, estacional y territorialmente dependiente: requiere estabilidad hidrológica, condiciones adecuadas de salinidad, evaporación, acceso a superficies productivas y continuidad operativa del paisaje salinero. En zafras recientes se han reportado volúmenes superiores a 40 mil toneladas, y para 2026 se informó una meta productiva de hasta 55 mil toneladas, lo que confirma que no se trata de una actividad residual, sino de un sistema productivo vigente y organizado en torno a la Laguna de Cuyutlán.

La dependencia económica de los hogares salineros debe entenderse a partir de esa organización productiva y no mediante porcentajes no verificados. En hogares especializados, la sal constituye una fuente central de ingreso durante la temporada de producción; en hogares mixtos, se articula con otras actividades, pero conserva relevancia porque la estacionalidad no reduce la vulnerabilidad, sino que la desplaza hacia periodos específicos del año. La literatura sobre medios de vida costeros sostiene que las actividades tradicionales dependientes de recursos naturales localizados presentan alta exposición frente a perturbaciones ambientales, cambios de acceso, alteraciones hidrológicas y pérdida de continuidad territorial, especialmente cuando operan con márgenes reducidos y combinan ingresos estacionales con otras fuentes de subsistencia (Allison y Ellis, 2001; FAO, 2018). Bajo este criterio, cualquier modificación que afecte el régimen del agua, la salinidad, los accesos o la funcionalidad del paisaje salinero puede comprometer la viabilidad económica efectiva de la actividad, aun cuando la cooperativa y la titularidad social de la producción permanezcan formalmente vigentes.

En términos económicos, el valor de referencia se aproxima desde dos bases verificables. La primera es productiva: una zafra superior a 40 mil toneladas, con el precio al productor reportado en 2023 de aproximadamente 230 pesos por tonelada, arroja un valor bruto de referencia cercano a 9.2 millones de pesos; si se toma la meta de 55 mil toneladas reportada para 2026 y se mantiene sólo como referencia el precio de 2023, el valor bruto ascendería a aproximadamente 12.65 millones de pesos. La segunda base es laboral: si los 192 socios se valoran con los rangos salariales observados para Colima en 2025, entre 6.46 mil pesos mensuales en empleo informal y 9.04 mil pesos mensuales en empleo formal, el valor laboral anual equivalente se ubica entre aproximadamente 14.9 y 20.8 millones de pesos. Estas cifras no son ingreso neto por socio ni utilidad de la cooperativa; son órdenes de magnitud construidos con datos públicos para mostrar que la posible afectación a la sal no es sólo simbólica o patrimonial, sino económicamente mensurable. La validación final debe hacerse con producción anual efectiva, precio de venta, costos operativos, distribución interna del ingreso y padrón actualizado de socios activos.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.4.7 Incidencia de la apicultura en el sistema lagunar de Cuyutlán

La apicultura vinculada al SAR debe analizarse a escala regional y funcional, no como una actividad localizada principalmente en el Vaso II. Su relevancia socioeconómica no se limita a la producción de miel, cera u otros productos apícolas, sino que se relaciona con la prestación de servicios de polinización para sistemas agrícolas de la costa colimense y con la conservación de vegetación útil para polinizadores en manglares, vasos lagunares y corredores vegetales asociados a la Laguna de Cuyutlán. En este sentido, Tecomán se considera un ámbito agrícola funcionalmente vinculado por servicios de polinización, pero no como parte territorial del

SAR. La escala correcta de análisis es el SAR, con énfasis en los corredores ecológicos, zonas de manglar, vasos lagunares III y IV, áreas agrícolas próximas y espacios de movilidad productiva de los apicultores.

La importancia de la apicultura se fundamenta en que la polinización constituye un servicio ecosistémico esencial para la producción agrícola, la reproducción de especies vegetales y la estabilidad de sistemas alimentarios. La FAO señala que los servicios de polinización conectan ecosistemas silvestres con sistemas agrícolas y son críticos para la producción de alimentos y los medios de vida rurales; además, la presencia de polinizadores puede mejorar cantidad y calidad de la producción agrícola (FAO, 2018; FAO, 2025). En el mismo sentido, la literatura científica reconoce que la polinización por insectos beneficia una proporción significativa de especies cultivadas y contribuye de manera directa a la productividad de cultivos comerciales, incluidos sistemas frutícolas relevantes para la costa de Colima (IPBES, 2016; INIFAP, 2026).

La información recabada con productores locales indica que la organización del sector se articula a través de una Asociación Ganadera Local Especializada. De acuerdo con dicha información de campo, el número de apicultores habría disminuido de aproximadamente 310 a cerca de 40 en los últimos años, mientras que alrededor de 15 familias recibirían beneficios directos de los apoyos actualmente disponibles. Estas cifras no se presentan como padrón oficial ni como dato censal; se incorporan como información proporcionada por actores del sector durante el levantamiento socioeconómico y deberán contrastarse con el padrón actualizado de la asociación, registros de productores activos, número de colmenas, ubicación de apiarios, superficie de cobertura y tipo de servicios de polinización prestados. Con esa precisión, el dato conserva utilidad diagnóstica sin atribuirle un carácter definitivo que el expediente todavía no acredita.

La reducción señalada por productores, de aproximadamente 310 a cerca de 40 apicultores, debe leerse como indicador de fragilidad sectorial. En actividades dependientes de recursos biológicos, corredores de vegetación y condiciones ambientales estables, la pérdida de productores activos reduce la capacidad colectiva para absorber perturbaciones adicionales, eleva costos de operación y debilita la continuidad de conocimientos técnicos locales. Esta lectura es consistente con el enfoque de servicios ecosistémicos de IPBES, que identifica a los polinizadores como componentes sensibles frente a pérdida de hábitat, cambio de uso de suelo, plaguicidas, enfermedades y presión climática (IPBES, 2016). La FAO también ha advertido que la protección de polinizadores requiere acciones coordinadas de conservación, manejo de riesgos y reducción de presiones sobre hábitats funcionales (FAO, 2025).

En términos económicos, no se incorpora una estimación monetaria de ingreso mensual por productor mientras no exista una fuente directa verificable. La relevancia socioeconómica de la apicultura se sustenta en tres elementos comprobables: primero, su función como soporte de polinización para cultivos regionales; segundo, su dependencia de corredores ecológicos, vegetación útil y ausencia de perturbaciones severas; tercero, su articulación con productores familiares cuya permanencia depende de condiciones territoriales estables. Por ello, la afectación apícola no debe medirse únicamente por número de productores o valor de miel comercializada, sino por la pérdida potencial de servicios de polinización, reducción de resiliencia ecológica y debilitamiento de actividades rurales asociadas.

Territorialmente, la información disponible no permite afirmar la existencia de un padrón público, cerrado y georreferenciado de colmenas ubicadas específicamente en el Vaso II. Por esa razón, la apicultura se ubica a escala del SAR y de sus corredores ecológicos, con especial atención a los vasos III y IV, manglares, franjas de vegetación y zonas agrícolas funcionalmente relacionadas. El Vaso II se considera un ámbito de contacto, tránsito y riesgo operativo por su cercanía con infraestructura intensiva, patios, vialidades, zonas urbanas y

CONSULTA PÚBLICA

espacios donde pueden presentarse enjambres; no debe presentarse como el principal sitio de operación apícola si no existe evidencia georreferenciada que lo demuestre.

El manejo de enjambres se incorpora como diagnóstico operativo de seguridad, conservación y coordinación institucional, no como eje económico principal de la apicultura. En la ciudad y en el entorno portuario pueden presentarse enjambres de abejas silvestres o colonias establecidas en sitios no adecuados. Este fenómeno requiere protocolos de identificación, captura, resguardo y reubicación, con participación de Protección Civil, cuerpos de emergencia y apicultores capacitados. En México existen manuales y protocolos recientes para la atención de enjambres elaborados en el marco del Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, lo que permite tratar el tema como componente técnico de prevención de riesgos y conservación de polinizadores, sin sobredimensionarlo como actividad económica independiente.

Dentro del entorno portuario, una preocupación específica se relaciona con la limpieza de patios, movimiento de materiales, polvo, vegetación removida y uso de sustancias químicas. Estos factores afectan a los polinizadores por contacto directo, deposición sobre flora útil, reducción de sitios de alimentación o deterioro de corredores ecológicos. La afectación no se limita a la mortandad de abejas; también puede traducirse en pérdida de servicios de polinización, menor productividad agrícola asociada, aumento de costos de manejo y desincentivo para la permanencia de productores apícolas.

En consecuencia, la apicultura debe analizarse como actividad funcionalmente relevante dentro del SAR, aunque su presencia territorial no esté demostrada de manera predominante en el Vaso II. Para el cierre cartográfico del apartado deberá integrarse una figura de aptitud apícola y corredores de polinización a escala del SAR, con diferenciación entre vasos III y IV, manglares, áreas agrícolas vinculadas, zonas urbanas de riesgo por enjambres y áreas de contacto con infraestructura portuaria. Esta figura deberá incluir título, fuente cartográfica y nota metodológica que precise que la aptitud apícola no equivale a ubicación comprobada de colmenas, sino a identificación de condiciones territoriales relevantes para la permanencia de polinizadores y servicios de polinización.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.4.8 Dinámicas sociales, bienestar cotidiano y continuidad de actividades

En el entorno lagunar y urbano asociado a Manzanillo y Armería se han expresado preocupaciones relacionadas con la continuidad de actividades tradicionales, calidad ambiental, acceso al agua, movilidad, salud pública y permanencia del paisaje productivo. Estas dinámicas no deben leerse como eventos aislados ni exclusivamente como afectaciones del Vaso II, sino como expresiones de sensibilidad territorial del SAR frente a cambios en pesca, sal, manglar, circulación, infraestructura y condiciones de bienestar de la población vinculada al sistema lagunar. La Tabla IV. 226 resume las principales problemáticas identificadas y precisa el ámbito de mayor incidencia de cada una.

En evaluación socioeconómica no basa con enlistar problemáticas; es necesario jerarquizar exposición, magnitud del daño plausible y capacidad adaptativa diferencial entre grupos. Vanclay ha señalado que un impacto social no debe definirse sólo por la existencia objetiva de un cambio físico, sino por la forma en que dicho cambio altera medios de vida, acceso a recursos, relaciones comunitarias, identidad territorial y posibilidad de mantener funciones sociales previas (Vanclay, 2003). Desde esta perspectiva, las problemáticas identificadas en el SAR deben leerse no sólo como riesgos temáticos, sino como mecanismos concretos de deterioro del bienestar cotidiano.

La pérdida de zonas de pesca, el desplazamiento de actividades tradicionales, la conflictividad social y la afectación a la salud pública no presentan la misma intensidad territorial ni recaen sobre actores con igual capacidad de adaptación. Los hogares especializados en pesca o sal enfrentan mayor vulnerabilidad que aquellos con inserción económica diversificada; las unidades de comercio de proximidad son sensibles a caídas de flujo, reputación ambiental o accesibilidad; y los trabajadores informales cuentan con menor margen institucional para absorber aumentos de costo o interrupciones temporales de ingreso (OECD, 2020; Banco Mundial, 2022).

Tabla IV. 226 Problemáticas socioeconómicas y sociales a considerar en el SAR

Problemática requerida en observación	Expresión en la zona de influencia del SAR	Sectores principalmente expuestos
Pérdida de zonas de pesca y reducción de recursos pesqueros	Riesgo por alteración del espejo de agua, cambios en salinidad, turbidez, navegación restringida y desplazamiento de áreas tradicionales de captura.	Pescadores y permisionarios
Desplazamiento de actividades tradicionales	Presión sobre pesca, salinas y actividades complementarias; posible sustitución funcional del espacio por infraestructura, patios, vialidades y usos logísticos.	Salineros, pescadores, pequeños comerciantes, actividades lagunares
Conflictos sociales por acceso, tierra, recursos o decisiones sin consulta pública	Movilizaciones, denuncias públicas, exigencia de información, reclamos por participación y rechazo social desde colectivos y organizaciones locales.	Comunidades del entorno lagunar, asociaciones civiles y movimientos ambientalistas
Impacto a la salud pública por contaminación de aire, agua y alimentos	Preocupación por emisiones, polvo, ruido, calidad del agua, bioacumulación en recursos pesqueros y exposición alimentaria derivada del deterioro ambiental.	Población residente, trabajadores, consumidores de productos pesqueros, escuelas y servicios de salud del entorno

Fuente: elaboración propia con base en documentación del expediente, literatura técnica y fuentes institucionales consultadas.

IV.3.20.1.4.9. Pérdida de zonas de pesca y reducción de recursos pesqueros

La pérdida de zonas de pesca y la reducción de recursos pesqueros deben entenderse, en el contexto del SAR y del Proyecto Puerto Laguna de Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), como una afectación que no depende exclusivamente de la desaparición física del espacio de captura, sino también de cambios en accesibilidad, navegación, calidad del agua, salinidad, turbidez y continuidad del uso cotidiano del espejo lagunar. En el Vaso II, donde la pesca y la operación de permisionarios descansan en trayectos cortos, puntos de amarre y rutas de salida y retorno, una mayor presión sobre accesos y circulación puede traducirse en menor rendimiento de captura, mayores tiempos de traslado y aumento del costo operativo por jornada, aun cuando la actividad no desaparezca de manera inmediata (CONANP, 2011; FAO, 2015; Vanclay, 2003).

En el caso del proyecto, la afectación pesquera también se expresa mediante la pérdida de continuidad entre residencia, embarcación, borde lagunar y comercialización local, especialmente en puntos como el frente de agua del Centro Histórico, el tramo rumbo a Campos, Punta Chica y Punta Grande. Desde la perspectiva

CONSULTA PÚBLICA

socioeconómica, ello implica que el análisis no debe limitarse a preguntar si desaparece o no una actividad, sino si ésta sigue siendo viable en términos de costo, tiempo, continuidad operativa y reproducción del ingreso cotidiano para pescadores y permisionarios (FAO, 2006; FAO, 2015; Reporte de visita de campo, 2026).

IV.3.18.1.4.9 Desplazamiento de actividades tradicionales y presión sobre la continuidad territorial

El desplazamiento de actividades tradicionales dentro del SAR no debe entenderse únicamente como traslado físico de población o desocupación formal de un sitio, sino también como erosión gradual de las condiciones territoriales que hacen posible la continuidad de prácticas como la pesca, la sal, la recolección y otros usos cotidianos del sistema lagunar. En el Proyecto Puerto Laguna de Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), esta presión puede manifestarse en el Vaso II y su entorno inmediato mediante la pérdida de continuidad territorial entre vivienda, trayecto, punto de embarque, zona de trabajo y comercialización local, especialmente en espacios donde el valor económico depende de recorridos cortos, accesibilidad inmediata y uso cotidiano del agua (CONANP, 2011; Rodriguez, 2020).

Esta observación resulta particularmente relevante para pescadores, salineros, recolectores, pequeños servicios de proximidad y población que mantiene una relación directa con el borde lagunar. En el caso de la actividad salinera y de otras prácticas ligadas al sistema lagunar, la presión logística y la reconfiguración del espacio se traduce en incertidumbre sobre permanencia, deterioro del paisaje productivo y debilitamiento de actividades que forman parte de la base histórica del territorio. En consecuencia, el desplazamiento debe leerse también como pérdida progresiva de viabilidad socioeconómica, debilitamiento de identidades laborales y mayor incertidumbre sobre la permanencia futura de actividades históricas del sistema lagunar (CONANP, 2011; INAH, 2018; Universidad de Colima, 2025).

IV.3.18.1.4.10 Conflictos sociales por acceso, recursos y toma de decisiones

Los conflictos sociales asociados al proyecto deben ser incorporados como parte del medio socioeconómico no sólo por su expresión pública, sino porque afectan la forma en que la población percibe el control sobre su territorio, sus medios de vida y la legitimidad de los procesos de transformación. En contextos donde convergen actividades tradicionales, infraestructura estratégica y reorganización intensiva del espacio, los conflictos suelen emerger alrededor del acceso al agua, del uso del borde lagunar, de la continuidad de actividades productivas, de la distribución desigual de beneficios y de la percepción de decisiones tomadas sin participación suficiente de los actores locales (Vanclay, 2003; FAO, 2015; FAO, 2023).

En el caso del Proyecto Puerto Laguna de Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), esta dimensión conflictiva adquiere especial relevancia porque el Vaso II opera como interfaz entre lógicas territoriales distintas: infraestructura portuaria y energética de gran escala, por un lado, y economías de proximidad, actividades tradicionales y paisaje cultural lagunar, por otro. En consecuencia, los conflictos no deben ser vistos como hechos aislados o enteramente externos al análisis, sino como un indicador de sensibilidad social frente a cambios en accesibilidad, habitabilidad, presión operativa y permanencia de referencias económicas y culturales del territorio. Desde el punto de vista socioeconómico, estos conflictos pueden traducirse en incertidumbre, menor confianza en las instituciones, mayores costos de coordinación social y debilitamiento de la capacidad adaptativa de comunidades y sectores productivos locales (Rodriguez, 2020; Vanclay, 2003).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.4.11 Nodos o sitios territoriales con mayor sensibilidad socioeconómica en el Vaso II

En el Vaso II y su entorno inmediato conviene identificar los puntos concretos donde se concentran los mecanismos de presión y donde esa presión se traduce en cambios perceptibles para quienes usan el borde lagunar, las vialidades de acceso y las áreas de trabajo vinculadas al agua.

En el perímetro inmediato del Vaso II y su continuidad funcional se distinguen al menos cinco nodos de interés: el tramo rumbo a Campos, Punta Chica, Punta Grande, la comunidad de Campos como enclave energético-industrial y el corredor Cuyutlán-Armería asociado a salinas, movilidad y continuidad lagunar. La información procede del expediente, de la visita de campo y de la imagen de referencia territorial utilizada para esta revisión.



Figura IV. 644. Comunidades adyacentes al Vaso II.

Desde una lectura socioeconómica, la diferencia entre nodos es decisiva. En el Centro Histórico, el riesgo principal se relaciona con compresión de espacio, interferencia entre usos urbanos y pesqueros y reordenamientos que eleven el costo de permanencia de pequeñas unidades productivas. En el tramo rumbo a Campos, la vulnerabilidad se asocia a menor consolidación institucional y mayor dependencia de instalaciones precarias. En Punta Chica y Punta Grande no se trata de puntos idénticos, sino de dos frentes del Manzanillo colindante con el Vaso II donde el problema central es la continuidad territorial del acceso al borde lagunar: cierres, rodeos, tiempos muertos o saturación de tránsito podrían deteriorar la rentabilidad de la jornada de pesca aun sin suprimir de inmediato la actividad.

La comunidad de Campos merece un tratamiento específico porque combina infraestructura energética, movilidad pesada, conectividad y proximidad a actividades tradicionales. Esa coexistencia convierte a Campos en un nodo de alta sensibilidad operativa: cualquier intensificación logística o constructiva puede aumentar percepción de riesgo, congestión, presión sobre vialidades secundarias y conflicto entre usos industriales, energéticos y comunitarios. Aquí la afectación no se expresa sólo como pérdida de ingreso directo, sino también como deterioro de habitabilidad, tiempos de traslado y compatibilidad de funciones en un mismo espacio.

CONSULTA PUBLICA

En el corredor Cuyutlán-Armería, entendido como ámbito funcional del SAR que articula localidades, áreas salineras, movilidad cotidiana y continuidad lagunar entre Manzanillo y Armería, la lógica socioeconómica es distinta. Allí el aspecto central no es la concentración de equipo pesquero urbano, sino la continuidad del sistema lagunar, la actividad salinera, la movilidad local, la apicultura de polinización a escala regional y la sensibilidad del territorio frente a cambios en calidad del agua, hidrodinámica y acceso. En términos socioeconómicos, una afectación sobre el comportamiento del agua o sobre la percepción de calidad del entorno puede trasladarse a la producción de sal, al valor simbólico del paisaje y a la confianza social sobre la continuidad de los medios de vida.

Conviene distinguir entre presiones inmediatas y presiones inducidas. Entre las primeras se encuentran la pérdida de acceso al agua, la modificación de amarre, el cierre temporal de rutas, la presión física sobre salinas o el aumento de turbidez en áreas de captura. Entre las segundas se ubican más tiempo de traslado, mayor gasto en combustible, caída de confianza de compradores, conflicto por uso del espacio, aumento de presión urbana o deterioro de servicios. Esta distinción ayuda a leer mejor los mecanismos mediante los cuales una actividad puede seguir existiendo formalmente y, al mismo tiempo, volverse menos viable en términos económicos y sociales.

La lectura por nodos permite ordenar mejor la evidencia y evita dos errores frecuentes: suponer que todo el Sistema Ambiental Regional experimenta presiones homogéneas o pensar que la afectación sólo existe cuando hay remoción física directa. En territorios lagunares y urbano-portuarios, la pérdida de continuidad espacial, la alteración del tiempo eficiente de acceso, el deterioro del paisaje productivo y la incertidumbre sobre la permanencia futura pueden erosionar la actividad mucho antes de una sustitución material completa. La Tabla IV. 227 sintetiza estos nodos y los mecanismos principales de presión socioeconómica.

Para efectos de gestión social y evaluación regulatoria, conviene añadir una jerarquización preliminar de severidad por nodo. Esta jerarquización no sustituye trabajo cartográfico posterior, pero sí ordena la evidencia existente. Bajo un criterio combinado de dependencia productiva, intensidad de uso, presión logística y vulnerabilidad de medios de vida, el Centro Histórico y su frente de agua, el tramo rumbo a Campos y los accesos asociados a Punta Chica y Punta Grande serán considerados nodos de severidad alta para pesca y comercio de proximidad, debido a su dependencia de recorridos cortos, amarre, acceso inmediato y continuidad del borde lagunar. Campos debe ser tomado en cuenta como nodo de severidad alta en términos de habitabilidad, movilidad y conflicto entre usos, dada la superposición entre infraestructura energética, tránsito pesado y actividades tradicionales. El corredor Cuyutlán-Armería presenta una severidad alta para salinas y apicultura por su sensibilidad a cambios hidrológicos, de calidad del agua y continuidad paisajística.

La utilidad de esta jerarquización radica en que permite orientar medidas específicas por nodo. Los estudios de infraestructura y territorio han mostrado que los efectos sociales de grandes proyectos se concentran espacialmente en puntos de interfaz más que distribuirse homogéneamente, por lo que la gestión territorial efectiva requiere priorizar nodos críticos y no sólo municipios o polígonos amplios (Rodrigue, 2020; Banco Mundial, 2022). Esta precisión fortalece la lógica interna del capítulo y facilita la transición desde la caracterización hacia el diseño de medidas de manejo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 227 Nodos o sitios del Vaso II y mecanismos concretos de afectación socioeconómica

Nodo del SAR	Función socioeconómica dominante	Mecanismo principal de presión o afectación	Base de referencia
Centro Histórico y frente de agua	Pesca, amarre, comercialización directa y convivencia con usos urbanos	Compresión de espacio, interferencia entre usos, mayor costo de permanencia y pérdida de continuidad operativa	Reporte de visita de campo, 2026
Tramo rumbo a Campos	Pesca de pequeña escala, subsistencia y comercialización local	Mayor vulnerabilidad por infraestructura precaria, menor integración institucional y exposición a cambios de acceso	Reporte de visita de campo, 2026
Punta Chica	Acceso al borde lagunar, pesca, movilidad corta y uso comunitario del agua	Pérdida de accesibilidad, rodeos, saturación de tránsito y disminución del tiempo eficiente de trabajo	Reporte de visita de campo, 2026; INPLAN, 2020
Punta Grande	Pesca, salidas al agua y paisaje comunitario	Externalidades de tránsito, discontinuidad territorial y presión sobre permanencia de usos tradicionales	Reporte de visita de campo, 2026; INPLAN, 2020
Campos	Infraestructura energética, conectividad y empleo industrial	Conflicto entre usos, percepción de riesgo, sobrecarga operativa y presión sobre vialidades y servicios	INPLAN, 2020; Medio socieconómico-observaciones Semarnat, 2026
Corredor Cuyutlán-Armería	Salinas, movilidad, paisaje lagunar y continuidad ambiental-productiva	Sensibilidad a cambios de hidrodinámica, calidad del agua, acceso y percepción de deterioro del humedal	CONANP, 2011; Universidad de Colima, 2025

Fuente: elaboración propia con base en cartografía de referencia, INPLAN (2020), CONANP (2011), documentación del expediente y visita de campo.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.4.12 Afectación diferenciada por actividad económica en el SAR

Las actividades presentes en el SAR no operan bajo la misma lógica territorial, técnica ni temporal. Pescadores, permisionarios, salineros, apicultores, agricultores, pequeños comerciantes y servicios de proximidad enfrentan presiones distintas según el activo del que dependen. Algunos requieren acceso cotidiano al espejo de agua; otros dependen de estabilidad en salinidad e intercambio laguna-mar; otros se sostienen en la disponibilidad de vegetación útil para polinizadores, en la reputación ambiental del producto o en la continuidad del paisaje de borde. Por ello, la afectación debe describirse por actividad y por ámbito funcional de incidencia dentro del SAR, no sólo por grupo social abstracto.

Con fines estrictamente analíticos y de evaluación socioeconómica preliminar, se propone una estimación razonada del valor económico anual directo asociado a las principales actividades dependientes del sistema lagunar y de su borde inmediato. Sumando estimaciones prudentes para pesca y permisionarios, actividad salinera, apicultura y servicios turísticos o comerciales de proximidad, el valor laboral directo anual de esta economía territorial podría situarse aproximadamente entre 40 y 67 millones de pesos. Si además se incorpora

un multiplicador simple de economía local por compras, mantenimiento, transporte, comercialización y consumo derivado, el valor económico ampliado del sistema podría oscilar entre 56 y 107 millones de pesos anuales. Esta cifra debe ser presentada como proxy analítico y no como contabilidad cerrada.

La incorporación de este tipo de estimación responde a una exigencia metodológica clara: en evaluación regulatoria, la afectación socioeconómica gana solidez cuando se expresar no sólo en términos descriptivos, sino también en órdenes de magnitud comparables. El Banco Mundial y la OCDE han subrayado que los proyectos de infraestructura producen beneficios agregados más visibles cuando cuentan con métricas de inversión y empleo formal, mientras que sus costos territoriales tienden a invisibilizarse si no se cuantifican las economías locales y de proximidad que dependen del espacio afectado (Banco Mundial, 2022; OECD, 2020). Por ello, incluir una estimación preliminar del peso económico del sistema lagunar contribuye a equilibrar el análisis y a evitar que actividades de menor escala monetaria queden indebidamente minimizadas frente a la lógica de gran infraestructura.

En el caso de la pesca y de los permisionarios, la dependencia respecto del agua es inmediata. La información del expediente y del trabajo de campo permite reconocer una organización pesquera relevante, con cooperativas, permisionarios y familias que dependen de la laguna para trabajo, consumo y comercialización.

La visita de campo de febrero de 2026 ayuda a precisar esta exposición. En el Centro Histórico la presencia de más de cien pangas y de puntos de amarre improvisados indica una economía de proximidad, donde el costo de operación depende en gran medida de recorridos cortos y de un acceso rápido al agua. En el tramo rumbo a Campos, la actividad aparece más dispersa y menos consolidada; por ello, una alteración moderada en accesibilidad o en condiciones ambientales puede afectar a unidades productivas con menor capacidad de absorción. En Punta Chica y Punta Grande, aunque el documento de campo es más cualitativo, el patrón es claro: el valor económico del territorio no está únicamente en el recurso pesquero, sino en la continuidad entre lugar de residencia, embarcación, zona de salida y regreso cotidiano. Cuando esa continuidad se rompe, la afectación no siempre aparece como pérdida legal del espacio, pero sí como reducción del rendimiento efectivo de la jornada (Reporte de visita de campo, 2026).

En los salineros, la lógica de vulnerabilidad es distinta. La actividad salinera se sostiene como sistema productivo vivo con componente económico, laboral y patrimonial. A diferencia de la pesca, donde el impacto se siente inmediatamente en el día a día, en la sal la presión opera por cambios más lentos, pero igualmente decisivos: alteración del balance hídrico, modificación de salinidad, afectación de superficies, incertidumbre sobre continuidad futura o deterioro del paisaje productivo que acompaña la actividad. Para la versión final conviene confirmar con la organización correspondiente el número vigente de socios y la estimación de familias vinculadas.

Esto tiene una implicación importante. En la pesca, el principal riesgo socioeconómico es la pérdida o reducción del rendimiento diario de captura; en la sal, el riesgo central es la erosión de la continuidad productiva de un sistema estacional y patrimonial que requiere estabilidad física y previsibilidad. Por ello, desplazar salinas o someterlas a incertidumbre permanente no sólo afecta ingreso; afecta también transmisión intergeneracional de conocimientos, identidad laboral, organización cooperativa y sentido de permanencia territorial. Desde el punto de vista del medio socioeconómico, esa dimensión patrimonial no es decorativa. Define parte del costo social de la sustitución funcional del espacio (INAH, 2018; Universidad de Colima, 2025).

La apicultura debe incorporarse con mayor desarrollo porque funciona como actividad complementaria y como indicador de sensibilidad ecológica del territorio. En contextos costero-lagunares, depende de disponibilidad

CONSULTA PÚBLICA

floral, estabilidad de cobertura vegetal y ausencia de deterioros severos que afecten el comportamiento de polinizadores. Por ello, aunque la afectación apícola pueda ser indirecta, no debe minimizarse: cambios en vegetación, polvo, alteración de hábitat o deterioro del equilibrio ecológico repercuten sobre productividad, costos de manejo y viabilidad de una actividad que además presta servicios de polinización a la agricultura regional.

También conviene incorporar al pequeño comercio, al turismo de proximidad, a la agricultura y a los servicios barriales como sectores sensibles. Muchas familias no dependen exclusivamente de una sola actividad, sino de combinaciones de pesca, venta local, transporte menor, trabajo eventual, comercio de alimentos, agricultura o servicios asociados. En estos casos, la presión socioeconómica no proviene sólo de una afectación ambiental directa, sino de caídas de flujo en ciertos puntos, pérdida de confianza sobre productos del sistema lagunar, congestión que dificulte la llegada de clientes, deterioro paisajístico o incertidumbre social que retraiga gasto local.

En términos distributivos, la clave está en reconocer que no todas las actividades disponen de la misma capacidad de adaptación. El sector portuario y logístico se reorganiza con mayor facilidad mediante inversión, tecnología y cambios operativos. Las actividades tradicionales, en cambio, dependen mucho más de permanencia espacial, conocimiento práctico acumulado y continuidad de condiciones ambientales. Por ello, aun cuando el balance agregado del proyecto resulte positivo en empleo, inversión o carga movilizada coexisten con pérdidas relevantes para grupos específicos si éstos ven reducida la viabilidad de su actividad cotidiana.

Bajo esta lógica, el análisis socioeconómico se fortalece cuando deja claro que la pregunta no es solamente si habrá nuevas oportunidades, sino quién podrá capturarlas y quién absorberá los costos de transición. Los pescadores pueden enfrentar pérdida de áreas y mayor costo operativo; los salineros, incertidumbre sobre continuidad y alteraciones hidrológicas; los apicultores, exposición indirecta por deterioro ecológico; los agricultores, variaciones en servicios de polinización; y los pequeños comerciantes y servicios, caídas de ventas o modificación de flujos locales.

Con el propósito de fortalecer el análisis de medio socioeconómico, conviene incorporar un ejercicio sintético de escenarios comparativos. En un escenario base o tendencial, sin intensificación adicional de presión territorial, las actividades de pesca, sal, apicultura, comercio y servicios de proximidad mantendrían una continuidad operativa dependiente de la evolución ordinaria del sistema lagunar y de la dinámica urbana existente. En un escenario con proyecto sin medidas suficientes de mitigación y compensación, aumentaría la probabilidad de pérdida de accesibilidad al borde lagunar, mayor costo operativo para pesca, incertidumbre sobre continuidad salinera, deterioro de confianza en productos pesqueros, presión sobre servicios y aumento de conflicto entre usos. En un escenario con mitigación y manejo social reforzado, dichas afectaciones podrían reducirse, pero no desaparecerían automáticamente, por lo que su viabilidad dependería de la oportunidad, suficiencia y trazabilidad de las medidas implementadas.

La construcción de escenarios comparativos es ampliamente recomendada en evaluación social porque permite distinguir entre línea base, presión atribuible al proyecto y resultados esperables bajo diferentes arreglos de gestión (Vanclay, 2003; Banco Mundial, 2022). En el presente caso, su incorporación ayudaría a mostrar que la discusión no es binaria entre impacto o no impacto, sino que depende de intensidad, distribución territorial, capacidad de absorción local y calidad del paquete de medidas preventivas, mitigatorias y compensatorias.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.1.4.13 Salud pública y bienestar cotidiano en el SAR

La salud pública, vista desde una perspectiva socioeconómica, no se expresa únicamente como enfermedad diagnosticada. También aparece como percepción de riesgo, modificación de hábitos, pérdida de confianza sobre alimentos, mayor gasto preventivo y presión sobre servicios sanitarios. Por ello, este componente debe leerse en dos planos complementarios: el de las exposiciones materiales asociadas a aire, agua, ruido, polvo y consumo de recursos acuáticos, y el de sus traducciones económicas y sociales sobre ingreso, bienestar cotidiano, confianza del consumidor y vulnerabilidad diferenciada de hogares y trabajadores.

La evidencia internacional en salud ambiental indica que las exposiciones a partículas, ruido, congestión, estrés de movilidad y deterioro de calidad del agua producen costos sociales que no siempre se registran como enfermedad diagnosticada inmediata, pero sí como pérdida de bienestar, mayor gasto preventivo, interrupción de rutinas, disminución de productividad y presión adicional sobre hogares ya vulnerables (WHO, 2018; WHO, 2021; WHO, 2023). Desde una perspectiva socioeconómica, esto resulta especialmente importante en territorios donde una parte de la población combina trabajo informal, baja protección social y fuerte dependencia de actividades sensibles al entorno.

Por ello, conviene que el apartado explicite una traducción económica de la afectación a la salud. En términos prácticos, mayores tiempos de traslado implican menos tiempo productivo y más gasto; la percepción de contaminación en productos pesqueros puede traducirse en caída de demanda y reducción de precios; la exposición cotidiana a ruido y polvo incrementa molestias, gasto preventivo y estrés; y la incertidumbre territorial sostenida deteriora el bienestar subjetivo y la cohesión comunitaria. La Organización Mundial de la Salud ha insistido en que el bienestar no se reduce a ausencia de enfermedad clínica, sino que incluye condiciones materiales y psicosociales que permiten a las personas desarrollar una vida funcionalmente satisfactoria (WHO, 2021; WHO, 2023). Esta formulación fortalece el capítulo porque conecta ambiente, salud y economía del hogar sin invadir indebidamente apartados epidemiológicos especializados.

En materia de aire, el interés socioeconómico radica en que un aumento en tránsito pesado, movimiento de materiales, polvo resuspendido, emisiones y ruido continuo puede traducirse en mayores molestias cotidianas, menor confort urbano, incremento del gasto preventivo y más presión sobre personas con enfermedades preexistentes. En un territorio donde convergen actividad vial, portuaria y urbana, estas cargas recaen con mayor fuerza sobre hogares cercanos a corredores viales, trabajadores de campo y muelle, comerciantes en zonas de alta circulación y población escolar ubicada en trayectos intensivos.

En el plano socioeconómico, esto no supone afirmar un daño sanitario cuantificado atribuible al proyecto, sino reconocer que mayores presiones ambientales tienden a concentrar sus costos en grupos con menor capacidad de adaptación. El foco del presente apartado se mantiene, por tanto, en el efecto sobre ingreso, consumo, tiempos de traslado, confianza comercial y bienestar cotidiano.

El componente hídrico y alimentario es igualmente importante. En un sistema lagunar productivo, la preocupación social no se limita al uso directo del agua; se extiende al consumo de peces, crustáceos, moluscos y otros recursos que forman parte del ingreso y, en muchos casos, del consumo cotidiano de los hogares. Desde el punto de vista socioeconómico, cualquier pérdida de confianza sobre la calidad del agua o de los alimentos repercute rápidamente en precios, demanda, comercialización y reputación de los productos del sistema lagunar.

Esta conexión entre ambiente y alimento tiene una consecuencia económica inmediata. Aun cuando la evidencia técnica futura mostrara niveles controlados o mitigables, la sola percepción de riesgo sobre productos

CONSULTA PÚBLICA

pesqueros del sistema lagunar puede traducirse en reducción de precios, menor demanda, dificultades de comercialización y daño reputacional para quienes dependen de esa actividad, lo que puede llevar a perdida de zonas de pesca y de reducción de recursos pesqueros.

En el SAR deben distinguirse grupos con exposición diferenciada: población residente cercana a corredores viales y frentes de obra, trabajadores que permanecen más horas en bordes de agua o rutas de carga, consumidores frecuentes de productos pesqueros, población infantil, personas mayores y hogares con condiciones preexistentes de vulnerabilidad sanitaria o económica. La Tabla IV. 228 resume estas relaciones.

La capacidad local de respuesta sanitaria también importa porque un territorio sometido a presión urbana, vial y ambiental puede incrementar demanda de atención antes de que nuevas capacidades estén plenamente disponibles. Desde el punto de vista socioeconómico, esto significa que la salud pública no debe valorarse únicamente por infraestructura existente, sino por la relación entre exposición probable, vulnerabilidad social y capacidad efectiva de respuesta.

Existe además una dimensión menos visible, pero relevante: el bienestar comunitario. En territorios sujetos a transformaciones rápidas, la incertidumbre sobre continuidad de actividades, el temor a pérdida de ingreso y la sensación de menor control sobre decisiones que afectan al entorno pueden traducirse en estrés social, conflictividad persistente y percepción negativa del proceso de cambio.

En síntesis, la salud pública debe ser tratada como un eje transversal del bienestar socioeconómico. Aire, agua, ruido y alimentos constituyen las principales vías materiales de presión; ingreso, confianza comercial, percepción de riesgo y presión sobre servicios constituyen sus principales traducciones económicas y sociales. Esta formulación permite mantener el foco en el medio socioeconómico sin invadir indebidamente apartados técnicos de otras materias.

Con lo anterior se concluye la caracterización del Vaso II como ámbito funcional de mayor intensidad dentro del SAR. A partir de este punto, el análisis deja de concentrarse en dicho ámbito específico y pasa a integrar las problemáticas socioeconómicas del SAR en su conjunto, considerando su expresión diferenciada en Manzanillo, Armería, el corredor Cuyutlán-Armería, los frentes urbanos vinculados al sistema lagunar y los nodos productivos sensibles.

Tabla IV. 228 Grupos expuestos, vías de exposición y posibles efectos socioeconómicos en el SAR

Grupo o sector	Vía principal de exposición	Posible efecto en bienestar o salud	Traducción socioeconómica probable
Pescadores y permisionarios	Agua del sistema, consumo de productos, permanencia prolongada en borde lagunar y navegación	Mayor percepción de riesgo, exposición a calidad del agua y a ruido o polvo en trayectos de trabajo	Caída de confianza del comprador, menor precio del producto, mayor costo operativo y reducción de ingreso
Salineros	Cambios en hidrodinámica, salinidad, polvo y presión territorial sobre superficies de trabajo	Afectación del entorno productivo y del paisaje laboral	Pérdida de continuidad ocupacional, menor rentabilidad y erosión patrimonial

CONSULTA PÚBLICA

Población residente cercana a corredores viales y frentes de obra	Partículas, ruido, congestión y tiempo adicional de traslado	Molestia, peor descanso, mayor estrés y afectación respiratoria en población sensible	Mayor gasto de transporte o salud, deterioro de bienestar cotidiano y percepción negativa del proyecto
Niñas, niños, personas mayores y personas con enfermedades previas	Mayor sensibilidad a aire contaminado, ruido y cambios de rutina	Riesgo más alto de afectación respiratoria, cardiovascular o del sueño	Mayor dependencia de servicios de salud y mayor vulnerabilidad de hogares
Consumidores de productos pesqueros locales	Percepción o riesgo de contaminación del alimento	Desconfianza alimentaria y modificación de hábitos de consumo	Caída de ventas para productores y comerciantes del sistema lagunar

Fuente: elaboración propia con base en WHO (2018; 2021; 2023), EPA (2025; 2025b), SSA (2022)

Para asegurar verificabilidad y seguimiento, el presente apartado se complementa con un sistema mínimo de indicadores socioeconómicos. Entre los más relevantes se encuentran: ingreso promedio por pescador o unidad pesquera; tiempo medio de traslado a punto de embarque; precio de venta del producto pesquero; número de días efectivos de trabajo perdidos por restricciones de acceso o alteraciones del sistema; número de socios salineros activos por temporada; evolución de ingresos en actividades de proximidad; quejas o conflictos sociales registrados; gasto extraordinario en transporte y salud por parte de hogares expuestos; y percepción comunitaria de afectación territorial. La literatura sobre monitoreo social en proyectos de infraestructura coincide en que los impactos distributivos tienden a invisibilizarse cuando no se establecen indicadores simples, periódicos y comparables desde la línea base (Vanclay, 2003; OECD, 2020).

La ventaja de incorporar estos indicadores no es sólo técnica. También permite que el medio socioeconómico deje de operar como capítulo meramente descriptivo y se convierta en un componente verificable de gestión adaptativa. En territorios complejos, el monitoreo socioeconómico temprano permite detectar erosión de medios de vida antes de que ésta se exprese en conflicto abierto o en deterioro irreversible de actividades tradicionales.

IV.3.18.2 El Paisaje del SAR desde el contexto socioeconómico

El paisaje del SAR no se limita a un atributo visual. En una MIA-R debe leerse como un componente que articula condiciones naturales, prácticas productivas, movilidad cotidiana, percepción social, identidad territorial y compatibilidad de usos. Esta interpretación coincide con la noción de paisaje como área percibida por las personas y formada por la interacción de factores naturales y humanos (Consejo de Europa, 2000).

En el caso del Proyecto Puerto Nuevo Manzanillo, el paisaje lagunar de Cuyutlán funciona como soporte de actividades económicas, memoria productiva, vínculos culturales y servicios ecosistémicos (Figura IV. 645). Por ello, su transformación produce efectos socioeconómicos aun cuando no exista desplazamiento físico inmediato: cambios de acceso, pérdida de continuidad territorial, deterioro de confianza en productos locales, reducción de atractivo turístico, presión sobre salinas, alteración de movilidad y conflictividad social.

CONSULTA PÚBLICA

1. Función productiva	2. Función cultural	3. Función regulatoria
Pesca, salinas, comercio local, turismo, movilidad y servicios dependen de continuidad territorial y calidad del entorno.	El paisaje integra memoria lagunar, identidad costera, patrimonio arqueológico, prácticas tradicionales y sentido de pertenencia.	Permite traducir cambios físicos en impactos sociales verificables: acceso, percepción, reputación, empleo e ingreso.

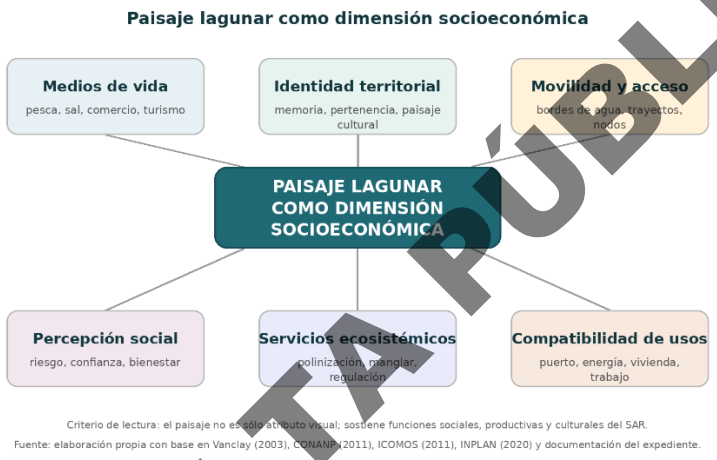


Figura IV. 645. Marco socioeconómico del paisaje lagunar Fuente: elaboración propia con base en Consejo de Europa (2000), Vanclay (2003), UNESCO (2011), IFC (2012), CONANP (2011).

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.2.1 Paisaje lagunar como dimensión socioeconómica del SAR

El paisaje, dentro del medio socioeconómico de la MIA-R, se analiza como una dimensión social, productiva, cultural y económica. No se reduce a la apreciación visual ni a la calidad escénica del territorio. En el SAR del Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), el paisaje organiza la relación cotidiana entre población, agua, trabajo, movilidad, infraestructura estratégica, memoria territorial y percepción de bienestar. Esta lectura se apoya en la definición internacional de paisaje como área percibida por las personas, cuyo carácter resulta de la interacción entre factores naturales y humanos (Consejo de Europa, 2000).

La Laguna de Cuyutlán no funciona sólo como cuerpo de agua. Es referencia de identidad, espacio de trabajo, soporte de actividades productivas, corredor de movilidad local, paisaje cultural y elemento de confianza comunitaria sobre la calidad del entorno (Figura IV. 646). En evaluación de impacto social, los cambios relevantes no se limitan a modificaciones físicas; incluyen alteraciones en medios de vida, acceso a recursos, relaciones comunitarias, identidad territorial y capacidad de mantener funciones sociales previas (Vanclay, 2003; Vanclay et al., 2015).

Por ello, el paisaje del SAR debe evaluarse como componente socioeconómico. Su transformación afectar ingresos, tiempos de traslado, costos operativos, atractivo turístico, reputación de productos locales, percepción de riesgo, continuidad de prácticas tradicionales y cohesión comunitaria. Esta formulación permite integrar el paisaje al análisis del Capítulo IV sin desplazar los estudios especializados de flora, fauna, hidrología, arqueología o calidad visual.



Figura IV. 646. Entorno lagunar y ámbitos funcionales asociados al Vaso II. Fuente: imagen cartográfica incorporada al expediente técnico; elaboración y tratamiento gráfico propio.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.2.2 Ámbitos funcionales de lectura paisajística

El análisis se realiza en el SAR como unidad espacial principal. Dentro de ese sistema se distinguen ámbitos funcionales, no zonas jerárquicas excluyentes. Manzanillo concentra la expresión urbano-portuaria del paisaje: frentes de agua, Centro Histórico, corredores de carga, servicios urbanos, turismo y comercio Figura IV. 647). El Vaso II concentra la mayor intensidad por la coexistencia entre pesca, infraestructura energética, logística, movilidad, asentamientos y borde lagunar. El corredor Cuyutlán-Armería expresa la continuidad agro-lagunar: salinas, movilidad local, agricultura, apicultura de polinización y paisaje productivo (Tabla IV. 229).



Figura IV. 647. Ámbitos funcionales del paisaje socioeconómico dentro del SAR. Fuente: elaboración propia con base en documentación del expediente, INPLAN (2020) y caracterización municipal del SAR.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 229. Funciones socioeconómicas del paisaje

Componente del paisaje	Función socioeconómica	Actores vinculados	Posible afectación asociada al proyecto
Paisaje lagunar del SAR	Soporte de identidad territorial, movilidad local, pesca, servicios y percepción ambiental.	Pescadores, residentes, comerciantes, prestadores turísticos, consumidores locales.	Pérdida de accesibilidad, deterioro percibido del agua, menor confianza en productos locales y debilitamiento de usos cotidianos.
Vaso II de la Laguna de Cuyutlán	Ámbito de mayor intensidad por coexistencia de pesca, infraestructura, movilidad y borde lagunar.	Pescadores, permisionarios, población de Campos, usuarios del borde lagunar, operadores logísticos.	Mayor presión visual y funcional, saturación de accesos y conflicto entre usos tradicionales e infraestructura.
Paisaje salinero	Espacio histórico de producción, organización cooperativa y memoria territorial.	Salineros, familias vinculadas, población del corredor Cuyutlán-Armería.	Alteración de continuidad productiva, percepción de pérdida patrimonial y debilitamiento del paisaje de trabajo.
Frentes urbanos y borde de agua	Espacio de comercio, pesca urbana, movilidad, recreación y servicios de proximidad.	Comerciantes, restaurantes, pescadores, turistas, población residente.	Compresión de usos, reducción de atractivo local e interferencia entre movilidad urbana y operación portuaria.

Corredores ecológicos y vegetación asociada	Soporte para polinizadores, calidad ambiental, apicultura y servicios ecosistémicos.	Apicultores, agricultores, comunidades rurales, productores locales.	Pérdida de vegetación útil, menor aptitud apícola y deterioro de servicios de polinización.
Paisaje cultural y arqueológico	Referencia histórica, patrimonial y simbólica del sistema lagunar.	Comunidades locales, instituciones culturales, población del SAR.	Pérdida de referentes materiales, debilitamiento de memoria territorial y afectación al patrimonio biocultural.

Fuente: elaboración propia con base en documentación del expediente, trabajo de campo cualitativo, INPLAN (2020), CONANP (2011), Consejo de Europa (2000), Vanclay (2003), UNESCO (2011) e IFC (2012).

+

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.18.2.3 Mecanismos de afectación socioeconómica derivados del paisaje

La afectación paisajística operar por vías directas e indirectas. La vía directa incluye pérdida de acceso al borde lagunar, cierre o modificación de trayectos, interferencia entre movilidad local y tránsito pesado, ocupación de espacios de trabajo o transformación visible de áreas tradicionales. La vía indirecta incluye reducción de confianza en productos pesqueros, caída del atractivo turístico, deterioro de percepción ambiental, presión sobre actividades salineras y debilitamiento de referencias culturales del territorio.

El enfoque de impacto social obliga a conectar cada cambio territorial con actores, medios de vida e indicadores de seguimiento (Figura IV. 648). La ruta causal propuesta permite distinguir entre transformación física, cambio en funciones del paisaje, efecto socioeconómico y grupo expuesto (Vanclay, 2003; Vanclay et al., 2015).



Figura IV. 648. Ruta causal para evaluar paisaje como impacto socioeconómico. Fuente: elaboración propia con base en Vanclay (2003), Vanclay et al. (2015) y SEMARNAT (2022).

Los indicadores de seguimiento socioeconómico asociados al paisaje se ordenan a través de las siguientes dimensiones del paisaje: accesibilidad, continuidad productiva, percepción social, confianza comercial, paisaje salinero y patrimonio cultural (Tabla IV. 230), dimensiones que se miden, mediante indicadores operativos, unidades de seguimiento y actores o ámbitos de aplicación, entre los que destacan los pescadores, salineros, comercio, residentes, comerciantes, entre otros.

Tabla IV. 230. Indicadores de seguimiento socioeconómico asociados al paisaje

Dimensión de paisaje	Indicador operativo	Unidad de seguimiento	Actores/ámbito de aplicación
Accesibilidad	Tiempo medio de traslado a punto de trabajo o borde lagunar.	Minutos por trayecto / frecuencia mensual.	Pescadores, salineros, comercios, residentes.
Continuidad productiva	Días efectivos de operación perdidos por restricciones, cierres o alteraciones.	Días por mes / temporada.	Pesca, salinas, servicios de proximidad.
Percepción social	Percepción de deterioro del paisaje, calidad ambiental y seguridad territorial.	Encuesta o registro cualitativo periódico.	Población residente, comerciantes, visitantes.
Confianza comercial	Variación percibida en demanda/precio de	Precio, volumen, testimonios, ventas.	Pescadores, comerciantes, restauranteros.

CONSULTA PÚBLICA

	productos locales asociados al sistema lagunar.		
Paisaje salinero	Continuidad de superficies, accesos, zafra y condiciones operativas.	Registro por temporada.	Cooperativa salinera y corredor Cuyutlán-Armería.
Patrimonio cultural	Incidencias o hallazgos vinculados a vestigios, paisaje cultural o memoria comunitaria.	Registro técnico y social.	INAH, comunidades, promovente, autoridades.

Fuente: elaboración propia con base en Vanclay (2003), Vanclay et al. (2015), SEMARNAT (2022) y documentación del expediente.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.19 Diagnóstico ambiental

IV.3.19.1 Calidad del agua

Como se trabajó con un n distintos por parámetro, ya que se contó con resultados de distintos años en los cuales no había el mismo número de estaciones de monitoreo, o en cada una de estos no se contaba con el mismo número de registros, a los resultados de los distintos años en las distintas estaciones por variable se practicó una prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) debido tamaño de muestra y disparidad en la n por vaso, a un nivel de confianza del 95%. Los resultados entre años mostraron un valor de $P<0.05$ por lo que se pudo concluir que los datos tuvieron una distribución no normal. Luego se aplicó la prueba de Levene para comparar varianzas entre variables/grupos (homocedasticidad), es decir, para comparar a la misma variable entre varios grupos (distintos años). Luego se aplicó una prueba no paramétrica (Mann–Whitney) para hacer comparativos

entre dos grupos (parámetro por vaso o por año) y ver si había diferencias significativas en los parámetros. Por ejemplo, la temperatura entre años y vasos, lo anterior con ayuda del programa Statistica versión 8.

Al analizar la información recabada de los distintos muestreos, en el Vaso II los resultados no se identifica un sistema lagunar donde la temperatura, salinidad y conductividad mostraran diferencias significativas entre las estaciones internas al noroeste de las islas y las cercanas al canal de Tepalcates al sureste de las islas en los distintos meses, a pesar de que existe una gradiente de profundidad considerable entre ambas zonas, lo cual puede estar relacionado con su posición y la influencia de la marea que mezcla el agua. Por el contrario, hacia las estaciones internas del Vaso III y IV próximas al estero Palo verde, al ser más someras la evaporación es mayor concentrando las sales e incrementa la conductividad que generan diferencias de manera natural, ya que hacia la parte más interna el tiempo de residencia es mayor, una condición que es natural en cuerpos lagunares costeros tropicales donde las lluvias de verano cambian las condiciones radicalmente y los valores de salinidad y conductividad bajan significativamente por los escurrimientos continentales mientras la temperatura incrementa debido a las condiciones temporales (Anguiano-Cuevas et al., 2015).

El Oxígeno disuelto y la DBO_5 mostraron diferencia frente a la temperatura entre junio y enero lo que puede estar relacionado a factores como la posición de las estaciones en los distintos vasos, la profundidad de las estaciones y la dinámica interna promovida por la penetración mareal y vientos locales, generan zonas en zonas someras o internas puntos de acumulación de material orgánico que es resuspendido y por actividad microbiana para su degradación agota su concentración de manera alternada en tiempo y espacio (Falkowski & Raven, 1997). Lo anterior también se relacionó con la cantidad de SST que en meses como enero y junio fueron distintos entre los grupos de estaciones posiblemente por la posición de las estaciones, la dinámica interna y la resuspensión de material que se traducen en mayores cantidades material orgánico e inorgánico resuspendido debido a factores dinámicos y en contra parte a una dilución debido a mayor recambio de agua hacia estaciones cercanas al canal de Tepalcates. Temporalmente se identifican una variabilidad hacia los meses de verano (lluvias) cuando los valores incrementan en zonas internas someras debido a escurrimientos continentales que conllevan carga de material suspendido que impide el proceso fotosintético por el efecto sobra del material suspendido, variación que es una condición natural en ambientes tropicales costeros (Duck da Silva, 2012).

La DQO y las Grasas y Aceites (GyA) no mostraron diferencias significativas entre los meses y estaciones, sus valores fueron bajos lo cual puede ser indicativo que en el sistema no hay actividades antropogénicas que generen una influencia en estos parámetros, son más bien las condiciones naturales de acumulación de materia orgánica asociada a la productividad natural las que generan las variaciones en el contenido de material orgánico y por remineralización liberan compuestos orgánicos grasos naturales (Duarte 2009). Esto se relaciona con la concentración de Carbono orgánico total, N total y P total que tampoco presentó diferencias significativas entre los grupos de estaciones y meses, sus valores pueden estar relacionados con el movimiento y acumulación de material orgánico en sedimentos asociado a patrones de circulación interna por la dinámica del sistema y a su batimetría y a variaciones en condiciones de verano por aportes continentales de materia orgánica y resuspensión desde sedimentos. Esto también se relaciona con la concentración de CF y CT cuyas concentraciones son en el orden del límite de detección de la técnica por alguna influencia de estaciones cercanas a la ribera del Vaso II por presencia de animales de sangre caliente. Por su parte los valores actuales de *E. Coli* y Enterococos fecales, no mostraron valores superiores a los límites de la norma lo cual es indicativo de que las actividades antropogénicas en la mayor parte del sistema lagunar no ejercen influencia, incluso en

CONSULTA PÚBLICA

el Vaso II donde hacia la parte norte existen asentamientos que pueden estar vertiendo aguas residuales sin tratamiento previo o por escurrimientos temporales u ocasionales (Romero-Rojas, 2010).

Los nutrientes inorgánicos disueltos y la clorofila-a mostraron relación positiva entre ellos y hubo diferencias entre los grupos de estaciones en los meses de noviembre, diciembre y junio lo que pudo estar relacionado con que en las partes internas y someras se acumula material orgánico el cual es remineralizado y liberado en forma de nutrientes a la columna de agua para luego ser aprovechado por los productores primarios cuando las condiciones de penetración y luz son las adecuadas para el proceso fotosintético, lo que también está en relación a la posición donde estaciones más internas en distintos vasos lagunares presentan mayores concentraciones debido a que son someras, están expuestas escurrimientos continentales de temporada o a la resuspensión por efectos de marea o vientos locales como sucede en otros sistemas lagunares. La concentración de la clorofila no siempre fue en la misma magnitud de la concentración de nutrientes, lo que se relaciona con los valores de turbidez, ya que ésta en las partes someras de los distintos vasos se incrementa lo que impide la penetración de luz a través d la columna de agua lo que limita la actividad fotosintética, lo cual es un factor típico de ambientes tropicales costeros sobre todo en zonas someras donde la marea y vientos locales controlan la resuspensión de material dando condiciones que llegas de manera natural a tener un medio eutrófico (Ruíz-Ruíz, 2017).

La concentración de los sulfuros, el cloro libre residual es variable, en el primer caso se relaciona con la cantidad de carbono orgánico total, es decir, con la cantidad de material orgánico presente que al ser degradado en un ambiente de baja disponibilidad de oxígeno, como zonas internas y someras, generar su liberación debido a actividad bacteriana anóxica, lo cual es un aspecto natural al tratarse de una ambiente natural tropical que en sus partes internas se vuelve eutrófico debido al incrementos del tiempo de residencia y menor efecto del intercambio mareal. Por su parte el cloro no muestra valores relacionados con descargas de agua residual tratadas, lo cual se relaciona con la ausencia de bacterias indicadoras de descargas de origen antropogénico (Pérez-Castillo et al., 2008).

Respecto a los iones disueltos indicadores de actividades antropogénicas, destaca que los cianuros no sobrepasaron los límites de la NOM-001-SEMARNAT-2021, al igual que la mayoría de iones metálicos, aunque su variabilidad importante, sus bajas concentraciones pueden ser indicativo de que no existen descargas directas desde un aporte residual, sino que su presencia puede relacionarse con la actividad de minera de la región que llega hasta el sistema lagunar a través de escurrimientos pluviales de las cuencas circundantes que arrastran material y luego resuspendidos por mareas y vientos locales (CONAGUA, 2015), o bien por el material suspendido vía eólica desde la central termoeléctrica de CFE, aunque también pudiera ser por la degradación de productos plásticos que lo utilizan en resinas acrílicas de plásticos utilizados en actividades salineras (Cole et al., 2011; Bejarano-Ramírez et al., 2017; Garcés-Ordoñez y Canals, 2022). Los metales pesados presentes en la columna de agua, aunque la mayoría por debajo de las concentraciones señaladas en la normativa de referencia para descargas de aguas residuales en cuerpos marinos, dejan ver, como en el caso del Cu o Cr Total, que pueden estar siendo liberados por disolución/resuspensión de material mineral previamente introducido o por el incremento del uso de plásticos de las actividades productivas en los últimos años.

La variabilidad de los parámetros mencionados y su influencia con su posición geográfica, la profundidad y la variabilidad temporal, en conjunto muestran un sistema dinámico que al conjugarse de manera momentánea pueden generar situaciones de estrés desfavorables para los productores primario o la base bacteriológica de

CONSULTA PÚBLICA

la cual depende la base de la cadena trófica. Por esta situación el porcentaje de mortalidad para expresar la toxicidad aguda es variable y más altos en zonas internas y someras de los distintos vasos lagunares, sin que se lleguen a presentar situaciones extremas que superen lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-2021, que si bien aplica para descargas de agua residual en cuerpos de agua, es un indicativo de que se trata de unas condiciones de variabilidad natural como en sistemas tropicales similares (Ortega-Camacho y Cejudo-Espinosa, 2008).

Los resultados analizados permiten suponer que al considerar al sistema lagunar como una unidad hidrológica, los cambios que ocurran en la columna de agua del Vaso II no generarán afectación de manera permanente en el resto del sistema de la Laguna de Cuyutlán, ya que cada uno por su dinámica mantiene características propias. Su variabilidad está dada por la influencia mareal, vientos locales, posición/profundidad de las estaciones de monitoreo, temporalidad o estacionalidad y la climatología local que se traducen en gradientes desde las zonas de mayor influencia marina y mayor dinámica/profundidad hacia las zonas internas con menor profundidad. En los Vasos I y II se hace más marcado conforme se penetra hacia la parte interna del Vaso III por su baja profundidad. El Vaso IV presenta condiciones particulares debido a su comunicación limitada con el resto del sistema y el nulo intercambio mareal que generan los valores y variabilidades más altas del sistema lagunar que lo hace casi un cuerpo de agua independiente del resto del sistema lagunar de no ser por su conectividad del Estero Palo Verde, que es un sistema de agua dulce que a través de la alcantarilla que cruza la autopista entre Manzanillo y Colima, hace que mantenga una interdependencia importante.

En los Vasos I y II la influencia mareal se propaga con mayor intensidad a través de los canales de Ventanas y Tepalcates a través de los canales internos de comunicación lo que genera diferencias significativas entre las estaciones de monitoreo de estos mismos Vasos. Las estaciones más cercanas a estas bocas registran los valores más parecidos a los marinos adyacentes, con temperaturas bajas y menos fluctuantes, en general también bajas concentraciones de los distintos parámetros debido a la mezcla y dilución por influencia oceánica respecto a zonas internas de baja profundidad donde la influencia mareal resuspende material orgánico e inorgánico desde sedimentos que genera valores altos puntuales de Sólidos Suspendidos Totales (SST). Es estas áreas internas ocurren valores altos de Salinidad y Temperatura, así como en altas concentraciones de Nutrientes inorgánicos disueltos, descensos en el Oxígeno disuelto (OD) y valores de pH fluctuantes. El verano coincide con la época de lluvia (julio-octubre) cuando los escurrimientos continentales, la resuspensión mareal y la salida de agua desde el Vaso III genera incremento en los valores de los distintos parámetros, lo que es más notable en estaciones internas o alejadas de las bocas de los canales de Ventanas y Tepalcates como es el caso de la estación cercana al puente del ferrocarril o las estaciones internas del Vaso II donde se han registrado valores incluso más altos que en el Vaso IV durante los distintos años para SST, nutrientes y clorofila-a principalmente.

En el Vaso III, además de la influencia mareal cerca del canal de Tepalcates, los vientos locales son un factor importante en su parte interna pues al ser áreas someras se genera resuspensión de material desde el sedimento que se traduce en valores elevados de SST y de Nutrientes inorgánicos disueltos, que en ocasiones se relacionan con valores altos de productividad primaria (expresada como Clorofila-*a*), cuando la penetración de luz en la columna de agua es la adecuada. Esta condición genera que el pH también presente amplias variaciones ya que el material orgánico e inorgánico coloidal que queda suspendido modifique el pH. Por lo anterior, el OD es una de las variables que ha presentado inestabilidad a loa largo de los distintos periodos de monitoreo, sobre todo en la parte interna de este vaso en función de los SST y de la Clorofila-*a*, en especial en

CONSULTA PÚBLICA

zonas internas y de baja profundidad donde la carga de material orgánico es alta y su degradación lo agota. Estas particularidades hacen que en la época de lluvia se presenten valores especialmente altos en los distintos parámetros debido al arrastre y aporte continental y que hasta la actualidad se presente alta variabilidad entre las estaciones del mismo Vaso, incluso con la temperatura o salinidad debido a variaciones puntuales contratantes entre estiaje y lluvia, sobre todo hacia el mes de junio donde las temperaturas llegan a los 38.2 °C y por evaporación se registran salinidades superiores a los 50 UPS que son aprovechadas por la actividad salinera antes de que lleguen las lluvias de verano.

El Vaso IV, es distinto al resto debido a que funciona casi como un cuerpo aislado del resto del sistema lagunar con infiltraciones de agua dulce desde el manto freático incluso en época de estiaje que se ven alteradas por los escurrimientos continentales de verano (lluvias) desde las zonas agrícolas o ganaderas adyacentes que generan que este Vaso lagunar presente en la mayoría de los meses condiciones con elevada disponibilidad de Nutrientes inorgánicos disueltos, Clorofila-*a*, SST, amplias variaciones de OD y temperaturas altas. Lo anterior genera contrastes significativos entre estiaje y época de lluvia cuando su Salinidad llega hasta las 2.1 UPS debido a su nulo recambio y altos escurrimientos continentales, es cuando el resto de los parámetros alcanza los valores más altos debido al alto tiempo de residencia donde además la climatología y viento local genera perturbaciones en su columna de agua con resuspensión de material orgánico desde sedimentos lo que genera remineralización del material orgánico y condiciones eutróficas sin embargo su cuerpos de agua se mantiene por la influencia desde el Estero Palo Verde que al ser un sistema eutrófico si bien, mantiene su espejo de agua, en época de verano mantienen las elevadas concentraciones de nutrientes y debido a su aislamiento por escaso recambio de agua y evaporación, el resto de parámetros llegan a valores máximos extremos.

No hay evidencia de alteraciones puntuales relacionadas con aportes de descargas residuales de origen antropogénico, los valores de COT, P Tot, N Org Tot, DBO_5, DQO, GyA, CT, CF, *E. Coli*, E. fecales indican que los valores se relacionan con el alto contenido de material orgánico de un sistema tropical eutrófico donde la circulación interna, la morfología, la profundidad y los escurrimientos continentales generan altas fluctuaciones relacionados también con tasas de evaporación, recambio de agua por baja incidencia mareal (mayor tiempo de residencia) hacia las partes internas del Vaso III y en el IV, con valores puntuales de pH de 7.59 que según el momento de la marea (flujo o reflujo) ocasionan valores altos de salinidad, temperatura, nutrientes y bajos valores de pH y OD. Lo anterior evidencia que el sistema se encuentra en evolución continua con una tendencia de normalidad que se altera en estaciones internas y someras debido a dinámica cuando se detectan valores altos debido a una gran resuspensión de sedimentos (Muhammand et al., 2022).

Lo antes expuesto también se relaciona con el vigor de la vegetación lagunar y por ende con la fauna presente. Se mantienen mejores condiciones (biodiversidad) hacia el Vaso III y IV donde las condiciones de los parámetros fisicoquímicos son propicias para una mejor salud del manglar debido a que propician condiciones eutróficas naturales, lo cual también se observa en las áreas internas y someras de los Vasos I y II y con ello otros servicios ecosistémicos. Esto se puede relacionar con la reapertura del Canal de Tepalcates por las obras de la Regasificadora, que generó que las condiciones hidrodinámicas mejoraran permitiendo la recuperación del espejo de agua y con ello se recuperaron las condiciones propicias para su restauración natural en su parte interna (López-Adame et al., 2025). Todo esto pudo ser determinante para la recuperación de vegetación emblemática que mejoró las condiciones ambientales de todo el sistema lagunar para la recuperación de

CONSULTA PÚBLICA

especies en algún estatus, lo que pudo incidir en recuperar la actividad pesquera y para mantener las condiciones hidrológicas adecuadas para la actividad salinera como.

Como ha sido descrito, el sistema lagunar entre los distintos vasos muestra un gradiente que generalmente se intensifica de los vasos I y II hacia los vasos III, IV y estero Palo Verde. Estas condiciones se generan debido a que los vasos colindantes a los Canales de Ventanas y Tepalcates conservan una calidad de agua similar a la del frente costero gracias al intercambio de marea, mientras que los vasos internos muestran signos de enriquecimiento e hipersalinidad característicos de un sistema costero tropical natural debido al mayor tiempo de residencia antes de que lleguen las lluvias de temporada (verano) cuando sus valores decrecen significativamente. Este intercambio ayuda a mantener condiciones distintas en los primeros vasos de la laguna, pero esta capacidad de influencia disminuye antes de llegar a las zonas internas lo que permite se establezcas otras condiciones naturales como sucede en otros sistemas lagunares tropicales, lo que regula y mantiene gradientes ecológicos saludables en este tipo de ecosistemas (De La Lanza Espino, et al., 2023).

IV.3.19.1.1 Frente costero calidad del agua

En el frente costero, según las comparaciones realizadas con datos bibliográficos sobre la plataforma continental de la región y su frente marino, se puede determinar que, distintos parámetros fisicoquímicos analizados como pH, salinidad, oxígeno disuelto, conductividad, SST, nutrientes, *E coli,* E. fecales y cloro residual, no generan una zona de influencia en el frente marino desde la laguna de Cuyutlán como se desprende de la información hidrodinámica del frente lagunar, incluso en las estaciones aledañas a la principal área de intercambio mareal que es el canal de Tepalcates, es decir, su influencia no se percibe a 1000 m después de su frente marino durante la época de estiaje en la cual se realizaron los monitoreos.

Parámetros como el COT, N Tot, P Tot, y sulfuros tampoco muestran que el frente marino esté alterado por descargas continentales de algún tipo, muestra variaciones que pueden estar relacionadas con la dinámica costera en condiciones de estiaje, que corresponden a un sistema oligotrófico como ha sido clasificada esta zona del Pacífico central mexicano. En este sentido las concentraciones de clorofila-a encontradas en el trimestre de monitoreo corresponden a las de una zona costera mesotrófica con valores entre 0.7 y 4.39 mg/m^3 sin que se muestre evidencia de un enriquecimiento, antropogénico, aunque de manera natural durante un evento de surgencia se han llegado a presentar florecimientos algales nocivos que llevan a concentraciones de hasta 20.8 mg/m^3 (Quijano et al., 2012).

Para el caso de algunos iones metálicos si presentaron puntualmente, en distintas estaciones y meses valores que superaron el límite de la NOM-001-SEMARNAT-2021 que aplica para descargas de contaminantes en cuerpos de agua marinos, puede ser de referencia como por ejemplo el caso del Cu y el Cr tot, lo que puede estar relacionado con presencia de buques fondeados cerca de las áreas de la realización de monitoreo debido al recubrimiento de sus cascos con pintura antiincrustante que utilizan estos metales como sustancias que inniven esta actividad biológica en su superficie (Bellas, 2006).

De manera general los valores más altos se presentan en las estaciones cercanas a las bahías de Manzanillo y Santiago, esto puede estar relacionado con los aportes antropogénicos que pueden ser de manera indirecta a través de los arroyos Salagua o Santiago, incluso por intercambio mareal a través de la boca de la laguna de Juluapan (Liñan-Cabello et al., 2016) o del puerto de Manzanillo, ya que a través de ellos de manera indirecta

CONSULTA PÚBLICA

las actividades antropogénicas pueden generar estos incrementos debido a descargas o intercambio mareal (Hernández-López et al., 2023).

Los perfiles de CTD realizados en las distintas estaciones del frente marino dejan ver que las estaciones presentes en las bahías de Santiago y Manzanillo, que posiblemente por su configuración y pendiente topográfica, la estratificación de la columna de agua se presente entre los 8 y 25 m de profundidad, mientras que en el frente de la barra de Cuyutlán esto ocurre entre los 15 y 35 m de profundidad en los distintos meses del monitoreo, todo lo cual determinado por la energía y ángulo de incidencia del oleaje (García-Nava et al., 2026).

Lo anterior permite inferir que la variabilidad de los parámetros monitoreados en la época de estiaje sería constante en los primeros metros de la columna de agua. Esto es coincidente con lo señalado en distintos trabajos usados como referencia, tanto los reportes en el frente costero como en aquellos que van más allá de la plataforma continental, los valores están dentro de rango de lo reportado como valores de referencias para futuras evaluaciones ante posibles variaciones derivadas de la construcción y operación del proyecto, que a través del Canal de Tepalcates, que por intercambio mareal pudieran generar cambios ecológicos en el frente costero, ya que esta zona será utilizada como fondeadero temporal de embarcaciones antes de entrar el recinto portuario y porque en la parte marina serán vertidos sedimentos de la construcción portuaria.

IV.3.19.2 Calidad de los sedimentos

El diagnóstico de la calidad de los sedimentos en el área del proyecto se basó en el monitoreo espaciotemporal de la composición química y granulométrica en 33 estaciones superficiales y cuatro núcleos profundos. Estas evaluaciones se llevaron a cabo entre diciembre de 2025 y febrero de 2026, abarcando el frente marino de las Bahías de Manzanillo, el frente marino de la laguna de Cuyutlán y los cuatro vasos del interior de la laguna. Los núcleos profundos fueron colectados entre febrero y abril de 2025.

El análisis granulométrico de las muestras superficiales revela que el sustrato en estas zonas está predominado por sedimentos finos, siendo la arcilla la fracción principal con valores que fluctúan entre el 40% y el 67%, seguida por los limos que representan entre el 10% y el 46%. Las fracciones más gruesas tienen una presencia mucho menor, manteniendo a las arenas en proporciones intermedias del 7% al 32%, mientras que la presencia de grava es marginal y apenas alcanza picos del 2.3% de manera puntual en los frentes marinos. A mayor profundidad, los resultados de los núcleos mostraron que los primeros cinco metros están compuestos por sedimentos típicos lacustres dominados en más del 90% por limos y arcillas. Entre los cinco y diez metros de profundidad se identifica una zona de transición compuesta principalmente por arenas finas en más de un 50%, mientras que el estrato más profundo analizado, entre los diez y veinte metros, se caracteriza por arena fina y gruesa con una compacidad muy densa y escaso material fino.

En cuanto a la composición química, la concentración de metales en los sedimentos mostró un rango de variación que se mantiene dentro de los valores reportados para ecosistemas costeros sin afectaciones por perturbaciones antropogénicas. Los niveles detectados no rebasaron los límites máximos permitidos por la normativa mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. No obstante, al contrastar los datos con los niveles de toxicidad de la NOAA, se encontró que en algunas estaciones se superaron los valores del Nivel de Alerta Baja para el arsénico y el cobre, lo que indica un potencial inicial de riesgo ecológico, aunque esto no significa que

CONSULTA PÚBLICA

necesariamente exista una toxicidad aguda inmediata. Espacialmente, se observó que la concentración de metales fue generalmente superior dentro del sistema lagunar en comparación con las estaciones ubicadas en el frente marino. Por otro lado, la evaluación de peligrosidad conforme a los criterios CRETIB, tanto en las estaciones superficiales como en los núcleos profundos, determinó la ausencia de propiedades de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico-infecciosas, cumpliendo con la NOM-052-SEMARNAT-2005. A pesar de ello, el análisis detectó la presencia constante de sulfuro de hidrógeno en todos los puntos evaluados.

La marcada predominancia de textura arcillosa y la baja hidrodinámica del sistema lagunar explican la distribución de los componentes químicos, ya que la extensa área superficial y la carga predominantemente negativa de las partículas finas favorecen la retención de metales y materia orgánica mediante procesos de adsorción, formando zonas de acumulación de contaminantes en las áreas de mayor deposición. Aunque esta capacidad de retención mantiene a los metales pesados dentro de los márgenes regulatorios mexicanos, la alta compacidad de los lodos limita fuertemente la penetración de oxígeno disuelto, creando un entorno anóxico donde proliferan bacterias anaerobias sulfatorreductoras. Estos microorganismos degradan la abundante materia orgánica y liberan sulfuro de hidrógeno como subproducto tóxico, el cual genera estrés en la biota bentónica y altera la dinámica geoquímica del fondo. En conclusión, si la alteración de los flujos hidrodinámicos por las obras del proyecto compromete la tasa de renovación del agua, la acumulación de materia orgánica podría exacerbar la anoxia, incrementando la sulfatorreducción y la liberación continua de ácido sulfhídrico, lo que elevaría el potencial de corrosividad en el sistema y representaría un riesgo para la calidad ambiental, por lo que se recomienda implementar un monitoreo constante para salvaguardar la salud del ecosistema.

IV.3.19.3 Vegetación

En conclusión, ninguna especie se pierde del SAR, la densidad regional se mantiene invariable y la capacidad regenerativa del ecosistema permanece íntegra en más del 98% del área.

A escala del SAR total, la afectación de 21.87 ha (1.21% del área) prácticamente no modifica los indicadores de estructura del manglar regional: el valor promedio ponderado apenas varía de 15.65 a 15.666 (cambio de +0.016 puntos), la riqueza específica se mantiene en 6 especies, la capacidad regenerativa permanece intacta y la conectividad hidrológica del sistema se conserva si se implementan las medidas recomendadas.

Determinación del nivel de impacto sobre la integridad funcional del manglar: El proyecto genera un impacto **ALTO a escala del polígono del Proyecto** (pérdida del 100% del manglar local); un impacto **BAJO a escala del SAR Vaso II** (afecta 8.87% de la superficie, con cambio no significativo del score promedio que incluso se incrementa marginalmente); y un impacto **MUY BAJO a escala del SAR total** (1.21% del área, sin cambio detectable en la integridad funcional regional).

El Proyecto (score 14.26/18) tiene integridad inferior al promedio del SAR (15.65) y al promedio del Vaso II (15.41). Esto no implica que el manglar del Proyecto no sea funcional —todas las categorías están dentro del rango de integridad aceptable y supera los umbrales de Cintrón & Schaeffer-Novelli— pero indica que se encuentra en un sector del Vaso II con historial de alteraciones que ha reducido su integridad funcional relativa respecto al resto del SAR. La presencia de 3 sitios sin dosel (17, 21, 29) es el factor determinante en la reducción del score promedio del Proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

El polígono del Proyecto es un subconjunto estructuralmente diferenciado del SAR. Comparte la dominancia regional de *Laguncularia racemosa* y la tipología fisonómica chaparra-baja, pero presenta hiperdominancia monoespecífica y ausencia casi total de *Rhizophora mangle* (16% vs 46% en SAR V-II). Esta pérdida de codominancia indica alteración hidrológica histórica localizada en el polígono, favorable a *L. racemosa* (especie más tolerante a sequía relativa) en detrimento de *R. mangle* (que requiere inundación frecuente).

El análisis cuantitativo demuestra una asimetría fundamental: el impacto del proyecto es **total a escala local y marginal a escala regional**. Esta asimetría es frecuente en proyectos de infraestructura en ecosistemas extensos y es precisamente el fundamento de la exigencia de estudio de SAR en la NOM-022: la norma reconoce que la evaluación de impacto debe considerar el ecosistema en su conjunto, no solo el polígono específico. Bajo esta lógica, la integridad funcional regional se preserva, aunque el proyecto elimine casi totalmente el manglar del polígono.

La evaluación del impacto por **21.87 ha** demuestra una asimetría crítica entre escalas: el impacto local es casi total, pero el regional es marginal. Esta asimetría es frecuente en grandes proyectos de infraestructura en sistemas extensos y es precisamente el fundamento técnico del requisito de estudio de SAR en la NOM-022: demostrar que la afectación es proporcionalmente pequeña respecto del ecosistema regional. En este caso, la afectación cumple ese criterio ampliamente (**1.21% del SAR total**). No obstante, el hecho de que el manglar esté sujeto a protección absoluta por NOM-022 implica que esta asimetría no exime al proyecto de cumplir con todos los requisitos legales (cambio de uso de suelo en terreno forestal, medidas compensatorias, plan de restauración, etc.), pero sí fundamenta que tales requisitos pueden cumplirse dentro del propio SAR con recursos suficientes.

El proyecto del Nuevo Puerto de Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán es susceptible de obtener viabilidad ambiental bajo la NOM-022-SEMARNAT-2003 porque: (1) la afectación es proporcionalmente pequeña (1.21% del SAR); (2) la funcionalidad del manglar en el SAR no disminuye de forma significativa (incluso se mantiene o mejora marginalmente el score promedio); (3) ninguna especie endémica o con algún estatus de protección, ni restringida al polígono se pierde; (4) existe superficie más que suficiente en el SAR (~1,779.43 ha remanentes) para implementar medidas compensatorias robustas.

Finalmente, se recomienda lo siguiente:

1. Mantener y monitorear la conectividad hidrológica entre los cuatro vasos de la Laguna, factor clave para evitar alguna afectación al manglar. Especialmente se sugiere en su diseño, priorizar la canalización hídrica mediante alcantarillas o estructuras similares a las zonas posteriores al nuevo puerto donde actualmente se tiene el potencial de crecimiento del manglar, lo que seguramente compensaría en mayor superficie a la afectada por el proyecto y con ello una recuperación en incremento de los beneficios ambientales del ecosistema.
2. Llevar a cabo la restauración del manglar en las áreas potenciales identificadas en los diferentes vasos de la laguna. De acuerdo con la información de la regeneración natural del manglar, el sistema conserva alta capacidad regenerativa. En el Proyecto, la regeneración media es 4,137 ind/ha, superior al SAR Vaso II (2,894 ind/ha) y al SAR total (2,494 ind/ha). Los sitios sin dosel alcanzan hasta 30,800 ind/ha. Esto indica: (1) el sistema produce propágulos y los establece; (2) el problema no es la

CONSULTA PÚBLICA

producción de semilla ni la germinación; (3) intervenciones de restauración que mejoren hidro-periodo tienen alta probabilidad de éxito. Esta capacidad regenerativa debe aprovecharse en las medidas compensatorias.

3. Articular la compensación con el Plan de Manejo del sitio RAMSAR 1335 (Cuyutlán III y IV), y considerar mecanismos de pago por servicios ambientales o bonos de carbono azul.
4. Implementar el monitoreo de los gradientes ambientales que permiten la funcionalidad integral los del manglar del Vaso II donde se ubicará el Nuevo Puerto y del Sitio RAMSAR en los vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán.

   Los **gradientes ambientales** se presentan en las características del agua y el suelo, de las cuales depende la estructura y funcionamiento del manglar. Los gradientes ambientales en el manglar están dados por variables reguladoras, recursos e hidro-periodo.

   - Los gradientes reguladores influyen en el crecimiento de los individuos que en concentraciones altas afecta las funciones fisiológicas de la planta y con eso su crecimiento y desarrollo provocando un factor de estrés para la vegetación. Algunos reguladores son la **salinidad**, **los sulfuros**, el **pH** y el **potencial redox**.
   - Los gradientes de recursos son, entre otros, la luz y los nutrientes, que al absorberse contribuyen a la productividad del ecosistema.
   - El tercer gradiente es el hidro-período definido por la frecuencia, la duración y nivel de inundación, lo que facilita la mezcla de agua dulce y agua salina, la disponibilidad de oxígeno y el transporte de propágulos durante la época de dispersión.

Esta medida permitirá identificar si existen cambios en los gradientes ambientales de los diferentes vasos de la laguna con la ejecución del proyecto y permitirá prever un posible deterioro del manglar por los posibles cambios en las condiciones ambientales y en su caso establecer medidas emergentes o compensatorias.

IV.3.19.4 Fauna

El Área del Proyecto, Influencia y SAR se ubican dentro de una región de gran importancia para la protección y conservación de la biodiversidad, el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas y en consecuencia la integridad de los servicios ecosistémicos de los que dependen el desarrollo sustentable y el bienestar de la sociedad. Por ello el SAR y la Laguna de Cuyutlán debe verse como un nodo crítico de conectividad biológica en el Pacífico mexicano, no solo para las aves sino para muchas especies de vertebrados y es un punto importante en el corredor biológico que conecta con la Sierra de Manantlán, importante para especies emblemáticas y de gran importancia ecológica y cultural como el jaguar. La gran biodiversidad registrada en la región, el alto endemismo y riesgo que enfrentan las especies ha sido reconocido con el establecimiento de áreas naturales destinadas a la protección y conservación regional como el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Canoas y El Corredor Biológico Canoas – Manantlán, así como la propuesta de la nueva Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Laguna de Cuyutlán. Esta última protegerá

CONSULTA PÚBLICA

a más de 260 especies de artrópodos terrestres y 443 vertebrados terrestres que habitan un mosaico importante de ecosistemas que cubren amplias regiones de la parte alta de la cuenca y los Vasos III y IV y frente de playa.

Algunas conclusiones puntuales son mencionadas a continuación.

- El SAR alberga 631 especies de vertebrados, representando el 73% de las especies registradas en todo el estado de Colima, lo que confirma su papel como un bastión de biodiversidad.
- El nivel de riesgo y endemismo es alto en la región: 18% de las especies están en alguna categoría de riesgo y 20% son endémicas. Destacan 12 especies en peligro de extinción, incluyendo tortugas marinas, el ocelote y la guacamaya verde.
- La caracterización del Sistema Ambiental Regional (SAR) y la zona de influencia revela una dominancia del grupo de las aves en todo el entorno. Si bien su capacidad de vuelo les otorga movilidad, la reducción del hábitat, la fragmentación física y la alteración de la calidad del agua en el Vaso II representan amenazas críticas que exigen una intervención integral
- Importancia para aves migratorias: La región es clave para la ruta del Pacífico. El 43% de las aves registradas son migratorias, con una dependencia crítica del 50% hacia los humedales y estuarios para su supervivencia.
- La fauna no depende de un solo ecosistema; existe una fuerte vinculación funcional entre manglares, vegetación halófita y selva baja caducifolia. Estos ambientes actúan como un mosaico de alimentación, reproducción y refugio.
- La comunidad de vertebrados provee servicios esenciales como control de plagas, polinización, dispersión de semillas y transferencia de energía entre medios acuáticos y terrestres, fundamentales para el equilibrio del sistema.
- Se registraron 57 especies indicadoras de salud o perturbación, cuya presencia constante en los muestreos es vital para detectar cambios tempranos en la calidad del ecosistema.
- A pesar de los 35 puntos de muestreo, las curvas de acumulación sugieren que la riqueza real es mayor a la registrada, justificando la implementación obligatoria de un programa de monitoreo permanente.
- Aunque no se reportan especies microendémicas (de distribución restringida), la remoción de hábitat causará un decremento drástico en el tamaño de las poblaciones locales.
- La pérdida o perturbación de hábitat en el área del proyecto forzará la migración de individuos hacia zonas aledañas, generando un aumento en la competencia por recursos, depredación y estrés, lo que podría llevar a la extinción local de especies con baja movilidad (anfibios, reptiles y pequeños roedores).
- En la actualidad, las zonas de arroyos y escurrimientos presentes y de influencia en el SAR del proyecto son las áreas que tienen un mejor funcionamiento como corredores ecológicos conectando varios puntos dentro del mismo, no existiendo este tipo de corredores terrestres en el área del proyecto,

CONSULTA PÚBLICA

sin embargo, las dos islas presentes, aunque no se encuentran conectadas de manera terrestre si se utilizan como corredores por las especies de fauna. La presencia de estos corredores junto con las islas presentes en el Vaso II es importante para aquellas especies de baja movilidad.

- Con respespecto a las tendencias temporales de los componentes de la fauna se identificó un periodo de mayor ecológica de marzo a junio, mientras durante los meses de septiembre y octubre la diversidad disminuye y la dominancia aumenta, coindidiendo con el final de la temporada de lluvias, sugiriendo un ajuste natural en la estructura de la comunidad ante el cambio de condiciones ambientales.
- En relación a la poblacion de cocodrilos, el Vaso III es el sitio de mayor relevancia para el mantenimiento de la poblacion. Las diferencias poblacionales entre los vasos no solo responden a la biología de la especie, sino a la disponibilidad de hábitat físico y áreas de refugio que ofrece cada vaso.
- Las tendencias mostradas por los registros nocturnos de cocodrilos entre el 2022 y 2025 muestra una tendencia simialr en: una disminución en los registros entre 2022 y 2023, seguida de una recuperación en 2024.
- Los meses de marzo, abril y mayo presentan la mayor actividad de registro nocturno de cocodrilos. Esto coincide con la temporada de secas, donde la contracción de los cuerpos de agua facilita la observación y obliga a los cocodrilos a concentrarse en zonas con mayor profundidad o refugio, aumentando su detectabilidad.
- El proyecto genera efectos diferenciados según el grupo funcional y la etapa de desarrollo. En el caso de las aves migratorias y acuáticas, la remoción de sedimentos y la ocupación física del Vaso II eliminan áreas clave de forrajeo para especies como playeritos, garzas y el pato cucharón. La turbidez afecta la eficiencia de caza de aves visuales (águila pescadora), mientras que el exceso de sólidos suspendidos impacta a las aves filtradoras al degradar la disponibilidad de invertebrados bentónicos.
- En el caso de la herpetofauna y mamíferos, al igual que con los cocodrilos, el uso de tablestacado, bardas y edificios actúa como una barrera física que fragmenta el paisaje. Esto impide procesos vitales como la termorregulación, el acceso a fuentes de agua y la dispersión, dejando a los individuos aislados y vulnerables a la extinción local.

Para asegurar la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, se plantean las siguientes recomendaciones

- Programa de rescate y reubicación de fauna (etapa de construcción). Lo anterior es debido a que el movimiento de maquinaria pesada genera un riesgo de mortalidad directa por atropellamiento, se debe implementar un protocolo de rescate activo para especies de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y pequeños mamíferos), asegurando su traslado a zonas seguras antes de iniciar las obras.
- Programa de seguimiento de las poblaciones que no se limite al Vaso II, sino que abarque la totalidad del sistema lagunar, en las diferentes etapas del proyecto, enfocándose en el monitoreo estricto de todas especies de la fauna y en particular en las endémicas, en riesgo (NOM-059) (126 y 117

CONSULTA PÚBLICA

respectivamente), migratorias (237), con reporte de anidación en la laguna (24) y de aquellas identificadas como indicadoras de la salud del ecosistema (57) e importantes por su papel en la dispersión de semillas y polinización (78).

Para garantizar la conservación de *Crocodylus acutus* y los servicios ecosistémicos que esta especie provee al sistema lagunar, se dan las siguientes recomendaciones

- Monitoreo Poblacional Integral de la especie, para lo cual se propone establecer un programa de seguimiento anual en los Vasos I, II y III para evaluar la abundancia, distribución, estructura de tamaños, sitios de anidación y asoleo, y condición física de los individuos. Esto permitirá establecer una línea base y detectar tendencias espacio-temporales ante el posible desplazamiento de ejemplares por el ruido y la actividad humana.
- Gestión en Zona de Obras: Durante la etapa de construcción, se deberá supervisar de cerca la zona del tablestacado. De ser necesario, se procederá a la captura y reubicación de ejemplares para evitar accidentes o aislamiento.
- Seguridad y Contingencia: Se implementará un plan de manejo de interacciones humano-cocodrilo para prevenir encuentros en zonas urbanas aledañas, incluyendo protocolos de respuesta inmediata.
- Correlación de Datos Ambientales: El programa de seguimiento de la población se reforzará con datos de los programas de seguimiento de salinidad, batimetría, sedimentación, hidrocarburos y metales pesados, permitiendo un análisis integral de la salud del ecosistema en el Vaso II y su entorno.

IV.3.19.5 Plancton

La La estructura y composición del fitoplancton observada durante el monitoreo realizado de diciembre de 2025 a febrero de 2026 evidenció diferencias espaciales entre la Laguna de Cuyutlán, el frente marino y las bahías de Manzanillo y Santiago, reflejando la influencia de las condiciones ambientales propias de cada sistema.

En términos generales, las diatomeas constituyeron el grupo dominante en la mayoría de las zonas, particularmente en la laguna y el frente marino, lo cual es consistente con ambientes con alta disponibilidad de nutrientes y condiciones de mezcla (Olivos Ortiz et al., 2005). Por su parte, los dinoflagelados presentaron una mayor representatividad relativa en las bahías, lo que sugiere condiciones más estables en la columna de agua, como ha sido documentado previamente en las costas de Colima (Olivos Ortiz et al., 2005; Quijano-Scheggia et al., 2012). Los organismos del grupo ciano/nano se registraron en menor proporción, asociados a condiciones específicas de tamaño celular y dinámica trófica.

A nivel espacial, la laguna mostró una mayor variabilidad en la composición fitoplanctónica entre sus vasos, lo cual puede atribuirse a diferencias en conectividad, intercambio de agua y aportes locales, como se ha señalado en estudios previos realizados en la Laguna de Cuyutlán (UNAM, 1988). El frente marino presentó una composición más homogénea, mientras que las bahías reflejaron una estructura intermedia, influenciada tanto por procesos oceánicos como por aportes continentales y actividades antropogénicas.

CONSULTA PÚBLICA

En el periodo de monitoreo el índice de Shannon-Weawer (H') osciló entre 0.29 y 2.23, lo que indica un nivel de diversidad bajo a moderado en el SAR. La variación en los valores de diversidad entre estaciones y periodos de muestreo indica cambios en la estructura de la comunidad fitoplanctónica a escala espacial y temporal. Estos patrones son característicos de sistemas costeros dinámicos, donde factores como la disponibilidad de nutrientes, la hidrodinámica y las condiciones fisicoquímicas regulan la composición y diversidad de las comunidades (Margalef, 1978).

Al comparar los resultados actuales con la información histórica disponible para la Laguna de Cuyutlán y las bahías de Manzanillo y Santiago, se observa la persistencia de diversos géneros representativos, particularmente dentro de las diatomeas (e.g., *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Pseudo-nitzschia*) y dinoflagelados (e.g., *Ceratium*, *Prorocentrum*), lo que sugiere una relativa estabilidad en la composición taxonómica a lo largo del tiempo (Olivos Ortiz et al., 2005; Quijano-Scheggia et al., 2012). No obstante, también se identificaron diferencias en la presencia de algunas especies, lo cual puede estar asociado a variaciones ambientales, estacionales o metodológicas entre los distintos estudios.

En las bahías de Manzanillo y Santiago, los antecedentes históricos documentan la ocurrencia de florecimientos algales nocivos, destacando especies como *Gymnodinium catenatum* y *Mesodinium rubrum*, las cuales han sido registradas en múltiples eventos desde finales del siglo XX (Quijano-Scheggia et al., 2012; COFEPRIS, 2016). En el presente monitoreo no se detectaron eventos de este tipo; sin embargo, la presencia de géneros potencialmente asociados a proliferaciones algales, como *Pseudo-nitzschia* spp., indica que las condiciones para su desarrollo podrían presentarse bajo escenarios ambientales favorables, como puede ser el proceso de dragado al liberar nutrientes y contaminantes atrapados en los sedimentos del vaso lagunar. Además de que algunas especies producen toxinas, los FANs pueden afectar la calidad del agua disminuyendo la concentración de oxígeno disuelto, el nivel de penetración de la luz y por consiguiente la salud de los organismos acuáticos, incluyendo zooplancton e ictioplancton presente el SAR. Además, estos eventos pueden alterar la estructura de la red trófica acuática ya que al proliferar las especies nocivas se reduce la disponibilidad de alimento para los consumidores primarios y secundarios. Esto podría ocasionar una menor supervivencia de larvas de peces y crustáceos, afectando la estructura poblacional de especies de importancia comercial y ecológica.

En niveles tróficos superiores, las toxinas producidas por los FANs pueden bioacumularse y biomagnificarse en organismos que depredan sobre los consumidores primarios (peces y bivalvos) ocasionando intoxicación e incluso la muerte de fauna acuática como aves y mamíferos marinos (Saeed et al., 2017). Desde una perspectiva humana, estos eventos representan un riesgo para la pesca comercial y ribereña debido a la posible mortalidad de algunas especies, y la implementación de vedas de salubridad ante el peligro que representan para la salud pública ya que pueden ocasionar intoxicaciones asociadas al consumo de mariscos contaminados o por la exposición directa a toxinas en el agua (Lefebvre & Robertson, 2010).

En conjunto, los resultados obtenidos reflejan que la región presenta una comunidad fitoplanctónica dinámica y sensible a cambios ambientales característicos de las regiones costeras como eventos locales de surgencia y alteración de temperatura, salinidad, turbidez y concentración de nutrientes por influencia de aportes continentales que en conjunto alteran la estabilidad de la columna de agua. En este contexto, la posible implementación del Proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán podría representar un factor de presión adicional, al modificar procesos como la circulación, la resuspensión de sedimentos y la disponibilidad de nutrientes, lo que podría influir en la estructura y funcionamiento del

CONSULTA PÚBLICA

fitoplancton, tal como se ha documentado en evaluaciones ambientales portuarias (Administración Portuaria Integral de Manzanillo, 2010) y en estudios relacionados con el impacto de obras antropogénicas en zonas estuarinas (Chen et al., 2025).

Respecto a abundancia relativa de los grupos funcionales del zooplancton, el grupo Copepoda es el de mayor dominancia, principalmente en las estaciones del frente marino costero. Por su parte los decápodos, específicamente el grupo Brachyura que corresponde a las larvas de cangrejos y jaibas presentó una dominancia en las estaciones distribuidas en los vasos lagunares I-III. Otro grupo de decápodos que dominó en las estaciones de monitoreo fue el Anomura, del que destacan los cangrejos hermitaños. Con excepción de las estaciones localizadas en el vaso IV, todos los grupos de decápodos registrados en el presente monitoreo presentaron una dominancia en las estaciones ubicadas dentro de la Laguna de Cuyutlán lo cual pone de manifiesto la importancia de las lagunas costeras como zona de protección, crianza y reclutamiento para diversos organismos de importancia pesquera en las primeras etapas de su ciclo de vida (Beck et al., 2001; Pineda & Reyns, 2018).

Los grupos zooplanctónicos obtenidos a partir de los periodos monitoreados para la realización de esta MIA-R corresponden con lo previamente reportado para la zona de estudio. Sin embargo, el hallazgo de los copépodos parásitos en monitoreos previos (junio 2025) demuestra que aún se puede incrementar el número de morfotipos registrados en el área de estudio. Estos copépodos pertenecen a la familia Pandariae y Monstrillidae y son raros de encontrar en muestras de plancton debido a que son de naturaleza parasitaria.

Respecto al ictioplancton presente en el área del SAR, aunque sólo se contabilizó en número de larvas y huevos de peces en los monitoreos realizados, los valores de abundancia promedio registrados en los monitoreos de diciembre de 2025 a febrero de 2026 al interior de la Laguna de Cuyutlán (65-140 ind/100m^3)se consideran moderados o bajos, sin embargo, es probable que estos resultados estén sesgados por el corto tiempo de monitoreo y probablemente puedan registrarse abundancias mayores en otros meses del año asociadas a eventos de desove (Grijalva-Chon et al., 1992).

La distribución espacial del ictioplancton muestra que los vasos I, II y III de la Laguna de Cuyutlán representan una zona clave para la distribución y protección de la ictiofauna en sus primeras etapas de vida como se ha reportado en otros sistemas lagunares de México (Castillo-Rivera & Zárate Hernández, 2001; Funes-Rodríguez et al., 1998; Navarro-Rodríguez et al., 2006; Rodríguez-Varela & Cruz-Gómez, 2025). Además, la información obtenida a partir de bases de datos disponibles en los vasos de la Laguna de Cuyutlán (Tabla IV. 157) muestra que a pesar de que este grupo puede contribuir aproximadamente en un 0.5 – 9% al total de la abundancia del zooplancton, incluye una gran riqueza de morfotipos de importancia ecológica y comercial, ya que se tiene registró un total de 65 morfotipos distribuidos en 33 géneros y 31 familias (Tabla IV. 157). Las especies ictioplancton que dominaron Achiridae spp., *Oligoplites saurus*, Engraulidae spp., Gerreidae spp., y Gobiidae sp.1. Por su parte *Harengula thrissina*, *Dormitator latifrons*, *Dactyloscopus pectoralis, Xenichthys xanti* y *Mugil curema* presentaron porcentajes de ocurrencia entre 67 y 75%. Cabe destacar que *O. saurus*, Engraulidae spp., *H. thrissina*, *X. xanti* y *M. curema* son organismos de importancia ecológica y comercial.

Para el desarrollo del proyecto Puerto Nuevo Manzanillo en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán, las actividades derivadas de la etapa de construcción modificarán considerablemente su geomorfología. Las actividades de dragado y transporte de materiales afectarán la estabilidad de la columna de agua, provocando una resuspensión de sedimentos y aumento de turbidez. En este sentido, la comunidad del plancton se puede ver

CONSULTA PÚBLICA

afectada de diferentes maneras. Los organismos del zooplancton se pueden ver afectados por la remoción del sustrato. Tal es el caso de los mysidáceos, algunas especies de isópodos, anfípodos (principalmente de la familia Caprellidae), moluscos bivalvos, así como gastrópodos meroplanctónicos,

Cabe considerar que, ante la pérdida de su hábitat y nuevas condiciones de circulación, estos organismos podrían encontrar nuevas zonas de distribución en los Vasos I y III, que se encuentran aledaños al Vaso II,.

Considerando lo anterior, los efectos generados por las actividades de preparación, construcción y operación del proyecto se destacan la importancia de implementar y mantener programas de monitoreo continuo en las diferentes etapas que permitan evaluar la evolución de la comunidad planctónica (fitoplancton y zooplancton) antes, durante y posterior al desarrollo del proyecto para detectar oportunamente cambios asociados a actividades antropogénicas y la variabilidad ambiental propia del SAR. Esta información contribuirá a tomar decisiones fundamentadas para mitigar los impactos negativos sobre este grupo de organismos que en conjunto son la base de la cadena trófica acuática (Suthers & Rissik, 2009).

IV.3.19.6 Bentos

Considerando la línea base de la comunidad bentónica del sistema lagunar y tomando en cuenta la textura del sedimento (donde predominan las fracciones finas de tipo arcilloso y arcilloso-limoso), presenta un gradiente ecológico bien definido, determinado por la influencia marina y el grado de confinamiento hidrodinámico.

El principal factor que influye en la estabilidad de la comunidad bentónica es la hidrodinámica, se espera que durante el desarrollo del proyecto en temporada de secas tiene dos condiciones: arribo marino (ingreso vigoroso de flujo oceánico) y mezcla interna (redistribución del agua en la laguna mediante vientos y corrientes locales), las cuales controlan la dispersión de sedimentos finos.

Con base en los promedios de índices registrados en las estaciones de cada vaso, se puede establecer el estado ecológico del sistema:

En el vaso II, considerado con el mejor estado ecológico (bueno-alto), con mayor riqueza especifica (9-21) especies) y diversidad alta (0.66-1.10), se observa que este vaso tiene una conectividad marina-lagunar que lo beneficia hidrodinámicamente, sin embargo, también es la zona de mayor afectación en comparación con los otros vasos, por lo que podría presentar una disminución de riqueza y diversidad, así como también su índice ecológico de Bueno a moderado,

El vaso I presenta una línea base de riqueza especifica que oscila entre 8 a 14 especies, diversidad 0.74-0.78 y un índice ecológico bueno, podría verse levemente afectado de manera indirecta, presentando una disminución en la diversidad, sin embargo, seria de menor afectación siempre y cuando mantenga buena circulación de agua.

Los vasos III y vaso IV presentan un índice ecológico bueno de acuerdo con riqueza especifica de 5 a 14 y de 5 a 7 especies respectivamente, con diversidad media, estos ya presentan ligeras alteraciones debidos a la baja circulación; en caso del Vaso III por sus profundidades someras, y en el vaso IV por conectividad marina controlada por actividades en sus alrededores. Durante esta época la calidad del agua presenta aumentando de salinidad y bajas concentraciones de oxígeno debido a la poca influencia marina, por lo que estos Vasos se verían afectados de manera indirecta con impactos leves.

CONSULTA PÚBLICA

En la zona de intercambio marino donde podría tener una mayor proporción de mezcal se tiene que tener más control debido que en la zona intermareal de Tepalcates se encuentra el caracol purpura (*Plicopurpura pansa*), especie en protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Aunque los impactos se consideran indirectos, estos podrían intensificar las condiciones de estrés existente de la especie, por lo que se recomienda la implementación de medidas específicas de monitoreo y podrían considerarlo en determinado momento un bioindicador.

La zona marina mantiene condiciones estables y de alta calidad ecológica, lo que indica que el sistema presenta resiliencia, manteniendo condiciones ecológicas predominantemente dentro de categorías buenas a altas, con variaciones asociadas a la dinámica hidrodinámica natural, Los impacto a considerar son temporales y reversibles, sin comprometer la integridad ecológica de la zona.

En temporadas de lluvias también se considera un posible escenario del comportamiento de la comunidad bentónica durante el desarrollo del proyecto.

En el vaso I, presenta escurrimientos de aportes fluviales, generando una zona de mezcla de agua dulce con agua marina, aumento de materia orgánica por aportes terrígenos y ligero incremento de turbidez, sin embargo el cuerpo lagunar presenta estos procesos cada año y mantiene un equilibrio ecológico, sin embargo al sumarse la resuspensión de sedimentos por la obra, podría presentarse una disminución temporal de diversidad y riqueza de especies, por lo que se requiere mayor control durante el proceso de dragado. Como aspecto favorable, la conexión marina favorece la circulación y mejora la calidad del agua.

Durante la época de lluvias el vaso II tiene aportes de descargas continentales que incrementan la turbidez y materia orgánica, considerando estos factores y el proceso constructivo, esta sería la zona de mayor impacto, afectado la comunidad bentónica disminuyendo tanto la diversidad y riqueza especifica, así como un cambio en su índice ecológico de bueno a moderado. Sin embargo, debido a su conectividad marina-lagunar y a que la línea base presenta un gradiente de bueno a alto en las estaciones cercanas a la conexión, el proceso de alteración seria temporal y magnitud moderada.

En los vasos internos, especialmente el Vaso III de la zona más somera (venas), se intensifican las condiciones de confinamiento, registrándose valores de diversidad bajos y estados ecológicos moderados.

En contraste, la zona marina mantiene condiciones de alta calidad ecológica, evidenciando la resiliencia del sistema.

La comunidad bentónica está asociada al cambio hidrodinámico, durante el proceso de construcción, tanto a la temporada de secas como lluvias, la resuspensión de estos sedimentos finos podría generar efectos temporales de turbidez y deposición principalmente en el Vaso II, afectando de manera transitoria la estructura bentónica, considerando las medidas de control y prevención durante el proceso de dragado.

En temporada de lluvias, el sistema se ve dominado por aportes continentales que incrementan la carga de sedimentos finos y materia orgánica, generando una disminución en los índices ecológicos (S, H', M-AMBI), principalmente en los vasos internos y zonas de menor circulación, pero de acuerdo con las medidas prevención donde se controla el nivel de dragado para evitar las plumas de dispersión hacia los vasos aledaños.

En ambos escenarios durante el proceso de construcción la comunidad bentónica se verá afectada principalmente por la turbidez, reducción de oxígeno del sedimento y la estabilidad del sustrato. Sin embargo,

CONSULTA PÚBLICA

mediante la implementación de medidas de control durante el dragado, estos impactos se podrían considerar temporales y reversibles.

IV.3.19.7 Peces

De acuerdo con los resultados ecológicos obtenidos, la comunidad de peces en la laguna de Cuyutlán registra 56 especies, este valor sobre pasa a lo reportado en otras lagunas del pacifico mexicano como Salinas del Padre, Michoacana con 19 especies, laguna costera de Oaxaca con 33 especies y 34 especies en dos sistemas lagunares del sur de Chiapas (Raz-Guzmán y Huidobro, 2002; Mendoza et al., 2009; Díaz-Ruiz et al., 2006). Las diferencias en el número de especies entre los cuerpos lagunares puede deberse a las características fisiográficas y ecológicas de cada zona (Castro-Longoria et al., 2002), factores ambientales, épocas climáticas, tipo de muestreo (arte de pesca, luz de malla de la red, tiempo de tendido, etc). Además, de que la comunidad de peces de la laguna de Cuyutlán presenta una composición estable.

Las familias de mayor representatividad por el número de especies es Carangidae (10 sp), Lutjanidae (5 sp), Centropomidae, Gerreidae y Haemulidae (3 sp cada una), número de especies común en lagunas costeras de las regiones tropicales y subtropicales (Rodríguez-Romero, et. Al., 2008). Además, esto coincide con familias representativas de algunas lagunas costeras de Sinaloa, Gutiérrez-Barrera (1999) distingue a las familias Gerreidae y Carangidae; Manjarrez-Acosta (2001) a las Familias Carangidae, Scianidae y Hamulidae; Amezcua et al. (2006) a las familias Haemulidae, Gerreidae y Scianidae, esto permite demostrar la presencia de familias típicas de los ambientes lagunares.

La estabilidad en la estructura básica de las comunidades ícticas de los sistemas lagunares, es atribuible a cuatro condiciones principales: 1) La distribución regular de las especies asociada a gradientes ambientales de temperatura, salinidad y otras variables; 2) Movimientos migratorios hacia adentro y fuera del sistema; 3) El dominio de pocas especies dentro del sistema y 4) Una trama alimenticia muy estable. En conclusión, a pesar de la alta variabilidad del ambiente físico, la complejidad de las interacciones biótico/ambientales, las alternativas del flujo de energía y las adaptaciones biológicas de los organismos otorgan al ecosistema lagunar características de estabilidad ecológica (Day y Yáñez-Arancibia, 1985).

IV.3.19.7.1 Enfoque pesquero

En la tabla xx, se presentan el estatus que guardan las pesquerías en ambientes internos (Laguna) y del frente marino (Mar), de las pesquerías que se aprovechan comercialmente por el sector social pesquero tanto de la flota embarcaciones de laguna y de mar. En la actualidad, todas las pesquerías se encuentran en Rendimiento Máximo Sostenible, es decir, se tiene un aprovechamiento razonable de extracción, es decir, se tiene la mayor cantidad de individuos de una población natural de forma continua a lo largo del plazo sin agotar un recurso pesquero determinado, considerando el equilibrio o pesca sustentables.

Tabla IV. 231. Estatus que guardan las pesquerías en la Laguna de Cuyutlán y Frente Marino de Manzanillo.

No	Año Publicación	Ambiente	Pesquería	Estatus	Fuente

CONSULTA PÚBLICA

1	2023	Laguna	Lisa	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
2	2023	Laguna	Escama Estuarina	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
3	2023	Laguna	Robalo	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
4	2023	Laguna	Camarón	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
5	2023	Frente marino	Huachinango-Pargos	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
6	2023	Frente marino	Sierra	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
7	2023	Frente marino	Langosta	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
8	2023	Frente marino	Pulpo	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)
9	2023	Frente marino	Ostión	Aprovechado al Máximo Sustentable	CNP (DOF 2023)

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.19.8 Mamíferos y quelonios

En la costa de Colima, se ha realizado un monitoreo a largo plazo sobre la ecología de los mamíferos marinos, lo que ha permitido contar con información suficiente para poder realizar el diagnóstico que actualmente se presenta. Por ello, fue posible contar con más de 10,000 km de navegación realizada en los últimos años (2022-2025) para tener una imagen sobre la ecología de los mamíferos y quelonios marinos que ahí se distribuyen; y que hoy en día es de interés debido a la ampliación el puerto comercial de Manzanillo, hacia la laguna de Cuyutlán. Ante esto, el esfuerzo de búsqueda de estos organismos para su estudio ha sido mayor en el cuadrante que abarca las bahías de Manzanillo; sin embargo, los 2,301 km que se recorrieron en el cuadrante que abarca la zona costera frente a la laguna de Cuyutlán, se considera como un esfuerzo representativo de los resultados obtenidos sobre la ecología de estas especies y que a continuación se resumirá.

La riqueza de especies de mamíferos marinos es oscilante en la costa de Colima, usualmente se registran 3 especies: el delfín moteado como el residente de la región, seguido del delfín de dientes rugosos que no muestra un patrón asociado a alguna estacionalidad, y por último la ballena jorobada, la especie migratoria que cada invierno-primavera visita la región con fines reproductivos. Sin embargo, en años con anomalías ambientales se pueden registrar un número mayor de especies, como ocurrió en el 2024 cuando hubo hasta 8 especies de mamíferos marinos, destacando algunas con hábitos oceánicos como los cachalotes pigmeos y enanos y los delfines de Risso. Por lo que sin duda es una región de importancia ecológica que puede soportar varias

especies, incluso hasta llega a las 16 especies que se ha reportado para toda la región del Pacifico Central Mexicano (Ortega-Ortiz et al. 2013).

En cuanto a la densidad de estos organismos, los mapas de distribución muestran una tendencia de agregación hacia la zona costera, con diversos fines ecológicos, sin embargo la tasa de avistamiento calculada permitió notar que la densidad de organismos es más alta en el cuadrante que engloba a las bahías de Manzanillo, pero a veces es similar la densidad en el cuadrante adyacente al frente costero de la laguna de Cuyutlán; es decir, las bahías de Manzanillo ofrecen un sitio de refugio o de disponibilidad de recursos, pero también la zona hacia el sur de estas bahía es un sitio relevante para la riqueza y densidad de estas especies; por lo que estos cuadrantes costeros (2 y 3) se consolidan como áreas de densidad alta que justifica la necesidad de focalizar medidas de manejo y conservación para estas especies (Figura IV. 649). Respecto a la estacionalidad, se observó un claro patrón de incremento en la riqueza y densidad de mamíferos marinos hacia las temporadas de invierno y primavera, principalmente por la presencia de la ballena jorobada, pero también por otras especies que ocasionalmente se observan y abonan a la densidad de organismos en la región, tales como las especies de cachalotes enano y pigmeo, orcas y delfines oceánicos.

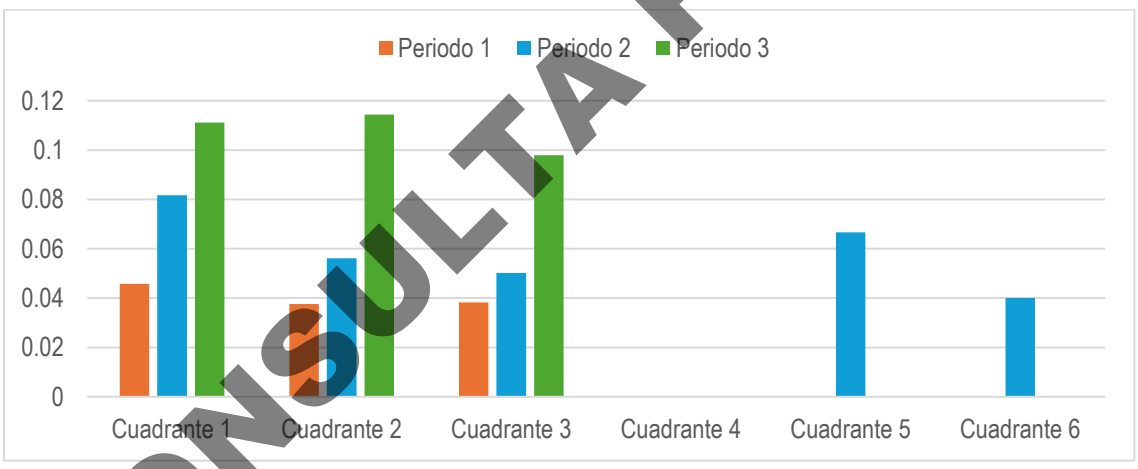


Figura IV. 649. Tasa de avistamiento de mamíferos marinos por cuadrante de la costa de Colima y Jalisco, durante los 3 periodos.

La estructura de las agrupaciones de mamíferos marinos en la región mostró un patrón constante, en la ballena jorobada se presentaron todas las agrupaciones reconocidas (Ladrón de Guevara, 2001), predominando las agrupaciones de crianza dentro de las bahías, esto con fines de protección y refugio para las crías; mientras que las agrupaciones de cortejo y solitarios fueron más frecuentes más alejados de la costa, con fines de búsqueda de pareja o en desarrollo de cortejo (Ortega-Ortiz et al. 2022). Por su parte, las agrupaciones de delfines en general fueron de tamaño mediano o pequeño, no son frecuentes grupos de delfines de varios centenares, por lo que son más frecuentes grupos de una o varias decenas.

Este patrón de agrupación se liga con las actividades de comportamiento, dado que los delfines usualmente se les observa navegando o en actividad de forrajeo/alimentación en la región, predominando en los cuadrantes costeros de las bahías de Manzanillo y el adyacente al frente costero de la laguna de Cuyutlán; lo cual enfatiza

CONSULTA PUBLICA

la importancia ecológica de estos sitios costeros. Por su parte, las actividades de comportamiento de las ballenas jorobadas fueron principalmente relacionadas con la reproducción. Acciones de cortejo como el canto de machos, la actividad enérgica en superficie y los grupos de competencia, así como actividades de crianza y descanso fueron comunes durante los tres periodos, y principalmente dentro de las bahías de Manzanillo. Sin embargo, atrajo la atención que en el periodo 3 se hizo un esfuerzo de monitoreo más hacia el sur y se observaron importantes actividades de cortejo y crianza frente a la línea de playa de Cuyutlán, por lo que no solo las bahías son un sitio importante para estas actividades de la ballena jorobada, sino también este cuadrante costero de Cuyutlán.

En este mismo sentido del comportamiento, la actividad acústica de los delfines enfocada a la socialización y a la búsqueda y obtención de alimento, predominó dentro de las bahías y fuera de las mismas, en los 3 cuadrantes costeros, principalmente en los periodos 1 y 2, pero seguramente con un esfuerzo mayor en el último periodo se encontraría un resultado similar. Sobre las ballenas jorobadas, su actividad acústica, exclusiva de los machos, es dirigida a acciones reproductivas, por lo que éstas predominaron dentro de las bahías, tanto las de Manzanillo como las del sur de Jalisco en el cuadrante 1. Sobresaliendo algunos casos excepcionales de machos cantores que fueron registrados en zonas adyacentes a las bahías de Manzanillo, principalmente en el periodo 1 y 2; y machos cantores frente al canal de Tepalcates y frente a la playa de Cuyutlán en el periodo 2 y 3.

No obstante, al analizar datos a una escala individual, como lo permite la foto-identificación de las ballenas y delfines; se demostró que estos individuos que se observan en la región no son los mismos. Es decir, hay un flujo de movimiento de los individuos, hacia el sur o norte dependiendo de la temporada; por lo que muy pocos permanecen en la región. Durante el análisis de estos 3 periodos, fue posible detectar a 4 madres de ballenas jorobada, con sus respectivas crías, que estuvieron más de un día en la zona, unas hasta 9 y 14 días. Y con desplazamientos cortos, de algunos kilómetros, y principalmente dentro de las bahías de Manzanillo. Lo que coincide con la declaración de que es una zona de tránsito la costa de Colima (Ortega-Ortiz et al., 2022). Y de 265 individuos que pudieron foto-identificar en los 3 periodos, solo uno fue re-avistado en periodos distintos, por lo que la tasa de retorno fue muy baja (0.3%).

Con los delfines se observó un patrón similar, se identificaron en los 3 periodos cerca de 327 individuos, apenas fueron re-avistados 25 individuos de dos especies (moteados y de dientes rugosos), pero con una diferencia de tiempo de 37 y 160 días, respectivamente. Dato que sugiere que los delfines podrían moverse hacia otras regiones y en un tiempo a mediano plazo regresan a la zona; y casi a los mismos sitios, porque la diferencia de distancia es de apenas algunos kilómetros, dentro o en zonas adyacentes a las bahías de Manzanillo, como frente a la playa de Cuyutlán. Lo que hace sospechar que en estos sitios los delfines encuentran recurso alimentario. Sin embargo, llama la atención que ningún delfín fue re-avistado en años subsecuentes, lo que sugiere que los individuos se desplazan dentro de la región del Pacífico Mexicano, por tanto hay implicaciones ligeras por el uso del hábitat y el efecto de las embarcaciones al considerarse organismos más transitorios.

Con referente a los quelonios marinos, de las siete especies reconocidas en el mundo en México se distribuyen 6 de ellas, pero en la costa de Colima son más frecuentes solo 3 especies. Destacando en abundancia la tortuga golfina, y seguida por la tortuga prieta (Zepeda-Borja et al., 2014).

La distribución de los quelonios marinos en aguas abiertas fue con tendencia de agregación hacia la zona costera, y principalmente en el cuadrante que abarca la playa de Cuyutlán. Además, con una ligera tendencia

CONSULTA PÚBLICA

de incremento durante el periodo 2 (año 2024), aunque los demás periodos también mostraron una densidad importante. Las agregaciones de machos y hembras, así como los eventos de cortejo y cópula fueron visibles tanto fuera de las bahías de Manzanillo como frente a la playa de Campos, pero también llama la atención un sitio más oceánico, 20 km frente al canal de Tepalcates, donde una importante agregación de ambos sexos y por ende, eventos de cortejo y cópula ocurrieron durante el periodo 2 en temporada de verano-otoño.

Lo observado en el mar, tiene correspondencia con las observaciones de anidaciones de quelonios en las playas de la región. La especie predominante tanto en la playa de bahía de Manzanillo, como en la de Cuyutlán es la tortuga golfina (Aguilar-Olguín et al., 2016), seguida por la prieta y la laúd. El número de anidaciones anual en ambas playas es relativamente similar, si se considera términos de esfuerzo en cuestiones de logística y operatividad entre ambos campamentos. También hay coincidencia en la periodicidad, en ambas playas durante todos los años de monitoreo, los meses de agosto y septiembre muestran el número mayor de anidaciones. Esta tendencia coincide con lo reportado en estudios previos para el Pacífico mexicano, donde la anidación de la golfina se intensifica entre agosto y octubre (Estrada-Valencia et al., 2016); periodo que sugiere una demanda en el esfuerzo de protección intensivo para la especie en la región.

A pesar de esta clara dominancia de la golfina en verano, es necesario no subestimar la importancia de la tortuga negra y la tortuga laúd. Aunque anidan de forma más esporádica en la costa del estado, su presencia constante con picos específicos como los 80 nidos de laúd en 2003 o los ligeros incrementos observados en 2025 (16 nidos de negra y 10 de laúd) subraya la necesidad de mantener estrategias de protección multi-específicas. Cada una posee preferencias de hábitat distintas: mientras la golfina prefiere playas continentales abiertas con pendientes suaves, la laúd suele elegir playas de alta energía y pendientes más pronunciadas (Márquez, 1996; Aguilar-Olguín et al., 2016; Eckert et al., 2000).

A pesar de que las zonas 8, 9 y 10, las más cercanas al canal de Tepalcates, poseen una extensión superficial mayor, su importancia biológica es fundamental dado que la amplitud de la playa es la variable natural con mayor influencia positiva sobre la anidación, proporcionando el espacio idóneo para un desove exitoso. Ecológicamente, estas zonas presentan una configuración morfológica más estable que minimiza riesgos críticos como la inundación de nidos o el impacto erosivo de tormentas y huracanes que suele afectar severamente a las zonas más estrechas o perturbadas. De acuerdo con Aguilar-Olguín (2008), la mayor disponibilidad de espacio en estas áreas no solo permite a las hembras encontrar lugares óptimos lejos de la línea de marea, sino que también reduce la probabilidad de destrucción accidental de nidos previa a la eclosión, consolidándolas como hábitats críticos y funcionales indispensables para garantizar el reclutamiento poblacional.

Por su parte, las embarcaciones que navegan en la región de monitoreo son principalmente barcos graneleros, portacontenedores y petroleros (Anexo 1). Su distribución muestra una agregación predominante dentro de las bahías de Manzanillo, con algunos registros fuera de las mismas que obedecen a dos posibles trayectorias de navegación, una hacia mar abierto perpendicular a las bahías (hacia Asia) y otra con una tendencia hacia el sur del país. En cuanto a la periodicidad, no hay una tendencia clara, en un periodo fueron más frecuentes los buques en verano, pero en otro periodo fueron en invierno y otoño. Por lo que al menos con esta información recabada no hay un patrón temporal de mayor densidad del tránsito marítimo en la región (Figura IV. 650).

El ruido de embarcaciones de gran calado fue predominante en el cuadrante 2, el de las bahías de Manzanillo, con una potencia de 170-180 dB con un tiempo de emisión del 24-58% del tiempo de muestreo activo durante

CONSULTA PÚBLICA

los 3 periodos. Sin embargo, a partir del análisis de los hidrófonos colocados como sistema pasivo, una dentro de las bahías de Manzanillo que grabó más de 1,093 hr y otro a un costado del canal de Tepalcates que grabó más de 1,087 hr, durante los 3 periodos de monitoreo se obtuvo el siguiente patrón.

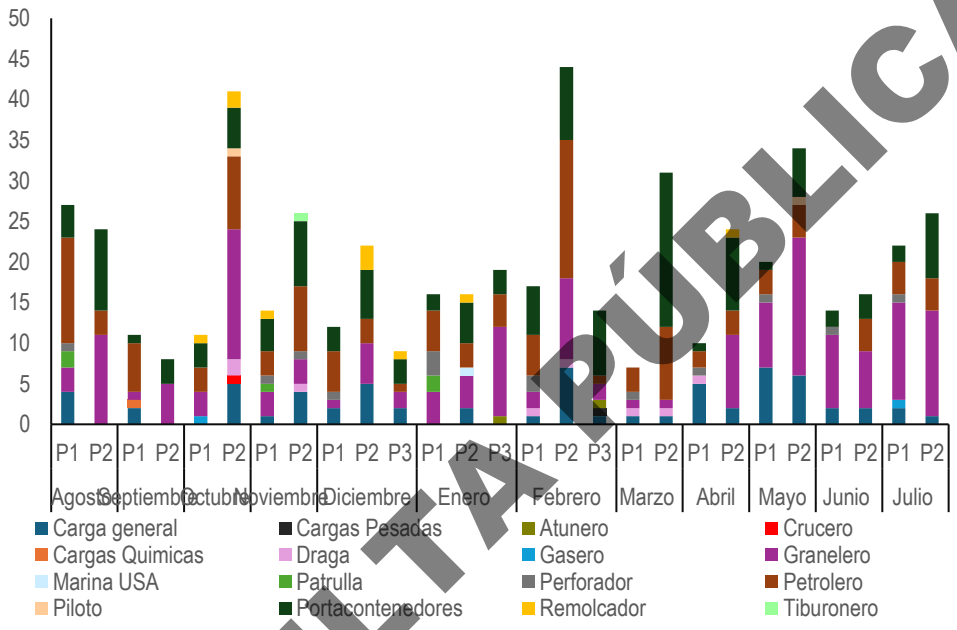


Figura IV. 650. Tipo de embarcaciones registradas durante los periodos 1 (agosto 2022 – julio 2023), 2 (noviembre 2023 – diciembre 2024) y 3 (diciembre 2025 – febrero 2026).

Dentro de la bahía de Manzanillo hay más tiempo con ruido de embarcaciones (71-76%), el ruido es más potente (177-184 dB), predomina en septiembre o diciembre, por buques de gran calado en horario de 08-12 hr; dado que en el punto de muestreo de Tepalcates hubo menos tiempo con (21-23%), con una potencia relativamente menor (177-179 dB), en meses variables, habiendo más embarcaciones menores como lanchas en el mismo horario de 08-12 hr.

Por esta razón es que existe una interacción mayor entre el ruido de embarcaciones y los cantos de machos de ballena jorobada dentro de las bahías de Manzanillo, dado que en el periodo 1 el 35% de los cantos fueron enmascarados o interrumpidos por ruido de embarcaciones, mientras que en el periodo 2 y 3, el 100% de los cantos fueron afectados por ruido. En cambio, en la estación de Tepalcates, en el periodo 1 solo fue el 11.5%, en el periodo 2 el 59% y en el periodo 3 el 32% de los cantos fueron afectados por ruido de embarcaciones. La razón de este patrón se puede relacionar con la menor densidad de tránsito marítimo en Tepalcates, por el momento, y también por el hecho de que las ballenas mostraron horarios preferenciales para los cantos muy variables, en el atardecer, anochecer, media noche y madrugada, y en unas cuantas ocasiones en el horario de la mañana de 08-12 hr, en el que predominó el ruido de embarcaciones. Por lo que, si en un futuro incrementa

CONSULTA PÚBLICA

el ruido de embarcaciones en diferentes horarios, muy seguramente el número de afectaciones acústicas para las ballenas incrementará.

La interacción entre las embarcaciones y los organismos puede ser más grave cuando existe un acercamiento y puede haber una colisión. En la región ya ha habido evidencia de eventos de colisión por embarcaciones a ballenas y delfines (Lazcano-Pacheco et al., 2022). En adición a esa información, en los 3 periodos de monitoreo se evidenciaron 7 individuos de ballena jorobada y 6 de delfines con heridas ya cicatrizadas en diversas regiones corporales, como consecuencia de alguna colisión con una embarcación en el pasado. Ahora bien, es posible que dicho evento haya ocurrido en algún otro sitio del rango de distribución de cada organismo, alejado de la zona costera de Colima; pero también es posible que sí haya ocurrido en la zona y no se documentó cuando recién sucedió a partir de la evidencia de la herida fresca. De cualquier manera, se considera que son eventos importantes que se deben monitorear para evaluar su tendencia, dado que son animales altamente movibles, pero también las embarcaciones lo son, y usan diversas costas y puertos que están interconectados; por lo que la conservación de estas especies no debe tener fronteras.

Algunas de las cicatrices que muestran los individuos mencionados, ponen en evidencia la gran fortaleza y capacidad que tienen estas especies a pesar del gran gasto energético que conlleva el sobrevivir cada día en el medio ambiente marino. Por lo que, sin duda, deben existir muchos eventos más, no documentados, por el esfuerzo limitado a una zona costera de nuestro estado, por restricciones de horario del mismo muestreo o bien, porque los organismos no sobreviven y terminan varados en alguna playa.

En este sentido, durante los 3 periodos de monitoreo fue posible evidenciar 21 casos de mortalidad de mamíferos marinos en la costa de Jalisco y Colima; predominando éstos en las playas abiertas del sur del estado de Colima, de Cuyutlán a Tecomán, y en invierno-primavera. Asimismo, la mayoría de los organismos varan en estado de descomposición muy avanzado, debido a las condiciones climáticas regionales; pero de los pocos que se ha podido determinar la causa de muerte, destacaron 5 eventos (23%) por interacción con embarcaciones.

En menos de un año, de abril 2024 a enero 2025, ocurrieron en la región dos hallazgos de mortalidad de cachalotes; especie de hábitos oceánicos que no había sido registrado como avistamiento de organismos vivos en la zona marítima, ni como varamiento de algún individuo en alguna playa de la región. Por lo que estos dos eventos ponen en evidencia una situación en la distribución de la población de estos organismos en el Pacifico Oriental Tropical, que probablemente esté asociada con cambios en la distribución de su presa principal, el calamar gigante.

Estos dos individuos fueron subadultos/adultos, ambos con una herida en el costado de derecho, lo que sugiere que fueron colisionados por alguna embarcación de gran calado en la región, de lo contrario se hubieran hundido o hubieran varado en otro lugar alejado. Además, la idea se soporta con el hecho de que son animales que suelen pasar mucho tiempo en superficie después de un prolongado buceo para la búsqueda de su alimento, por lo que quedan más vulnerables a ser colisionados.

Finalmente, también durante los monitoreos marítimos se registraron los quelonios marinos muertos, que no fueron muchos, y todos estaban en un estado de descomposición muy avanzado. Por lo que no es posible tener conclusiones sólidas sobre esta información. Asimismo, este número bajo de registros se debe también a que las tortugas muertas son más fácilmente llevadas a la playa por las corrientes marinas, dado que su estructura

CONSULTA PÚBLICA

anatómica (conformación del carapacho) les permite flotar por más tiempo. Por ello, es que en la playa de Cuyutlán hubo el registro de más de 160 quelonios muertos durante los 3 periodos de monitoreo, en su mayoría sin determinarse la causa de dicha mortalidad. Ésta predominó en los meses de mayor actividad reproductiva (junio a septiembre), lo que sugiere que los riesgos aumentan durante el pico de arribazón, probablemente por interacción con actividades humanas, depredación o condiciones ambientales adversas. Las zonas críticas varían entre temporadas, pero destacan la zona 4 como recurrente, junto con las zonas 9–10 en 2023–2024 y las zonas 2–8 en 2025, reflejando cambios geomorfológicos y desplazamientos en la dinámica espacial de las hembras. Aunque el número de muertes se mantuvo relativamente bajo frente al volumen de nidos (>1,000 por temporada), su persistencia confirma la necesidad de reforzar medidas de protección intensiva en agosto y septiembre y focalizar esfuerzos en las zonas con mayor incidencia.

La consistencia en los registros (superando los mil nidos por temporada) confirma que las playas en esta parte del litoral colimense son un hábitat crítico para la reproducción de estas especies (Figura IV. 651). Bajo este escenario, es fundamental invocar el Principio Precautorio. Este principio, reconocido en la legislación mexicana (LGEEPA) y tratados internacionales, obliga a las autoridades a tomar medidas preventivas para evitar daños graves o irreversibles a la biodiversidad, incluso ante la falta de certeza científica absoluta.

La evidencia técnica acumulada entre 2023 y 2025 justifica plenamente la exclusión de estas zonas de proyectos de alto impacto, como ampliaciones portuarias o fondeo, para garantizar la integridad de los sitios de anidación. La protección debe estar armonizada con normatividades como la NOM-059-SEMARNAT-2010, que cataloga a estas especies en peligro de extinción, y la NOM-162-SEMARNAT-2012, que dicta los lineamientos para el manejo de sus hábitats.



Figura IV. 651. Tortuga golfina saliendo a desovar en la zona 7 de la playa Cuyutlán, Armería, Colima.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.19.9 Medio socioeconómico

En el tema que se trabaja para el Puerto Nuevo Manzanillo, los factores ambientales no constituyen un componente separado de la vida económica local, sino la base material que permite la continuidad de las actividades productivas y de los usos cotidianos del territorio. En el Vaso II, entendido como zona núcleo, variables como la hidrodinámica, la salinidad, la calidad del agua, la conectividad entre vasos, la estabilidad del borde lagunar y la conservación del paisaje productivo influyen directamente en la pesca, en la actividad salinera, en servicios de proximidad y en otras ocupaciones vinculadas al sistema lagunar. En la zona directa, integrada principalmente por Manzanillo y Armería, esos mismos factores repercuten sobre empleo, movilidad, comercialización, bienestar cotidiano y permanencia de medios de vida asociados al conjunto lagunar.

En la zona núcleo, la hidrodinámica tiene una importancia central porque regula el intercambio de agua, el tiempo de residencia, la turbidez y la distribución de sedimentos. Cuando estas condiciones se alteran, cambia también la funcionalidad del espacio para la pesca, debido a que se modifican rutas de navegación, puntos de acceso, tiempos de salida y retorno, así como la localización y disponibilidad relativa de recursos. De manera paralela, la salinidad y el comportamiento del agua influyen sobre la actividad salinera, ya que la producción de sal depende de equilibrios físicos precisos y de una continuidad territorial que no puede fragmentarse sin afectar la operación. En consecuencia, una alteración ambiental no sólo expresa un cambio ecológico: se traduce en mayores costos, menor previsibilidad del trabajo y reducción de la viabilidad económica cotidiana.

La calidad del agua y la percepción social sobre su estado también tienen efectos socioeconómicos relevantes. En el Vaso II, cualquier deterioro real o percibido del agua puede afectar la confianza sobre los productos provenientes del sistema lagunar y, con ello, la comercialización de la pesca y el consumo local. Del mismo modo, el aumento de polvo, ruido, tránsito pesado o presión sobre el borde lagunar puede reducir la habitabilidad del entorno, elevar tiempos de traslado y afectar pequeños servicios y actividades que dependen de la cercanía entre el agua, la vivienda y el trabajo. Esto significa que el ambiente y la economía no operan por separado: la calidad ambiental condiciona de forma directa la estabilidad del ingreso y del bienestar de los hogares vinculados al área.

En Manzanillo, como parte de la zona directa, la influencia ambiental se manifiesta a través de la relación entre el sistema lagunar y la estructura urbana-portuaria. Cambios en circulación del agua, en accesibilidad al borde, en paisaje y en percepción de riesgo pueden repercutir sobre la pesca, sobre puntos de amarre, sobre el comercio local, sobre restaurantes y servicios de proximidad, y también sobre la movilidad cotidiana de colonias y comunidades conectadas con el Vaso II. En Armería, la influencia se observa con especial claridad en la continuidad productiva del corredor Cuyutlán-Armería, donde la estabilidad ambiental del sistema lagunar es relevante para salinas, pesca, apicultura de polinización y otros usos tradicionales del territorio. Por ello, cuando se analiza el medio socioeconómico, debe entenderse que las variaciones ambientales del Vaso II no quedan confinadas a un polígono puntual, sino que se proyectan sobre una red territorial y productiva más amplia.

En síntesis, los factores ambientales influyen en las actividades socioeconómicas del Vaso II porque determinan la funcionalidad del agua como espacio de trabajo, la continuidad del paisaje productivo, la accesibilidad territorial y la confianza social sobre los recursos del sistema lagunar. En la zona núcleo, el efecto es más inmediato porque se concentra sobre la pesca, la sal y los usos cotidianos del borde de agua; en la zona directa de Manzanillo y Armería, el efecto se expresa como prolongación territorial de esos cambios sobre empleo, servicios, movilidad y bienestar. Bajo esta lógica, la dimensión ambiental debe leerse también como dimensión

CONSULTA PÚBLICA

económica y social, ya que la alteración del sistema lagunar puede modificar no sólo condiciones ecológicas, sino la base material que sostiene medios de vida y relaciones cotidianas en la región.

Tabla IV. 232. Síntesis operativa

Ámbito	Factor ambiental dominante	Efecto socioeconómico principal
Vaso II (zona núcleo)	Hidrodinámica, salinidad, calidad del agua, estabilidad del borde	Cambios en pesca, sal, accesibilidad, tiempos de trabajo y costos operativos
Manzanillo (zona directa)	Accesibilidad territorial, presión urbana-portuaria, paisaje y percepción ambiental	Afectación sobre movilidad, puntos de amarre, comercio local y servicios de proximidad
Armería (zona directa)	Continuidad lagunar, calidad del agua y equilibrio ecológico regional	Efectos sobre salinas, pesca, apicultura y permanencia del corredor productivo Cuyutlán-Armería

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.19.10 Síntesis del Diagnóstico Ambiental

El presente Diagnóstico Ambiental constituye la base técnica y analítica fundamental para la Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R) del proyecto Puerto Nuevo Manzanillo. Se define el Sistema Ambiental Regional (SAR) bajo un enfoque sistémico que trasciende los límites del área del proyecto en el Vaso II, integrando la totalidad de la Laguna de Cuyutlán (Vasos I, II, III y IV), el estero Palo Verde, el frente marino adyacente y las cuencas hidrológicas continentales que drenan hacia el sistema. Este diagnóstico establece el "Estado Cero" o línea base, analizando la integridad funcional del ecosistema y su capacidad de carga, factores determinantes para evaluar la viabilidad del desarrollo portuario en una de las regiones más dinámicas y sensibles de la costa del Pacífico mexicano.

Así pues, la Laguna de Cuyutlán se concibe como una Unidad Hidrológica, un complejo ecosistema de humedales costeros cuya funcionalidad depende de una intrincada red de interacciones físicas, biológicas y sociales. Aunque el proyecto se ubica en el Vaso II, este no debe ser interpretado como una unidad aislada, sino como el nodo central de conectividad hidrodinámica al estar en contacto directo con el Canal de Tepalcates que es la mayor fuente de flujo y reflujo mareal y del vaso I que juega un importante componente a través del Canal de Ventanas y la Central termoeléctrica, de cuyas interacciones se obtiene el flujo hacia la parte interna del Vaso III y IV, ya que como se analizó, el Estero Palo Verde queda aislado de estos cuatro vasos, pero de manera ocasional aporta al Vaso IV durante la época de lluvias a través de las alcantarillas que fluyen por debajo de la autopista Manzanillo-Colima. El diagnóstico se articula bajo la premisa de que cualquier

modificación en este compartimento genera respuestas sistémicas que abarcan desde el frente oceánico adyacente hasta los acuíferos continentales y las comunidades humanas de Manzanillo y Armería.

Después de que en cada apartado del Capítulo IV se hace un análisis de los distintos componente bióticos y abióticos que integran esta Unidad Hidrológica, llamada sistema Lagunar de Cuyutlán, donde se analizan interdependencias entre la hidrodinámica subterránea y superficial inducida por factores temporales, principalmente época de lluvia y estiaje, además de la marea y los vientos locales, la topografía, el tiempo de residencia y los procesos geoquímicos entre columna de agua y sedimentos, que determinan la biodiversidad e interacciones ecológicas de flora y fauna entre los distintos vasos, a continuación se enumeran los aspectos más relevantes a ser considerados.

1. Dinámica del Medio Abiótico: La Triada Hídrica y la Conectividad Regional

La estabilidad del SAR está regida por la interacción de tres vectores hídricos: el intercambio mareal, el escurrimiento superficial y el flujo base subterráneo. La Laguna de Cuyutlán es un sistema dominado por el mar, donde el Canal de Tepalcates actúa como la arteria principal que irriga al Vaso II, suministrando energía y renovando las masas de agua al resto del sistema lagunar.

1.1. Intercorrelación Hidrodinámica y el Vínculo Oceánico

El Vaso II concentra aproximadamente el 42% del volumen total del sistema. Los modelos numéricos demuestran que el proyecto, mediante la construcción de plataformas, alcantarillas y canales de navegación, alterará los patrones de circulación local, creando un "efecto de estrangulamiento" en los puntos de comunicación inter-vasos. No obstante, la conectividad regional con los Vasos I, III y IV se preserva gracias a que el prisma de marea sigue siendo el motor dominante. La intercorrelación física revela que un incremento en el tiempo de residencia en el Vaso II (de hasta 25 días en zonas confinadas) propiciará la sedimentación de partículas finas y la formación de microambientes anóxicos. Este fenómeno es crítico, ya que la resuspensión de sedimentos ricos en sulfuro de hidrógeno (H_2S) durante el dragado alterará temporalmente la química del agua en el Vaso II, afectando la transparencia y la disponibilidad de oxígeno, parámetros vitales para la fauna acuática, lo que tendrá un efecto residual poco significativo hasta el primer tercio del Vaso III y en la periferia de la zona costera frente a la barra de Cuyutlán a través del Canal de Tepalcates que será diluido en el primer kilómetro aproximadamente.

1.2. Hidrología continental y Gestión de Eventos Extremos

Desde la perspectiva continental, el Arroyo Zacate en la cuenca de escurrimiento con influencia directa sobre el Vaso II, es el principal tributario, aportando volúmenes de agua dulce, sedimentos y material disuelto como nutrientes durante la temporada de lluvias. Existe una correlación directa entre la infraestructura portuaria y el riesgo de inundación: las plataformas actúan como barreras físicas ante descargas pluviales extraordinarias. Sin embargo, con la implementación de drenes hidráulicos estratégicos (alcantarillas), el diagnóstico obtenido a través de la modelación numérica advierte sobre incrementos en el nivel de inundación de hasta 1.5 metros que serán desahogados hacia los canales de navegación lo que impactaría de manera temporal el hidroperíodo lo que al paso del tiempo, a través del flujo mareal será benéfico para la recuperación del manglar circundante pues se establecerán las condiciones adecuadas en el estrato, sin afectaciones a las vialidades del proyecto al estar construidas sobre pilotes ni a las externas al recinto portuario al quedar fuera del área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Así mismo queda establecido que el desarrollo del proyecto, no va alterar significativamente la circulación superficial en el sistema lagunar, y si bien el tiempo de residencia incrementará principalmente en la parte interna del Vaso II y III, esto será poco significativo para las variabilidades diurnas y semidiurnas que un sistema lagunar tropical experimenta y por tanto las condiciones bióticas no sufrirán de un estrés pronunciado. Con las medidas de mitigación y compensación expuestas en el Capítulo VI, la recuperación de la flora se verá reflejada en la conservación de la fauna, apoyando los servicios ecosistémicos, así como las funciones ecológicas de reproducción, refugio, alevinaje y forrajeo, entre otras, lo que mantendrá su productividad. Esto será vigilado y mantenido con la puesta en funcionamiento del Centro de Investigación Ambiental Portuario y el Programa de vigilancia ambiental durante la operación del proyecto.

1.3. El Acuífero y la Interfaz Dulce-Salina

La hidrogeología regional, marcada por los acuíferos El Colomo y Venustiano Carranza, mantiene un flujo base constante de 0.52 m^3/s hacia la laguna. Existe vulnerabilidad de la intercorrelación debido a la alta permeabilidad de los depósitos aluviales que hace que el sistema sea sensible a la intrusión salina si se modifican drásticamente los gradientes de presión hidrostática por dragados profundos. Sin embargo, el diagnóstico confirma que el impacto sobre el flujo regional subterráneo es minúsculo, limitándose a ajustes locales en la interfaz de mezcla. Esto deja ver que no habrá alteraciones en flujo lagunar del subsuelo hacia la parte interna lagunar donde se realizan las actividades de extracción de sal, con lo cual esta actividad productiva queda fuera de posible influencia de la realización del puerto.

2. Integridad Biótica y Rutas Ecológicas

La riqueza biológica de la laguna no es estática; por lo que el proyecto conserva las islas del Vaso II como Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación, Reconoce la existencia de un Sitio RAMSAR, promueve la conservación de especies protegidas al vincularse con dos campamentos tortuguero de la región, y en un futuro participar con estudios para el funcionamiento de una posible Area Natural Protegida continental y marina entre la cuenca alta, Vaso III, IV, Estero Palo Verde y frente marino. De esta manera se da continuidad a las rutas ecológicas que vinculan el océano con el interior de los vasos y su cuenca alta.

2.1. Recuperación del Manglar

En cumplimiento con las directrices de la SEMARNAT (NOM-022 y NOM-059), se identifican 21.87 hectáreas de manglar (principalmente *Rhizophora mangle*) dentro de la zona de afectación directa. La intercorrelación ecológica muestra que la salud de estos bosques está ligada al "pulso de inundación". Si la hidrodinámica se ve comprometida, el manglar sufre estrés por hipersalinidad o anoxia radicular. Sin embargo, el diagnóstico resalta una tendencia de expansión histórica del manglar en el Vaso II tras la apertura del Canal Tepalcates, lo que sugiere que, si se mantiene la calidad del flujo, el ecosistema posee una alta capacidad de recuperación y expansión en áreas compensatorias de los Vasos II, III y IV.

2.2. Conectividad Trófica y Mega-Fauna

La producción primaria depende de la calidad del agua del sistema, actualmente los resultados obtenidos reflejan una comunidad fitoplanctónica dinámica y sensible a cambios ambientales, aunque la dominancia de algunas especies como las diatomeas muestran un sistema saludable y dependiente de las condiciones ambientales del propio sistema, tales como la disponibilidad de nutrientes, luz y régimen hidrodinámico. A su

CONSULTA PÚBLICA

vez, niveles tróficos del plancton de otros eslabones tróficos como el zooplancton y el ictioplancton podrían verse afectadas al existir un cambio en la estructura del fitoplancton y al mismo tiempo por cambios asociados directamente al desarrollo del proyecto, por ejemplo, las actividades de dragado y transporte de materiales modificarán la estabilidad de la columna de agua lo que puede perturbar a estos organismos. La variabilidad de los parámetros que determinan el desarrollo fitoplanctónico podrían verse comprometidos con la construcción del nuevo puerto si no se implementan las medidas necesarias descritas en la preparación, construcción y operación del proyecto.

Con relación a los organismos del bentos, las características presentan un ecosistema con perturbación moderada, con dominancia de especies tolerantes y baja diversidad. Considerando la capacidad de recuperación natural del sistema lagunar, la naturaleza localizada de las actividades de dragado y la dinámica hidrológica existente, se estima que los impactos serán de magnitud baja a moderada, de carácter temporal y parcialmente reversibles, siempre que se implementen medidas adecuadas de prevención, control y monitoreo ambiental.

El sistema funciona como una zona de crianza y protección para especies de importancia comercial y ecológica, como aves, crustáceos, equinodermos, moluscos, peces, mamíferos y reptiles. Actualmente algunas especies se encuentran amenazadas en la región, debido a la tala de vegetación, incluyendo manglar, desarrollo de infraestructura, pérdida de humedales, contaminación química y turismo. Dentro del sistema se encuentran especies en categoría de riesgo, además el sistema funciona como zona de refugio, alimentación y reproducción de una importante cantidad de especies muchas de ellas migratorias y/o de importancia comercial, para las cuales se tendrán que implementar la acciones y estrategias que cumplan con los requerimientos ecológicos para conservar los corredores bioclimáticos y asegurar la supervivencia de estas especies.

Existe una correlación espacial entre el frente marino y el interior de la laguna: las larvas de peces y crustáceos ingresan por el Canal Tepalcates para desarrollarse en el Vaso II antes de migrar nuevamente al mar. Externamente, el diagnóstico identifica rutas migratorias de ballena jorobada y zonas de anidación de tortuga golfina. El riesgo identificado es el enmascaramiento acústico y las colisiones por el incremento del tráfico marítimo, para lo cual se proponen medidas de gestión operativa que reconozca los ciclos biológicos de estas especies y su importancia socioecológica.

3. El Nexo Socio-Ambiental: Economía Tradicional y Desarrollo Estratégico

El diagnóstico regional no estaría completo sin el análisis del impacto sobre los sistemas de vida locales. La intercorrelación socioeconómica revela que la alteración física del Vaso II tiene consecuencias humanas inmediatas.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla IV. 233. Impacto en los principales sectores sociales/productivos y su vínculo con el SAR.

Sector Social	Vínculo con el SAR	Impacto Correlacionado
Pescadores Ribereños	Dependencia de la calidad del agua y rutas de navegación en los vasos lagunares.	Reducción de capturas por turbidez y barreras físicas al tránsito.
Salineros	Sensibilidad al balance hídrico y salinidad de los Vasos III y IV.	Riesgo de percepción sobre la calidad de la sal por cambios hidrodinámicos.

Apicultores	Polinización ligada a la flora nativa y manglares.	Pérdida de servicios ecosistémicos por deforestación de SBC y manglar.

La presión sobre los municipios de Manzanillo y Armería se manifiesta en la competencia por el espacio y los recursos. El diagnóstico concluye que la legitimidad del proyecto portuario depende de su capacidad para integrarse sin desplazar las actividades tradicionales, en teste sentido, se comprometen apoyos que garanticen que la conectividad física de la laguna siga sustentando la base económica de los más de 300 socios cooperativistas y permisionarios que dependen del SAR.

4. Síntesis del Diagnóstico Regional

La intercorrelación de todos los parámetros analizados confirma que la Laguna de Cuyutlán es un sistema resiliente, pero bajo tensión. Los principales hallazgos del diagnóstico son:

- Unicidad Hidráulica: La conectividad entre vasos y el frente marino es el factor crítico de éxito ambiental; el proyecto debe funcionar como una Unidad Hidrológica que garantice la funcionalidad ecológica de la biota.
- Impactos Confinados: Las alteraciones más severas son locales (Vaso II), mientras que a escala regional el sistema mantiene sus funciones ecológicas y productivas esenciales (Vasos IIIy IV).
- Protección de flora y fauna: Preservación de zonas de manglar considerando la capacidad de resupuesta ambiental a perturbaciones que han existido previamente en los vasos I y II en la laguna y la mitigación de colisiones con mamíferos y quelonios marinos a partir de la identificación de sitios con mayor riesgo de interacción con los barcos, son los ejes rectores que blindarán el cumplimiento normativo.
- Este desarrollo portuario, es técnicamente viable desde una perspectiva regional siempre que se implementen medidas de mitigación que mantengan la dinámica natural de flujos y se establezcan programas de vigilancia ambiental rigurosos que abarquen los cuatro vasos y el frente marino. Para asegurar que su hidrología subterránea y superficial asegure la funcionalidad ecológica del sistema lagunar, sus servicios y biodiversidad.
- Como parte del proyecto se compromete el funcionamiento del Centro de Investigaciones Ambiental Portuario, cuyas funciones sustantivas serán el monitoreo y la investigación con la participación de los distintos actores sociales y productivos del entorno, su sensibilización y educación ambiental a través de actividades de gobernanza participativa para la sustentabilidad del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

IV.3.20 Bibliografía

Abbott, R. T. 1974. *American Seashells: The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America*. Van Nostrand Reinhold Company.

Acevedo-Cervantes, A. (1997). Caracterización ecológica de la comunidad íctica de la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 108 p

Acevedo, J. A., A. Aguayo-Lobo, y L. A. Pastene. (2006). Filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*, Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. *Revista de Biología Marina y Oceanografía, 41(1),* 11-19.

Administración Portuaria Integral de Manzanillo. (2010). Seguimiento ambiental puerto de Manzanillo: Programa maestro de desarrollo portuario 2000–2010. Licitación pública No. LA-009J3B001-E71-2021.

Administración Portuaria Integral. (2019). Se ampliará el puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. https://puertomanzanillo.com.mx/esps/2111567/se-ampliara-el-puerto-de-manzanillo--en-la-laguna.html

Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo. (2024). Estadísticas de operación portuaria comparativa enero-diciembre 2023 / enero-diciembre 2024: Puerto Manzanillo. Secretaría de Marina. https://www.puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/RE-DICIEMBRE-2024.pdf

Aguilar-Olguín, S., Hernández-Corona, A., Hernández-Jiménez, L. Y., Jiménez-Quiroz, M. C., Márquez Millán, R., Pérez Contreras, Z., Rivera Rodríguez, M., Quijano-Scheggia, S. I., Santana-Hernández, H., & Valdez-Flores, J. J. (2016). Protección y conservación de la tortuga marina. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), La Biodiversidad en Colima: Estudio de Estado (pp. 647-651). CONABIO.

Ahumada-Martínez, O., Hernández-López, J. y Liñán-Cabello, M. A. 2018. Occurrence of tumors among gastropods *Plicopurpura pansa* (Gastropoda: Neogastropoda) in the Port of Manzanillo, Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(24): 24064–24072.

Albores, J. E. R. (2002). Avifauna de la región oriente de la sierra de Huautla, Morelos, México. Anales del Instituto de Biología serie Zoología.

Alcala, S. A. A. (2022). Diversidad de mamíferos carnívoros en Rancho" La Volanta", Sonora, Mexico. In In: Neary, DG; Gottfried, GJ, eds. Collaboration Now for the Future: IV Conference on the Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago. Proceedings RMRS-P-79. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 492-494. (Vol. 79, pp. 492-494).

Allison, E. H., & Ellis, F. (2001). The livelihoods approach and management of small-scale fisheries. Marine Policy, 25(5), 377–388. https://doi.org/10.1016/S0308-597X(01)00023-9

Amador-Larios, G. A., García-Grajales, J., & Buenrostro-Silva, A. (2025). Las tortugas golfinas (Lepidochelys olivacea) ¿se enferman? Herpetología Mexicana, (9), 25-36.

Amezcua, L.F., J. Madrid-Vera, H. Aguirre-Villaseñor. (2006). Efecto de la pesca artesanal de camarón sobre la ictiofauna en el sistema lagunar de Santa María la Reforma, suroeste del Golfo de California. Cienc Mar. 32(1):97-109.

CONSULTA PÚBLICA

Anguiano-Cuevas, Refugio; Aramis Olivos-Ortiz; Omar Cervantes; Isaac Azuz-Adeath; Nancy Ramírez-Álvarez; María C. Rivera-Rodríguez. 2015. Evaluation of trophic state in the Palo Verde estuary (Colima, México), action to regulating agricultural activities. Revista de Gestão Costeira Integrada/Journal of Integrated Coastal Zone Management. 15(4): 507-522. DOI: 10.5894/rgci582

ANUIES. (2023). Anuario estadístico de educación superior 2022-2023. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. https://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior

Arceo-Carranza, D., M.E. Vega-Cendejas, J.L. Montero-Muñoz, M.J. Hernández de Santillana. (2010). Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. Rev. Mex. Biodiv. 81:823-837.

Arriaga, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). (1998). Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html

Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). (1998). Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México

ASF (2020). CFE Generación II. Mantenimiento a unidades de la Central Termoeléctrica Manzanillo y referencias al suministro de gas regional.

Baird, R. W., Gorgone, A. M., McSweeney, D. J., Webster, D. L., Salden, D. R., Deakos, M. H., Ligon A.D., Chhorr, G.S., Barlow, J. & Mahaffy, S. D. (2008). False killer whales (Pseudorca crassidens) around the main Hawaiian Islands: Long-term site fidelity, inter-island movements, and association patterns. Marine Mammal Science, 24(3): 591-612.

Balance Nacional de Energía (2024R, publicado en 2025). Referencias a terminales de almacenamiento y regasificación de gas natural licuado, incluida Manzanillo, Colima

Balderas-Valdivia, C. J., A. Gonzáles-Hernández y A. Leyte-Manrique. (2021). Servicios ecosistémicos de reptiles venenosos en el trópico seco. Herpetología Mexicana 1: 19-38.

Ballance, L.T. (2000). Cetacean Ecology. Pp. 208-214. En: W.F. Perrin; B. Würsig y J.G.M. Thewissen (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. USA. 1414 pp.

Baltierra-Rodríguez, J. L., Gluyas-Millán, G. & Chávez-Comparan, J. C. (1983). La marea roja de abril de 1982 en la laguna de Cuyutlán, Colima, México. Ciencias Marinas, 9(1), 35-39.

Barlow, J. y Gentry, R. (2004). Report of the NOAA workshop on anthropogenic sound and marine mammals, 19 20 February 2004. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-361. 28 pp.

Bjorndal, K.A. (2000). Prioridades para la investigación en hábitats de alimentación. Pp 13-15. En: Eckert, K.L.; Bjorndal, K.A.; Abreu-Grobois, F.A. y Donnelly, M. (eds.). Técnicas de investigación y manejo para la

CONSULTA PÚBLICA

conservación de tortugas marinas. (Traducción al español). Grupo especialista en tortugas marinas. UICN/CSE. Publicación No. 4. 270 pp.

Banco Mundial. (2022). Informe sobre el desarrollo mundial 2022: Finanzas al servicio de la recuperación equitativa. Banco Mundial. https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2022

Batmanghelich, F., Li, L., y Clark, S. (2022). Microbiologically assisted stress corrosion cracking of pipeline steel: A review. Engineering Failure Analysis, 131, 105822. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105822

Becerril González, M. (2022). Una revisión sobre la migración de las aves rapaces y los efectos toxicológicos de los metales pesados. Espacio I+ D, Innovación más Desarrollo, 11(31), 10-31644.

Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., Halpern, B., Hays, C. G., Hoshino, K., Minello, T., Orth, R. J., Sheridan, P. F., & Weinstein, M. P. (2001). The identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries forFish and Invertebrates. BioScience, 51(8), 633–641.

Bejarano-Ramírez, Jose M. Jurado, R. Muñiz-Valencia, Á. Alcazar, Silvia G. Ceballos-Magaña, A. Olivos-Ortiz & O. Rangel. 2017. Comparative study of As, Cd, Cu, Cr, Mg, Ni, Pb and Zn concentrations between sediment and water from estuary and port. International Journal of Environmental Science and Techonology. Elsevier. DOI 10.1007/s13762-016-1235-5

Bellas, J. 2006. Comparative toxicity of alternative antifouling biocides on embryos and larvae of marine invertebrates. Sci. Total Environ., 367: 573-585. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.028

Benedetti, F., Gruber, N., & Vogt, M. (2023). Global gradients in species richness of marine plankton functional groups. Journal of Plankton Research, 45(6), 832–852. https://doi.org/10.1093/plankt/fbad044

Berkes, F. (2008). Sacred ecology (2nd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203928950

Beteta-Hernández, C. I., Zuria, I., Garcillán, P. P., Beltrán-Morales, L. F., Moreno, M. d. C. B., & Avilés-Polanco, G. (2025). Causal Effect Analysis of the Relationship Between Relative Bird Abundance and Deforestation in Mexico. Birds, 6(3), 36. https://doi.org/10.3390/birds6030036

Blaber, S. (1997). Fish and fisheries of Tropical Estuarines. Capman & Hall. Fish and fisheries series 22. 367 pp.

Blanco, J., Fernández, M.L., Míguez, A., Moroño, A. 1999. Okadaic acid depuration in the mussel Mytilus galloprovincialis: one- and two-compartment models and the effect of some environmental conditions. Marine Ecology Progress Series. 176:153-163.

Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin 40: 1100–1114.

Borja A, Muxika I, & Franco J. 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. Marine Pollution Bulletin 46: 835–845.

Bouchard, S.S. y Bjorndal, K.A. (2000). Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. Ecology, 81(8): 2305-2313.

Bouchkara, M., Redouane, A., y El Behja, A. (2024). Hydrodynamic Modeling of Khenifiss Coastal Lagoon, Southern Atlantic Coast of Morocco: Implications for Sediment Infilling. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 41(1).

CONSULTA PÚBLICA

Cabral-Solís, E.G. (2011). Efectos antropogénicos sobre la calidad del agua, diversidad y abundancia de la fauna nectónica de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR). 144 pp.

Cadena-Estrada, A., Ortega-Ortiz, C. D. y Liñán-Cabello, M. A. 2019. Cryptic fish associated with different substrates in two coastal reef communities of Colima, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(2): 318–330.

Campbell-Malone, R., Barco, S. G., Daoust, P. Y., Knowlton, A. R., McLellan, W. A., Rotstein, D. S., & Moore, M. J. (2008). Gross and histologic evidence of sharp and blunt trauma in North Atlantic right whales (Eubalaena glacialis) killed by vessels. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 39(1), 37-55.

Campos-Dávila, L. (1998). Composición y abundancia de la ictiofauna capturada con red agallera en el área de Loreto, Baja California Sur. México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Centro Interdisciplinario de Ciencia Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 106 p.

Capetillo-Piñal, N. (2016). Cambios en la diversidad de la macrofauna del Golfo de Batabanó, Cuba: su relación con factores antrópicos y naturales. Tesis (Doctorado en Ciencias Marinas). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 182 p

Carwardine, M. (2000). Whales, dolphins, and porpoises. Dorling Kindersley. 256 pp.

Castillo-Rivera, M., & Zárate Hernández, R. (2001). Patrones espacio-temporales de la abundancia de peces en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz. Hidrobiológica, 11(1), 75–84. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972001000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Castro-Longoria, R., J.M. Grijalva-Chon, J.F. Sánchez-Osuna. (2002). Comunidad de peces de la laguna costera del El Sargento, Sonora, México. Cienc Mar. 6(17):3-16.

CEPAL. (2021). Panorama Social de América Latina 2021. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas. https://www.cepal.org/es/publicaciones/47718-panorama-social-america-latina-2021CFE (2019). Información institucional sobre el complejo termoeléctrico y de ciclo combinado de Manzanillo.

CFE (Plan de Negocios 2022-2026). Referencia a la terminal de Manzanillo como respaldo de suministro para centrales de la región.

Chapa Balcorta Cecilia, T. Leticia Espinosa Carreón, Víctor Hugo Martínez Magaña, A. Itahi De la Cruz Ruiz J. Hugo Oswaldo García Burciaga, Ramón Sosa Ávalos, José Martín Hernández Ayón. (2024). Avances en el estudio de la acidificación en el Pacífico Mexicano: Una historia de colaboración. En: Exploración científica en territorio mexicano a bordo del Buque de Investigación Dr. Jorge Carranza Fraser: 10 años generando conocimiento de nuestros mares y sus recursos pesqueros. Rojas-González RI, JRF Vallarta-Zárate, JE Osuna-Soto, EV Pérez-Flores. IMIPAS. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/942961/10_a_os_del_BI_Jorge_Carranza-comprimido.pdf

Chávez, J. C., y Ortiz-Lira., H. (1986). Áreas de importancia ecológica de la zona costera del estado de Colima. Estado Actual. Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología IPN, IV(16), 7-15.

CONSULTA PÚBLICA

Chen, D., Liu, Q., Liu, Q., & Zhao, T. (2025). Modeling reveals the shift in phytoplankton community structure in coastal ocean caused by the Three Gorges Dam. Environmental Research, 271, 121069. https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2025.121069

COFEPRIS. (2016). Comisión Federal para la protección contra Riesgos Sanitarios. Antecedentes en México. Recuperado de: http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Marea%20Roja/Ante cedentesMexico.aspx

Cole M.,Lindeque P., Halsband C. and Galloway T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. Marine Pollution Bulletin (62): 2588 —2597. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2019). Informe de la actividad portuaria de América Latina y el Caribe 2018. https://www.cepal.org/es/notas/informe-la-actividad-portuaria-america-latina-caribe-2018

Cordero-Tapia, A. y Romero-Vivas, E. (2017). Opportunistic underwater recording of what might be a distress call of *Chelonya mydas agassizii*. *Journal of Acoustical Society of America, 142 (4)*, 2597.

CIPAMEX (Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves) y CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2015). Áreas de importancia para la conservación de las aves, 2015. Catálogo de metadatos geográficos. Escala 1:250000. México, D.F.

CONABIO. (2009). Caracterización del sitio de manglar Laguna de Cuyutlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONABIO. (2009). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México D.F.

CONABIO. (2014). Áreas elegibles para la conservación en México, 2014. Escala 1:250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

CONABIO. (2016). Sitios prioritarios para la restauración, escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D:F.

CONABIO. (2017). Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad de México, escala 1:1 000 000. México

CONABIO. (2021). Huico de líneas de Jalisco (Aspidoscelis lineattissimus). Recuperado el 11 de marzo de 2021. https://enciclovida.mx/especies/27408-aspidoscelis-lineattissimus

CONABIO. (2021. Sitios de atención prioritaria para la conservación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO. (2026). Pato mexicano Anas diazi. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. Recuperado el 11 de marzo de 2026. https://enciclovida.mx/especies/135279-anas-diazi

CONABIO-CONANP (2010). Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad de México (2010), escala 1:1,000,000. México, D.F.

CONABIO, CONANP, PNUD. (2019). Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad de México, escala: 1:250000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONSULTA PÚBLICA

CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura. (2007). Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/spm1mgw.html

CONABIO-UICN, (2012). Sitios de atención para restauración del paisaje forestal en México, escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. DF.

CONAGUA. 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Santiago-Salagua (0609), estado de Colima. DOF. 20 de abril 2015. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/273116/DR_0609_SANTIAGO_SALAGUA_COLIMA.pdf

Comisión Nacional del Agua. (2023, 18 de septiembre). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5708074

CONANP. (2011). Ficha Informativa Ramsar: Vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán, Colima. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CONAPO. (2023). Conciliación demográfica de México 1950-2019 y proyecciones de la población de México y de las entidades federativas 2020-2070. Secretaría General del Consejo Nacional de Población. https://www.gob.mx/conapo/acciones-y-programas/conciliacion-demografica-de-1950-a-2019-y-proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2020-a-2070

CONAPO. (2024). Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios de México 1990-2040. Secretaría General del Consejo Nacional de Población. https://www.gob.mx/conapo/documentos/reconstruccion-y-proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-1990-2040

Contreras, F. (1985). Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, SEPESCA. México, D. F. 253 p.

CONEVAL. (2020). Medición de pobreza a nivel municipio 2010-2020. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx

CONEVAL. (2020). Informe de pobreza y evaluación 2020. Colima. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Colima_2020.pdf

Consejo de Europa. (2000). Convenio Europeo del Paisaje. Florencia: Council of Europe.

Cortés-Altamirano, R. (1998). Las mareas rojas. México, D. F. Editor A.G.T.

Cos, María Antonieta Moguel (2024). Arqueología de la Laguna de Cuyutlán. Quince años de trabajos. INAH. AF Medios (2024). Laguna de Cuyutlán en condiciones óptimas para la pesca; hay más de 19 organizaciones pesqueras porteñas en ésta.

Coulter, MC, y Bryan Jr, AL (1993). Ecología de la alimentación de las cigüeñas de madera (Mycteria americana) en el centro-este de Georgia I. Características de los sitios de alimentación. Colonial Waterbirds , 59-70.

CONSULTA PÚBLICA

Cross-Buchanan, C. F. C. (2018). Zonificación Ambiental, basada en la avifauna presente en el Humedal Campeche, comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso.

Cruz-Romero, M., Espino-Barr, E., Garcia-Boa, A. (1989). Lista de Peces del litoral colimense. Serie: Documentos de Trabajo, SEPESCA/INP, México, Año 1:9, 21 pp.

Day, J. W. & A. Yáñez-Arancibia. (1985). Coastal lagoons and estuaries as an environment for nekton. 17-34 pp. In: A. Yáñez-Arancibia (Ed.) Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons. Edited UNAM Press, Mexico. 654 p.

Day, J., Hall Ch., Kemp W. y Yañez-Arancibia, A. (1989). Estuarine Ecology. A Wiley Intersciencie publication., ISBN 0471062634, 9780471062639. 557 pp.

Davis, WJ (1982). Tamaño del territorio en Megaceryle alcyon a lo largo de un hábitat fluvial. The Auk , 353-362.

De la Lanza Espino, Guadalupe; Ortiz Pérez, Mario Arturo y Carbajal Pérez, José Luis. (2023). Diferenciación hidrogeomorfológica de los ambientes costeros del Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe. Investigaciones Geográficas. 81: 33-50. https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n81/n81a4.pdf

Denkinger, J., Parra, M., Muñoz, J. P., Carrasco, C., Murillo, J. C., Espinosa, E., Rubianes, F., y Koch, V. (2013). Are boat strikes a threat to sea turtles in the Galapagos Marine Reserve?. *Ocean & coastal management, 80,* 29-35.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2006). NOM-039-PESC-2003. Pesca responsable de jaiba en aguas de jurisdicción federal del litoral del Océano Pacifico. Especificaciones para su aprovechamiento.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2015). NOM-016-SAG/PESC-2014. Para regular la pesca de lisa y liseta o lebrancha en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. Diario Oficial de la Federación, 29 de julio de 2015.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2016). Norma Oficial Mexicana NOM-060-SAG/PESC-2016, Pesca responsable en cuerpos de aguas continentales dulceacuícolas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Lunes 19 de septiembre de 2016, SAGARPA. México. 54p.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2023). Acuerdo mediante cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera (CNP). Ficha de escama estuarina Laguna de Cuyutlán, Colima. 21/07/2023. 164 pág.

Díaz-Ruiz S., Aguirre-Leon, A. y Cano-Quiroga, E. (2006). Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del surde Chiapas. México. Hidrobiológica 16(2):197-210

Duarte, C. M. (2009). Coastal eutrophication research: a new awareness. In Eutrophication in Coastal Ecosystems (pp. 263-269). Springer, Dordrecht.

Duck, RW y da Silva, JF (2012). Lagunas costeras y su evolución: una perspectiva hidromorfológica. Ciencia de los estuarios, las costas y la plataforma, 110, 2-14.

Duquesne, E., y Fournier, D. (2025). Climate change redefines sea turtle hotspots: Vessel strike risks and gaps in protected areas. *Science advances, 11(26),* eadw4495.

CONSULTA PÚBLICA

Durán, A. A. (2017). Datos preliminares sobre la influencia de la turbidez del agua y profundidad en el éxito de captura de presas por Megaceryle torquata (Aves, Alcedinidae). Revista Biodiversidad Neotropical, 7(3), 152-155.

Eckert, K. L., Bjorndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (Eds.). (2000). Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.

El Zrelli, R., Rabaoui, L., Abda, H., Dhib, A., Courjault-Radé, P., y Bejaoui, N. (2021). Surface sediment enrichment with trace metals in a heavily human-impacted lagoon (Bizerte Lagoon, Southern Mediterranean Sea): Spatial distribution, ecological risk assessment, and implications for environmental protection. Environmental Science and Pollution Research, 28, 55023–55038. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14668-8

El Comentario (2025). Pescadores de la laguna de Cuyutlán exigen indemnización por ampliaciones portuarias.

EPA (2025). Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM).

EPA (2025b). Human Health Water Quality Criteria and Methods for Toxics.

Espino Barr, E. (2000). Criterios biológicos para la administración de la pesca multiespecífica artesanal en la costa de Colima, México.

Espino-Barr E, M Gallardo-Cabello, EG Cabral-Solís, A Garcia-Boa, M Puente-Gómez. (2006). Aspectos biológico pesqueros del jurel Caranx caninus Günther, 1868, en la costa de Colima. Ciencia Pesquera. 10p.

Espino-Barr E, M Gallardo-Cabello, M Puente-Gómez, A Garcia-Boa, M Salas-Maldonado. (2019). Reproduction of the yellowfin snokk Centropomus robalito (Teleostei: Centropomidae) in Cuyutlan Lagoon, Mexican.

Estrada Valencia, A., Serrano Barquín, R., & Espíndola-Villarón, J. A. (2016). Protección y conservación de la tortuga marina en las costas. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), La Biodiversidad en Colima: Estudio de Estado (pp. 615-620). CONABIO.

Falkowski G. Paul and Raven A. Jhon. (1997). Aquatic Photosysthesis. Black Well Science. 1ra Ed. USA. pp 375.

Farías-González, V., & Hernández-Mendoza, K. H. (2021). Coexistence of three mephitids in Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. Therya, 12(3). https://doi.org/10.12933/therya-21-1118

Farías-Rivero, N. A., Ramírez-Barajas, P. J., Cedeño-Vázquez, J. R., Sánchez-Sánchez, J., Asselin-Nguyen, A., Macario-Mendoza, P. A., & Tuz-Novelo, M. (2022). Cambios en la diversidad de aves ante la perturbación de hábitats del sur de Quintana Roo, México. Acta zoológica mexicana, 38. https://doi.org/10.21829/azm.2022.3812462

Ferrer-Aguilar, M.J. (2022). Characterization of acoustic activity for recurrent dolphins´ species from the Mexican Central Pacific. Master thesis. Universidad de Algarve, Portugal. 75 pp.

Figueroa-Torres, M. G. y Zepeda-Esquivel, M. A. (2001). Mareas rojas del puerto interior, Colima, México. Scientiae Naturae, 3(2), 39-52

CONSULTA PÚBLICA

Foley, A. M., Stacy, B. A., Hardy, R. F., Shea, C. P., Minch, K. E., y Schroeder, B. A. (2019). Characterizing watercraft-related mortality of sea turtles in Florida. *The Journal of Wildlife Management, 83(5),* 1057-1072.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food security (FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 10). FAO. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/a0965e

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). The importance of bees and other pollinators for food and agriculture. FAO. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i9527en

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). Voluntary guidelines for securing sustainable small-scale fisheries in the context of food security and poverty eradication. FAO. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i4356en

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. & Niem, V. (1995). Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacifico centro-oriental. Vol. I. Plantas e Invertebrados. Food and Agriculture Organization, Rome.

Froese, R. and D. Pauly. (2024). Fishbase. Word wide web electronic publication. https://www.fishbase.us/search.php

Funes-Rodríguez, R., González-Armas, R., & Avendaño-Ibarra, R. (1998). Distribución y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. HIDROBIOLÓGICA, 8(1), 55–66. https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/708

Gallardo-Cabello M, E Espino-Barr, A Garcia-Boa, M Puente-Gómez, EG Cabral-Solís. (2015). Reproduction of Diapterus brevirostris (Percoidei: Gerreidae) in the Mexican Pacific coast. Global Journal of Fisheries and Aquaculture. Science Research Journals 3(5): 221229. http://www.globalscienceresearchjournals.org/.ISSN: 2408-5464.

Galván-Villa, C. M., Rubio-Barbosa, E. y Martínez-Melo, A. 2018. Riqueza y distribución de equinoideos irregulares (Echinoidea: Cassiduloida, Clypeasteroida, Holasteroida y Spatangoida) del Pacífico central mexicano. Hidrobiológica, 28(1): 83–91.

García-Córdova, E. A., Herrera-Dorantes, M. T., May-Kú, M. A., & Ardisson, P. L. (2024). Spatial distribution of zooplankton in the salinity gradient between the Dos Bocas port and the Mecoacan lagoon,Tabasco. Hidrobiologica, 34(1), 61–69. https://doi.org/10.24275/QSPU3533

García-Grajales, J. y Buenrostro-Silva, A. (2014a). Abundancia y estructura poblacional de Crocodylus acutus (Reptilia: Crocodylidae) en la laguna Palmasola, Oaxaca, México. Revista de Biología Tropical, 62, 165–172.

García-Grajales, J. y Buenrostro-Silva, A. (2014b). El Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca: perspectivas a sus 75 años. Revista Ciencia Ergo Sum,21, 149–153.

García-Grajales, J., & Buenrostro-Silva, A. (2017). Estimación poblacional del cocodrilo americano (Crocodylus acutus) en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México. Revista mexicana de biodiversidad, 88(4), 936-943.

García-Nava Hector, Julieta Hernandez-Lopez, Manuel Gerardo Verduzco-Zapata, Marco Agustin Linan-Cabello and Rodolfo Silva-Casarin. (2026). Wave Climate Dynamics of a Morphologically Complex

CONSULTA PÚBLICA

Coast:A Hybrid Downscaling Study of Manzanillo, Mexico. J. Mar. Sci. Eng. https://doi.org/10.3390/jmse14060544

Garcés-Ordóñez, O., & Canals, M. (2022). La contaminación por microplásticos también amenaza a las lagunas costeras de todo el planeta. Universidad de Barcelona. Recuperado de https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/microplastic-pollution-threats-the-worlds-coastal-lagoons

Gasca, R., & Castellanos, I. (1993). Zooplancton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México. Revista de Biología Tropical, 41(3), 619–625.

Gasca, C. V. M., Medina, R. B., & Novelo, C. C. (2011). Los plaguicidas y su impacto sobre la fauna silvestre de la Península de Yucatán. Bioagrociencias, 4(2), 4-9.

Gendron, D. (2002). Population ecology of the blue whale Balaenoptera musculus from the Baja California peninsula. Doctoral thesis. Centro de Investigación científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.

Giner, S., Sainz-Borgo, C., Torres, L., Sanz, V., Angelozzi, G., & Sharpe, C. J. (2017). Distribución de la Aguja Moteada Limosa fedoa en Venezuela. Rev. Venez. Orn, 7, 57-61.

Glass, A. H., Cole, T. V. N., & Garron, M. (2009). Mortality and serious injury determinations for baleen whale stocks along the United States eastern seaboard and adjacent Canadian Maritimes, 2003–2007. Northeast Fish Science Center Reference Document 09-04. Northeast Fisheries Science Center, NOAA, Woods Hole, MA

González Orea, H. (2023). Evaluación de la calidad del aire mediante el biomonitoreo con el pinzón mexicano (Haemorhous mexicanus) y la percepción social en la ciudad de Puebla.

Gonzáles-Varo, J. P., J. M. Fedriani, J. V. López-Bao, J. Guitián y A. Suárez- Esteban. (2015). Frugivoría y dispersión de semillas por mamíferos carnívoros: rasgos funcionales. Ecosistemas 24(3): 43-50.

Gracía, A y Cabrera-Reyes, A. (2008). Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. Acta Zool. Mex [online]. 2008, vol.24, n.3, pp.91-115. ISSN 2448-8445.

Grijalva-Chon, J. M., Castro-Longoria, R., & Bustamante-Monge, A. (1992). Distribution, abundance and diversity of fish larvae in Santa Rosa coastal lagoon, Sonora, Mexico. Ciencias Marinas, 18(2), 153–169. https://doi.org/10.7773/cm.v18i2.888

Giménez, G. (2007). Estudios sobre la cultura y las identidades sociales. CONACULTA; Instituto Coahuilense de Cultura.

Gobierno del Estado de Colima (2024). Autorización del nuevo Hospital del IMSS en Manzanillo.

González-Chan, R., Hernández-Silva, L. G., Navarro-Ornelas, J. & Blanco-Padilla, M. A. (2007). Proliferación algal nociva en las bahías del puerto de Manzanillo, Colima (marzo-mayo 2007). En: Memorias del XIV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología 29-31 octubre 2007, Nuevo Vallarta, México

Gutiérrez-Barreras, J.A. (1999). Ictiofauna de fondos blandos de la bahía de Topolobampo, Sinaloa, México. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 108 p.

CONSULTA PÚBLICA

Gutiérrez-Mendieta, F.J., Varona-Cordero F., Contreras-Espinosa, F. (2006). Caracterización de las condiciones físicos-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del estado de Chiapas, México. Hidrobiológica. 16(2): 137-146 pp.

Guzmán-Barrera, R. M. y Altamirano, C. L. 2011. Seguimiento ambiental del proyecto de regasificación. Informe técnico interno no publicado.

Hernández-López Julieta, Aramis Olivos-Ortiz, Marco Agustín Liñan-Cabello, Omar Cervantes-Rosas, Christian Daniel Ortega-Ortiz, Víctor Bautista-López, Manuel Gerardo Verduzco-Zapata. 2023. Dispersión de nutrientes en el puerto interior de Manzanillo bajo condiciones hidrodinámicas de julio, octubre y diciembre de 2016. En: Investigaciones marinas y costeras del Pacífico Mexicano. Pérez-Morales A. Ed. Universidad de Colima. 293 pp. ISBN: 978-607-8814-91-6. DOI: 10.53897/LI.2023.0024.UCOL

IMIPAS. (2014–2020). Boletines hidroclimáticos de clorofila-a del Pacífico mexicano. https://www.gob.mx/imipas/documentos/boletin-clorofila

INAH (2019). Salvamento arqueológico grupo OCUPA, predios 1 y 2, Ejido de Campos, Municipio de Manzanillo, Colima.

INEGI, 2024.Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. DENUE. https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

INEGI. (2020). XIV Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

INEGI. (2024). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, segundo trimestre de 2024. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/

INEGI. (2024). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública 2024. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/programas/envipe/2024/

INEGI (2023). Censo Agropecuario 2022. Resultados definitivos. Colima.

INEGI (2024). DNUE. Establecimientos económicos

INPLAN. (2020). Instrumentos de planeación territorial y urbana del municipio de Manzanillo. Instituto de Planeación para el Municipio de Manzanillo.

INPLAN Manzanillo (2020). Zonas de inundaciones y encharcamientos y referencias de infraestructura urbana. Reporte de visita de campo (12 de febrero de 2026). Registro de puestos de pesca identificados mediante georreferenciación satelital.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production. IPBES. https://www.ipbes.net/document-library-catalogue/assessment-report-pollinators-pollination-and-food-production

Jaquet, N.; Gendron, D. y Coakes, A. (2003). Sperm whale in the Gulf of California residency, movements, behavior, and the possible influence of variation in food supply. Marine Mammal Science, 19: 545-562.

Jensen, A. S., Silber, G. K., Calambokidis, J., Campbell, C., Cordaro, J., Deiter, R., Ewald, C., Akamine, M., Flannagan, D., Ford, J., Gerrior, P., Green, J., Gulland, F., Gutierrez, D., Henshaw, M., Heyning, J. E., Lawlor, T. E., Lewis, Lotz, J., T. D., Mcclellan, W., Merrick, R., Norberg, B., Odelle, D. K., Passer, D.J.,

CONSULTA PÚBLICA

Read, N., Richards, L., Rowles, T., Sautter, R. & Woodhouse, C. D. (2004). Large Whale Ship Strike Database. (NOAA Technical Memo NMFS-OPR-25) National Oceanic and Atmospheric Administration.

Jia, R., Unsal, T., Xu, D., y Gu, T. (2021). Microbiologically influenced corrosion and current mitigation strategies: A state of the art review. International Biodeterioration & Biodegradation, 137, 104531. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.10.005

Katona S., B. Baxter, O. Brazier, S. Kraus, J. Perkins & H. Whitehead. (1979). Identification of humpback whales by fluke photographs. Pp. 33-34. In: H.E. Winn and B.L. Olla (Eds.). Behavior of Marine Animals Vol. 4. Plenum Press.

Keen, A. M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America: Marine Mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press.

Kessler, W. S. (2006). The circulation of the eastern tropical Pacific. Prog. Oceanogr., 69, 181–217. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079661106000310

Kinzey, D. ; Gerrodette, T. ; Barlow, J. ; Dizon, A.; Peeryman, W.; Olson, P. y Saunder, A.V. (1999). Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Macarthur and David Starr Jordan and unols ship Endeavor july 31-december 9, 1998. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC-283. 113 pp.

Kinzey, D. ; Gerrodette, T. ; Barlow, J. ; Dizon, A.; Peeryman, W. y Olson, P. (2000). Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Macarthur and David Starr Jordan july 28-december 9, 1999. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC-293. 89 pp.

Kinzey, D. ; Gerrodette, T. ; Barlow, J. ; Dizon, A.; Peeryman, W.; Olson, P. y Rankin, S. (2001). Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Macarthur and David Starr Jordan july 28-december 9, 2000. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC-303. 100 pp.

Knowlton, A. R., & Kraus, S. D. (2001). Mortality and serious injury of northern right whales (Eubalaena glacialis) in the western North Atlantic Ocean. Journal Cetacean Research and Management. 2(Spec Issue), 193−208.

Kono-Martínez Tadashi, Christian D. Ortega-Ortiz, Aramis Olivos-Ortiz, Ernesto Torres-Orozco and Eduardo González-Rodríguez. (2017). Oceanographic conditions and marine mammals: identifying a potential relationship in the coastal region of the Mexican Central Pacific. Revista de Biología Marina y Oceanografía Vol. 52, No 3: 479-494. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000300006.

Kozak, E. R., Olivos-Ortiz, A., Franco-Gordo, C. & Pelayo-Martínez, G. (2018). Seasonal variability of copepod community structure and abundance modified by the El Niño-La Niña transition (2010), Pacific, Mexico. Revista de Biología Tropical, 66(4), 1449-1468. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401449

Ladrón de Guevara, P. (2001). Distribución temporal y estructura de las agrupaciones de los rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) en dos áreas de reproducción del Pacífico mexicano. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Laist, D. W., Knowlton, A. R., Mead, J. G., Collet, A. S., & Podesta, M. (2001). Collisions between ships and whales. Marine Mammal Science, 17(1), 35-75.

CONSULTA PÚBLICA

Llamas-González, M. 2019. Caracterización acústica de la ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en el Pacífico Central Mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad de Colima. 111 pp.

Lazcano-Pacheco, C., Onofre-Díaz, M.A., Mesa-Yáñez, R., Llamas-González, M., Bautista-Moreno, L., Olivos-Ortiz, A., Ortega-Ortiz, C.D. (2022). Cetacean Mortality Related to Ship Traffic in the Mexican Central Pacific. Aquatic Mammals. 24 pp.

Lefebvre, K. A., & Robertson, A. (2010). Domoic acid and human exposure risks: a review. Toxicon : Official Journal of the International Society on Toxinology, 56(2), 218–230. https://doi.org/10.1016/J.TOXICON.2009.05.034

Liñán-Cabello, Marco Agustín; Olivos-Ortiz, Aramis; Quijano-Scheggia, Sonia; Muñiz Anguiano, Daniela; Reséndiz-Flores, María Luisa & Ortega-Ortiz, Christian D. (2016). Effects of terrestrial runoff on the coral communities in Santiago Bay, Colima, Mexican Pacific Coast. Revista de Biología Tropical. 64(3):1185-1200. https://doi.org/10.15517/rbt.v64i3.21817

Liñán-Cabello, M. A., Liñán-Rico, V., Ortega-Ortiz, C. y Verduzco-Zapata, M. (2020). Pathological evidence in *Plicopurpura pansa* associated with the stranding of a bulk carrier ship during Hurricane Patricia in the Mexican Central Pacific. *Environmental Science and Pollution Research*.

Liñán-Rico, V., Cruz-Ramírez, A., Michel-Morfín, J. E. y Liñán-Cabello, M. A. (2020). Rescue and relocation of benthic organisms during an urban-port development project: Port of Manzanillo case study. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(6): 1137–1148.

Liñán-Cabello, M. A., Leyva, L., de la Rosa, A. G. C., Olivos-Ortiz, A., Ortega-Ortiz, C. D. y Cárdenas-Rojas, D. M. (2025). Impact of the 2023 ENSO event on the benthic community of the San Luciano shipwreck reef. *Marine Ecology*, 46(4): e70029.

López-Adame, H., Zaragoza-Méndez, F. Á., Lara-Domínguez, A. L., Alvarado-Barrientos, M. S., Mariño-Tapia, I., Sáinz-Hernández, E., Pérez-Ceballos, R., Zaldívar-Jiménez, A., & López-Portillo, J. (2025). Effectiveness of hydrological restoration in the mangrove of a coastal lagoon in the Gulf of Mexico. Ecological Engineering. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107848

Ludwig, J. A., Quartet, L., Reynolds, J. F. & Reynolds, J. (1988). Statistical ecology: a primer in methods and computing. John Wiley & Sons,

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Hines, J. E., Knutson, M. G., & Franklin, A. B. (2003). Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. Ecology, 84(8), 2200-2207.

Magurran, A. E. (1991). Ecological diversity and its measurement. Chapman & Hall, London.

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Publishing. 256 p

Mangels, K.F y Gerrodette, T. (1994). Report on cetacean sightings during marine mammals survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Mcarthur and David Starr Jordan july 28-November 2, 1992. NOAA Technial Memorandum, NMFS, SWFSC-200. 74 pp.

Manjarrez-Acosta, C. (2001). Variación estacional de la comunidad de peces de fondos blandos del área costera del sur de Sinaloa. Tesis (Maestría en Ciencias). La Paz, Baja California Sur, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 145 p.

Margalef, R. (1972). Ecologia Marina Fundación La Saiie de Ciencias Naturales. Caracas.

CONSULTA PÚBLICA

Margalef, R. (1980). Ecología. Editorial Omega, España, 951 p.

Márquez, R. (1990). Sea turtles of the world. An Annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Species Catalogue, FAO Fish.

Martín-Del Campo, R., Bielli, A., Ortega-Ortiz, C.D., Sosa-Cornejo, I., Petatán-Ramírez, D., González-Camacho, Z.B., Merchant-Larios, H. (2024). Estimating the Sex Ratio of Adult Olive Ridley Turtles in the Mexican Pacific: A Biometric Study. *Herpetological Conservation and Biology, 19(1),* 106–116.

Martínez-Ruiz, M. (2021). Uso y selección de hábitat por el halcón selvático de collar (Micrastur semitorquatus) en la selva tropical de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, México. Journal of Raptor Research , 55 (2), 201-210.

Martínez-Vargas, J.A., H. de la Cueva, M.A., Liñán-Cabello, y C.D. Ortega-Ortiz. (2022). Morphometry and allometry of free-living Olive Ridley Sea Turtles (*Lepidochelys olivacea*) from the Central Mexican Pacific. *Latin American Journal of Aquatic Research, 5,* 633–641.

Mendoza, E., Castillo-rivera, M., Zarate-Hernández, r., y Ortiz-Burgos, S. (2009). Seasonal variations in the diversity, abundance, and composition of species in an estruarine fish community in the tropical Eastern Pacific, México. Ichthyological Research, 56, 330-339. DOI: 10.1007/s10228-009-0102-5

Menhinick, E. F. (1964). A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. Ecology, 45(4), 859-861.

Messel, H. (Ed.). (1981). Biological manipulation of life. Pergamon Press. https://www.abebooks.co.uk/9780080248240/Biological-Manipulation-Life-Messel-H-0080248241/plp

Micheli, J. (2002). Política ambiental en México y su dimensión regional. Región y sociedad, 14(23).

Minton, G., Folegot, T., Cosandey-Godin, A., Jacob,T., Lancaster, M., and Ushio, M. (2021) Shipping and cetaceans: A review of impacts and mitigation options for policy makers and other stakeholders. WWF Report. 72 pages.

Mirlean, N., de Bem, A. L., Quintana, G. C. R., Costa, L. P., y Ferraz, A. H. (2020). Sulfate reduction and alterability of sulfur species in sediments of an estuary with irregular hydrological regime. Ocean and Coastal Research, 68, e20321. https://doi.org/10.1590/s2675-2824202006820321

Monterrubio-Rico, T. C., Renton, K., Ortega-Rodríguez, J. M., Pérez-Arteaga, A., & Cancino-Murillo, R. (2010). The Endangered yellow-headed parrot Amazona oratrix along the Pacific coast of Mexico. Oryx, 44(4), 602-609. doi:10.1017/S0030605310000980

Moore, M. J., Van Der Hoop, J., Barco, S. G., Costidis, A. M., Gulland, F. M., Jepson, P. D., Moore, K. T., Raverty, S., & McLellan, W. A. (2013). Criteria and case definitions for serious injury and death of pinnipeds and cetaceans caused by anthropogenic trauma. Diseases of Aquatic Organisms, 103(3), 229–264.

Morten J., Freedman R., Adams J.D., Wilson J., Rubinstein A. and Hastings S. (2022). Evaluating Adherence with Voluntary Slow Speed Initiatives to Protect Endangered Whales. Front. Mar. Sci. 9:833206. doi: 10.3389/fmars.2022.833206

CONSULTA PÚBLICA

Muhammand H.Y., Indra D.K. & Nadya R.M. 2022. The effect of port development on coastal water quality: Evidence of eutrophication states in Indonesia. Ecological Economics. Volume 196, https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107415

Nájera E., Medrano, L., Frisch A., Arroyo, E., Ransome, N., Noriega F., Eliosa, E., (2022). Reporte informativo: riesgo de colisiones de embarcaciones con ballenas en el Pacífico Mexicano. WWF. 19 pp.

Navarro Alberto, J. A., Leirana-Alcocer, J. L., Hernández-Betancourt, S. F., & Guerrero-González, L. L. (2016). Palomas (Columbidae), pájaros carpinteros (Picidae) y colibríes (Trochilidae) como indicadores de sucesión en la selva baja de Dzilam, Yucatán, México. Huitzil, 17(1), 1-7.

Morales-Blake, A., Calva-Chávez, M., Bonilla-González, O., Segoviano-Quinto, L., González-Chavarin, I., Ortiz-Lira, H. & Hernández-Becerril, D. U. (2007). Las proliferaciones algales tóxicas y nocivas de las Bahías de Manzanillo, Colima, México, en el 2007. En: Resúmenes del II Taller sobre Florecimientos Algales Nocivos, Ensenada, BC.

Morales-Blake, A., Cavazos-Guerra, C., & Hernández-Becerril, D. U. (2001). Unusual HABs in Manzanillo Bay, Colima, Mexico. Harmful Algae News, 22, 6.

Morales-Blake, A., Hernández-Becerril, D. U. y Cavazos-Guerra, C. (2000). Registros de mareas rojas en las bahías de Manzanillo, Colima, México. En: Ríos-Jara, E., Juárez-Carrillo, E., PérezPeña, M., López-Linares, E., Robles-Jarero, E. G., Hernández-Becerril, D. U. & Silva-Briano, M. eds., Estudios sobre Plancton en México y el Caribe (Vol. 1, p. 155). Guadalajara, México: Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara.

Navarro-Rodríguez, M. del C., González Guevara, L. F., Flores-Vargas, R., González Ruelas, M. E., & Carrillo González, F. M. (2006). Composición y variabilidad del ictioplancton de la laguna El Quelele, Nayarit, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 41(1), 35–43. https://doi.org/10.4067/S0718-19572006000100006

Negrete-Rodríguez, F. (2020). La diversidad biológica y la composición por tallas de la ictiofauna demersal estuarina como indicadores ambientales en la laguna Barra de Navidad. Tesis de Maestría. Centro Universitario de la Costa Sur, División de Desarrollo Regional. Departamento de estudios para el desarrollo sustentable de zonas costeras. Universidad de Guadalajara. 78 pp.

NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. https://www.gob.mx/semarnat/prensa/se-publica-nom-001-semarnat-2021-que-establece-limites-de-contaminantes-en-descargas-de-aguas-residuales

OCDE. (2020). Job Creation and Local Economic Development 2020: Rebuilding Better. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/b02b2f39-en

Ochoa, E. P. (2014). Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. Revista CES Salud Pública, 5(1), 59-69.

Odum, H. (1983). Systems Ecology: An Introduction. Wiley, New York, New York, USA.

Olivos Ortiz, A., Quijano Scheggia, S. I., García Uribe, G., Galicia Pérez, M. A., & Gaviño Rodríguez, J. H. (2005). Distribución de los principales grupos fitoplanctónicos en las costas del estado de Colima durante el 2002. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

CONSULTA PÚBLICA

Olivos-Ortiz, A., R. Sosa-Ávalos, L. Silva-Iñiguez & V. Acosta-Chamorro. (2016). Efectos de los aportes de agua residual en la abundancia de especies fitoplanctónicas de las bahías de Santiago y Manzanillo. En: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. México, pp. 606-609.

Olivos-Ortiz, A., Quijano-Scheggia S. I., Pérez-Morales, A., Gaviño-Rodríguez, J. H., Kono-Martínez, T., Pelayo-Martínez, G.C., Ortega-Ortiz C. D. & Verduzco-Zapata, M. G. (2016). Condiciones hidrográficas en el Pacífico Central Mexicano relacionadas con florecimientos algales en la zona costera de Colima. P.256-267. Florecimientos Algales Nocivos en México. Ensenada, México. CICESE. https://www.researchgate.net/publication/313853226_Condiciones_hidrograficas_en_el_Pacifico_Central_Mexicano_relacionadas_con_florecimientos_algales_en_la_zona_costera_de_Colima

Ortega-Camacho, D. y E. Cejudo-Espinosa. (2018). Manual de metodologías para análisis de agua. Laboratorio de Fisicoquímicos y bacteriología. CICY-Unidad Ciencias del Agua.

Ortega-Ortiz, C. D., Díaz-Torres, E. R., Juárez-Ruiz, A. E., & Hernández-Dueñas, M. J. (2013). Cetáceos de la costa de Jalisco, Colima y Michoacán. In: E. Godinez-Domínguez & C. Franco-Gordo (Eds.). Inventario de Biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima (2nd ed., pp. 133-143). Universidad de Guadalajara.

Ortega-Ortiz, C. D., Cuevas-Soltero, A. B., García-Valencia, R. X., Frisch-Jordán, A., Audley, K., Olivos-Ortiz, A., & Liñán Cabello, M. A. (2022). Spatial ecology of humpback whales (Megaptera novaeangliae, Cetacea-Balaenopteridae) from the Mexican Central Pacific. Pacific Science, 76(2), 95–110.

Ortiz-Pulido, R., Anaid Díaz, S., Valle-Díaz, O. I., & Fisher, A. D. (2012). Hummingbirds and the plants they visit in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. Revista mexicana de biodiversidad, 83(1), 152-163. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.1.1139

Ortiz-Lira, H. (1987). Marea roja ocasionada por Ceratium furca, en la Bahía de Manzanillo, Colima. En Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía, Ensenada, Baja California, México. Ortiz-Lira, H. & Jiménez-Quiroz, M. C. (2006). Registro de eventos de Marea Roja en Manzanillo, Colima (1986-2004). En: Jiménez-Quiroz, M. C. y Espino-Barr, E. eds. Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán (Vol. 1, pp. 324-334). Guadalajara, México: SAGARPA, Secretaría de Pesca.

Ortiz-Lira, H. & Jiménez-Quiroz, M. C. (2006). Registro de eventos de Marea Roja en Manzanillo, Colima (1986-2004). En: Jiménez-Quiroz, M. C. y Espino-Barr, E. eds. Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán (Vol. 1, pp. 324-334). Guadalajara, México: SAGARPA, Secretaría de Pesca.

Orozco Valor, P. M. (2021). Efectos de la intensificación agrícola sobre la demografía y la salud de una rapaz típica de agroecosistemas, el Halconcito colorado (Falco sparverius) en el centro de Argentina.

Ostrom, E. (1990). Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763

Pacheco-Figueroa, C. J., Valdez-Leal, J. D. D., Gama-Campillo, L. M., Gordillo-Chávez, E. J., Moguel-Ordoñez, E. J., Rangel Ruíz, L. J., & Luna Ruíz, R. D. C. (2015). Sistemas agrícolas como refugio de herpetofauna en zonas de acreción-retroceso y erosión costera, en Tabasco, México. Agro Productividad, 8(5), 74-79.

Pallas Sanz Enric. 2024. Base de datos de temperatura, conductividad y salinidad del Pacífico tropical mexicano obtenidas con el planeador submarino SG652 durante la misión 0038. Repositorio ENI. Item 1000/84. Item 1000/84 | Repositorio ENI Ecosistema Nacional Informático de Energía. Item 1000/84 | Repositorio ENI Ecosistema Nacional Informático de Energía

CONSULTA PÚBLICA

Panebianco, M. V., & Cáceres-Saez, I. (2021). Cetáceos bioindicadores de metales pesados: Los cetáceos son animales longevos y depredadores tope de las redes alimentarias marinas, así resultan expuestos a las máximas concentraciones de contaminantes ambientales. El estado de sus poblaciones es un buen indicador de calidad del mar. Desde la patagonia. Difundiendo saberes, 18(32), 32-42.

Panigada, S., Pesante, G., Zanardelli, M., Capoulade, F., Gannier, A., & Weinrich, M. T. (2006). Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. Marine Pollution Bulletin, 52(10), 1287-1298.

Patiño-González, BI, & Pineda-López, R. (2019). Registro del colibrí barba negra (Archilochus alexandri) en el estado de Querétaro, México. Huitzil. Revista Mexicana de Ornitología, 20 (2), 509. https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.2.410

Pellerin, A., Antler, G., Røy, H., Findlay, A. J., y Jørgensen, B. B. (2024). Control of hydrogen concentrations by microbial sulfate reduction in two contrasting anoxic coastal sediments. ISME Communications, 4(1), ycae135. https://doi.org/10.1093/ismeco/ycae135

Peña-Joya, K. E., Téllez-López, J., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Rodríguez-Troncoso, A. P., Quijas, S., & Cupul-Magaña, F. G. (2018). Diversidad taxonómica de lagartijas (Squamata: Lacertilia) asociada a cuatro tipos de vegetación de la sierra El Cuale, Jalisco, México. Acta zoológica mexicana, 34.

Pérez-Castillo, Ana Gabriela, & Rodríguez, Alexis. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Revista de Biología Tropical, 56(4), 1905-1918.

Pérez-España, H., Galvan-Magaña, F. & Abitia-Cárdenas, L. A. (1996). Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. Ciencias Marinas 22:273-94.

Pérez y Soto, R. de la A. (2021). Efecto de la alteración del hábitat en la ecología térmica de Anolis nebulosus en una selva baja caducifolia [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Tlaxcala]. Repositorio Institucional UATx. https://repositorio.uatx.mx:8443/bitstream/DSyTI_UATx/525/1/P%C3%A9rez%20y%20Soto%20Rosal%C3%ADa%20de%20la%20Ascenci%C3%B3n.pdf

Perrin, W.F.; Scott, M.D.; Walker, G.J.; Ralston, F.M. y Au, D.W.K. (1983). Distribution of four dolphins (Stenella spp. and Delphinus delphis) in the Eastern Tropical Pacific, with an annotated catalog of data sources. NOAA Technical Memorandum, NMFS, SWFC-38. 64 pp.

Pineda, J., & Reyns, N. (2018). Larval transport in the coastal zone: Biological and physical processes. In T. Carrier, A. Reitzel, & A. Heyland (Eds.), Evolutionary Ecology of Marine Invertebrate Larvae (pp. 145–163). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/OSO/9780198786962.003.0011

Pritchard, P.C.H. (2004). Condición global de las tortugas marinas: Un análisis. Convención Interamericana para la protección y conservación de las tortugas marinas. 17 pp.

Pugliares, K.R., Bogomolni, A., Touhey, K.M., Herzig, S.M., Harry, C.T., Moore, M.J. (2007). Marine Mammal Necropsy: An introductory guide for stranding responders and field biologists. Technical Report. Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI-2007-06, 133 pp.

Quijano-Scheggia, S., Olivos-Ortiz, A., Bustillos-Guzmán, J. J., Garcés, E., Gaviño-Rodríguez, J. H., Galicia-Pérez, M. A., Patiño-Barragan, M., Band-Schmidt, C. J., Hernández-Sandoval, F. J., & López-Cortés, D. J. (2012). Bloom of Gymnodinium catenatum in Bahía Santiago and Bahía Manzanillo, Colima, Mexico. Revista de Biología Tropical, 60(1), 173–186. https://doi.org/10.15517/rbt.v60i1.275

CONSULTA PÚBLICA

Quijano-Scheggia, S., Olivos-Ortiz, A., Rivera-Vilarelle, M., Gaviño-Rodríguez, J. H., Álvarez, C. & Sosa-Avalos, R. (2013). Cuatro años de monitoreo de fitoplancton en las Bahías de Manzanillo y Santiago. En: Segundo congreso SOMEFAN, 30-31 octubre, Manzanillo, Colima, México.

Quijano-Scheggia, Sonia, Olivos-Ortiz, Aramis, Gaviño-Rodríguez, Juan Heberto, Castro-Ochoa, Fátima, Rivera-Vilarelle, María, Galicia-Pérez, Marco, & Patiño-Barragan, Manuel. (2011). First report of Pseudo-nitzschia brasiliana and P. micropora (Bacillariophycea) found in Cuyutlan Lagoon, Mexico. Revista de biología marina y oceanografía, 46(2), 189-197. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572011000200008

Quintero-Díaz, V. M. S., & Balderas-Valdivia, C. J. (2022). Guía de los Anfibios y Reptiles del Área Natural Protegida Las Musas. Herpetología Mexicana.

Ransome, N., Loneragan, N. R., Medrano-González, L., Félix, F., & Smith, J. N. (2021). Vessel Strikes of Large Whales in the Eastern Tropical Pacific: A Case Study of Regional Underreporting. Frontiers in Marine Science, 8, 1–15.

Rasmussen, K.; Calambokidis, J.; Steiger, G.; Saborío, M.T. ; Allen, J.M. ; Stone, G.S. ; Flores-Gonzalez, L. y Aguayo-Lobo, A. (2004). Central America as a wintering ground for both North and Southern hemisphere humpback whales. Resumen de 11a Reunión de trabajo de especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur. Quito, Ecuador. Pp 29.

Rasmussen, K., Palacios, D. M., Calambokidis, J., Saborio, M. T., Dalla, R. L., Secchi, E. R., Steiger, G. H., Allen, J.M. y Stone, G. S. (2007). Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. Biology Letters doi:10.1098/rsbl.2007.0067.

Raz-Guzmán, A. y L. Huidobro. (2002). Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. Journal of Fish Biology 61:182-195

Reilly, S.B. and Thayer, V.G. (1990). Blue whale (Balaenoptera musculus) distribution in the Eastern Tropical Pacific. Marine Mammal Science, 6 (4): 265-277.

Reyes-Bonilla Héctor, Laura Elena Escobosa-González, Amílcar L. Cupul-Magaña, Pedro Medina-Rosas & Luis E. Calderón-Aguilera. (2013). Estructura comunitaria de corales zooxantelados (Anthozoa: Scleractinia) en el arrecife coralino de Carrizales, Pacífico Mexicano. Revista de Biología Tropical. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000300010

Reyes, T. C. E. y Serrano, P. V. V. 1988. Prospección hidrobiológica de la Laguna de Cuyutlán, Colima, previo a la apertura del canal del malecón. Tesis ENEP Iztacala, UNAM, pp. 84–88.

Rice, D. W. (1974). Whales and whale research in the eastern North Pacific. Pp 170-195. En: W.E. Schevill; D.G. Ray y K.S. Norris (Eds.). The whale problem. Harvard University Press, Massachusetts.

Robles-Jarero, E. G., & Pérez-Peña, M. (2017). Estimación de la biomasa fitoplanctónica en Bahía Manzanillo, Colima (2016-2017). ECORFAN Journal-Ecuador. Vol.8 No.15 30-36. https://www.ecorfan.org/ecuador/journal/vol8num15/ECORFAN_Journal_Ecuador_V8_N15_4.pdf

Robertson, D., Allen, G., Peña, E., Estape C. (2024). Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: sistema de información en Línea. Versión 3.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, república de Panamá. https://biogeodb.stri.si.edu/sftep/es/pages

CONSULTA PÚBLICA

Rodríguez, J.-P. (2020). The geography of transport systems (5th ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429346323

Rodríguez-Romero, J., Palacios-Salgado, D., López-Martínez, J., Hernández-Vázquez, S., Ponce Díaz, G. 2000). Composición y zoogeografía de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop. 56(4): 1765-1783.

Rodríguez-Varela, A. del C., & Cruz-Gómez, A. (2025). Larvas de peces en sistemas estuarinos del estado de Veracruz: morfología, identificación y relevancia ecológica. Zoologia e Diversidade Animal Nas Estruturas, Comportamentos e Ecossistemas, 33–59. https://doi.org/10.22533/AT.ED.705112526034

Rojo-Gutiérrez, JR, Salcido-Rodríguez, I., Amaral-Medrano, DA, Cruz-Sáenz, D., Rodríguez-López, A., Lazcano, D., & Wilson, LD (2022). Apuntes sobre la Herpetofauna del Occidente de México 27: Anfibios y Reptiles de Palo Gordo, Sierra de Tesistán, Zapopan, Jalisco, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica de Chicago, 57 (6), 109-113.

Román, L. y Palma, J. M. (2007). Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. Información proporcionada por apicultores de la Asociación Ganadera Local Especializada para esta revisión.

Romero-Rojas J.A. (2010). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1233 pp.

Romero-Vivas, E. y Cordero-Tapia, A. (2008). Behavioral Acoustic Response of two Endangered Sea Turtle Species: *Chelonia mydas agassizii* "tortuga prieta" and *Lepidochelys olivacea* "tortuga golfina". Proceedings of the 15th Mexican International Congress on Acoustics. 380 - 385, Taxco Guerrero, México

Rosales-Chapula, D.A.; Ortega-Ortiz, C.D.; Llamas-González, M.; Olivos-Ortiz, A.; Torres-Orozco, E.; León-López, B.; Romero-Vivas, E. (2022). Underwater ship noise in a commercial and tourist bay complex in the Mexican Central Pacific. Ciencias Marinas, 48 (2): 31 pp.

Ruiz-Ruiz, T. M. (2017). Análisis comparativo de índices de eutrofización en lagunas costeras del estado de Sonora, México. CIBNOR. Tesis de Doctorado.

Rutherford, J. (2012). Cuantificación de los niveles de aclimatación de Mimus polyglottos en presencia de personas.

Salas, J., Gomis, D., Olivos-Ortiz, A. and García-Uribe, G. (2006), Seasonal hydrodynamical features on the shelf of Colima (west coast of Mexico). Scientia Marina, 70(4): 719-726.

Saeed, A. F., Awan, S. A., Ling, S., Wang, R., & Wang, S. (2017). Domoic acid: Attributes, exposure risks, innovative detection techniques and therapeutics. Algal Research, 24, 97–110. https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2017.02.007

Salas, A. K., Capuano, A. M., Harms, C. A., Piniak, W. ED., Mooney. T. A. (2023). Temporary noise-induced underwater hearing loss in an aquatic turtle (*Trachemys scripta elegans*). *Journal of the Acoustical Society of America.*

Sánchez-Gil, P., Yánez-Arancibia. (1988). Grupos ecológicos funcionales y recursos pesqueros tropicales, En: Flores-Hernández, D., Sánchez-Gil, P., Sejio, J.C., Arreguín-Sánchez, F. Ed. Análisis y diagnóstico de

CONSULTA PÚBLICA

los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Universodad Autónoma de Campeche. EPOMER Serie Científica, capítulo 7. Campeche, México. 357-389 pp.

Sandubete López, I. 2025. Evaluación de procesos biológico-ambientales del pecio San Luciano en la Bahía Santiago, Manzanillo (Colima), mediante el empleo de bioindicadores en comunidades bentónicas. Tesis de licenciatura. Universidad de Cádiz, España.

Schoeman, R. P., Patterson-Abrolat, C., & Plön S. (2020). A Global Review of Vessel Collisions With Marine Animals. Frontiers in Marine Science, 7, 1-25.

Shannon. C: (1948). The mathe,atical theory of communication:134-154, University of Illinois Press. Champaign, IL USA.

Silber, G. K., Slutsky, J., & Bettridge, S. (2010). Hydrodynamics of a ship/whale collision. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 391(1–2), 10–19.

Senzano, M. (2013). Leptodactylus melanonotus (Rana Sabinal). ENDO. Herpetological Review , 44, 2.

Serrano David. (2012). La zona del mínimo de oxígeno en el pacífico mexicano. En biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacifico Mexicano.pp.105. Biodiversidad del Talud Continental del Pacífico Mexicano

Seston, R. M., Zwiernik, M. J., Fredricks, T. B., Coefield, S. J., Tazelaar, D. L., Hamman, D. W., ... & Giesy, J. P. (2009). Utilizing the great blue heron (Ardea herodias) in ecological risk assessments of bioaccumulative contaminants. Environmental monitoring and assessment, 157(1), 199-210.

Secretaría de Marina. (2025). Estadísticas de operación portuaria comparativa enero-diciembre 2023/enero-diciembre 2024: Puerto Manzanillo. Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo. https://www.puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/RE-DICIEMBRE-2024.pdf

Secretaría de Marina. (2025). Estadísticas portuarias del Puerto de Manzanillo 2025. Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo, S.A. de C.V.

Secretaría de Marina. (2026). Estadísticas de operación portuaria comparativa enero-diciembre 2024/enero-diciembre 2025: Puerto Manzanillo. Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo. https://www.puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/RE-DICIEMBRE-2025.pdf

SESNSP. (2023). Datos abiertos de incidencia delictiva municipal. Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/datos-abiertos-de-incidencia-delictiva

Secretaria de Economía (data México) (2020). Cobertura de salud en Armería. Recuperado en https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/armeria#health

Secretaria de Economía (data México) (2025) Exportaciones e importaciones de Manzanillo. Recuperado en https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/manzanillo

Secretaria de Economía (data México) (2025) Exportaciones e importaciones de Armeria. Recuperado en https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/armeria?redirect=true

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental–Especies nativas de México de flora y fauna silvestres–

CONSULTA PÚBLICA

Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación.

Secretaria de Salud del Gobierno del Estado de Colima, 2020). Directorio de Unidades Médicas del Armería. http://saludcolima.gob.mx

SEMARNAT. (2022). Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental modalidad regional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SENER (2015). Referencias a la terminal de regasificación de Manzanillo y a la infraestructura energética del occidente del país.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Serrano-Pinto, V. y Caraveo-Patiño, J. 2002. A checklist of benthic mollusks from Laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Hidrobiológica*, 12(2): 166–169.

Sintorini, M. M., Widyatmoko, A. W., e Irianto, S. (2021). Effect of pH on heavy metal toxicity in aquatic ecosystems. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 802, 012022. https://doi.org/10.1088/1755-1315/802/1/012022

Sociedad Cooperativa de Salineros de Colima, s. f.; # de socios SSA (2022). Infraestructura de unidades y consultorios de salud.

Sosa-Ávalos R, G Gaxiola-Castro, A Olivos-Ortiz, L Silva Iñiguez. (2013). Nutrientes inorgánicos y producción del fitoplancton en una laguna costera subtropical de México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 48(1): 143-154 p.

Sosa, H. G. A. A. L., & Mena, E. P. (2016). The Journal of Caribbean Ornithology.

Suthers, I., & Rissik, D. (2009). Plankton. A guide to their ecology and monitoring for water quality. CSIRO Publishing.

Torres AG, Esquivel MC, y Ceballos G. (1995). Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. Rev. Mex. Mastozool. 1: 22-43.

Trujillo Mendoza Oscar. (1997). Análisis de la distribución de los parámetros fisicoquímicos en el Pacifico Central Mexicano. https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ppt2002/0251431/Index.html

UNESCO. (2011). Recommendation on the Historic Urban Landscape. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Universidad de Colima (2023). Investigación científica que documenta mortalidad de abejas en Armería y Tecomán por exposición a fipronil.

Universidad de Colima (2024). Seminario sobre la transferencia de conocimientos en el manejo de la abeja nativa en Colima.

Universidad de Colima (2024). Información difundida sobre zonas de concentración de abejas y análisis de plaguicidas en la costa del estado.

Universidad de Colima (2025) y fuentes hemerográficas locales sobre actividad salinera.

CONSULTA PÚBLICA

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (1988). Prospección hidrobiológica de la Laguna de Cuyutlán. México: Instituto de Ciencias del Mar Limnología. https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2014/anteriores/microformas/0067789/Index.html

Vanclay, F. (2003). International Principles for Social Impact Assessment. Impact Assessment and Project Appraisal, 21(1), 5-11.

Vanclay, F., Esteves, A. M., Aucamp, I. & Franks, D. (2015). Social Impact Assessment: Guidance for assessing and managing the social impacts of projects. International Association for Impact Assessment.

Vennesland, R. G. and R. W. Butler (2020). Great Blue Heron (*Ardea herodias*), version 1.0. In Birds of the World (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA

Vera, M. y C. A. Rosales. (2012). Estructura de tallas de tortuga pico de loro Lepidochelys olivacea (Testudines: Cheloniidae) en Tumbes, Perú. Rev. Peru. Biol. 19(2): 175-180 pp.

Wade, L.S. and Friedrichsen, G.L. (1979). Recent sightings of the blue whale, Balaenoptera musculus, in the Northeastern Tropical Pacific. Fishery Bulletin, 76 (4): 915-919.

Wedepohl, K. H. (1995). The composition of the continental crust. / Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2001).

Weilgart, L.S. (2007a). A brief review of known effects of noise on marine mammals. International Journal of Comparative Psychology, 20: 159-168.

Weilgart, L.S. (2007b). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. Canadian Journal of Zoology, 85: 1091-1116.

Welsh, R. C., y Witherington, B. E. (2023). Spatial mapping of vulnerability hotspots: Information for mitigating vessel-strike risks to sea turtles. *Global Ecology and Conservation, 46,* e02592.

Whitfield, A. (1999). Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study. Reviews in Fish Biology and Fisheries 9:151-186

World Health Organization. (2018). Environmental noise guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe. https://iris.who.int/handle/10665/279952

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/345329

World Health Organization. (2023). Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment: Version with International Classification of Health Interventions (ICHI) codes. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/366549

Wright, A.J.; Soto, N. A.; Baldwin, A. L.; Bateson, M.; Beale, C. M.; Clark, C.; Deak, T.; Edwards, E. F.; Fernández, A.; Godinho, A.; Hatch, L. T.; Kakuschke, A.; Lusseau, D.; Martineau, D.; Romero, L. M.; Weilgart, L. S.; Wintle, B. A.; Notarbartolo-di-Sciara, G. y Martin, V. (2007). Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise? International Journal of Comparative Psychology, 20: 274-316.

Wyrtki, K. (1967). Circulation and Water Masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Oceanology and Limnology, 1 (2): 117-147.

CONSULTA PÚBLICA

Würsig, B. y Richardson, W.J. (2000). Effects of noise. Pp. 794-802. En: W.F. Perrin; B. Würsig y J.G.M. Thewissen (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. USA. 1414 pp.

Yáñez-Arancibia A, Sanchez-Gil P. (1985). Los peces demersales de la plataforma continental del sur del golfo de México. 1. Caracterización ambiental, ecología y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Publicación Especial Número 9. 230 pp.

Zepeda-Borja, K.M., Ortega-Ortiz, C.D., Torres-Orozco, E., Olivos-Ortiz, A., (2017). Spatial and temporal distribution of sea turtles related to sea sur face temperature and chlorophyll-a in Mexican central Pacific waters. Rev. Biología Marina y Oceanografía. 52, 375–385.

Zhang, B., Li, X., Zheng, Z., y Chen, Q. (2022). Sensitivity of sheltered mudflats to wind events. Frontiers in Earth Science, 10, 841483. https://doi.org/10.3389/feart.2022.841483

Zuluaga, G. J. C., & Fernández, I. Z. (2005). Comportamiento de forrajeo en juveniles de *jacana spinosa*: cuidado parental o efecto de bandada. Boletín SAO Vol 15 (1):20-28.

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO V

CONSULTA PÚBLICA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

SEMAR

SECRETARÍA DE MARINA

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

CONSULTA PÚBLICA

Índice General

Contenido

V.1. FUNDAMENTO JURIDICO 3
V.2 INTRODUCCIÓN 4
V.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS 6
V. 5 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES 8
V.5.1 METODOLOGÍA ESPECIFICA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES. 28
V.5.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN EMPLEADOS PARA VALORAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES. 28
Procedimiento de evaluación. 32
V.6.IMPACTOS ACUMULATIVOS Y RESIDUALES. 46
Redes complejas 46
Síntesis metodológica redes complejas 47
Alcances 52
Impactos acumulativos y residuales. 57
V.7. BIBLIOGRAFÌA. 62

Índice de Figuras

Figura V. 1. Localización general del Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). 5

Figura V. 2. Análisis de los impactos conforme a tres niveles jerárquicos de integración del ambiente costero marino. 7

Figura V. 3. Estructura para la identificar y evaluar los impactos ambientales. 8

Figura V. 4. Ruta crítica de identificación, evaluación y clasificación de impactos ambientales....28

Figura V. 5. Relación de la cuantificación y evaluación de los impactos conforme los puntajes por componente, derivados del Grado de importancia (I)....41

Figura V. 6. Áreas de vegetación de Manglar y Selva Baja Caducifolia (SBC) con afectación conforme el Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna Cuyutlán, Col. 43

Figura V. 7. Áreas con potencial de Compensación del Manglar (restauración, recuperación, reforestación) y su relación con los Tiempos de Residencia (TR) obtenidos de la modelación hidrodinámica en el Vaso II....44

Figura V. 8. Ubicación de los proyectos MIA-R ubicados al interior del SAR del Manifiesto en ejecución....47

Figura V. 9. Diagrama de flujo y Ruta crítica de salida de la aplicación de Análisis de Redes Complejas relativos al proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col....51

Figura V.10. Cartografía de la Complejidad derivado del Análisis de Redes Complejas relativos al proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col. Por Etapas: Preparación, Construcción, Operación y Global del Proyecto....56

Índice de Tablas

Tabla V.1. Lista de Chequeo: Factores identificados. 9

Tabla V.2 Descripción de los criterios base para establecer los niveles de afectación. 11

Tabla V.3 Análisis de susceptibilidad y clasificación de los factores identificados y relativos al proyecto. 11

Tabla V. 4. Relación Propiedades e Indicadores relacionados con los factores socio ambientales a nivel de los elementos relativos al proyecto en manifiesto....13

Tabla V. 5. Relación Propiedades e Indicadores relacionados con los factores socio ambientales a nivel de los procesos relativos al proyecto en manifiesto. 14

Tabla V.7 Actividades del proyecto por etapas generadoras de impactos ambientales. 16

Tabla V.8. Medio y Factor ambiental que serán impactados en el proyecto de Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)....18

Tabla V9. Criterios referidos para la cuantificación y clasificación de los impactos ambientales identificados. 29

Tabla V10. Relación de ponderadores de evaluación empleados para valorar los impactos ambientales. 31

Tabla V.11. Baremos y clases empleadas para valorar los impactos ambientales....32

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V.14. Cuantificación de los impactos ambientales por etapas y componentes ambientales. 40

Tabla V.7 Resumen de impactos del proyecto por etapa. 41

Tabla V.15.- Lista de Impactos acumulativos y residuales identificados en el proyecto, que mostrarían relación con los identificados con los registrados en la MIAs contempladas al interior del Sistema Ambiental Regional (SAR). 58

CONSULTA PÚBLICA

V.1. FUNDAMENTO JURIDICO

La elaboración del presente capítulo se fundamenta jurídicamente en lo dispuesto por el Artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como en los Artículos 11, 13 y 15 del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA), los cuales establecen los requisitos para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) en su modalidad regional, aplicable a obras y actividades que pueden generar efectos significativos sobre los ecosistemas y el Sistema Ambiental Regional (SAR).

En Particular, el artículo 13, fracción V del REIA, establece que la MIA-R debe contener la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales acumulativos y residuales que las obras proyectadas puedan generar sobre el entorno. En ese sentido, este capítulo constituye una de las secciones técnicas esenciales para la valoración integral del proyecto, permitiendo a la autoridad competente establecer medidas preventivas, de mitigación y compensación conforme a los principios de precaución y desarrollo sustentable.

Asimismo, el contenido de este capítulo se apega a los criterios establecidos en las Guías para la Elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental – Modalidad Regional, publicada por SEMARNAT en enero de 2022, la cual funge como documento oficial de orientación técnica para la integración de la MIA-R, señalando como ejes centrales:

- La identificación de impactos acumulativos, residuales y sinérgicos
- La necesidad de respetar la integridad funcional de los ecosistemas y su capacidad de carga
- Análisis estructurado del Sistema Ambiental Regional como unidad de referencia para la evaluación

En consonancia con lo anterior, se ha incorporado también los lineamientos de los diferentes instrumentos de planificación del territorio, léase en los programas de ordenamiento territorial en sus diversas modalidades y sus Unidades de Gestión Ambiental (UGA o UGAT) aplicables al área del proyecto. La iniciativa de desarrollo se ubica dentro del polígono correspondiente a restauración ambiental y preservación de espacio natural acuático, lo que impone directrices específicas para el análisis de compatibilidad y jerarquización de impactos. Así, y en concordancia con la definición de impacto ambiental contenida en el Artículo 3, fracción XIX de la LGEEPA, se entiende por tal: “la modificación del ambiente ocasionada por la acción del ser humano o de la naturaleza”.

Por tanto, conforme al marco legal vigente, toda obra o actividad que pueda generar efectos adversos relevantes sobre el ambiente, en cualquiera de sus componentes, debe ser sujeta a evaluación previa mediante una MIA.

Con base en lo anterior, el presente capítulo se integra como instrumento técnico-legal que permite identificar y valorar los impactos potenciales asociados a la ejecución del Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), en Manzanillo, Col.,

CONSULTA PÚBLICA

considerando sus efectos en los elementos físicos, biológicos y sociales del sistema ambiental regional, lo que permitirá establecer las medidas de prevención, mitigación y/o compensación en estricto cumplimiento del marco jurídico ambiental vigente.

V.2 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo corresponde a la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) del Proyecto de Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) (**Fig. V.1**), y tiene como objetivo identificar, caracterizar y evaluar los impactos ambientales que se derivarán de las obras y actividades contempladas para este proyecto. Se evalúan las obras de infraestructura, ampliación de superficies operativas y actividades complementarias, las cuales implican una interacción diferenciada con el entorno ecológico, físico y social de la región. En este sentido, se requiere una evaluación ambiental específica que permita anticipar los posibles efectos adversos o positivos que puedan presentarse en los distintos factores del medio y sus condiciones ambientales.

La caracterización de los impactos se sustenta en la información generada en el capítulo IV, línea base ambiental, y el capítulo II en donde se describen las obras y actividades consideradas en las diferentes etapas del proyecto, ambos fundamentales para esta evaluación. Asimismo, se incorpora información actualizada sobre el estado del sitio, considerando las posibles modificaciones derivadas del inicio de obras de otros manifiestos en ejecución al interior del Sistema Ambiental Regional (SAR), así como las condiciones actuales del sistema lagunar, los ecosistemas de manglar, la selva baja caducifolia, vegetación hidrófila y las dinámicas hidrológicas, geomorfológicas, el frente marino costero y del entorno socioeconómico del área de influencia.

CONSULTA PÚBLICA

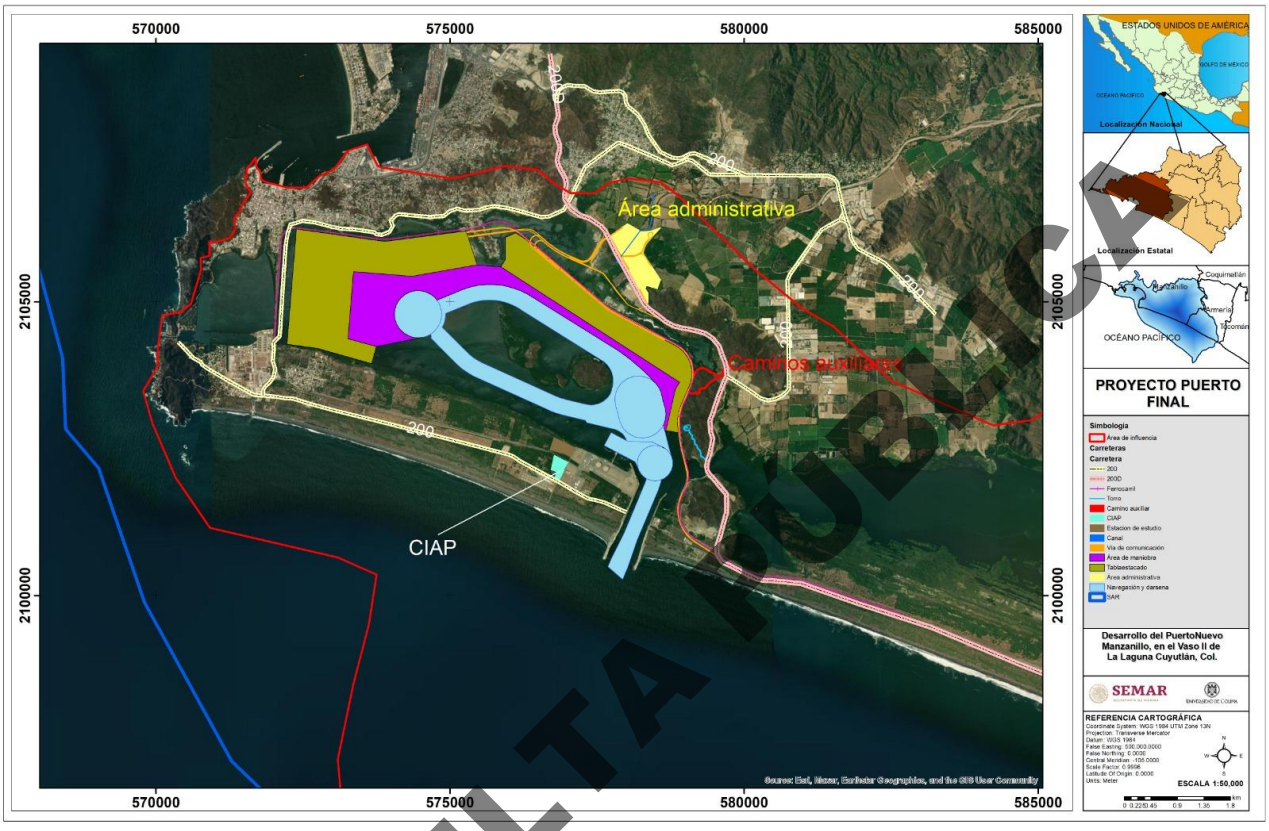


Figura V. 1. Localización general del Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

Para asegurar la comparabilidad y coherencia metodológica, se aplican herramientas y criterios tales como, una clasificación jerárquica por niveles ecológicos (elementos, procesos y ecosistemas), el uso de matrices de interacción, listas de chequeo, mapas de calor, análisis de expertos y técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un Análisis de Redes Complejas en donde las interacciones entre ecosistemas y los elementos del proyecto nos permiten entender los potenciales cambios y modificaciones en las condiciones ambientales y el entorno del ecosistema que será el sustrato del proyecto; garantizado así, un análisis sistemático, integral y conforme a los lineamientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para proyectos del sector vías de comunicación.

Este capítulo también contempla la evaluación de los escenarios con proyecto, sin proyecto y con modificaciones, permitiendo comparar el grado de afectación o beneficio sobre el medio ambiente regional (Sistema Ambiental Regional SAR). Asimismo, se elabora un análisis particular a los impactos considerados como sinérgicos, acumulativos y residuales, que fundamentarán la identificación de medidas de prevención, mitigación, compensación, regeneración y seguimiento, necesarias para minimizar la alteración de los ecosistemas y promover un desarrollo portuario ambiental y socialmente responsable.

CONSULTA PÚBLICA

V.3 METODOLOGÍA

En este apartado se describen las técnicas y/o metodologías consideradas en la identificación, evaluación, caracterización y cuantificación de los impactos ambientales, tales como listas de chequeo, matrices de interacción y valoración (Conessa – Fernández, 1997) y redes complejas de Componentes: Basadas en la teoría de grafos, las redes complejas se componen de nodos (vértices, elementos) y enlaces (aristas, conexiones/relaciones) de los impactos identificados; en adelante se describen los elementos de la ruta crítica desarrollada en este capítulo relativo a la evaluación de los impactos.

V.4 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

El Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) constituye una obra de infraestructura estratégica en el litoral del estado de Colima, cuya finalidad es fortalecer la capacidad operativa y competitiva del sistema portuario nacional. Al tratarse de una intervención de gran escala en un entorno ecológicamente sensible como lo es el vaso II de la Laguna de Cuyutlán y el entorno marino costero inmediato, se hace indispensable la identificación precisa y fundamentada de los impactos ambientales potenciales, así como de los acumulativos y sinérgicos que podrían derivarse de las obras y actividades asociadas al proyecto, su Área de Influencia (AI) y otros impactos ubicados al interior del Sistema Ambiental Regional (SAR).

De tal manera que se identifican las actividades que pudieran generar impactos ambientales y que por su magnitud e importancia podrían provocaran un desequilibrio ecológico (modificaciones a las condiciones ambientales) en sinergia con otros procesos de cambio ya existentes en el sistema ambiental; identificando, describiendo y evaluando los impactos ambientales y las acciones que los causan, a fin de realizar una valoración que va de lo cualitativo a lo cuantitativo mediante una matriz de impactos, que permitirá valorar los cambios ocasionados por el proyecto y a su ser el insumo para el diseño y establecimiento de medidas de mitigación, prevención, compensación y restauración.

Desde una perspectiva ambiental, este tipo de proyectos portuarios (y sus obras y actividades) genera una amplia gama de interacciones con los componentes abióticos, bióticos y sociales del sistema ambiental regional (SAR). Estas se manifiestan a través de efectos directos e indirectos sobre elementos naturales como el suelo, el aire, el agua, la biodiversidad terrestre y acuática, así como sobre procesos ecológicos fundamentales como la hidrodinámica lagunar, la conectividad ecosistémica, la sucesión ecológica, productividad y captura de carbono entre otros. De igual forma, se identifican implicaciones relevantes sobre factores socioeconómicos vinculados al empleo, servicios urbanos, planificación territorial y calidad de vida y salud de las comunidades aledañas.

La identificación de impactos requiere un conocimiento y descripción detallada de las obras proyectadas, las actividades a desarrollar en cada una de las fases del proyecto (preparación del sitio, construcción y operación), así como del estado actual

CONSULTA PÚBLICA

del medio ambiente receptor. En este sentido, se considera la información disponible sobre el sistema lagunar y sus ecosistemas asociados, destacando la presencia de manglares, selva baja caducifolia, vegetación halófila, especies de flora y fauna en categoría de protección, y procesos naturales de relevancia ecológica y funcional, que se describen en el Capítulo IV, con la descripción del Sistema Ambiental Regional y el Área de Influencia del Proyecto. Asimismo, se ha dado especial atención a las condiciones de susceptibilidad ecológica del área, las restricciones normativas existentes (Áreas Naturales, UMA s, Programas de Ordenamiento Ecológico, sitios RAMSAR, AICAS, entre otras), y el grado de sensibilidad de los factores ambientales involucrados. Este enfoque permite establecer una relación directa entre las actividades del proyecto y los efectos ambientales que podrían desencadenarse, facilitando su evaluación posterior.

El análisis de los impactos parte de una agrupación conforme a tres niveles jerárquicos en que se pueden identificar los elementos del ambiente desde una visión y análisis de los Sistemas Complejos y las interacciones entre las piezas que conforman el ambiente y los componentes del proyecto en diferentes escenarios (**Figura V.2).**

Elementos ambientales, que incluyen variables como calidad del aire, parámetros fisicoquímicos del agua, flora, fauna, suelo, ruido y paisaje.

Procesos ecológicos y sociales, como la erosión, la hidrodinámica, la conectividad ecosistémica, los ciclos reproductivos de fauna, la actividad económica y la planificación urbana.

Ecosistemas, en particular el sistema lagunar, los manglares y la selva baja caducifolia, que constituyen unidades funcionales complejas susceptibles de alteración.

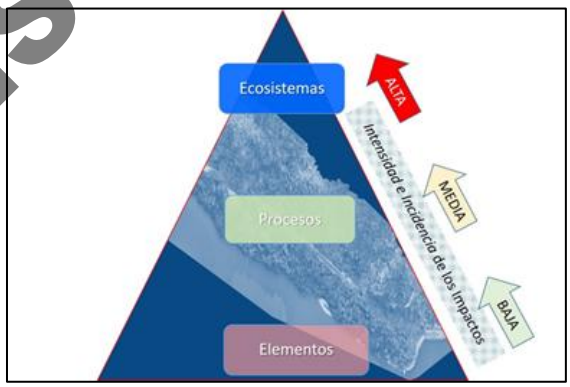


Figura V. 2. Análisis de los impactos conforme a tres niveles jerárquicos de integración del ambiente costero marino.

Cada impacto ha sido caracterizado en términos de su magnitud, extensión, duración, reversibilidad, acumulación, sinergia y posibilidad de mitigación. Esta caracterización se desarrolla posteriormente en este mismo capítulo, permitiendo identificar aquellos impactos que requieren medidas específicas para su prevención, reducción, compensación o seguimiento.

CONSULTA PÚBLICA

V. 5 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El primer paso de la identificación de impactos ambientales en este caso consistió en sintetizar y ordenar la información relacionada con las actividades de cada una de las obras del proyecto en sus diferentes etapas (Preparación del Sitio, Construcción, Operación y Mantenimiento). Asimismo, con el fin de garantizar una evaluación de Impacto Ambiental sistemática y congruente con la naturaleza del proyecto, la estructura general se representa mediante el esquema que desglosa la **Figura V.3**.

En la **Tabla V.1**, se presentan cada una de las actividades en sus diferentes etapas que se desarrollarán para la construcción del Proyecto, por lo que es importante resaltar que es a partir de esta Tabla de Actividades que inicia una identificación preliminar de impactos, a partir del proceso constructivo del propio Proyecto, el cual puede consultarse en extenso en el Capítulo II de esta MIA-R y en la Tabla V1 se muestra una relación de esa actividades; mientras en la **Tabla V2** se establece la relación entre el medio físico y factor ambiental que potencialmente será afectado por el proyecto.

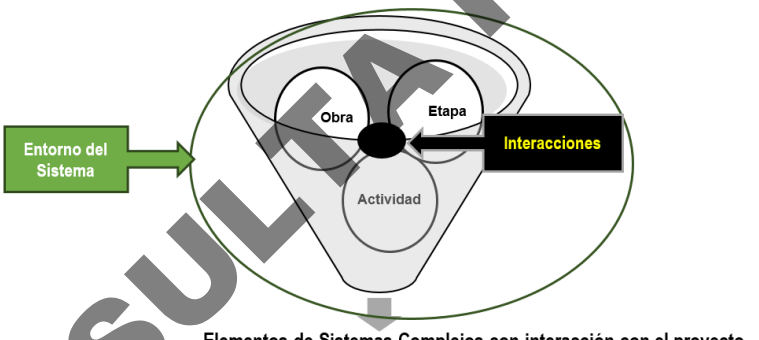


Figura V. 3. Estructura para la identificar y evaluar los impactos ambientales.

Así, para la identificación de los impactos ambientales resultado de las obras y actividades consideradas durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, se aplicara la *técnica de listados simples (lista de chequeo),* posteriormente se elaborará una serie de matrices doble entrada (Leopold (1971) modificada, Conesa – Fernández, 2011) de la cual se realizará la identificación de los impactos, teniendo como resultado un listado de impactos ambientales que serán cuantificados y agrupados de acuerdo a su valor de importancia **(Tabla V.1).**

Indicadores de impacto ambiental

En el marco de la Evaluación de Impacto Ambiental, los indicadores de impacto ambiental constituyen unidades analíticas fundamentales para la identificación, caracterización y valoración de las alteraciones generadas por actividades antropogénicas

CONSULTA PÚBLICA

sobre los sistemas naturales y sociales. Su función principal radica en representar, mediante variables observables y medibles, los cambios que se producen en los distintos componentes del medio ambiente, permitiendo así una interpretación sistemática y objetiva de los impactos.

En este sentido, "el indicador es un elemento del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio" (Ramos, 1987), definición que establece la base conceptual para la selección de atributos ambientales susceptibles de evaluación. Esta concepción implica que los indicadores no solo reflejan condiciones actuales del entorno, sino que también permiten anticipar posibles modificaciones derivadas de la implementación de proyectos o actividades específicas, consolidándose como herramientas predictivas dentro del análisis ambiental.

Una característica esencial de los indicadores de impacto es su capacidad para sintetizar la complejidad inherente al medio ambiente sin perder representatividad ni rigor técnico. Para ello, su selección debe basarse en criterios de pertinencia, sensibilidad, objetividad y factibilidad de medición, de modo que permitan generar información confiable para la toma de decisiones. En este contexto, los indicadores se integran en metodologías de evaluación que estructuran la relación entre las acciones del proyecto y los componentes ambientales afectados.

Lista de indicadores de impacto

Los indicadores ambientales constituyen instrumentos analíticos utilizados para el monitoreo y evaluación del estado del sistema ambiental en el contexto del desarrollo sostenible, así como para la identificación de posibles alteraciones derivadas de la intervención antropogénica (Organisation for Economic Co-operation and Development, 1991). Su aplicación permite caracterizar el comportamiento de los componentes ambientales en función de estándares de calidad, así como analizar las variaciones espaciales y temporales asociadas a dichos componentes.

Se trata de elementos del ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio y se consideran como índices cuantitativos o cualitativos que permiten evaluar la dimensión de las alteraciones que podrán producirse como consecuencia del establecimiento del proyecto o del desarrollo de determinada actividad. Y para su definición de estos indicadores se define mediante una lista de chequeo, los factores ambientales clasificados jerárquicamente como *elementos, procesos y ecosistemas* a considerar, y de donde se definen los indicadores respectivos para efectos de evaluar objetivamente los efectos de las obras y actividades en los factores enlistados.

A continuación, se muestra la lista de factores socio ambientales susceptibles de impacto conforme las obras y actividades para este proyecto.

Tabla V.1. Lista de Chequeo: Factores identificados.

CONSULTA PÚBLICA

Abióticos	Bióticos	Socioeconómicos
Suelo	Flora terrestre (diversidad y abundancia)	Empleo
Aire	Especies protegidas de flora (terrestre)	Actividades productivas
Agua (marina, lagunar)	Aves terrestres	Nivel socioeconómico
Ruido	Fauna acuática (diversidad y abundancia)	Ingreso
Parámetros fisicoquímicos del agua.	Especies protegidas de fauna (acuática). NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación al Anexo III (2019).	Servicios de infraestructura básica.
Parámetros fisicoquímicos de sedimentos.	Aves acuáticas.	Servicios urbanos.
Hidrodinámica lagunar.	Bentos.	Infraestructura urbana.
Hidrodinámica costera.	Fitoplancton.	Riesgos.
Hidrología superficial.	Zooplancton.	Desarrollo Económico.
Formación y erosión de suelos.	Sucesión ecológica.	Planificación urbana.
Sistema lagunar.	Cobertura vegetal.	Bienes y servicios.
Unidad Hidrológica.	Servicios ecosistémicos.	PIB.
Unidades naturales (paisaje).	Captura de carbono.	
Tiempo de residencia del agua.	Procesos ecológicos de fauna.	
	Selva baja caducifolia.	
	Áreas con modificación antrópica (pastizales y cultivos).	
	Manglar.	

CONSULTA PÚBLICA

Nivel de Susceptibilidad

Este se refiere a la susceptibilidad de cada Factor y sus Elementos a ser afectados negativa y positivamente y se analiza conforme las siguientes categorías descritas en la siguiente tabla:

Tabla V.2 Descripción de los criterios base para establecer los niveles de afectación.

Susceptibilidad de afectación	Criterios
Baja	Sí la extensión, permanencia o características del factor analizado dependen principalmente de otros factores externos al SAR
Media	Sí la extensión, permanencia o características del factor analizado dependen de factores tanto externos como localizados dentro del SAR.
Alta	Sí la extensión, permanencia o características del factor analizado dependen principalmente de factores localizados dentro del SAR.

En la siguiente tabla se muestra el análisis de susceptibilidad de afectación de los factores ambientales identificados y que tendrán interacción con las obras y actividades del proyecto en manifiesto.

Tabla V.3 Análisis de susceptibilidad y clasificación de los factores identificados y relativos al proyecto.

Susceptibilidad de afectación	Criterio	Factor	Nivel
Baja	Sí la extensión, permanencia o características del factor analizado dependen principalmente de otros factores externos al SAR	Aire.	Elemento
		Captura de carbono.	Proceso
		Selva baja caducifolia.	Ecosistema
		Hidrología superficial.	Proceso
		Hidrodinámica costera.	Proceso
		Unidad Hidrológica	Ecosistema
Media	Si la extensión, permanencia o características del factor analizado dependen de factores tanto externos como localizados dentro del SAR.	Agua (marina, lagunar).	Elemento
		Sistema lagunar.	Ecosistema
		Flora terrestre.	Elemento
		Especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación al Anexo III (2014).	Elemento
		Sucesión ecológica	Proceso
		Servicios ecosistémicos	Proceso
		Servicios de infraestructura básica.	Elemento
		Tiempo de residencia del agua	Proceso
		Aves terrestres y marinas	Elemento
		Fitoplancton	Elemento
		Zooplancton	Elemento

CONSULTA PÚBLICA

		Aves terrestres y marinas	Elemento
Alta	Si la extensión, permanencia o características del factor analizado dependen principalmente de factores localizados dentro del SAR.	Bentos	Elemento
		Parámetros fisicoquímicos del agua	Elemento
		Parámetros fisicoquímicos de sedimentos	Elemento
		Bienes y servicios	Elemento
		Planificación urbana	Proceso
		Procesos ecológicos de la fauna	Proceso
		Empleo	Elemento
		Nivel socioeconómico	Proceso
		Ingreso	Elemento
		Manglar	Ecosistema
		Actividades productivas	Proceso
		Servicios de infraestructura básica	Proceso
		Suelo	Elemento
		Ruido	Elemento
		Cobertura vegetal	Elemento
		Fauna acuática	Elemento
		Unidades naturales (paisaje)	Procesos
		Formación y erosión de suelos	Proceso

Una vez realizado el análisis de susceptibilidad y clasificación de los factores, se plasman en la siguiente tabla, conforme su clasificación jerárquica como elementos, procesos y ecosistemas; las propiedades e indicadores que permiten establecer las condiciones del sistema ambiental (fundamentado en el capítulo IV) y con ello identificar las interacciones puntuales con los elementos, obras y actividades del proyecto en manifiesto y elaborar una evaluación integrada y fundamentada de los impactos ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V. 4. Relación Propiedades e Indicadores relacionados con los factores socio ambientales a nivel de los elementos relativos al proyecto en manifiesto.

Factor Elemento	Propiedades que medir	Indicador
Suelo	Clasificación de suelo (INEGI).	Superficies por utilizar
Aire	Calidad del aire.	Límites de la NOM-044-SEMARNAT-2006
Ruido	Niveles.	Límites de la NOM-011-STPS-2001 y NOM-081-SEMARNAT-1994
Aves terrestres y marinas	Presencia (listados).	Especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación del Anexo III (2019).
Fitoplancton	Presencia y abundancia	Variabilidad espacial y temporal
Zooplancton	Presencia y abundancia	Variabilidad espacial y temporal
Cobertura vegetal	Cobertura y variabilidad	Porcentaje de cambio
Flora terrestre	Cobertura	Variabilidad espaciotemporal
Fauna terrestre	Presencia/ausencia	Especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación del Anexo III (2019).
Fauna acuática	Especies de peces	Listado de especies
Especies protegidas de fauna (acuática)	Especies protegidas	Especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación del Anexo III (2019).
Bentos	Especies	Listado de especies
Empleo	Generación de empleos	Número de empleos
Ingresos	Nivel de ingresos	Salarios mínimos
Parámetros fisicoquímicos del agua	Variabilidad especio temporal	Parámetros descritos en la NOM-001-SEMARNAT-2021
Parámetros fisicoquímicos en agua intersticial	Variabilidad especio temporal	Parámetros descritos en la NOM-001-SEMARNAT-2021
Bienes y servicios	Consumo	Cantidad de insumos

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V. 5. Relación Propiedades e Indicadores relacionados con los factores socio ambientales a nivel de los procesos relativos al proyecto en manifiesto.

Factor Procesos	Propiedad que medir	Indicador
Captura de carbono	Cobertura de manglar	Variación en superficie
Actividades productivas.	Variación en actividades	Cambios en las actividades (positivos y/o negativos).
Servicios de infraestructura básica.	Número de infraestructuras.	Tipo de infraestructuras.
Hidrología superficial	Profundidad e hidrodinámica	Variación en profundidad e intensidad de corrientes
Hidrología costera	Profundidad e hidrodinámica	Variación en profundidad e intensidad de corrientes.
Formación y erosión de suelos	Tasa de depositación lagunar y frente costero	Variación espaciotemporal de la profundidad.
Unidades naturales (paisaje)	Borde lagunar e insular	Variación de superficies.
Sucesión ecológica	Cobertura vegetal	Variación de especie.
Servicios ecosistémicos	Listado de servicios	Tipo de servicios afectados.
Procesos ecológicos de fauna	Fragmentación.	Especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación del Anexo III (2019).
Nivel Socioeconómico.	Economía local y regional.	Actividades Económicas: Primarias, Secundarias y Terciarias. Indicador Global de la Actividad Económica (INEGI).
Planificación urbana	Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población.	Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población.
Tiempo de residencia del agua.	Tiempo de estancia y recambio del agua.	Tiempo de residencia (días).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V. 6. Relación Propiedades e Indicadores relacionados con los factores socio ambientales a nivel de los ecosistemas relativos al proyecto en manifiesto.

Factor Ecosistema	Propiedad que medir	Indicador
Sistema lagunar	Superficie, conectividad, características fisicoquímicas del agua y sedimentos, bentos, sedimentación, profundidad, cobertura vegetal y especies de fauna.	Cambios en la cobertura vegetal, listado de especies de flora y fauna (endémicas; migratorias; protegidas; indicadores de modificación con incidencia económica o ecológica.
Manglar	Cobertura y servicios ambientales.	Cambios en superficies y composición de especies en el manglar; indicadores de modificación con incidencia económica o ecológica. Especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y Modificación del Anexo III (2019).
Selva Baja Caducifolia	Cobertura y servicios ambientales.	Cambios en superficies y composición de especies; indicadores de modificación con incidencia económica o ecológica. Especies indicadoras de perturbación; especies exóticas; de importancia económica o ecológica.

CONSULTA PÚBLICA

Actividades generadoras de Impactos

En el presente estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, se integran indicadores de naturaleza biofísica, social y económica, con el propósito de representar de manera integral las dinámicas del sistema ambiental y evidenciar las modificaciones sustanciales que pueden generarse a lo largo de las diferentes etapas del proyecto. Dichos indicadores permiten establecer una base objetiva para la identificación, cuantificación y análisis de los impactos ambientales relevantes.

El proceso de identificación y evaluación de impactos se desarrolla bajo una secuencia metodológica estructurada y sistemática, que responde a un orden lógico de análisis. En una primera fase, el equipo técnico evaluó la forma en que los factores ambientales serán susceptibles de alteración, como se muestra en apartados anteriores, considerando sus atributos, propiedades y funciones dentro del sistema. A partir de esta caracterización inicial, se definen los criterios de evaluación mediante indicadores de impacto, los cuales representan los componentes ambientales del sistema en estudio y permiten discriminar entre efectos de naturaleza positiva y negativa, así como establecer su magnitud e importancia relativa. Así, en la siguiente lista se muestran *las actividades del proyecto que generaran impactos ambientales* en las etapas del proyecto (**Tabla V7).** Posteriormente se integra la lista de factores, impactos ambientales y su descripción, identificados para el proyecto **Tabla V8).**

Tabla V.7 Actividades del proyecto por etapas generadoras de impactos ambientales.

Etapa del proyecto		Actividades a desarrollar
Preparación del sitio		Realización de estudios, elaboración de proyectos ejecutivos.
		Ejecución del cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por medio del desmonte y despalme de la superficie destinada a la instalación de Talleres, Almacenes, Campamentos, Oficinas Temporales, CIAP, áreas administrativas, estacionamiento, entre otras.
		Trazo y nivelación para áreas del CIAP, talleres, almacenes, campamentos, oficinas temporales, áreas administrativas, estacionamiento, comedores.
		Instalación de Muelle Provisional para atraque, carga y embarque de materiales para el tablestacado.
		Rehabilitación de caminos de acceso.
		Construcción de instalaciones provisionales: oficinas de campo, talleres de mantenimiento y de construcción, almacenes de materiales y comedor.
		Movimiento de equipamiento, materiales y maquinaria para actividades de dragado de mantenimiento y construcción.
Construcción	**Etapa 1**	Dragado de mantenimiento Canal de Tepalcates.
		Instalación de tablaestacas (Fase 1)
		Dragado de construcción para canales de navegación, dársenas y áreas de terminales (Plataformas) (Fase 1)
		Construcción de muros de contención (Fase 1).
		Relleno de áreas para terminales 3 y 4 (Fase 1).
		Excavación y cimentación para áreas administrativas y estacionamientos
		Excavación, cimentación y construcción del CIAP.
		Excavación, cimentación y construcción de torre de control marítimo.
		Construcción de vialidades (carreteras y férreas).
		Instalación de servicios básicos (electricidad, agua, drenaje, IT, etc) en Fase 1
	Etapa 2	Instalación de tablaestacas (Fase 2).

CONSULTA PUBLICA

		Dragado de construcción para canales de navegación, dársenas y áreas de terminales (Fase 2).
		Construcción de muros de contención (Fase 2).
		Relleno de áreas para Terminales 3, 4, 5 y 6, incluye actividades de mejoramiento del terreno.
		Construcción de vialidades (carreteras y férreas).
Operación		Actividades operativas de ASIPONA: planeación de ingreso y salida de buques; mantenimiento de infraestructura portuaria – boyas, balizas, caminos, muelle de remolcadores -; seguridad y vigilancia al interior del recinto portuario
		Dragado de mantenimiento de canales y dársenas en el puerto.
		Revisión y mantenimiento de Estructuras de confinamiento.
		Revisión y mantenimiento de infraestructura portuaria en las áreas comunes a cargo de ASIPONA Manzanillo.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V.8. Medio y Factor ambiental que serán impactados en el proyecto de Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)

Medio	Factor ambiental	Impacto	Descripción	Indicadores
Físico	**Paisaje**	Modificación del paisaje natural.	Alteración del paisaje por desmonte, relleno, cambio de uso de suelo y construcción de infraestructura portuaria.	Índice de cobertura vegetal (%); análisis visual/fotográfico; superficie transformada (ha).
		Contaminación lumínica.	Incremento de iluminación artificial por operación portuaria que altera condiciones nocturnas del sistema lagunar.	Niveles de iluminancia (lux); extensión de área iluminada.
	Suelo	Erosión.	Pérdida de suelo por remoción de vegetación, nivelación, exposición a escorrentía, y cambios en la hidrodinámica lagunar.	Tasa de erosión (t/ha/año); cobertura vegetal (%); evidencia de cárcavas y/o escarpes.
		Acreción.	Acumulación de sedimentos por cambios hidrodinámicos.	Tasa de sedimentación.
		Modificación de las características fisicoquímicas del suelo lagunar.	Degradación de las propiedades naturales del suelo.	pH; salinidad; materia orgánica.
		Aumento de la compactación del suelo.	Incremento en la compactación del suelo que reduce su porosidad y dificulta la infiltración de agua y el crecimiento radicular.	Densidad aparente; resistencia a penetración (Resistencia Mecánica).
		Modificación de las características fisicoquímicas del suelo marino.	Degradación de las propiedades naturales del suelo marino.	Granulometría; pH; Materia Orgánica (MO) y Carbono Orgánico Total (COT); Nutrientes; Potencial Redox
		Degradación de la capacidad de infiltración.	Disminución de la infiltración del agua por compactación de suelo, retiro de vegetación y construcción de patios	Tasa de infiltración; % superficie impermeable

CONSULTA PÚBLICA

			disminuyendo la permeabilidad del terreno.	
		Disminución del crecimiento radicular del suelo.	Compactación de del suelo por paso de vehículos y maquinaria pesada que transitara en el sitio modificando su capacidad para mantener vegetación, para la nivelación del terreno esta actividad nivelara el terreno hasta formar una plataforma.	Profundidad radicular; cobertura vegetal; Resistencia a la Penetración.
		Contaminación por residuos peligrosos.	El uso de maquinaria dentro del proyecto, así como su mantenimiento generarán residuos peligrosos principalmente impregnados de hidrocarburos	Concentración de hidrocarburos totales (mg/kg en suelo / mg/L en agua) Metales pesados (Pb, Cd, Hg) Número/frecuencia de derrames Superficie afectada por contaminación (m²). NOM-052-SEMARNAT-2005; LGPGIR y su reglamento.
		Contaminación por residuos sólidos urbanos.	Se contempla la generación de residuos solido-urbanos en todas las etapas del proyecto	kg de RSU generados; % disposición adecuada. NOM-052-SEMARNAT-2005; LGPGIR y su reglamento.
		Contaminación por residuos de manejo especial.	Se contempla la generación de residuos de manejo especial principalmente en la etapa de construcción, mantenimiento y operación del proyecto.	kg de RSU generados; % disposición adecuada. NOM-052-SEMARNAT-2005; LGPGIR y su reglamento.
	Agua	Aumento de la turbidez del agua.	Afectación a la claridad del agua que disminuye la penetración de luz por efecto de dragado y navegación.	NTU; Sólidos Suspendidos Totales (SST); (mg/L).
		Contaminación por aguas residuales	El personal del proyecto requerirá de sanitarios que generaran aguas	Demanda Bioquímica de Oxígeno; Niveles de coliformes totales.

CONSULTA PÚBLICA

			residuales, mismas que pueden alterar la calidad del agua aledaña al proyecto.	NOM-001-SEMARNAT-2021.
		Alteración de la oxigenación del sistema lagunar.	Formación de capas de agua con distinta temperatura (estratificación) que limita la mezcla y reduce la oxigenación.	Oxígeno Disuelto (OD) (mg/L); temperatura.
		Contaminación microbiológica.	Afectación por aguas residuales con bacterias de origen fecal.	NMP: enterococos; coliformes; Sólidos Suspendidos Totales (SST); Demanda Química de Oxígeno (DQO).
		Cambios en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).	Cantidad de oxígeno requerida para oxidar materia orgánica en el agua.	Oxígeno Disuelto (OD); Relación DBO_5/DQO
		Alteración de los escurrimientos superficiales.	Alteración, cambio y modificación de los flujos naturales del agua en la cuenca hidrológica.	Magnitud: Volumen de agua en un tiempo dado (caudales máximos, mínimos, promedio mensual). Frecuencia: Incidencia de eventos específicos, como crecidas anuales o sequías. Duración: Tiempo que persisten las condiciones de flujo, ya sean altas o bajas.
		Modificación de los patrones de circulación y corrientes lagunares.	Alteración en la dirección, velocidad o intensidad de las corrientes lagunares por efecto de obras de dragado y navegación (estelas de buques)	Velocidad de corrientes; modelación.
		Contaminación por residuos peligrosos	El tránsito de embarcaciones en el proyecto generase residuos peligrosos principalmente impregnados de hidrocarburos	Concentración de hidrocarburos totales (mg/kg en suelo / mg/L en agua) Metales pesados (Pb, Cd, Hg) Número/frecuencia de derrames Superficie afectada por contaminación (m^2).

CONSULTA PÚBLICA

				NOM-052-SEMARNAT-2005; LGPGIR y su reglamento.
		Contaminación por residuos sólidos urbanos	Se contempla la generación de residuos sólidos urbanos en todas las etapas del proyecto	kg de RSU generados; % disposición adecuada. NOM-052-SEMARNAT-2005; LGPGIR y su reglamento.
		Contaminación por residuos de manejo especial	Se contempla la generación de residuos de manejo especial principalmente en la etapa de construcción, mantenimiento y operación del proyecto.	kg de RSU generados; % disposición adecuada. NOM-052-SEMARNAT-2005; LGPGIR y su reglamento.
		Modificación de la calidad del agua	Las aguas de lastre y el tránsito de embarcaciones de gran envergadura modifican la calidad del agua del sitio	pH; salinidad; nutrientes, OD, DBO, SST.
		Modificación del relieve marino.	Modificación del proceso de sedimentación por incremento del tráfico marítimo.	Batimetría.
		Modificación del tiempo de residencia.	Cambio en el tiempo que el agua permanece en la laguna.	Modelación hidrodinámica; Velocidad de Corrientes
	Atmósfera	Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10.	Incremento en la presencia de material particulado fino en la atmosfera.	PM10; PM2.5 NOM-025-SSA1-2014.
		Contaminación por emisiones de COV´s.	Liberación de compuestos orgánicos volátiles que deterioran la calidad del aire y contribuyen a la formación de ozono y smog.	COV (ppm).
		Contaminación auditiva.	Exceso de ruido ambiental que afecta la salud humana y comportamiento de la fauna	dB(A) NOM-081-SEMARNAT-1994.
		Modificación del microclima.	Generación de islas de calor por urbanización de áreas naturales	Variaciones de Temperatura Superficial
		Alteración de la evapotranspiración.	Pérdida del microclima y modificación del ciclo del agua	Índices de estrés hídrico

CONSULTA PÚBLICA

		Disminución de captura de carbono.	Reducción de la capacidad de los ecosistemas para absorber CO_2.	Índice de Superficie Foliar y Biomasa Total; Reducción de la Productividad Primaria Neta; Contenido de Carbono Orgánico del Suelo.
		Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI	Incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero por quema de combustibles fósiles.	Concentración de: NOx, SO2, CO2, CO; tCO2e; Huella de Carbono.
Biológico.	**Flora**	Afectación a especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, 2019..	Impacto negativo sobre especies protegidas que compromete su supervivencia y estado de conservación.	Número individuos.
		Disminución de servicios ambientales del manglar.	Disminución de la productividad del suelo.	Áreas der cobertura de manglar.
		Disminución de vegetación halófita.	Reducción de la distribución de vegetación halófita que da estabilidad en los suelos salinos	Porcentaje de cobertura
		Disminución de la cobertura de manglar.	Reducción de la distribución de vegetación manglar	Total de ha removidas; porcentaje de cobertura.
		Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres.	Alteración en la composición y equilibrio de la vegetación que reduce su resiliencia y funcionamiento ecológico.	Índice diversidad.
		Disminución de la cobertura vegetal de Selva Baja Caducifolia SBC.	Perdida de cobertura vegetal que expone el suelo y propicia erosión.	Total de ha removidas; porcentaje de cobertura
	Biodiversidad	Pérdida del hábitat.	Degradación de áreas naturales y disminución de recursos naturales disponibles para las especies	Número total de ha afectadas; Riqueza y diversidad de Especies (índice Shannon).
		Interrupción de la sucesión.	Detención del proceso natural de reemplazo de especies que impide la	Riqueza y diversidad de especies; cambio en la estructura de vegetación.

CONSULTA PÚBLICA

			recuperación y maduración del ecosistema.	
		Disminución de la abundancia de especies acuáticas.	Diminución de población de especies marinas presentes en el sistema.	Abundancia.
		Alteración en la composición de las comunidades acuáticas.	Cambios en la abundancia, distribución y diversidad de las especies.	Abundancia, distribución y diversidad
		Disminución de la productividad primaria.	Disminución de la producción de biomasa por organismos fotosintéticos que reduce la base de la cadena trófica.	Niveles de Clorofila-a
		Alteración de cadena trófica.	Cambio en las relaciones alimentarias que desequilibra el flujo de energía y la dinámica del ecosistema	Concentraciones de Biomasa
		Cambios en estructura ecológica y composición de especies bentónicas.	Modificación en la comunidad bentónica que altera su diversidad, abundancia y funcionamiento ecológico	Riqueza especies bentónicas
		Desplazamiento de comunidades biológicas terrestres.	Movimiento de comunidades biológicas hacia nuevas áreas que altera su distribución y equilibrio ecológico.	Distribución de especies
		Fragmentación del hábitat.	División del hábitat en áreas aisladas que limita el movimiento de especies y reduce la conectividad ecológica.	Índice de fragmentación; disminución de la superficie media de los hábitats.
	Fauna	Afectación a especies protegidas en NOM-059-SEMARNAT-2010 y la MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y	Impacto negativo sobre especies protegidas que compromete su supervivencia y estado de conservación.	Número de especies afectadas.

CONSULTA PÚBLICA

		especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.		
		Afectación a población de aves continentales.	Alteración y disminución de sitios de alimentación, descanso y anidación de aves.	Abundancia
		Afectación población de aves marinas.	Alteración y disminución de sitios de alimentación, descanso y anidación de aves.	Abundancia
		Afectación a comunidad de ictiofauna.	Disminución de áreas de protección en etapas larvarias o juveniles dentro de la laguna.	Abundancia y diversidad
		Contaminación por ruido marino.	Afectación en actividades ecológicas (alimentación, reproducción, migración y distribución) e interferencia con la comunicación y comportamiento de la fauna	dB submarino
		Mortalidad de fauna marina por colisión con embarcaciones.	Aumento del riesgo de colisiones por efecto del incremento del tráfico marino.	Número de eventos
		Afectación a polinizadores.	Afectaciones por la generación de partículas y polvos, perdida de cobertura vegetal y uso de insecticidas.	Abundancia
		Introducción de especies invasoras acuáticas.	Presencia por derrame de aguas de lastre.	Presencia/ausencia.
		Alteración del fotoperiodo.	Modificación de los ciclos naturales de luz-oscuridad en el sistema costero-lagunar lo que genera desorientación, cambios en patrones de actividad, alimentación, reproducción y migración en fauna terrestre, acuática y avifauna.	Cambios en patrones de actividad/abundancia de fauna nocturna.

CONSULTA PÚBLICA

		Disminución de abundancias.	Decremento en el número de individuos.	Abundancia.
Socio económico.		Incremento del empleo fijo.	Oportunidad de empleos en etapa de la operación del proyecto.	Número empleos.
		Incremento de empleo temporal.	Oportunidad de empleos durante las etapas de preparación y construcción	Número empleos.
		Desigualdad de género y grupos vulnerables en acceso al empleo.	Atención a la equidad de oportunidades laborales y salariales con perspectiva de género y a grupos vulnerables.	Porcentaje de participación de mujeres en la plantilla laboral. Proporción de empleo para grupos vulnerables (jóvenes, adultos mayores, comunidades locales). Brecha salarial promedio entre hombres y mujeres.
		Demanda de insumos de construcción.	Requerimiento de materiales para la etapa de construcción.	Volumen de insumos consumidos por tipo; Tasa de abastecimiento local; Cambio en precios de bienes/servicios básicos en la zona.
		Demanda de bienes y servicios.	Incremento en la demanda de recursos y servicios.	Variación en la demanda de servicios locales; número de contratos o proveedores locales; cambio en precios de bienes/servicios básicos en la zona.
		Estructura de la población activa.	Cambios en la composición de la población económicamente activa que influyen en el empleo y la dinámica socioeconómica local.	Distribución de la población ocupada por sector económico. Proporción de trabajadores locales vs foráneos. Variación en la tasa de participación económica.
		Aumento del movimiento migratorio.	Desplazamiento de población hacia el proyecto.	Tasa de crecimiento poblacional en la zona.

CONSULTA PÚBLICA

				Proporción de trabajadores foráneos respecto al total. Variación en la población residente y flotante en el área de influencia.
		Crecimiento del desarrollo económico.	Crecimiento de actividades productivas.	Número de unidades económicas activas en la zona. Monto de inversión asociada al proyecto y actividades vinculadas.
		Aumento de riesgos sociales (económico, político, familiar).	Incremento en la probabilidad de eventos adversos que pueden afectar la seguridad, el ambiente y la población.	Índice de percepción de seguridad en la zona. Cambios en la cohesión social. Presión sobre servicios sociales (salud, educación, seguridad).
		Incremento en el consumo de energía.	Aumento en la demanda del uso de energía.	Consumo total de energía (kWh/año y/o litros de combustible por periodo).
		Aumento de aportación al PIB nacional.	Contribución del proyecto al valor total de bienes y servicios producidos en el país.	Valor agregado bruto generado por el proyecto ($/año) Contribución estimada al PIB nacional o sectorial. Ingresos generados por las actividades portuarias asociadas.
		Incremento en la demanda de servicios a la industria portuaria.	Incremento en la necesidad de servicios portuarios.	Número de servicios portuarios contratados o requeridos por periodo. Volumen de carga movilizada asociado al proyecto (toneladas/año). Número de empresas o proveedores del sector portuario vinculados al proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

		Pérdida de zonas de pesca.	Disminución de las áreas de pesca	Número de pescadores o unidades económicas afectadas.
		Alteración de valores históricos.	Alteración de elementos y referencias históricas que afecta la identidad cultural y el patrimonio arqueológico de una comunidad.	Número de reportes o hallazgos arqueológicos durante obra.
		Pérdida cultural de actividades primarias.	Desaparición de prácticas tradicionales que debilita la identidad y el conocimiento local.	Número de personas, comunidades o grupos que continúan prácticas tradicionales (antes vs después).
		Aumento de la zona urbanizada.	Expansión de áreas urbanizadas.	Índice de cobertura vegetal (NDVI) antes vs después
		Desvinculación social.	Falta de acceso a la información relativa y percepción negativa al proyecto portuario.	Nivel de aceptación/rechazo del proyecto en la comunidad. Número de quejas formales, inconformidades o conflictos comunitarios registrados. Participación comunitaria en procesos informativos/consultivos.

CONSULTA PÚBLICA

V.5.1 METODOLOGÍA ESPECIFICA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Para la identificación particular de los impactos ambientales provocados por la implementación de las obras y actividades (**Tabla V1**) durante las etapas de preparación del sitio, despalme, operación del sitio, se aplicara la técnica de listados simples, posteriormente se elabora una matriz para la identificación y cuantificación de los impactos (Conesa – Fernández, 1997), teniendo como resultado un listado de impactos ambientales que serán cuantificados y agrupados de acuerdo a su valor de importancia, posteriormente, se realizara una descripción y análisis de los resultados obtenidos a través de dicha evaluación.

El resultado de esta sección será con el fin de identificar las acciones que pueden generar desequilibrios ecológicos y que por su magnitud e importancia provocaran daños permanentes al ambiente o contribuirían en la consolidación de los procesos de cambio existentes.

Para la evaluación de los impactos generados por este proyecto se aplicó para su análisis, la guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales propuesta por Conesa Fernández (2011).

Aplicándose una ruta crítica que se muestra en la siguiente figura:

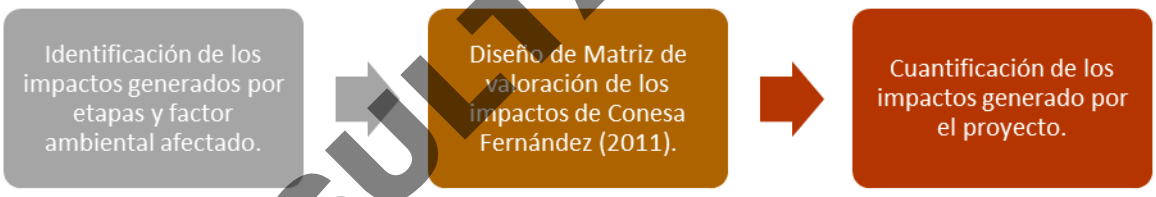


Figura V. 4. Ruta crítica de identificación, evaluación y clasificación de impactos ambientales

V.5.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN EMPLEADOS PARA VALORAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Una vez definidos los factores de cambio que se realizarán en el sistema ambiental, la matriz de importancia nos permite tener una valoración cuantitativa al nivel requerido para una evaluación del impacto ambiental simplificada.

Estos elementos tipo, o casillas de cruce, refieren por la valoración correspondiente a siete símbolos siguiendo el orden espacial, a los que se añade uno o más que sintetiza en una cifra la importancia del impacto en función de los seis primeros símbolos anteriores. Para la valoración de los impactos se hace uso los siguientes criterios asignando valores que permiten su evaluación cuantitativa y su clasificación conforme su Importancia (I) mediante un algoritmo la metodología Conesa – Fernández, 1997, (**Tabla V9, V10 y V11).**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V9. Criterios referidos para la cuantificación y clasificación de los impactos ambientales identificados.

Criterio	Descripción
SIGNO.	El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados. Existe la posibilidad de incluir, en algunos casos concretos, un tercer carácter: previsible pero difícil de cualificar o sin estudios específicos (x) que reflejaría efectos cambiantes difícil de predecir. Este carácter (+/-), también reflejaría efectos asociados con circunstancias externas al proyecto, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su naturaleza dañina o beneficiosa.
INTENSIDAD DEL IMPACTO (IN).	Se refiere al grado de afectación Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa, teniendo valores del 1 al 12 siendo el 1 la afectación mínima y 12 la destrucción casi total del factor.
EXTENSIÓN (EX).	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que le impacto tiene un carácter Puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto Parcial (2) y Extenso (4).
SINERGIA (SI).	Se refiere al reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado, Cuando una acción actuando sobre un factor no incide en otras acciones que actúan sobre un mismo factor, se considera no sinérgico asignando un valor (1), presenta sinergismo moderado se asigna un valor (2), si es altamente sinérgico se agrega un valor (4).
PERSISTENCIA (PE).	Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto a partir de su aparición. Si dura menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz, asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 3 años, Temporal (2); entre 4 y 10 años, Pertinaz (4) y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como Permanente, asignándole un valor (8).
EFECTO (EF).	Se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa-efecto. Si el efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción consecuencia directa de esta se considera directo o primario y se asigna un valor (2), si Su manifestación no es directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden, es indirecto o secundario con un valor (1).
MOMENTO (MO).	Alude al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, asignándole un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 3 años, Medio Plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de tres años, Largo Plazo, con valor asignado (1).

CONSULTA PÚBLICA

ACUMULACIÓN (AC).	Este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera, si el impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de sinergia se es simple con un valor (1), si el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto es acumulativo con un valor (4)
RECUPERABILIDAD (MC).	Es la posibilidad de introducir medidas correctoras, protectoras y de recuperación. Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales (previstas a la acción) por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras, protectoras o de recuperación), si el efecto es totalmente recuperable de inmediato se asigna un valor (1), si es recuperable a mediano plazo se asigna un valor (2), si el efecto puede recuperarse parcialmente es mitigable con un valor (4), si es una alteración imposible de recuperar, tanto por la acción natural como por la humana es irrecuperable con un valor (8)
REVERSIBILIDAD (RV).	Refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales. Si es a Corto Plazo, se le asigna el valor (1), si es a Medio Plazo (2), si es a Largo Plazo (4).
PERIODICIDAD (PR).	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto. Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, si el efecto se manifiesta de forma impredecible, se considera irregular y se asigna un valor (1), si el efecto se manifiesta de manera cíclica o recurrente se considera periódico y se asigna un valor (2), si el efecto se manifiesta constantemente en el tiempo se considera continuo y se agrega un valor (4).
IMPORTANCIA DEL IMPACTO (I).	Se refiere a la relación mediante cual medimos cualitativamente el impacto ambiental, se obtiene a partir de la valoración cuantitativa de los criterios explicados anteriormente. Se representa como una función del valor asignado a los símbolos considerados anteriormente: **I= + [3 (IN) + 2 (EX) + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]**

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V10. Relación de ponderadores de evaluación empleados para valorar los impactos ambientales.

Naturaleza		**INTENSIDAD (IN)** **Grado de Destrucción**	
Impacto benéfico.	(+)	Baja	1
		Media	2
Impacto perjudicial.	(-)	alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
Extensión (EX) **(área de influencia)**		**Momento (MO)** **(plazo de manifiesto)**	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	+4
Critica	+4		
Persistencia (PE) **permanencia del efecto**		**Reversibilidad (RV)** **(reconstrucción por medios naturales)**	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI) **Potenciación de la manifestación**		**Acumulación (AC)** **Incremento progresivo**	
Sin sinergismo o simple	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		

CONSULTA PÚBLICA

Efecto (EF) Relación causa – efecto		Periodicidad (PR) Regularidad de la manifestación	
Indirecto o secundario	1	Irregular o aperiódico y esporádico	1
Directo o primario	4	Periódico o intermitente	2
		continuo	4
Recuperabilidad (MC) **Reconstrucción por medios humanos**		**Importancia (I)** **Grado de manifestación cualitativa del efecto**	
Recuperable de inmediato.	1	**Expresión matemática.** **I = ± [3 (IN) + 2 (EX) + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]**	
Recuperable a mediano plazo	2		
Mitigable o compensable	4		
Irrecuperable	8		

En relación a las clases de valoración de los impactos ambientales, estas se definen conforme la integración de los ponderadores mediante la expresión matemática del Grado de Importancia del Impacto (I). La calificación final del impacto se clasifica en rangos de importancia, definidos por la magnitud de la alteración en el medio.

Tabla V.11. Baremos y clases empleadas para valorar los impactos ambientales.

Escala de Clasificación Importancia del efecto (I)	**(IrT)**	**Irrelevante**	**Menor o igual a 25**	La recuperación es inmediata sin medidas correctoras.
	(M)	**Moderado**	**Mayor que 25 y menor o igual 50.**	Recuperación posible a corto/mediano plazo sin intervenciones intensivas.
	(S)	**Severo**	**Mayor que 50 y menor o igual que 75.**	Requiere medidas correctoras y conlleva una recuperación lenta.
	(C)	**Crítico**	**Mayor que 75.**	Pérdida permanente de calidad ambiental, irrecuperable incluso con medidas.

CONSULTA PÚBLICA

Procedimiento de evaluación.

El procedimiento de evaluación parte de la integración de una matriz, en donde interaccionan los factores ambientales, los impactos generados de las obras y actividades, y la calificación conforme los criterios antes descritos, siendo esta **Importancia (I),** que nos muestra y fundamenta la descripción y clasificación objetiva de los impactos y su cuantificación (**Tabla V.12 y Tabla V.13),** y e incidencia de los considerados acumulativos y residuales del proyecto conforme el análisis de redes complejas.

Tabla V.12.- Matrices de valoración de impactos ambientales para Etapa de Preparación del sitio, Construcción y Operación

CONSULTA PÚBLICA

I.- Preparación del Sitio.

Componente ambiental	Impacto generado (derivado de acción).	SIGNO	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I
Paisaje	Modificación del paisaje natural	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación lumínica.	-	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	46
Suelo	Erosión.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación de las características físico químicas del suelo lagunar.	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Aumento de la compactación del suelo terrestre.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Modificación de las características físico químicas del suelo marino	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Disminución del crecimiento radicular en el suelo	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Degradación de la capacidad de infiltración	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por residuos peligrosos	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por residuos sólidos urbanos	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por residuos de manejo especial.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
Agua	Aumento de la turbidez del agua.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación por aguas residuales .	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Alteración en la oxigenación del sistema lagunar.	-	4	2	2	2	2	2	4	1	2	4	35
	Contaminación micro biológica	-	4	2	2	2	1	2	1	4	2	2	32
	Cambios en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	-	2	2	2	2	2	4	4	1	2	2	29
	Alteración de los escurrimientos superficiales.	-	2	2	4	4	4	4	4	4	4	8	46
	Modificación de los patrones de circulación y corrientes lagunares.	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	56
	Contaminación por residuos peligrosos	-	4	2	2	2	2	1	2	4	1	4	34
	Contaminación por residuos sólidos urbanos.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por residuos de manejo especial.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Modificación de la calidad del agua.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación del relieve marino.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación del tiempo de residencia.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
Atmósfera	Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI.	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	4	32
	Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10.	-	4	4	4	2	2	2	1	4	2	2	39
	Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles.	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	4	32
	Contaminación auditiva.	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	4	32
	Modificación de microclima local.	-	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	50
	Alteración de la evapotranspiración.	-	8	2	4	4	4	4	4	4	4	4	60
	Disminución de captura de carbono.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68

CONSULTA PÚBLICA

Flora	Disminución de los servicios ambientales del manglar.	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Disminución de vegetación halófita.	-	8	4	4	4	4	2	4	4	4	8	66
	Disminución de la cobertura de manglar.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Disminución de la cobertura vegetal de Selva Baja Caducifolia.	-	8	4	4	4	4	2	4	4	4	8	66
Biodiversidad	Interrupción de la sucesión.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Perdida del hábitat.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Disminución de la abundancia de especies acuáticas.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Alteración en la composición de las comunidades acuáticas.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Disminución de la productividad primaria.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Alteración de cadena trófica.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Cambios en estructura ecológica y composición de especies bentónicas.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Desplazamiento de comunidades biológicas terrestres.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Fragmentación del hábitat.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
Fauna	Alteración del fotoperiodo.	-	4	2	4	4	4	2	4	4	4	4	46
	Disminución de abundancias.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Afectación población de aves continentales.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Afectación población de aves marinas.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Afectación a Polinizadores.	-	4	2	4	2	2	4	4	4	2	4	43
	Afectación a comunidad de ictiofauna.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Introducción de especies invasoras acuáticas.	-	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	18
	Colisión de embarcaciones con fauna marina.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
Socio económico	Generación de empleo estacional.	+	8	4	4	2	2	2	1	4	2	2	51
	Generación de empleo fijo.	+	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Demanda de insumos de construcción.	+	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Demanda de bienes y servicios.	+	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Cambios en la estructura de la población activa	+	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Aumentos del Movimiento migratorio.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Cerecimiento del Desarrollo económico.	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de riesgos sociales (económico, político, familiar).	-	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	18
	Incremento en el Consumo de energía.	-	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	18
	Aumento de Aportación al PIB nacional	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Incremento de la Demanda de servicios a la industria portuaria	+	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Perdida de zonas de pesca.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Alteración de valores históricos.	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	24
	Perdida cultural de actividades primarias.	-	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	18
	Desigualdad de género y grupos vulnerables en acceso al empleo.	-	2	2	4	2	2	2	4	4	2	4	34
	Disvinculación social.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Aumento de la zona urbanizada.	-	1	2	4	2	2	2	4	4	1	2	28

CONSULTA PÚBLICA

II.- Construcción del Sitio.

Componente ambiental	Impacto generado (derivado de acción).		IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I
Paisaje	Modificación del paisaje natural	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación lumínica		8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64
Suelo	Erosión	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	52
	Modificación de las características físico químicas del suelo lagunar.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de la compactación del suelo terrestre	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación de las características físico químicas del suelo marino	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64
	Disminución del crecimiento radicular en el suelo	-	8	4	4	2	2	1	1	4	4	4	54
	Degradación de la capacidad de infiltración	-	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	60
	Contaminación por residuos peligrosos	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por residuos sólidos urbanos	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por residuos de manejo especial	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
Agua	Aumento de la turbidez del agua	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación por aguas residuales	-	4	4	4	2	2	2	4	4	2	2	42
	Alteración en la oxigenación del sistema lagunar (T y T d R)	-	8	4	4	4	2	4	4	4	2	4	60
	Modificación de patrones de circulación y corrientes lagunares	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación micro biológica	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Cambios en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Alteración de los escurrimientos superficiales	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación por residuos peligrosos	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Contaminación por residuos sólidos urbanos	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Contaminación por residuos de manejo especial	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Modificación de la calidad del agua	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación del relieve marino	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación del tiempo de residencia	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
Atmosfera	Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI	-	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	46
	Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	4	52
	Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Contaminación auditiva	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	4	42
	Modificación de microclima local	-	4	4	4	2	2	2	4	4	4	2	44
	Alteración de la evapotranspiración	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Disminución de captura de carbono	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	4	58

CONSULTA PÚBLICA

Flora	Disminución de los servicios ambientales del manglar	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Disminución de vegetación halófita.	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Disminución de la cobertura de manglar.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Disminución de la cobertura vegetal de Selva Baja Caducifolia.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
Biodiversidad	Interrupción de la sucesión	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Perdida del hábitat	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Disminución de la abundancia de especies acuáticas	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Alteración en la composición de las comunidades acuáticas	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Disminución de la productividad primaria	-	8	4	4	1	1	2	1	4	4	2	51
	Alteración de cadena trófica	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Cambios en estructura ecológica y composición de especies bentónicas	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Desplazamiento de comunidades biológicas tererstres.	-	8	4	4	2	2	1	4	4	4	4	57
	Fragmentación del hábitat	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
Fauna	Alteración del fotoperiodo		8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64
	Disminución de abundancias.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Afectación población de aves continentales	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Afectación a Polinizadores		8	2	4	2	2	4	4	4	2	4	54
	Afectación población de aves marinas	-	8	4	4	2	2	4	4	4	2	4	58
	Afectación a comunidad de ictiofauna.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Introducción de especies invasoras acuáticas	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	24
	Colisión de embarcaciones con fauna marina	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
Socio económico	Generación de empleo estacional	+	8	4	4	2	2	2	1	4	2	2	51
	Generación de empleo fijo	+	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Demanda de insumos de construcción	+	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Demanda de bienes y servicios	+	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Cambios en la estructura de la población activa	+	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Aumento del Movimiento migratorio	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Crecimiento del Desarrollo económico	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de riesgos sociales (económico, político, familiar).	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Incremento en el Consumo de energía	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Aumento de Aportación al PIB nacional	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Incremento de la Demanda de servicios a la industria portuaria	+	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Perdida de zonas de pesca	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Alteración de valores históricos.	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	24
	Desigualdad de género y grupos vulnerables en acceso al empleo.	-	4	4	4	2	2	2	4	4	2	4	44
	Disvinculación social.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	44
	Perdida cultural de actividades primarias	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	24
	Aumento de la zona urbanizada	-	1	2	4	2	2	2	4	4	1	2	28

CONSULTA PÚBLICA

III.- Operación del Sitio.

Componente ambiental	Impacto generado (derivado de acción).		IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I
Paisaje	Modificación del paisaje natural	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación lumínica		8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64
Suelo	Erosión	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	24
	Modificación de las características físico químicas del suelo lagunar.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Modificación de las características físico químicas del suelo marino	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de la compactación del suelo terrestre.	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Modificación de las características físico químicas del suelo acuático lagunar	-	4	4	4	2	2	1	4	1	4	4	42
	Disminución del crecimiento radicular en el suelo	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Degradación de la capacidad de infiltración	-	4	4	2	2	2	2	4	4	2	2	40
	Contaminación por residuos peligrosos	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Contaminación por residuos sólidos urbanos	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Contaminación por residuos de manejo especial	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
Agua	Aumento de la turbidez del agua	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Contaminación por aguas residuales	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	4	32
	Alteración en la oxigenación del sistema lagunar.	-	4	2	2	2	2	2	1	1	2	4	32
	Modificación de los patrones de circulación y corrientes lagunares.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Contaminación micro biológica	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Cambios en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBQ).	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Alteración de los escurrimientos superficiales	-	1	1	4	4	2	2	4	4	2	2	29
	Contaminación por residuos peligrosos	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Contaminación por residuos sólidos urbanos	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Contaminación por residuos de manejo especial	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Modificación de la calidad del agua	-	4	4	4	2	2	2	4	1	2	4	40
	Modificación del relieve marino	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Modificación del tiempo de residencia	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
Atmosfera	Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI	-	8	4	4	1	1	1	1	4	4	2	50
	Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Contaminación auditiva	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Modificación de microclima local	-	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	56
	Alteración de la evapotranspiración	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Disminución de captura de carbono	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40

CONSULTA PÚBLICA

Flora	Disminución de los servicios ambientales del manglar.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Disminución de vegetación halófita	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Disminución de la cobertura de manglar	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Disminución de la cobertura vegetal de Selva Baja Caducifolia.	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
Biodiversidad	Interrupción de la sucesión	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Perdida del hábitat	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Disminución de la abundancia de especies acuáticas.	-	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	44
	Alteración en la composición de las comunidades acuáticas	-	4	4	4	2	2	1	4	1	4	4	42
	Disminución de la productividad primaria.	-	4	4	4	4	2	2	4	4	2	2	44
	Alteración de cadena trófica	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Cambios en estructura ecológica y composición de especies bentónicas	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
	Desplazamiento de comunidades biológicas	-	4	4	4	2	2	2	1	4	2	2	39
	Fragmentación del hábitat	-	4	4	4	2	2	4	4	4	2	4	46
Fauna	Alteración del fotoperiodo		8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	64
	Disminución de abundancias.	-	4	2	4	2	2	2	4	4	4	2	40
	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010	-	1	2	4	2	2	2	4	4	1	2	28
	Afectación a Polinizadores		4	2	4	2	2	4	4	4	4	4	44
	Afectación población de aves continentales	-	1	1	4	4	2	2	4	4	2	2	29
	Afectación población de aves marinas	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	1	24
	Afectación a comunidad de ictiofauna.	-	1	1	2	4	2	2	4	1	1	2	23
	Introducción de especies invasoras acuáticas.	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Colisión de embarcaciones con fauna marina	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
Socio económico	Generación de empleo estacional	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Creación de empleo fijo	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Demanda de insumos de construcción	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Incremento en la Demanda de bienes y servicios	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Cambios en la Estructura de la población activa	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Incremento del Movimiento migratorio		8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Crecimiento del Desarrollo Económico	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de riesgos sociales (económico, político, familiar).	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Incremento en el Consumo de energía	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de Aportación al PIB nacional	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Incremento de la Demanda de servicios a la industria portuaria	+	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Perdida de zonas de pesca	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Pérdida de productividad agrícolas	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Cambio de valores históricos	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Perdida cultural de actividades primarias	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68
	Aumento de la zona urbanizada	-	8	4	4	4	4	4	4	4	4	8	68

CONSULTA PÚBLICA

Análisis de resultados de la evaluación de impacto ambiental.

El resultado de la implementación de la ruta crítica que resulta en la determinación y clasificación de los impactos conforme su importancia, se resumen en la **Tabla V.14.**

Tabla V.14. Cuantificación de los impactos ambientales por etapas y componentes ambientales.

COMPONENTES AMBIENTALES	ETAPA DEL PROYECTO			TOTAL (-)	TOTAL (+)	TOTAL
	Preparación del Sitio.	Construcción del Sitio.	Operación del Sitio.			
Paisaje	114	132	132	378	0	378
Suelo	494	516	458	1468	0	1468
Agua	628	814	607	2049	0	2049
Atmósfera	313	354	328	995	0	995
Flora	382	338	252	972	0	972
Biodiversidad	612	504	399	1515	0	1515
Fauna	433	458	388	1279	0	1279
Socio-económico Negativo/Positivo	741/292	362/449	476/612	1579	1353	2932
Total				10235	1353	11588

CONSULTA PUBLICA

De la matriz de valoración se identifican **72 impactos** conformadas por los impactos ambientales subdivididos por **8 componentes ambientales** (**Paisaje, Suelo, Agua, Aire, Flora, Biodiversidad, Fauna, Socio-económico**) para las 3 etapas del proyecto: Preparación del Sitio, Construcción del Sitio y Operación del Sitio.

Recapitulación de los impactos ambientales evaluados.

En base a la cuantificación de impactos generados en los componentes ambientales durante cada una de las actividades realizadas para la ejecución del proyecto en las diferentes etapas, resulto que los componentes ambientales con impactos negativos son **Socioeconómico** con **1579,** seguido del **Agua** con **2049 puntos**, **Biodiversidad** con **1515, Suelo** con **1468, Fauna** con **1279, Atmósfera** con **995, Flora** con **972** y **Paisaje** con **378**, mientras que los impactos positivos se concentran en el componente **Socio económico** con **1353 puntos (Ver Figura V.5)**.

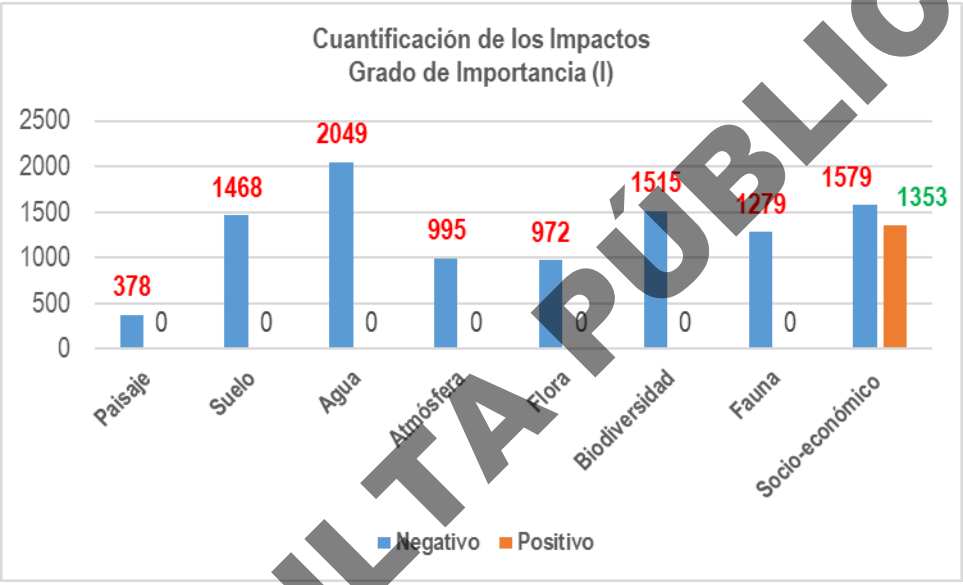


Figura V. 5. Relación de la cuantificación y evaluación de los impactos conforme los puntajes por componente, derivados del Grado de importancia (I).

Asimismo, la relación global de la clasificación de los impactos conforme su Grado de importancia (I), son **109 severos, 95 moderados, 11 irrelevantes**; mientras que la distribución por etapas se muestra en la **Tabla V.7.**

Tabla V.7 Resumen de impactos del proyecto por etapa.

Etapa / Importancia	Irrelevante / Impactos	Moderado / Impactos	Severo / Impactos	Crítico / Impactos
I.-Preparación	5	31	36	0
II.-Construcción	3	23	46	0
III.-Operación	3	42	27	0

CONSULTA PÚBLICA

Así, los impactos con importancia severa, **cuarenta y seis (46)**, se concentran en la *Etapa de Construcción*, que conlleva el mayor grupo de las obras y actividades del proceso constructivo, tales como Dragado de mantenimiento del canal de Tepalcates, Dragado de construcción para canales de navegación, dársenas y áreas de terminales (Plataformas) (Fase 1), Construcción de muros de contención (Fase 1) y Relleno de áreas para terminales 3 y 4 entre otras que se pueden revisar en la Tabla V1.

Respecto de la *Etapa de Preparación del Sitio*, se registran, **treinta y seis (36)** severos derivados de diversas actividades, destacando las siguientes: Rehabilitación de caminos de acceso, Trazo, nivelación y construcción de obras auxiliares y provisionales (Ver Tabla V1), observándose más detalles en el proceso constructivo al interior del capítulo II.

Finalmente, en la *Etapa de Operación*, la mayor parte de los impactos son moderados, identificándose **veintisiete (27)** severos, dado que ya se implementa medidas de mitigación consideradas en los diversos programas de atención a las obras y actividades que se conllevan en esta etapa.

Impactos comentados.

Acerca de la evaluación del **Nivel de Importancia (I), los componentes Agua y Suelo reflejan el mayor puntaje 1468 y 2049**, resultado del movimiento de tierra y sedimentos que se realiza en la Etapa de Preparación y Construcción del sitio, contemplando el dragado de canales de navegación y dársenas de ciaboga, así como los vertimientos de material para conformación de diques, rellenos, nivelación del terreno para la conformación de patios de maniobras y muelles.

Es importante mencionar que el **Análisis del Componente Socio Económico** presenta una incidencia positiva y un **puntaje significativo (1353),** debido a la derrama económica que representa el proyecto para la región occidente del país; el cuál desde su inicio y hasta la etapa de operación representará una fuente de empleos para la población del municipio, así como para los estados colindantes a la región occidente. Asimismo, requiere de la demanda de insumos y servicios durante la etapa de construcción y operación, en su etapa de operación, el puerto representa un polo económico para gran parte de los estados que conforman el hinterland del mismo, mediante la distribución de las mercancías que llegan al interior del territorio mexicano.

Sin embargo, también se registran impactos negativos derivados de su afectación a los sectores productivos, sus áreas de desarrollo (como la pesca), el incremento de la población y la demanda y consumo de insumos como la electricidad, incremento dela migración y aumento de la zona urbanizada entre otros que se enlistan en las matrices de interacción descritas en una sección anterior, y cuya cuantificación resulta en un puntaje significativo de **1579**

Fauna y Flora.

En el componente de **Fauna**, *las afectaciones son en aves marinas y terrestres, tortugas marinas, cetáceos y especies bentónicas*; mientras que para **Flora** *los impactos son en las coberturas de manglar y de selva baja caducifolia (SBC);* se registró una alta puntuación debido a la modificación del sistema natural que tiene un impacto directo sobre coberturas, especies protegidas y procesos naturales que afectan directamente a este componente. Finalmente, el componente **Aire** representa gran puntuación debido al incremento de las emisiones polvo que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, a su vez, en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones para la movilización de las mercancías generara un incremento en la contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO Y GEI. Cabe mencionar, que en el Capítulo VI, se atienden puntualmente los impactos evaluados y clasificados.

CONSULTA PÚBLICA

Manglar, Flujo Hidrológico y Tiempos de Residencia.

En términos del desarrollo del proyecto se considera la afectación y/o modificación diferentes componentes y procesos ambientales en el Sistema Lagunar, destacando la Cobertura de Manglar, un ecosistema compuesto por especies protegidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de *Protección Especial* y que presta una serie de servicios ambientales y posee un alto valor ecológico, así como también el Flujo Hidrológico que lo soporta (aspecto fundamental de su protección y que está plasmado en el Art. 60 TER y NOM-022-SEMARNAT-2003), y a la Unidad Hidrológica representada por el sistema lagunar; dado además que es el sistema de comunicación y distribución de sedimentos, nutrientes y agua; y cuyo indicador clave es el Tiempo de Residencia del agua (TR).

Así, los impactos puntuales son la reducción de la cobertura vegetal y las posibles modificaciones en los tiempos de residencia, en particular del Vaso II, en donde se ubicará el proyecto y el Vaso I adjunto al anterior, y sus medidas de atención y compensación se describen en adelante.

No obstante que se pretende llevar a cabo la remoción de cobertura vegetal: **21.87** hectáreas de vegetación de manglar y **33.79** hectáreas de selva baja caducifolia, estas representan **el 1.21% de la superficie estimada en el Sistema Ambiental Regional (SAR) de 1.801.03 hectáreas de manglar y del 0.57% de las 5,830.63 hectáreas de Selva Baja Caducifolia (SBC), compuesta por vegetación primaria y secundaria** (**Figura V.6**).

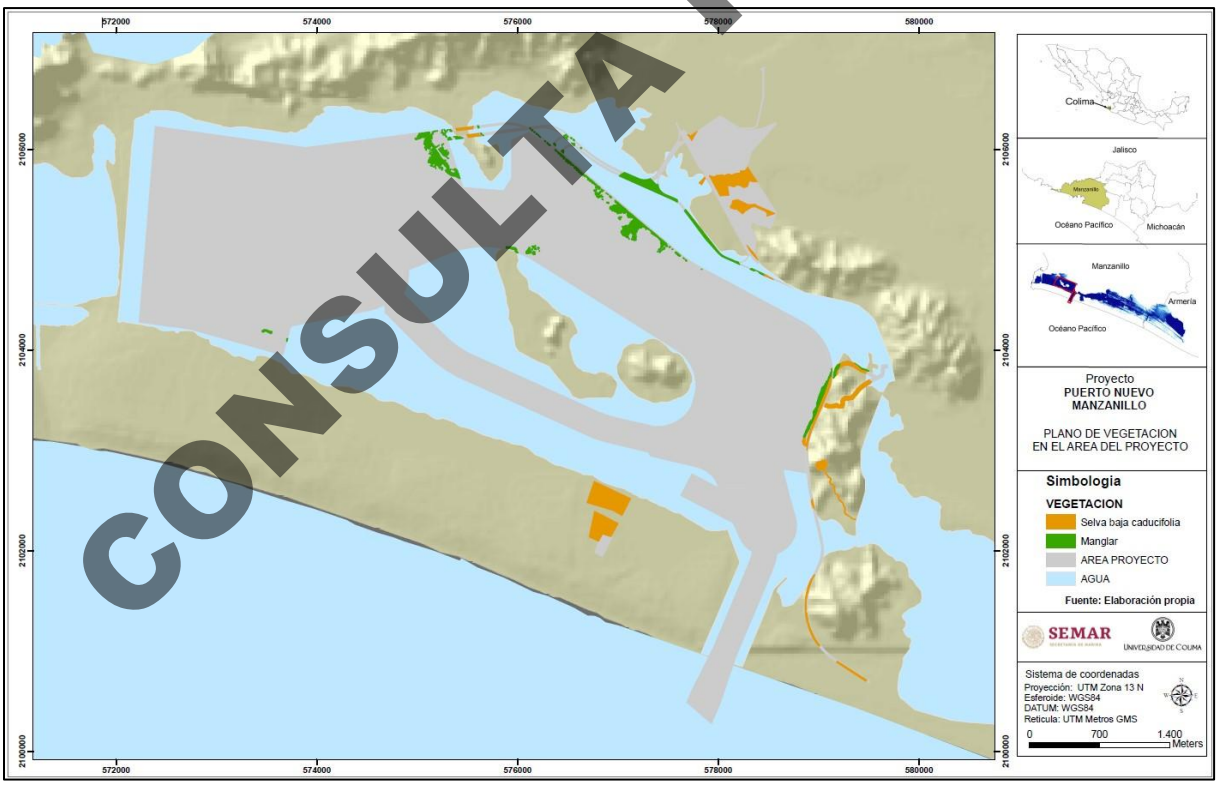


Figura V. 6. Áreas de vegetación de Manglar y Selva Baja Caducifolia (SBC) con afectación conforme el Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna Cuyutlán, Col.

CONSULTA PÚBLICA

De tal manera, estos los impactos están puntualmente definidos e identificados, de tal manera que no compromete su funcionalidad y conectividad y como un elemento carismático y centinela al interior de la Unidad Hidrológica que representa el Sistema Lagunar; cuyo fundamento funcional es el flujo hidrológico, no está comprometido (conforme el articulo 60 TER de la LGVS, la NOM -022-SEMARNAT-2003 y la NMX-AA-159-SCFI-2012 relativa a caudales ecológicos en cuencas hidrológicas) de acuerdo con los estudios de modelación hidrodinámica (ver Capítulo IV), no se verá comprometido su estado ecológico (indicador de la calidad y funcionamiento de los ecosistemas, en este caso el sistema lagunar, centrándose en la salud de las masas de agua superficiales) al no registrarse variaciones significativas en los **Tiempos de Residencia** y por ende los procesos al interior, basados en el movimiento y distribución del agua y sedimentos al interior del vaso y de la Unidad Hidrológica, lo que permitió identificar zonas de potencial de restauración (**Figura V.7**) .

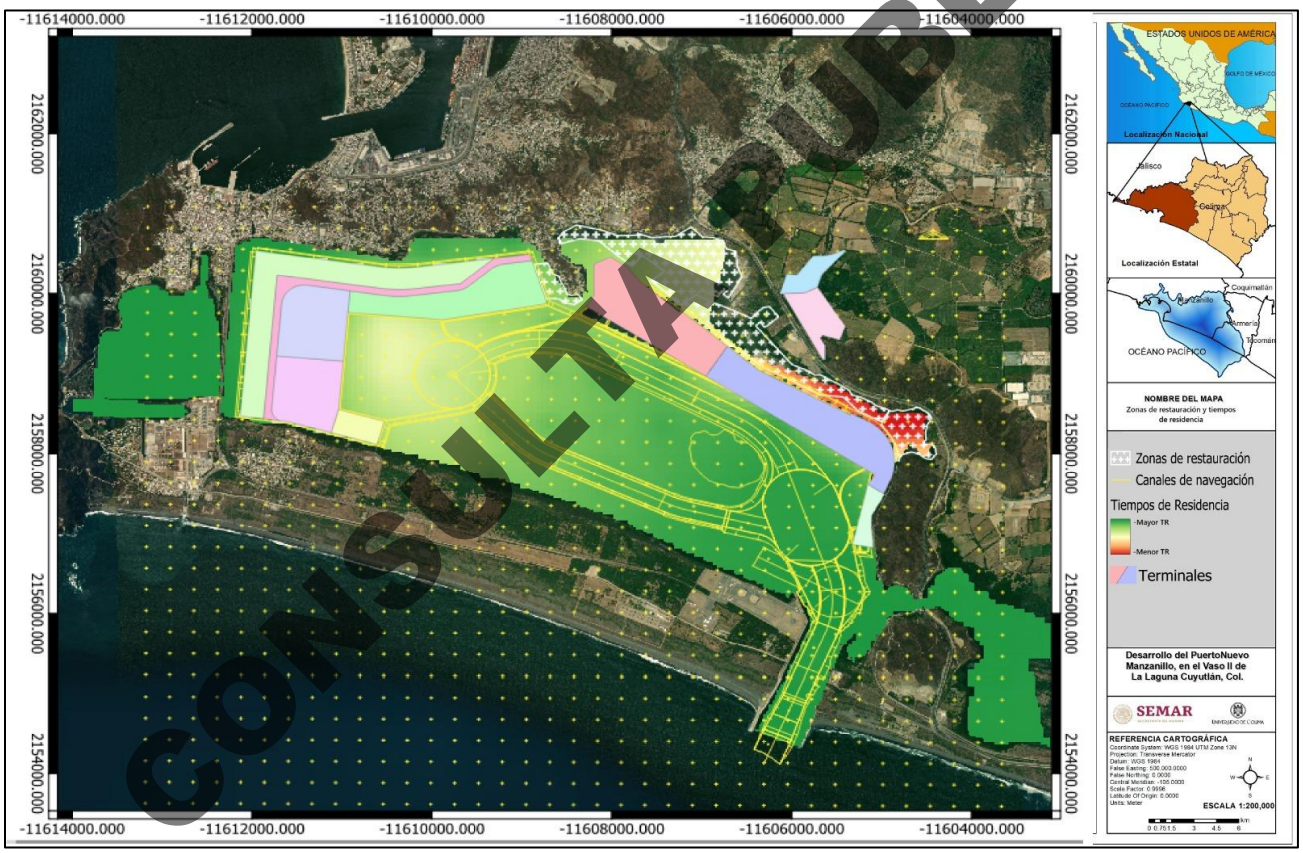


Figura V. 7. Áreas con potencial de Compensación del Manglar (restauración, recuperación, reforestación) y su relación con los Tiempos de Residencia (TR) obtenidos de la modelación hidrodinámica en el Vaso II.

Es importante, mencionar que se considera un Programa de Compensación del Manglar en una proporción de 3:1 que contempla la reforestación, la restauración hidrológica, el monitoreo de los indicadores y establecer condiciones para la regeneración natural de las coberturas y sus servicios ambientales asociados; considerando así, un total de 65.61 hectáreas para el Manglar. Es importante mencionar, que como parte de este Programa se contempla solicitar el reconocimiento de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) a las Islas cocodrilo I y II ubicadas al interior del Vaso II, en donde

CONSULTA PÚBLICA

existen aproximadamente 61.64 hectáreas de Manglar y 38.01 de Selva Baja Caducifolia (SBC). Asimismo, se contempla un Programa de Restauración de la Microcuenca vinculante con el Programa de Rescate de Flora que conlleva la restauración, en la misma proporción que el manglar 3:1, considerándose 101.37 hectáreas de Selva Baja Caducifolia (SBC).

Suelo

El análisis de los efectos a el componente Suelo, se analizó desde el ámbito terrestre y acuático, dado que la ocupación y uso del mismo por parte del proyecto se deriva de las obras y actividades considerada en las diversas etapas, tales como en el dragado de canales de navegación y dársenas de ciaboga, así como los vertimientos de material para conformación de diques, rellenos, nivelación del terreno para la conformación de patios de maniobras, muelles y caminos provisionales, a su vez, se prevén impactos por compactación y nivelación del terreno, así como la contaminación por presencia de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.

En la parte marina, se contemplan la disposición de esos materiales (dragado) en el sitio de tiro determinado (En trámite el permiso), y que conforme los estudios de modelación hidrodinámica del frente marino (Capitulo IV), los sedimentos ser dispuestos, no tendrán interacción con la costa inmediata por efecto de las corrientes y el canal de acceso al Vaso II; estableciéndose que no se observará recirculación de la pluma hacia el Canal Tepalcates ni hacia el sistema lagunar, lo que confirma que la ubicación del sitio de tiro y la dinámica regional impiden el reingreso del material dragado al sistema.

En el caso del ámbito lagunar, se identifica la diseminación de los sedimentos y para lo cual, están contempladas medidas de mitigación (ver Cap. VI), y la modelación lagunar muestra el comportamiento siguiente: Etapa I, la redistribución de corrientes intensifica los contrastes entre zonas erosivas y acumulativas en el Vaso II, focalizando la acumulación en las áreas dragadas y manteniendo procesos erosivos en sectores no intervenidos, identificando la susceptibilidad de afectación para zonas inter mareales al interior del Vaso II.

En la Etapa II, la disminución de velocidades dentro del Vaso II reduce de manera significativa las tasas de erosión y exportación de sedimentos, favoreciendo procesos de acumulación local. Al mismo tiempo, el incremento de velocidades hacia el Vaso III implica un transporte más eficiente entre vasos, lo que sugiere que el sedimento colocado o movilizado en el oriente del Vaso II tenderá a ser evacuado preferentemente durante los ciclos de reflujo, y durante el reflujo de marea viva, las partículas son transportadas hacia el centro de la dársena, y de ahí hacia el Canal Tepalcates para su expulsión del sistema. Durante el reflujo en mareas muertas, las partículas se dirigen hacia la frontera de la dársena, y hacia el Canal Tepalcates.

Aire

El componente aire podrá verse impactado debido al incremento de las emisiones polvo que se generan en la etapa de preparación y construcción, derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, a su vez, en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones para la movilización de las mercancías generara un incremento en la contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI. No obstante, se contemplan medidas de atención a estas afectaciones, las cuáles se describen en el Capítulo VI.

Biodiversidad.

En el componente biodiversidad se identificaron impactos derivados debido a la interrupción de los corredores biológicos y fragmentación del hábitat, que tiene efectos en el proceso de sucesión; se prevé que el proyecto altera el proceso natural de cambio y desarrollo de las comunidades biológicas del ecosistema, resultando en cambios en la composición, estructura y función del ecosistema, por otra parte el efecto barrera tiene un efecto negativo sobre la fauna debido a que provoca el aislamiento físico y biótico del hábitat, principalmente de las poblaciones animales presentes en el área; se consideran una

CONSULTA PÚBLICA

serie de medidas de mitigación para atender estos efectos (Cap. VI), entre las que destaca la promoción y designación de las Islas cocodrilo I y I (Tepalcates según el INAH) como Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), y cuya Se gestionará a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) como una modalidad oficial de Área Natural Protegida (ANP). Es importante mencionar que gran parte de las medidas de mitigación en su conjunto, serán desarrolladas e implementadas por el **Centro de Investigación Ambiental Portuario** (CIAP; ver capítulo 2), como eje técnico para el monitoreo, seguimiento y manejo adaptativo.

Paisaje.

En este componente, se afectará la calidad escénica del sistema donde se emplazará el proyecto, su principal afectación se realizará en la etapa constructiva del proyecto, derivado de la construcción de plataformas e instalaciones administrativas, generando un impacto residual en la estructura y percepción del paisaje costero lagunar de manera permanente. Asimismo, la colocación de una red de luminarias, trae consigo un impacto lumínico al alterar la oscuridad natural, trayendo consigo afectaciones al fotoperiodo y actividades ecológicas de la fauna.

Finalmente, cabe mencionar que, para la totalidad de los tipos de impactos identificados, evaluados y clasificados, se han diseñado en conjunto con el grupo de especialistas, **una batería de 54 diversas medidas de mitigación agrupadas por factores ambientales y que se describen en el Capítulo VI de este Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R).**

V.6.IMPACTOS ACUMULATIVOS Y RESIDUALES.

Redes complejas

Para efectos de identificar los impactos sinérgicos y residuales se revisó información en la Gaceta Ecológica, sobre proyectos y procedimientos relacionados a la evaluación de impacto ambiental que se llevan a cabo en el área. Y se llevó a cabo una revisión e identificación de las obras y actividades impactantes que se realizan actualmente en el SAR EIA para lo cual se realizó el reconocimiento geoespacial de los proyectos, obras y/o actividades incidentes en la poligonal del SAR EIA trazado a partir del año 2001 a la fecha. Así, se realizó una revisión preliminar de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) de los proyectos encontrados, y sus obras y actividades asociadas, identificando una potencial relación que mantienen con las obras y actividades del proyecto y por ende con la generación de impactos acumulativos y sinérgicos. De lo anterior, se registraron 284 actividades e impactos identificados resultado de las obras y actividades en el SAR EIA (https://app.semarnat.gob.mx/consulta-tramite/#/portal-consulta), y cuya ubicación se muestra en la **Figura V.8.**

CONSULTA PÚBLICA

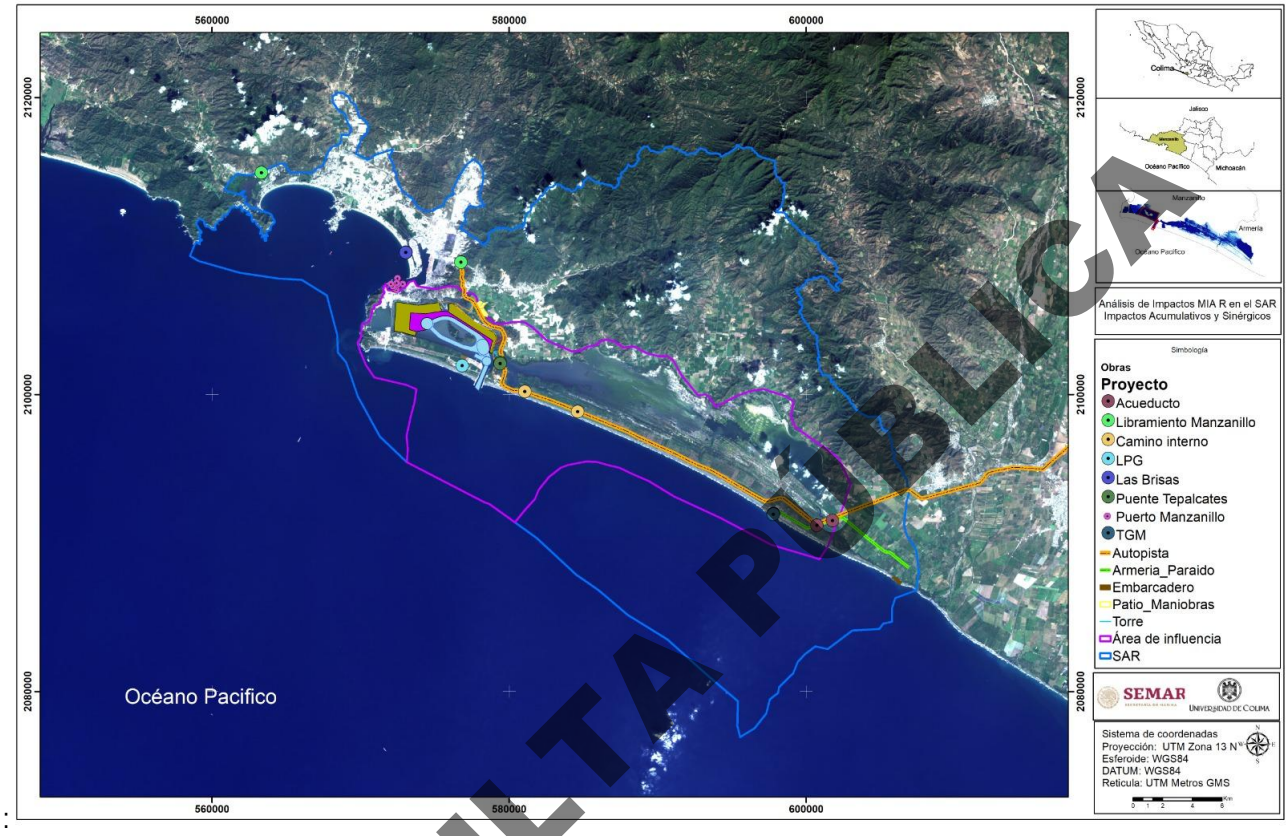


Figura V. 8. Ubicación de los proyectos MIA-R ubicados al interior del SAR del Manifiesto en ejecución.

Así, el reporte del análisis completo, resultado de este ejercicio de implementación de redes y el listado de impactos identificados se muestra en **el ANEXO I. Informe Análisis de Redes Complejas y EIA 050526** y en **Análisis de Redes Complejas Tabla de Impactos Unificada Integrada MIAS SAR050526,** no obstante, en adelante se presenta una síntesis metodológica.

Síntesis metodológica redes complejas

El modelo analizado puede describirse como un sistema de representación y análisis de impactos basado en una red causal dirigida, ponderada, etiquetada y potencialmente multicapa, sustentada heurísticamente en pensamiento sistémico, interpretada mediante teoría de sistemas complejos, analizada con métricas de redes complejas y complementada con análisis de rutas de propagación y rutas críticas de impacto. Así, una formulación metodológica sintética y técnicamente sólida sería la siguiente: La metodología se basa en la representación de impactos ambientales como nodos de una red causal dirigida, ponderada y multicapa, en la que las aristas expresan relaciones acumulativas y sinérgicas entre impactos de distinto subsistema. Este enfoque integra pensamiento sistémico, teoría de sistemas complejos, teoría de grafos y análisis de redes,

CONSULTA PÚBLICA

permitiendo identificar cascadas de impacto, nodos críticos, trayectorias de propagación y rutas críticas de influencia dentro del sistema socio ambiental (**Figura V.9**).

El análisis de impactos acumulativos y sinérgicos se desarrolló mediante la construcción de una red causal dirigida y ponderada, a partir de un procedimiento estructurado que incluyó las siguientes etapas:

1. **Identificación de nodos (impactos)**

- Los nodos de la red corresponden a impactos ambientales individuales identificados a partir de:
- Revisión de Manifestaciones de Impacto Ambiental previas en el SAR
- Identificación de interacciones proyecto–ambiente
- Clasificación por componente ambiental (físico, biótico, socioeconómico)

2. **Definición de relaciones causales (aristas)**

- Se establecieron relaciones dirigidas entre impactos cuando uno de ellos:
- Contribuye a la generación de otro (relación causal directa)
- Intensifica su magnitud (relación sinérgica)
- Se suma a efectos existentes (relación acumulativa)

3. **Construcción de la matriz de adyacencia**

- Las relaciones fueron representadas mediante una matriz de adyacencia A_{ij}, donde:
    - i= impacto origen
    - j= impacto destino
    - $A_{ij} \neq 0$indica existencia de relación

4. **Criterios de ponderación de aristas**

- Los pesos asignados a cada relación se definieron con base en criterios técnicos, tales como:
- Intensidad de la interacción (baja, media, alta)
- Tipo de relación (directa, acumulativa, sinérgica)
- Persistencia temporal
- Extensión espacial

Estos criterios fueron normalizados en una escala (por ejemplo, 1 a 3 o 1 a 5), permitiendo construir una red ponderada.

5. **Análisis de la red**

- Se aplicaron métricas de redes complejas para identificar:
- Grado de entrada (impactos receptores críticos)
- Grado de salida (impactos generadores)

CONSULTA PÚBLICA

- Nodos altamente conectados (hubs)
- Rutas de propagación (paths)
- Rutas críticas (trayectorias de mayor peso acumulado)

6. Análisis por etapas y global

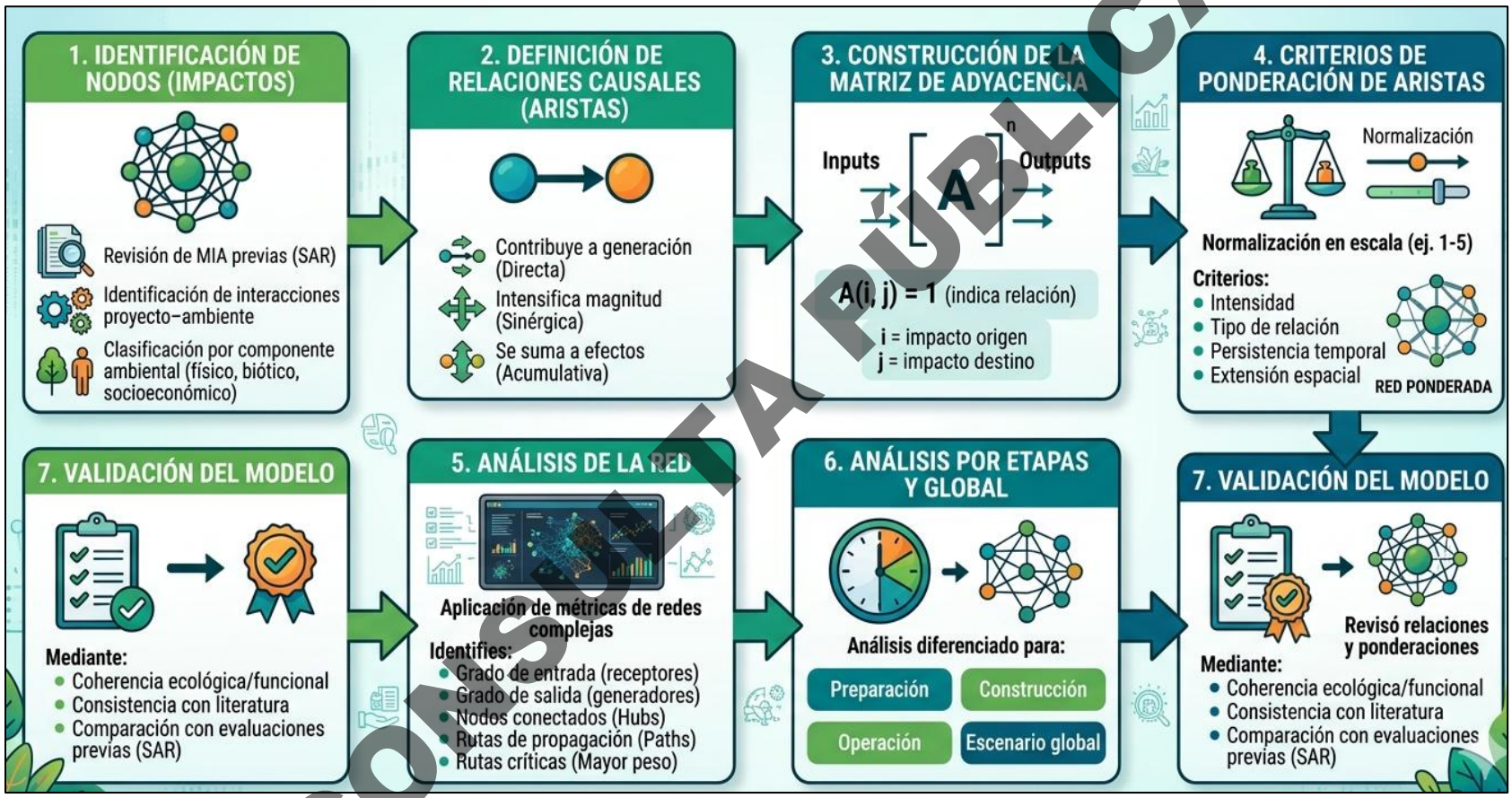
- El análisis se realizó de manera diferenciada para:
- Preparación
- Construcción
- Operación
- Escenario global del proyecto

7. Validación del modelo

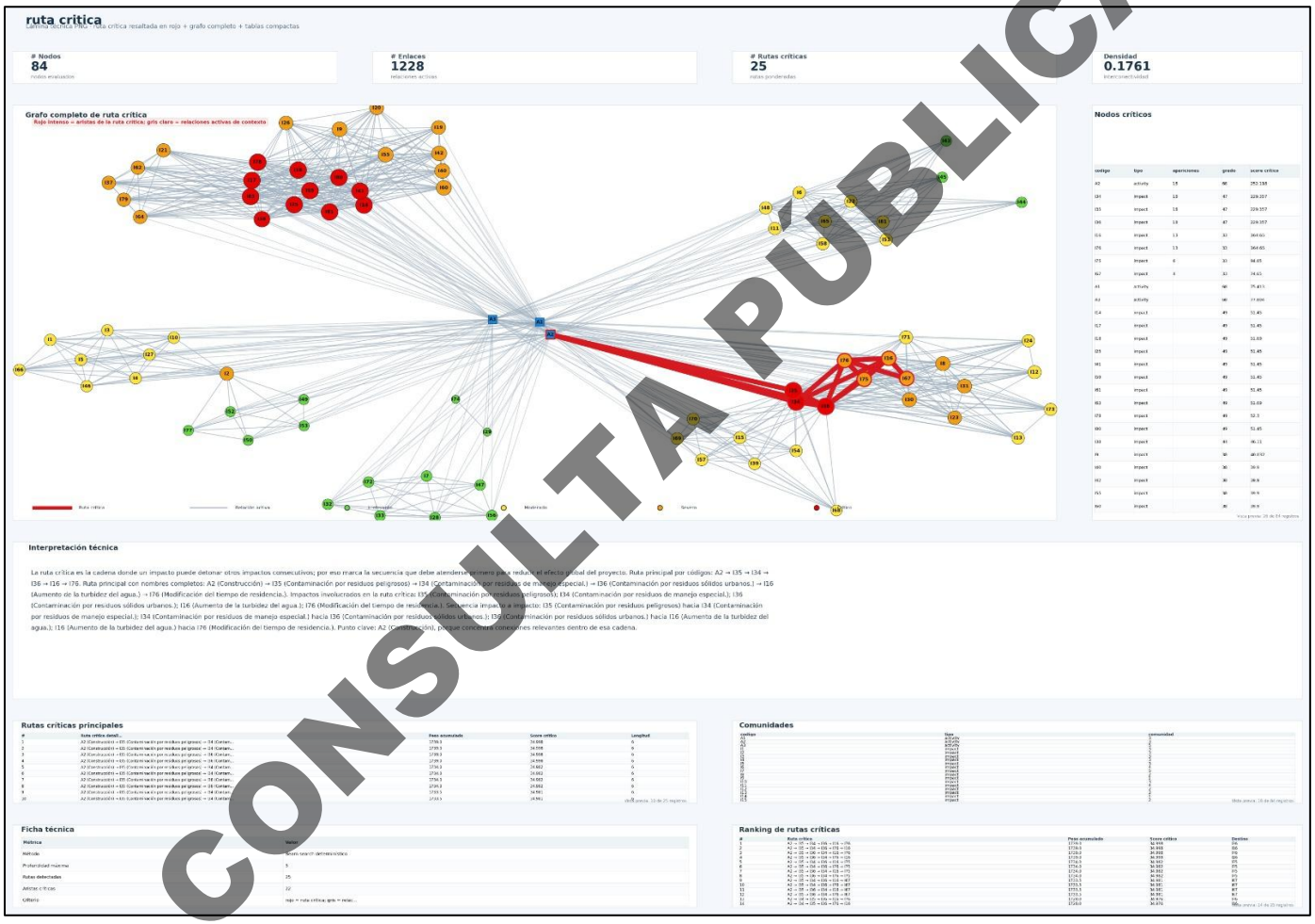
- Las relaciones y ponderaciones fueron revisadas mediante:
- Coherencia ecológica y funcional
- Consistencia con literatura técnica
- Comparación con evaluaciones previas en el SAR

El detalle completo de la matriz de adyacencia, criterios de ponderación, tablas de relaciones causales y resultados del análisis se presenta en el Anexo I, el cual forma parte integral del presente estudio

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PUBLICA



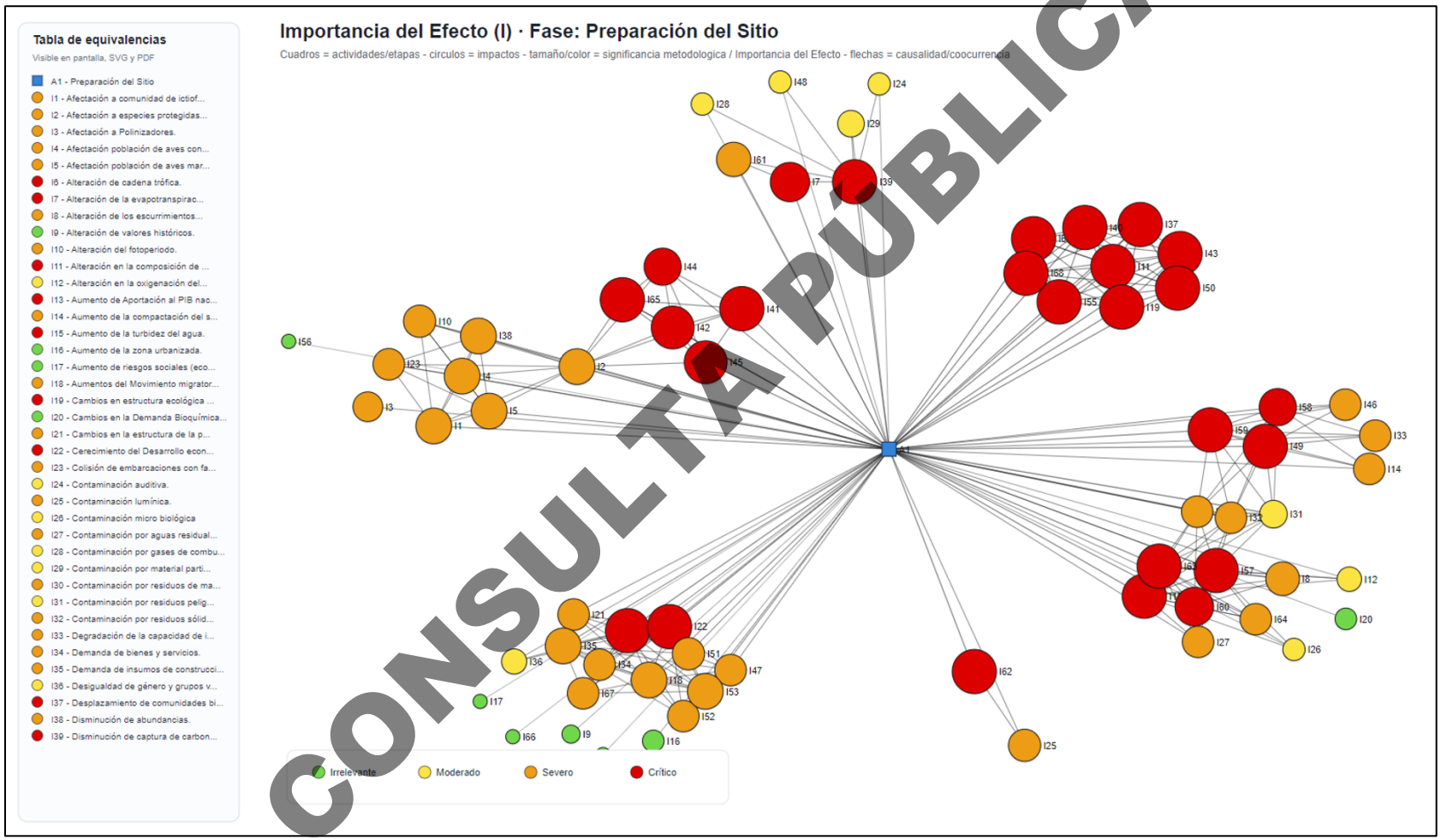
CONSULTA PÚBLICA

Figura V. 9. Diagrama de flujo y Ruta crítica de salida de la aplicación de Análisis de Redes Complejas relativos al proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

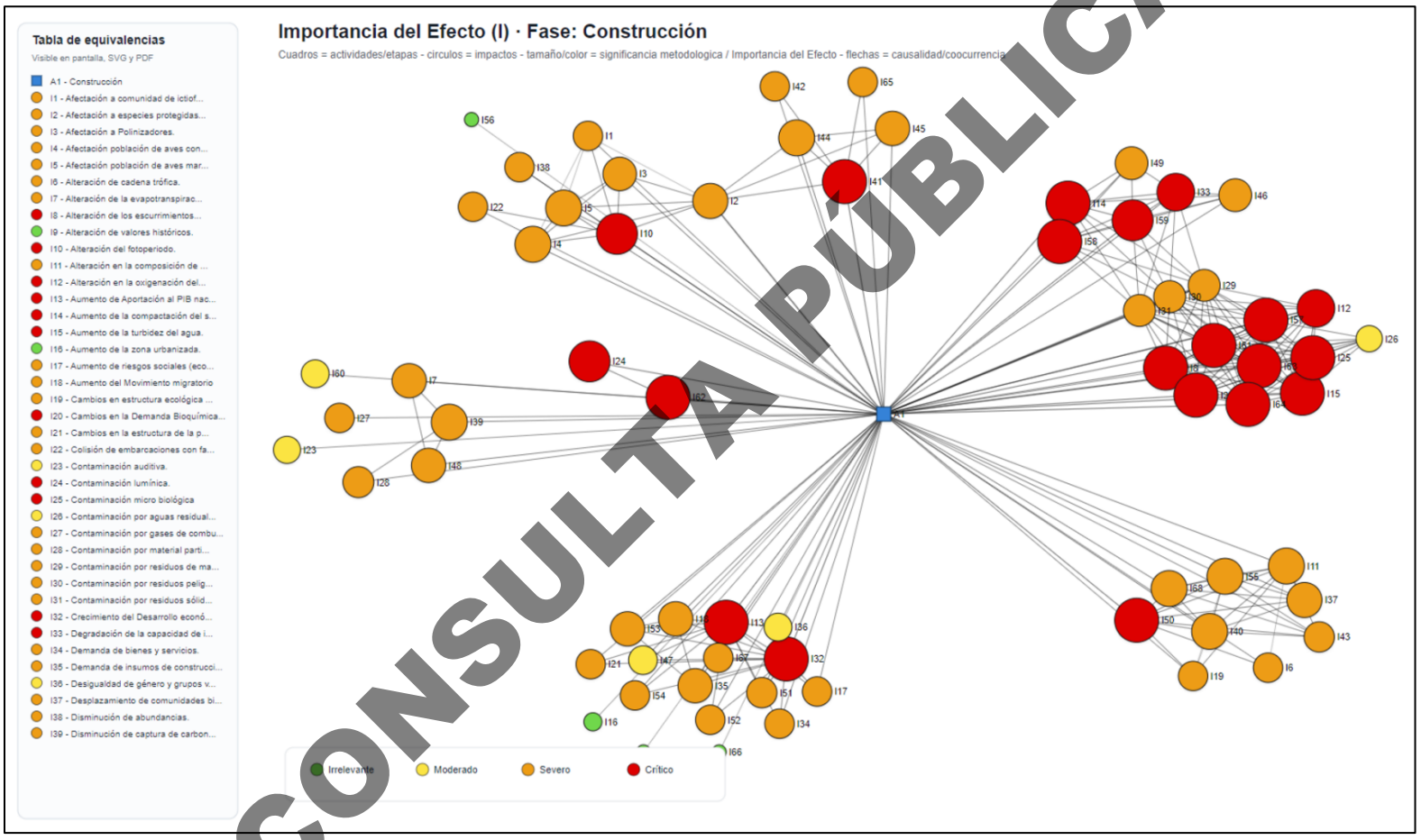
Alcances

El análisis desarrollado permite concluir que el enfoque en cuestión no corresponde a una mera visualización de relaciones entre impactos, sino a un modelo estructural de evaluación ambiental basado en redes causales complejas. El modelo heurístico subyacente se fundamenta en pensamiento sistémico, causalidad estructural, teoría de sistemas complejos, enfoque socio ecológico y lógica de impactos acumulativos y sinérgicos. Y por su parte, el modelo formal subyacente corresponde a un grafo dirigido, ponderado y etiquetado, con potencial formalización multicapa y analizado bajo el marco de redes complejas. Asimismo, el análisis incorpora rutas más cortas, entendidas como trayectorias de propagación eficiente, y rutas críticas de impacto, entendidas como trayectorias de mayor peso acumulado o mayor influencia sistémica. Frente a una matriz de Leopold tradicional, este enfoque ofrece ventajas sustantivas en la representación de impactos indirectos, acumulativos, sinérgicos y estructuralmente relevantes. No obstante, su consolidación como herramienta cuantitativa robusta requiere fortalecer criterios de construcción de aristas, definición de pesos, formalización temporal y validación de relaciones causales. Como ruta de evolución metodológica, el modelo puede escalarse de manera consistente hacia matrices de adyacencia ponderadas, redes multicapa, mapas cognitivos difusos, modelos dinámicos de propagación y, eventualmente, dinámica de sistemas o esquemas probabilísticos más avanzados. En términos generales, este enfoque constituye una base metodológica sólida para una Evaluación de Impacto Ambiental avanzada, particularmente en contextos portuarios y costeros donde predominan la interacción entre subsistemas, la acumulación de presiones y la emergencia de efectos no line. Así, en la **Figura V.10** se muestran la **Cartografía de la Complejidad resultado del Análisis de Redes Complejas por Etapas y Global del proyecto** conforme la Teoría de Grafos mediante una Estructura matemática formada por nodos (vértices) y aristas (enlaces) que modela relaciones. En redes complejas dirigidas, *el grado de entrada*, es el número de enlaces que llegan a un nodo, indicando su popularidad o influencia receptora, mientras que el *grado de salida* es el número de enlaces que salen, reflejando su capacidad de difusión. Son fundamentales para identificar nodos concentradores (hubs) y entender la topología en redes libres de escala. En **el Anexo I** se incluye, el reporte global con los detalles del análisis de los impactos de las MIAs a nivel del SAR y de este Manifiesto.

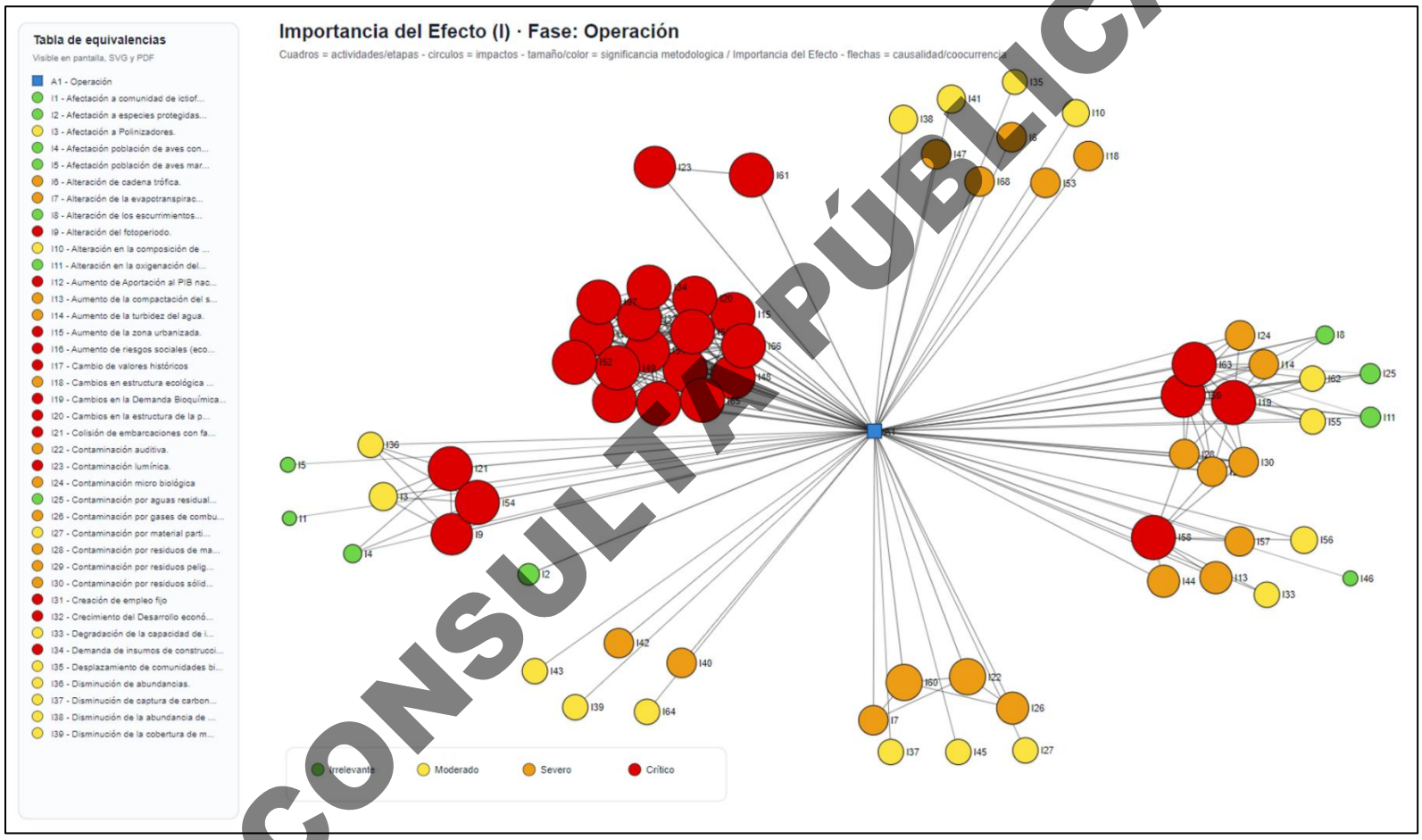
CONSULTA PÚBLICA



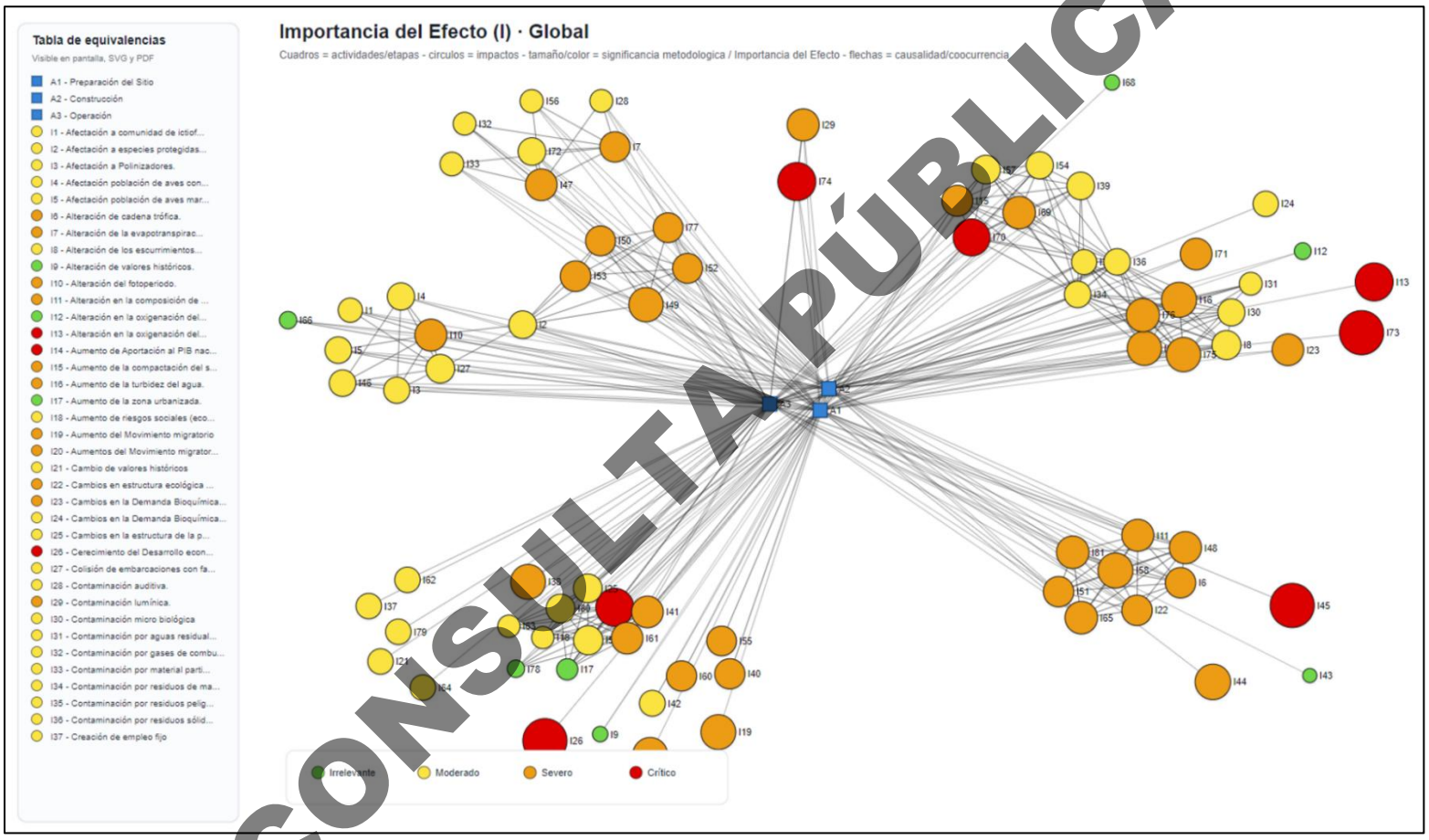
CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura V.10. Cartografía de la Complejidad derivado del Análisis de Redes Complejas relativos al proyecto del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col. Por Etapas: Preparación, Construcción, Operación y Global del Proyecto.

Impactos acumulativos y residuales.

La identificación y descripción de los impactos acumulativos y residuales del proyecto se sustenta en el análisis integral de las interacciones entre las actividades del proyecto y las presiones ambientales existentes dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR). Para ello, se empleó un enfoque basado en el análisis de redes complejas, el cual permitió evaluar no solo los impactos individuales, sino también las relaciones, retroalimentaciones y efectos no lineales derivados de la coexistencia de múltiples actividades en el sistema lagunar.

A partir de este análisis, se identificaron aquellos impactos que, por su nivel de conectividad, persistencia y capacidad de amplificación dentro del sistema, se consideran los más significativos y representativos. En este sentido, los impactos que se presentan en la **Tabla V.15** no corresponden a un listado exhaustivo, sino a una selección estratégica de aquellos efectos que reflejan de manera más clara los procesos acumulativos y residuales dominantes en el SAR, particularmente en un contexto donde ya existen presiones relevantes asociadas al desarrollo portuario, industrial y urbano de la región.

La descripción de estos impactos se realizará mediante tablas en las que en la primera columna se muestra el factor ambiental sobre el cual incide el impacto; en la segunda columna se presenta la descripción del impacto; en la tercera columna se especifica el tipo de efecto (directo, indirecto o sinérgico); en la cuarta columna se indican las actividades del proyecto que lo generan; en la quinta columna se señalan las etapas del proyecto en las que dichas actividades tienen lugar; y en la sexta columna se define si el impacto corresponde a un carácter acumulativo o residual.

Para la clasificación de los impactos acumulativos y residuales se consideraron las definiciones establecidas en el artículo 3°, fracciones VII y X del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental, las cuales establecen lo siguiente:

Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla V.15.- Lista de Impactos acumulativos y residuales identificados en el proyecto, que mostrarían relación con los identificados con los registrados en la MIAs contempladas al interior del Sistema Ambiental Regional (SAR).

Obras y/o actividades en el SAR	Componente ambiental	Impactos ambientales englobados	Tipo	Duración	Extensión	Magnitud	Efecto
Operación portuaria + descarga térmica (CFE)	Agua / Hidrodinámica	Alteración de la circulación hidrodinámica y aumento de temperatura → disminución de oxígeno disuelto	Sinérgico, Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso
Dragado	Agua / Sedimentos	Incremento de turbidez y resuspensión de sedimentos → reducción de penetración de luz	Acumulativo	Temporal	Local	Media-Alta	Adverso
Tráfico marítimo (incremento por nuevo puerto)	Fauna marina (cetáceos)	Aumento de ruido submarino → alteración de comportamiento, desplazamiento y posible interrupción de comunicación	Sinérgico, Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso
Tráfico marítimo (incremento por nuevo puerto)	Fauna marina (tortugas marinas)	Incremento de riesgo de colisiones y alteración de rutas de migración y anidación	Sinérgico, Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso
Construcción de infraestructura portuaria	Flora / Suelo	Remoción de vegetación (manglar y halófila) →	Acumulativo	Permanente	Regional	Alta	Adverso

CONSULTA PÚBLICA

		pérdida de hábitat y servicios ecosistémicos					
Infraestructura portuaria (existente + nueva)	Fauna terrestre y costera	Fragmentación de hábitat → reducción de conectividad ecológica	Sinérgico	Permanente	Regional	Alta	Adverso
Actividad industrial y portuaria	Atmósfera	Emisión de contaminantes (NOx, SO_2, CO_2) → deterioro de calidad del aire	Acumulativo	Permanente	Regional	Media-Alta	Adverso
Urbanización asociada al puerto	Atmósfera / Clima local	Reducción de cobertura vegetal → incremento de temperatura (isla de calor)	Sinérgico	Permanente	Local	Media	Adverso
Construcción de infraestructura portuaria	Suelo / Geomorfología	Modificación de línea de costa y fondo marino → alteración morfológica del sistema lagunar	Residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso
Operación portuaria	Agua / Sedimentos	Alteración de transporte de sedimentos → cambios en erosión y deposición	Residual	Permanente	Regional	Alta	Adverso

CONSULTA PÚBLICA

El análisis de los impactos acumulativos y residuales permitió identificar que los efectos más relevantes del proyecto no se presentan de manera aislada, sino como resultado de su interacción con las actividades preexistentes dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), particularmente aquellas asociadas al desarrollo portuario, industrial y urbano de la región. En términos generales, se observa un predominio de impactos de tipo acumulativo en los componentes físico y biótico, derivados de la intensificación de procesos que ya se encuentran en curso, como la modificación de la dinámica hidrológica, el incremento de la turbidez, la pérdida de cobertura vegetal y el aumento de emisiones atmosféricas.

Estos impactos reflejan una tendencia de deterioro progresivo del sistema, en la que el proyecto actúa como un factor adicional que contribuye a la consolidación de dichas presiones ambientales.

En cuanto a los impactos residuales, estos se concentran principalmente en los componentes geomorfológico e hidro sedimentario, donde las modificaciones estructurales derivadas de la construcción de infraestructura portuaria generan cambios permanentes en la configuración del sistema lagunar, persistiendo aun después de la implementación de medidas de mitigación.

Adicionalmente, deben considerarse los impactos asociados a la **generación y manejo de residuos** (sólidos y peligrosos), los cuales pueden dar lugar a efectos residuales sobre la calidad del agua y sedimentos, particularmente en escenarios de manejo inadecuado o fallas en los sistemas de control.

Por otra parte, en el componente de vegetación costera, especialmente en ecosistemas de manglar, los impactos no solo son residuales, sino también **sinérgicos y acumulativos**, debido a que estos sistemas ya presentan condiciones de estrés y reducción previa. En este sentido, la pérdida o fragmentación adicional del manglar, combinada con cambios hidrológicos, incremento de temperatura y presión antrópica, puede amplificar los efectos negativos, reduciendo su capacidad de resiliencia y recuperación.

En conjunto, los resultados evidencian que el sistema lagunar de la Laguna de Cuyutlán presenta una alta susceptibilidad a procesos de acumulación y amplificación de impactos, debido a su condición de sistema parcialmente confinado y a la presencia de múltiples fuentes de presión antrópica. En este contexto, los impactos identificados deben ser entendidos como parte de un sistema dinámico en el que las interacciones entre actividades juegan un papel determinante en la magnitud y persistencia de los efectos ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

V.6 CONCLUSIONES.

El análisis integral de impactos ambientales permite concluir que el proyecto presenta una predominancia de impactos adversos significativos sobre los componentes agua y suelo, asociados principalmente a actividades de dragado, relleno y modificación del terreno. Asimismo, se identifican impactos relevantes sobre la biodiversidad y flora, los cuales podrían generar efectos acumulativos en ausencia de medidas de control adecuadas.

Por otra parte, el componente socioeconómico evidencia impactos positivos de alta relevancia, posicionando al proyecto como un elemento estratégico para el desarrollo regional, particularmente en términos de generación de empleo, dinamización económica y fortalecimiento de la infraestructura logística. Además, se identificaron de tipo negativo para este componente, por efectos a la estructura social de la región, por efecto de migración, pérdida de valores culturales, espacios y actividades económicas tradicionales.

En términos de significancia, los impactos identificados se clasifican mayoritariamente como severos y moderados; sin embargo, con la implementación adecuada de las medidas de mitigación, prevención y compensación propuestas, es factible reducir su magnitud y extensión, favoreciendo su transición hacia niveles de compatibilidad ambiental.

En este contexto, el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, así como la adopción de mejores prácticas internacionales en gestión ambiental, resultan fundamentales para garantizar la viabilidad del proyecto bajo un enfoque de desarrollo sostenible. Asimismo, se recomienda la implementación de programas de monitoreo ambiental continuo que permitan evaluar la eficacia de las medidas aplicadas y establecer acciones correctivas en caso necesario, los cuáles se llevarán a cabo a través del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP).

El análisis de impactos acumulativos y residuales evidencia que los efectos más relevantes del proyecto se manifiestan a partir de su interacción con las presiones ambientales preexistentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR), particularmente aquellas asociadas al desarrollo portuario, industrial y urbano de la Laguna de Cuyutlán. En este sentido, se identificó un predominio de impactos acumulativos en los componentes físico y biótico, así como la presencia de efectos sinérgicos que incrementan la magnitud de impactos como el ruido submarino, el tráfico marítimo y la fragmentación del hábitat. Asimismo, se reconocen impactos residuales vinculados a modificaciones permanentes en la dinámica geomorfológica e hidro sedimentaria del sistema.

CONSULTA PÚBLICA

V.7. BIBLIOGRAFÌA.

1. CONESA F., V. 1993. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante & Mundi-prensa. 276 p.
2. CONESA F., V. 1997. Auditorías medioambientales. Guía metodológica. Madrid: Mundi-Prensa. 552 p.
3. Diario Oficial de la Federación (DOF). MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.
4. GÓMEZ O., D. 1999. Evaluación del impacto ambiental. Un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Madrid: MundiPrensa & Editorial Agrícola Española. 701 p.
5. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA]. (28 de enero de 1988). Diario Oficial de la Federación [DOF].
6. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. (Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014, vigente en 2022). Ciudad de México: SEMARNAT.
7. SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional. 90 p. México.
8. Toro Calderón, j., Martínez-Bernal, L.V., 2016. Redes Complejas en la Evaluación de Impactos Ambiental: Propuesta Metodológica. Conference Paper. 35 p. Congreso Nacional de Medio Ambiente. CONAMA. Madrid, España.

Anexo I.

- **Informe Análisis de Redes.**
- **Cartografía de la Complejidad del Grado de Importancia (I) por Etapas y a nivel Global MIA-R del proyecto y tablas resumen asociadas.**

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO VI

CONSULTA PÚBLICA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

CONSULTA PÚBLICA

Índice General

Contenido

VI.1 INTRODUCCIÓN 4
VI.2. FUNDAMENTO 4
VI.3. OBJETIVOS Y ALCANCES 5
VI.3.1. OBJETIVO GENERAL 5
VI.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5
VI.3.3. ALCANCES 6
VI.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y/O COMPENSACIÓN POR COMPONENTE AMBIENTAL 6
VI.4.1 MEDIDAS GENERALES DE MITIGACIÓN 7
VI. 5. FICHAS DESCRIPTIVAS ESPECÍFICAS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PLANTEADAS. 7
- PAISAJE 9
- SUELO 13
- AGUA 26
- BIODIVERSIDAD 39
- FLORA 45
- FAUNA 50
- ATMÓSFERA 62
- MANEJO DE RESIDUOS 68
- MEDIO SOCIOECONÓMICO 70

VI. 5.1. Medidas para impactos acumulativos, sinérgicos y residuales del proyecto “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)”, en relación con actividades del SAR. 82
VI.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 94
VI.6.1. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA 94

I.- ETAPA DE PREPARACIÓN....95
II.-ETAPA DE CONSTRUCCIÓN....96
III. ETAPA DE OPERACIÓN....100
VI.6.2. RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL....101
VI.6.2 RESPONSABILIDAD DEL PROMOVENTE....101
VI.6.3 RESPONSABILIDAD DE LAS EMPRESAS CONTRATISTAS....102
VI.6.4 SEGUIMIENTO Y CONTROL....102
VI.7 PROGRAMA DE RESCATE, REUBICACIÓN Y MONITOREO DE FAUNA....103
VI.8 PROGRAMA DE RESCATE DE FLORA....113
VI.9. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS....117
Marco legal.....119
Metas....121
Indicadores....123
Infraestructura para el manejo de los residuos....125
I.-Etapa de preparación del sitio y construcción....125
II.-Etapa de operación.....127
VI. 10. PROTOCOLO PARA ATENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS 129
Procedimiento de manejo de residuos peligrosos....129
VI. 11. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL DEL PERSONAL....130
Formación interna....131
Formación *in situ*....131
Pláticas sobre herramientas medioambientales.....133
VI. 12. CONCLUSIONES....133
VI.12. BIBLIOGRAFÍA....134

CONSULTA PÚBLICA

INDICE DE FIGURAS

Figura VI.1. Sirena para envío de señales de uso marino (Marca EcoBlast). 106

Figura VI.2 Esquema del tipo “vara” con hilo usada para la captura de lagartijas y serpientes pequeñas. Tomado de Vanzollini y Papavero (1985). 107

Figura VI 3 Numeración estándar para el marcaje de anfibios por el método de corte de falanges. 108

Figura VI.4 Codificación del sistema de marcaje para serpientes. 109

INDICE DE TABLAS

Tabla VI.1 Formato de la ficha de campo para el rescate de especies animales capturadas. 109

Tabla VI.2 Materiales y equipos necesarios para a ejecución de los trabajos. 116

Tabla VI.3. Metas del Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. 121

Tabla VI.4. Indicadores del Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. 123

CONSULTA PÚBLICA

VI.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo expone las estrategias ambientales diseñadas para prevenir, mitigar, corregir, restaurar y/o compensar los impactos ambientales identificados y evaluados en el Capítulo V de esta Manifestación de Impacto Ambiental, derivados de la ejecución del Proyecto de Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Estas medidas se desarrollan en atención a la ubicación del proyecto dentro del vaso II de la Laguna de Cuyutlán, un sistema lagunar costero y con influencia en el ambiente marino litoral adyacente, ambos con importancia ecológica y regulatoria dentro del municipio de Manzanillo y el estado de Colima.

Las acciones aquí propuestas consideran el marco legal aplicable, incluyendo la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental, las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) vigentes. El presente proyecto se fundamenta respecto a la regulación de uso del suelo en el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima (PMOTDU, 2025), en él, las Unidades de Gestión Ambiental Territorial (UGATs) 10, 13, 14, 134, 141, 126, 77, 19 y 136, son destinadas a las Políticas de Preservación, Restauración y Aprovechamiento Sustentable (Asentamientos Humanos), destinados estos últimos para el desarrollo portuario

El diseño de las medidas incorpora un enfoque integral, jerárquico y multicomponente, considerando elementos del medio físico, biótico, perceptual y socioeconómico. También se integran acciones alineadas con estrategias de compensación ambiental de largo plazo, incluyendo aquellas que pudieran ser vinculadas a esquemas de servicios ambientales o mecanismos de mercado de carbono, particularmente a través de la revegetación, protección de humedales, restauración y vinculación con figuras de conservación tales como Áreas Naturales Protegidas (ANP) recuperación de ecosistemas estratégicos. Destacando, además, la implementación de espacios, acciones y estrategias de seguimiento de condiciones de pesquisas acerca de las condiciones del Sistema Lagunar y *ecosistemas centinela* (Los ecosistemas centinela son aquellos que actúan como indicadores de cambios en el medio ambiente), como el Manglar y en y Frente marino costero adyacente con Especies Marinas como los cetáceos y tortugas marinas.

La implementación adecuada y oportuna de estas medidas será fundamental para minimizar los efectos adversos del proyecto, facilitar su integración armónica con el medio ambiente, y contribuir a la sustentabilidad ecológica de la región. De igual forma, se reconoce que los beneficios del proyecto deben ir acompañados de un estricto cumplimiento ambiental, a través de un Programa de Vigilancia Ambiental, el cual se describe posteriormente en este mismo capítulo.

VI.2. FUNDAMENTO

La formulación e implementación de las estrategias ambientales descritas en este capítulo se sustentan en lo dispuesto en el Articulo 30, primer párrafo de la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** (**LGEEPA**), que establece que toda Manifestación de Impacto Ambiental deberá contener, como mínimo, la descripción de los posibles efectos en los ecosistemas, así como de las medidas preventivas, de mitigación y demás acciones necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Asimismo, se da cumplimiento a los **Artículos 15 fracción IV, 28, 79 y 83 de la LGEEPA**, que obligan al promovente a prever y atender los posibles impactos ambientales a través de la instrumentación de medidas correctivas, preventivas y de control, conforme al principio de desarrollo sustentable y la obligación de restauración ambiental.

Por su parte, el **Artículo 3 fracciones XIII y XIV del Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental** (EIA) define y delimita el alcance de las medidas de prevención como aquellas acciones orientadas a evitar efectos previsibles de

CONSULTA PÚBLICA

deterioro ambiental, y de las medidas de mitigación como aquellas que buscan atenuar los impactos y restablecer las condiciones previas al desequilibrio provocado por el desarrollo de un proyecto.

Este marco legal se complementa con los lineamientos técnicos establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en particular en sus Guías para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental en modalidad regional para el sector infraestructura, así como con lo establecido en los Programas de Ordenamiento Ecológico y en las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en materia de emisiones, calidad del aire, ruido, suelos, agua, biodiversidad y manejo de residuos.

La estructuración de las medidas parte de la identificación de impactos ambientales significativos descritos en el Capítulo V de esta Manifestación de Impacto Ambiental. Dichas medidas han sido diseñadas con enfoque jerárquico, considerando los tres niveles del análisis ambiental: elementos, procesos y ecosistemas. Esta clasificación permite una atención diferenciada y eficaz a los distintos tipos de impacto directos, indirectos, acumulativos y residuales que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto.

Finalmente, se reconoce que la correcta implementación de estas estrategias que incluyen acciones de prevención, mitigación, restauración, compensación y recuperación— es clave para asegurar la viabilidad ambiental del proyecto, mantener la funcionalidad del sistema ambiental regional y garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en México.

VI.3. OBJETIVOS Y ALCANCES

VI.3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer e implementar un conjunto integral de medidas ambientales orientadas a prevenir, mitigar, restaurar y/o compensar los impactos negativos derivados del Proyecto de Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). garantizando su viabilidad ecológica, su alineación con los instrumentos de ordenamiento territorial y su cumplimiento con el marco legal ambiental vigente.

VI.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Prevenir o minimizar los impactos ambientales generados por las actividades del proyecto en sus distintas fases en el sistema ambiental regional.
- Establecer acciones técnicas para la conservación y restauración de elementos y procesos del sistema ambiental regional.
- Garantizar la compatibilidad del proyecto con las políticas de uso del suelo, vocación ecológica y lineamientos establecidos en el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Manzanillo, Colima (PMOTDU, 2025).
- Fortalecer la responsabilidad ambiental del promovente mediante la integración de herramientas de vigilancia y mejora continua.
- Establecer estrategias de pesquisas enfocadas al monitoreo y seguimiento de las condiciones ambientales del vaso II, Sistema Lagunar y Frente marino costero adyacente.

CONSULTA PÚBLICA

VI.3.3. ALCANCES

Las medidas abarcan todos los componentes del medio ambiente afectados: físico, biótico, perceptual y socioeconómico.

- Se aplican a todas las etapas del proyecto: preparación del sitio, construcción y operación.
- Incluyen acciones de prevención, mitigación, restauración, compensación y seguimiento
- Están diseñadas para atender tanto impactos directos, indirectos, como acumulativos y residuales
- Las medidas consideran la participación del promovente, responsables técnicos y supervisión ambiental, conforme al marco normativo vigente. Las estrategias serán ajustables conforme a los resultados del Programa de Vigilancia Ambiental y los indicadores de desempeño.

VI.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, RESTAURACIÓN Y/O COMPENSACIÓN POR COMPONENTE AMBIENTAL

El desarrollo del Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) implica la ejecución de una serie de obras e intervenciones que, de acuerdo con la identificación de impactos descritos en el capítulo V, generan impactos significativos sobre diversos componentes del sistema ambiental regional. En ese sentido, este apartado tiene como propósito establecer las medidas ambientales específicas que permitirán prevenir, mitigar, corregir, restaurar y/o compensar los impactos negativos asociados al desarrollo del proyecto, conforme a su naturaleza, magnitud y duración.

Las medidas aquí descritas han sido clasificadas y estructuradas según los componentes ambientales afectados, y se agrupan bajo una lógica jerárquica por nivel de análisis:

- **Elementos ambientales individuales**, como el suelo, el aire, el agua, la flora, la fauna y el paisaje.
- **Procesos ecológicos y físico-naturales**, como la hidrología superficial y costera, la erosión, la dinámica sedimentaria y la sucesión ecológica.
- **Ecosistemas**, tales como el manglar, el sistema lagunar y la selva baja caducifolia.

Este enfoque permite una atención diferenciada y precisa, facilitando la asociación entre impacto identificado y medida propuesta. Las acciones se dividen entre medidas generales, aplicables de manera transversal a todas las fases del proyecto y a múltiples factores ambientales, y medidas específicas, dirigidas a componentes puntuales del medio físico, biótico, perceptual o socioeconómico.

El diseño de estas estrategias ambientales considera no sólo el cumplimiento del marco jurídico vigente, particularmente la LGEEPA y su reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, sino también su alineación con los instrumentos de política territorial y ecológica aplicables al área del proyecto. Dado que este se localiza dentro del vaso II de la Laguna de Cuyutlán, las medidas han sido formuladas tomando en cuenta los criterios y políticas definidos en el Programa de Ordenamiento ecológico Local de Manzanillo y el Programa Regional de Ordenamiento de la Subcuenca de la Laguna de Cuyutlán, que clasifican esta zona bajo vocaciones de restauración ecológica y aprovechamiento regulado.

De esta manera, se integran medidas orientadas no solo al control de impactos inmediatos, sino también a la recuperación ambiental del sistema lagunar costero, la protección de humedales y la posibilidad de vincular algunas acciones a mecanismos de compensación ambiental como el mercado de carbono, particularmente en lo relativo a revegetación, conservación de manglares y restauración de servicios ecosistémicos.

CONSULTA PÚBLICA

Se contempla, además, la implementación de un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA), que funcionará como mecanismo de supervisión y control durante todas las etapas del proyecto. Este programa permitirá verificar el cumplimiento de las medidas establecidas, identificar desviaciones, activar medidas correctivas y registrar el desempeño ambiental general del proyecto a través de indicadores específicos.

Las medidas serán implementadas durante las fases de:

- **Preparación del sitio.**
- **Construcción.**
- **Operación.**

Cada medida incluye, además, la especificación de su objetivo ambiental, el momento de aplicación, la periodicidad de su ejecución, los responsables de su implementación y los mecanismos de verificación o seguimiento. Esto asegura un sistema de gestión ambiental operativo, técnico y verificable.

VI.4.1 MEDIDAS GENERALES DE MITIGACIÓN

Las medidas generales de mitigación son aquellas acciones que se aplican de forma transversal a múltiples factores ambientales y a lo largo de todas las fases del proyecto. Estas medidas tienen como objetivo minimizar o evitar impactos ambientales recurrentes, que pueden surgir indistintamente en cualquiera de las actividades asociadas al Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

La batería de las medidas diseñadas y contempladas conforme los impactos previamente identificados y clasificados en el Capítulo V, se concentran y describen en fichas específicas descriptivas conforme a las etapas y las obras y actividades correspondientes al desarrollo de este proyecto, ver sección al final del documento.

VI. 5. FICHAS DESCRIPTIVAS ESPECÍFICAS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN PLANTEADAS.

Con base en la identificación, caracterización y evaluación de impactos ambientales desarrolladas en el Capítulo V, se definieron medidas de prevención, mitigación y compensación orientadas a evitar, reducir, restaurar o compensar los efectos adversos del proyecto sobre los distintos componentes ambientales.

Estas medidas fueron diseñadas bajo un enfoque integral y adaptativo, considerando la naturaleza del sistema lagunar de la Laguna de Cuyutlán, su dinámica hidrológica, su importancia ecológica y su interacción con actividades portuarias existentes.

La estructuración de las medidas responde a los siguientes criterios:

• Atención directa a los impactos identificados, incluyendo aquellos de carácter acumulativo, sinérgico y residual.

• Diferenciación por etapa del proyecto (preparación del sitio, construcción y operación).

• Integración de medidas preventivas, de mitigación y de compensación, priorizando la prevención y el control en fuente.

• Vinculación con programas ambientales específicos, en cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, los cuales serán implementados y coordinados a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario** (CIAP; ver capítulo 2), como eje técnico para el monitoreo, seguimiento y manejo adaptativo.

CONSULTA PÚBLICA

- Programa de Compensación del Manglar - II (Seguimiento de las condiciones del Ecosistema del Manglar).
- Programa de Rescate de Flora
- Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna
- Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos (Cetacéos)
- Programa de Monitoreo de Tortugas (Quelonios)
- Programa de Monitoreo de Dunas
- Programa de Monitoreo de Calidad del Agua y Sedimentos
- Programa de Manejo de Residuos
- Programa de Capacitación y Educación ambiental del personal
- Programa de Capacitación para sectores económicos afectados (Reskilling)
- Programa de Comunicación
- Programa de Vigilancia Ambiental

• Incorporación de indicadores de cumplimiento que permitan evaluar la efectividad de las medidas y asegurar su mejora continua.

De manera complementaria, se incorporan acciones de restauración ecológica y establecimiento de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), orientadas a mantener y fortalecer la funcionalidad ecológica del sistema lagunar, particularmente en lo que respecta a la conservación de hábitats clave y la biodiversidad asociada.

A continuación, se presentan las fichas de medidas organizadas por componente ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

- **PAISAJE**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 1**
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Actividades: Señalamiento preventivo	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Paisaje
Definición de la Medida	**Señalización con criterios de integración visual.**
Impacto que previene	Modificación del paisaje natural.
Objetivo	Evitar alteraciones estéticas del paisaje natural.
Descripción de la Medida	
El señalamiento se diseñará con materiales neutros, no reflectantes y discretos. Se evitarán colores intensos. Al término de la fase, se retirarán sin dejar residuos.	
Indicadores de cumplimiento	
Porcentaje de señalética instalada que cumple con criterios de diseño (meta: ≥ 100%). Evidencia fotográfica antes, durante y después de la instalación. Porcentaje de señalética retirada al término de la etapa (meta: 100%).	

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 2
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Preliminares, ejecución de obras, operación de maquinaria, manejo de materiales y tránsito de personal.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Paisaje
Definición de la Medida	**Manejo e integración visual de frentes de obra.**
Impacto que previene	Modificación del paisaje natural.
Objetivo	Minimizar la alteración de la calidad visual del paisaje durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación mediante el control de fuentes de intrusión visual.
Descripción de la Medida	

Delimitar y organizar los frentes de obra, evitando la dispersión de materiales, residuos y equipos fuera de las áreas autorizadas.

Controlar la generación de polvo mediante riego periódico de superficies expuestas, especialmente en zonas de tránsito y acopios.

Mantener el orden y limpieza continua en el sitio de obra, evitando acumulaciones visibles de residuos, materiales o suelo removido.

Regular la ubicación de maquinaria y equipos, concentrándolos en zonas específicas para reducir su visibilidad en el paisaje.

Minimizar la altura y extensión de acopios de material, procurando su perfilado e integración visual con el entorno inmediato.

Evitar el uso de elementos visualmente disruptivos (lonas, estructuras temporales, señalización) sin criterios de integración visual.

Implementar acciones de control de emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones conforme a los programas correspondientes, reduciendo su contribución indirecta a la percepción de deterioro del paisaje.

Al término de las etapas de preparación del sitio y construcción, retirar instalaciones temporales y rehabilitar las áreas intervenidas para restituir las condiciones visuales del sitio.

CONSULTA PÚBLICA

Ejecución del **Programa de Vigilancia Ambiental.**
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de frentes de obra delimitados y ordenados conforme a lo establecido (meta: ≥ 100%). Frecuencia de riego para control de polvo en áreas expuestas (meta: conforme a programa, mínimo diario en condiciones secas). Número de incidencias por acumulación inadecuada de materiales o residuos (meta: 0). Registro fotográfico periódico (puntos fijos) que evidencie condiciones de orden, limpieza e integración visual. Porcentaje de áreas intervenidas rehabilitadas al término de la etapa (meta: 100%). Cumplimiento de límites establecidos en programas de control de emisiones, ruido y vibraciones (meta: ≥ 100%).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 3**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Instalación de infraestructura temporal y permanente, trabajos nocturnos, operación portuaria, iluminación de muelles, patios y vialidades	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Paisaje
Definición de la Medida	**Implementación de iluminación ambientalmente responsable para minimizar la dispersión lumínica.**
Impacto que previene	Contaminación lumínica
Objetivo	Reducir la emisión, dispersión e intrusión de luz artificial hacia el entorno natural durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.
Descripción de la Medida	
Se utilizarán luminarias dirigidas (de corte total) que eviten la dispersión de luz hacia el cielo y áreas no requeridas.	

CONSULTA PÚBLICA

Se empleará iluminación de baja intensidad y temperatura de color cálida (<3000 K).
Se limitará el uso de iluminación artificial únicamente a las áreas y horarios estrictamente necesarios.
Se evitará la iluminación continua en zonas cercanas a cuerpos de agua, vegetación natural y áreas potenciales de tránsito de fauna.
Se instalarán temporizadores o sensores para apagar automáticamente las luminarias cuando no estén en uso.
Se prohibirá el uso de reflectores dirigidos hacia el cielo o cuerpos lagunares.
Al término de las etapas de preparación del sitio y construcción, toda la infraestructura de iluminación temporal será retirada sin dejar residuos ni alteraciones visibles.
Durante la etapa de operación, la iluminación permanente se diseñará bajo criterios de eficiencia energética e integración visual, minimizando la intrusión lumínica hacia el entorno.
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de luminarias instaladas con diseño tipo “corte total” respecto al total (meta: ≥ 100%).
Temperatura de color promedio de luminarias instaladas (meta: ≤ 3000 K).
Porcentaje de luminarias con temporizador, sensor o sistema de control automático (meta: ≥ 95%).
Registro de horarios de operación de iluminación conforme a necesidades operativas (meta: cumplimiento ≥ 100%).
Verificación visual nocturna mediante inspecciones periódicas sin emisión de luz hacia el cielo o cuerpos de agua (meta: ≥ 95 % de luminarias sin emisión directa).
Evidencia fotográfica del cumplimiento en las tres etapas del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

- **SUELO**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 4**
Etapa: Preparación del sitio	
Actividades: Instalación de obras provisionales (oficinas, campamentos, patios de maquinaria), habilitación de caminos internos, acondicionamiento de áreas de almacenamiento de materiales y combustibles, operación de maquinaria y equipos fijos, así como el manejo y resguardo de insumos durante la preparación del sitio.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo
Definición de la Medida	**Protección edáfica con delimitación de áreas.** **Control de emisiones en maquinaria fija y herramientas.**
Impacto que previene	Modificación de las características fisicoquímicas del suelo acuático lagunar. Modificación de las características fisicoquímicas del suelo marino.
Objetivo	Minimizar la alteración física y química del suelo, incluyendo zonas con influencia acuática y marina, así como prevenir la generación de contaminantes atmosféricos derivados de la operación de maquinaria y equipos.
Descripción de la Medida	
Se delimitarán las áreas destinadas a la instalación de obras provisionales, patios de maquinaria y almacenamiento de materiales mediante señalización visible, mallas o barreras físicas, restringiendo el tránsito y la intervención únicamente a zonas autorizadas, con el fin de evitar la alteración innecesaria del suelo y la posible movilización de sedimentos hacia el sistema lagunar. Se habilitarán caminos internos definidos para la circulación de maquinaria, evitando el tránsito sobre suelo natural fuera de las áreas designadas y reduciendo la generación de escurrimientos con sedimentos que puedan afectar las características fisicoquímicas del suelo acuático y marino. Se implementarán medidas de control de escurrimientos en zonas de trabajo, mediante cunetas, bordos o barreras de retención, para evitar el arrastre de partículas, sedimentos o contaminantes hacia el sistema lagunar.	

CONSULTA PÚBLICA

El almacenamiento de materiales, combustibles y sustancias potencialmente contaminantes se realizará sobre superficies impermeables o mediante el uso de bandejas de contención, evitando infiltraciones o derrames que puedan modificar las características fisicoquímicas del suelo y su eventual incorporación al medio acuático. Se aplicarán protocolos de manejo seguro de sustancias y respuesta ante derrames, incluyendo la disponibilidad de materiales absorbentes y contención inmediata, en coordinación con el Programa de Manejo de Residuos. En caso de detectarse compactación o alteración del suelo, se realizarán acciones de escarificación, restauración y estabilización del sitio, favoreciendo la recuperación de sus condiciones físicas y funcionales. Se capacitará al personal en buenas prácticas ambientales para el manejo de maquinaria, control de emisiones y protección del suelo, a través del Programa de Capacitación y Educación ambiental del personal.
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de áreas de trabajo delimitadas conforme a lo establecido (meta: ≥ 100 %). Número de eventos de derrames o fugas registrados (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0). Porcentaje de maquinaria con mantenimiento vigente (meta: ≥ 100 %). Número de estructuras de control de escurrimientos implementadas (meta: ≥ 100 % de las previstas en el diseño). Número de capacitaciones realizadas al personal en manejo ambiental (meta: ≥ 2 capacitaciones/año).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 5**
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Actividades: Desmonte, trazo y nivelación, tránsito de maquinaria, habilitación de caminos y áreas de trabajo	
Proyecto: “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).”	
Componente ambiental:	Suelo.
Definición de la Medida	**Manejo y Conservación de la Calidad Física del Suelo.**

CONSULTA PÚBLICA

Impacto que previene	Aumento de la compactación del suelo. Disminución del crecimiento radicular en el suelo. Degradación de la capacidad de infiltración. Modificación de las características fisicoquímicas del suelo lagunar.
Objetivo	Prevenir y mitigar la alteración de la estructura y funcionalidad del suelo causada por las actividades del proyecto, manteniendo su porosidad, capacidad de infiltración y condiciones adecuadas para el desarrollo de la vegetación.

Descripción de la Medida

Señalizar y restringir las áreas de tránsito de maquinaria y zonas de trabajo.

Evitar el tránsito innecesario fuera de las áreas autorizadas.

Establecer rutas definidas para maquinaria pesada.

Limitar el número de pasadas en zonas sensibles.

Evitar trabajos sobre suelos saturados o después de lluvias intensas.

Retirar, acopiar y conservar la capa superficial del suelo (suelo fértil) en zonas donde sea posible. Se considerarán aptas para el retiro de suelo fértil aquellas áreas que cumplan con al menos los siguientes criterios:

1. **Presencia de capa orgánica visible** (horizonte A) con espesor ≥ 10 cm.
2. **Cobertura vegetal existente** (herbácea, arbustiva o arbórea) que indique potencial biológico del suelo.
3. **Baja perturbación previa**, evitando zonas compactadas, rellenos o suelos altamente degradados.
4. **Ausencia de contaminación evidente**, descartando áreas con residuos, hidrocarburos o descargas.
5. **Viabilidad operativa de extracción**, sin comprometer la estabilidad del terreno ni generar procesos erosivos.
6. **Ubicación fuera de zonas inundables permanentes** o con saturación hídrica constante (para evitar pérdida de calidad del suelo).

Proteger los acopios contra erosión y compactación.

Romper capas compactadas para recuperar la estructura del suelo.

Reintegrar el suelo superficial en áreas intervenidas.

CONSULTA PÚBLICA

Implementar revegetación con especies nativas para favorecer la recuperación del sistema radicular, a través de los programas de: **Rescate de Flora, Restauración de la Microcuenca, Compensación del Manglar.**
Indicadores de cumplimiento
Superficie con tránsito de maquinaria delimitada y controlada (meta: ≥ 100 % de las áreas de tránsito definidas en el proyecto). Número de áreas intervenidas con acciones de descompactación (meta: ≥ 100 % de caminos y zonas de obras auxiliares de uso temporal). Superficie restaurada y revegetada posterior a la intervención (meta: ≥ 100 % de la superficie temporalmente afectada). Número de supervisiones realizadas sobre manejo de suelo (meta: ≥ 1 supervisión mensual durante construcción). Evidencia documental de manejo de capa superficial del suelo. Registros técnicos conforme el programa de Vigilancia Ambiental

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 6**
Etapa: Preliminares y preparación del sitio	
Actividades: Rehabilitación de caminos existentes (Auxiliares)	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo
Definición de la Medida	**Protección del suelo y la vegetación mediante la delimitación precisa del trazo, control de obras de nivelación y aplicación de medidas de estabilización y restauración.**
Impacto que previene	Erosión. Modificación de las características físico- químicas del suelo. Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres.
Objetivo	Prevenir la degradación del suelo asociada a erosión, compactación y contaminación, así como evitar la alteración innecesaria de la cobertura vegetal en zonas adyacentes a los caminos.

CONSULTA PÚBLICA

Descripción de la Medida
Se definirá el trazo de los caminos mediante herramientas de precisión (GPS diferencial y/o drones), priorizando zonas previamente impactadas o con menor cobertura vegetal, con el fin de reducir la remoción de vegetación y la alteración del suelo. Se delimitarán físicamente los límites del trazo mediante estacas, cintas o señalización visible, restringiendo el tránsito de maquinaria exclusivamente a las áreas autorizadas y evitando la afectación de zonas adyacentes. Se implementarán medidas de control de erosión en zonas con pendiente, suelos susceptibles y zonas intermareales, mediante la instalación de geotextiles, barreras físicas y técnicas de estabilización superficial, con el fin de reducir la pérdida de suelo y la alteración de sus propiedades fisicoquímicas. Se evitará la remoción innecesaria de vegetación fuera del trazo definido, protegiendo áreas con cobertura vegetal relevante para la estabilidad del suelo y la continuidad de las comunidades vegetales. Se aplicarán acciones de estabilización y restauración en áreas intervenidas temporalmente, incluyendo nivelación controlada, control de escurrimientos y revegetación con especies nativas, en coordinación con el **Programa de Restauración de la Microcuenca**. En caso de afectación a vegetación, se implementarán acciones de rescate y manejo de flora, priorizando su reubicación o conservación, a través del **Programa de Rescate de Flora**. Se capacitará al personal en buenas prácticas de manejo de suelo y vegetación, evitando impactos innecesarios durante las actividades de trazo y nivelación, a través del **Programa de Capacitación y Educación ambiental del personal**.
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de trazo ejecutado dentro de áreas previamente delimitadas (meta: ≥ 100 %). Superficie con medidas de control de erosión implementadas (meta: ≥ 100 % de las áreas identificadas como susceptibles). Superficie de vegetación afectada fuera del trazo autorizado (meta: ≤ 0 ha). Superficie restaurada y revegetada posterior a intervención (meta: ≥ 100 % de la superficie afectada). Número de acciones de rescate de flora implementadas (meta: ≥ 100 % de las acciones programadas).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 7
Etapa: Preliminares y preparación del sitio	
Actividades: Rehabilitación de caminos existentes, canalización y manejo de escurrimiento pluviales. Prevención de arrastre de sedimentos y material particulado.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo, Agua
Actividad	Suministro, colocación y tendido de revestimiento y recargue de material en caminos de acceso existentes.
Impacto que previene	Erosión. Aumento de la compactación del suelo terrestre. Alteración de los escurrimientos superficiales. Aumento de la turbidez del agua. Modificación de las características fisicoquímicas del suelo. Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres.
Objetivo	Prevenir la degradación del suelo asociada a erosión, compactación y arrastre de sedimentos, así como evitar la alteración innecesaria de la cobertura vegetal y la modificación de los flujos hidrológicos superficiales.
Descripción de la Medida	
Se definirá el trazo de los caminos mediante herramientas de precisión (GPS diferencial y/o drones), priorizando zonas previamente impactadas o con menor cobertura vegetal, con el fin de reducir la remoción de vegetación y la alteración del suelo. Se delimitarán físicamente las áreas de intervención mediante señalización visible (estacas, cintas u otros elementos), restringiendo el tránsito de maquinaria exclusivamente a los caminos y zonas autorizadas.	

CONSULTA PÚBLICA

Se habilitarán caminos internos definidos para la circulación de maquinaria, evitando el tránsito sobre suelo natural fuera del trazo establecido y reduciendo la compactación y remoción innecesaria de vegetación.

Se implementarán sistemas de drenaje superficial mediante cunetas laterales y estructuras de conducción, permitiendo el manejo controlado del agua pluvial y evitando la concentración de escurrimientos.

Se instalarán estructuras de disipación de energía (bajadas de agua revestidas con material pétreo u otros elementos), reduciendo la velocidad del flujo y evitando la erosión del suelo.

Se utilizará material pétreo de bancos autorizados, con granulometría adecuada, favoreciendo la estabilidad del camino y reduciendo la generación de sedimentos finos susceptibles de arrastre.

Se aplicarán medidas de control de erosión en zonas con pendiente o suelos susceptibles, mediante geotextiles, estabilización superficial u otras técnicas, reduciendo la pérdida de suelo.

Se evitará la acumulación de material excedente fuera del trazo del camino, disponiéndolo adecuadamente para prevenir su incorporación a los escurrimientos.

Se implementarán acciones de estabilización y revegetación en taludes y bordes de caminos con especies nativas, favoreciendo la retención del suelo y la recuperación de la cobertura vegetal, en coordinación con el **Programa de Restauración de la Microcuenca**.

En caso de afectación a vegetación, se realizarán acciones de rescate y manejo de flora, priorizando su conservación, a través del **Programa de Rescate de Flora**.

Se llevará a cabo el mantenimiento periódico de cunetas, alcantarillas y estructuras hidráulicas, asegurando su correcto funcionamiento durante eventos de lluvia.

Se capacitará al personal en buenas prácticas de manejo de suelo, control de escurrimientos y protección de la vegetación, a través del **Programa de Capacitación y Educación ambiental del personal**.

Indicadores de cumplimiento

Porcentaje de trazo ejecutado dentro de áreas previamente delimitadas (meta: ≥ 100 %).

Longitud de caminos con sistemas de drenaje superficial implementados (meta: ≥ 100 % de la longitud total de caminos construidos).

Número de eventos de arrastre de sedimentos hacia cuerpos de agua registrados (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0).

Superficie estabilizada y/o revegetada en taludes y bordes de caminos (meta: ≥ 100 % de los taludes y bordes intervenidos).

Superficie de vegetación afectada fuera del trazo autorizado (meta: ≤ 0 ha).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 8
ETAPA: PRELIMINARES Y PREPARACIÓN DEL SITIO	
Actividades: Desmonte y limpieza del terreno: remoción de la cobertura vegetal y desmonte de superficies.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)."	
Componente ambiental:	Suelo
Definición de la Medida;	**Manejo controlado del desmonte, conservación de la estructura del suelo y control de escurrimientos para mantener su capacidad de infiltración y funcionalidad.**
Impacto que previene	Disminución del crecimiento radicular en el suelo. Degradación de la capacidad de infiltración.
Objetivo	Mantener la estructura y funcionalidad del suelo durante las actividades de desmonte, evitando su compactación, pérdida de porosidad y alteración de su capacidad de infiltración, así como prevenir el arrastre de sedimentos y materia orgánica hacia el sistema lagunar.
Descripción de la Medida	
El desmonte se realizará de manera selectiva y controlada, limitándose exclusivamente a las áreas autorizadas, evitando la remoción innecesaria de vegetación y reduciendo la exposición del suelo. Se delimitarán físicamente las áreas de intervención mediante señalización visible, restringiendo el tránsito de maquinaria pesada fuera de los polígonos establecidos, con el fin de evitar la compactación del suelo y la afectación de su estructura. El material vegetal producto del desmonte será separado, acopiado temporalmente en sitios designados y manejado de forma adecuada para su reutilización en procesos de restauración o disposición controlada, en coordinación con el Programa de Manejo de Residuos. Se implementarán medidas de protección del suelo expuesto, evitando su permanencia sin cobertura mediante el uso de material vegetal, acolchado (mulch) o estabilización temporal, favoreciendo la conservación de la humedad y la infiltración.	

CONSULTA PÚBLICA

Se establecerán sistemas de control de escurrimientos mediante barreras naturales, geocercas, zanjas de infiltración o filtros con material orgánico, reduciendo el arrastre de sedimentos hacia el sistema lagunar y protegiendo la calidad del suelo. Se evitará la operación de maquinaria pesada en condiciones de alta humedad del suelo, a fin de prevenir la compactación severa y la pérdida de porosidad. En áreas intervenidas, se aplicarán acciones de recuperación del suelo, incluyendo escarificación, nivelación y revegetación con especies nativas cuando sea necesario. Se mantendrá supervisión ambiental continua durante las actividades de desmonte, verificando el cumplimiento de las medidas de protección del suelo.
Indicadores de cumplimiento
Superficie de suelo expuesto con medidas de protección implementadas (meta: ≥ 100 % del suelo expuesto). Número de estructuras de control de escurrimientos instaladas (meta: ≥ 100 % de las estructuras previstas en el diseño). Superficie restaurada o estabilizada posterior al desmonte (meta: ≥ 100 % de la superficie desmontada).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 9**
Etapa: Preparación del sitio	
Actividades: Desmonte, despalme, trazo de carriles, habilitación de caminos	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo
Definición de la Medida	**Control de Erosión, manejo de escorrentía y Rescate de Vegetación.**
Impacto que previene	Erosión
Objetivo	Reducir la movilización de sedimentos, conservar la cobertura vegetal, manteniendo la funcionalidad ecológica del sistema desde la etapa inicial del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Descripción de la Medida
Se delimitarán estrictamente las áreas de desmonte mediante señalización visible, evitando la afectación innecesaria de zonas adyacentes con cobertura vegetal y reduciendo la exposición del suelo. El desmonte y despalme se realizarán de manera progresiva y por fases, limitando la exposición simultánea del suelo y reduciendo la susceptibilidad a procesos erosivos. Se implementarán medidas de control de erosión mediante la instalación de barreras de retención de sedimentos (geocercas, material orgánico, bordos o estructuras similares), reduciendo el arrastre de partículas hacia el sistema lagunar. Se construirán cunetas, zanjas de infiltración y otras obras de control de escorrentía para conducir de manera controlada el agua pluvial, evitando la formación de flujos concentrados y la movilización de sedimentos. Se conservarán franjas de vegetación natural (hasta 20 m o según condiciones del sitio) como barreras de protección, favoreciendo la retención de sedimentos, la estabilidad del suelo y la conservación de hábitat para fauna. Se implementarán acciones de rescate de flora previo al desmonte y reforestación posterior al desmonte priorizando especies nativas y zonas de alta sensibilidad, a través del **Programa de Rescate de Flora y** del **Programa de Restauración de la Microcuenca.**
Indicadores de cumplimiento
Número de estructuras de control de erosión y escorrentía instaladas (meta: ≥ 100 % de las estructuras previstas en el diseño). Superficie con franjas de vegetación conservadas (meta: ≥ 100 % de las franjas establecidas en el diseño o delimitación ambiental). Superficie restaurada y revegetada con especies nativas (meta: ≥ 100 % de la superficie a restaurar).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 10**
Etapa: Construcción	
Actividades: Muro y Malla de contención	
Proyecto: “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)”	
Componente ambiental:	Suelo

CONSULTA PÚBLICA

Definición de la Medida	**Control de residuos de construcción.**
Impacto que previene	Contaminación por residuos de manejo especial. Modificación de las características fisicoquímicas del suelo.
Objetivo	Prevenir contaminación por residuos cementantes y afectación a la estructura del suelo.
Descripción de la Medida	
Se utilizarán nylon o bandejas de contención durante el colado de piezas prefabricadas. Se colocará una tarquina en un área específica para la limpieza de canaletas de bombas y revolvedoras después de los colados de piezas. Recolección de sobrantes de concreto; prohibición de disposición en suelo natural. Cemento y agregados finos almacenados en: áreas protegidas y superficies impermeables, evitando contacto con escurrimientos pluviales. Implementación del **Programa de Manejo de Residuos**.	
Indicadores de cumplimiento	
Porcentaje de áreas de colado con sistemas de contención implementados (meta: ≥ 100 %). Volumen de residuos de concreto recolectados y dispuestos adecuadamente (meta: ≥ 100 % del volumen generado). Porcentaje de materiales (cemento y agregados) almacenados en condiciones adecuadas (meta: ≥ 100 %). Número de registros de manejo de residuos conforme al Programa de Manejo Integral de Residuos (meta: ≥ 100 % de las actividades registradas).	

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 11**
Etapa: Construcción	
Actividades: Colocación de membrana geotextil	
Proyecto: “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)”	
Componente ambiental:	Suelo, Agua.

CONSULTA PÚBLICA

Definición de la Medida	**Protección de la superficie de contacto.** **Aislamiento físico de material particulado.** **Control de dispersión de sedimentos.**
Impacto que previene	Modificación de las características fisicoquímicas del suelo. Modificación de la calidad del agua. Modificación del patrón de circulación lagunar. Modificación del relieve acuático lagunar.
Objetivo	Prevenir la alteración o contaminación del suelo por interacción con materiales externos, evitar el arrastre de sedimentos hacia el medio acuático y mantener la estabilidad del fondo lagunar, minimizando la afectación al hábitat.
Descripción de la Medida	
Utilizar membranas geotextiles para evitar la mezcla de materiales y proteger el sustrato natural, asegurando su correcta instalación, confinamiento y supervisión durante toda la actividad. Verificar que el tendido se realice con suficiente solape entre paños para garantizar la continuidad de la barrera. Evitar la colocación durante condiciones adversas como lluvias o mareas altas. Asegurar el confinamiento temporal del área mediante geotextiles y otras barreras complementarias. Realizar inspecciones periódicas para detectar pliegues, rupturas o filtraciones. Supervisar la integridad de la membrana durante todas las etapas de colocación. Evitar la instalación sobre zonas con estructuras biológicas sensibles.	
Indicadores de cumplimiento	
Porcentaje de superficie cubierta con geotextil conforme a diseño (meta: ≥ 100 %). Número de incidencias (rupturas/fugas) (meta: ≤ 1 evento/mes; objetivo ideal: 0). Niveles de turbidez en zona de influencia (meta: ≤ 10 % de incremento respecto al valor de referencia o cumplimiento con la normatividad aplicable). Número de inspecciones realizadas (meta: ≥ 1 inspección semanal durante la actividad).	

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 12
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Dragado, conformación de canales de navegación, acondicionamiento del fondo lagunar, dragado de mantenimiento: remoción y redistribución de sedimentos del fondo lagunar.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo
Definición de la Medida	**Manejo Ambiental de Actividades de Dragado.**
Impacto que previene	Erosión Acreción Modificación del relieve acuático lagunar. Modificación de las características fisicoquímicas del suelo acuático lagunar.
Objetivo	Controlar y mitigar los efectos del dragado sobre el fondo lagunar, manteniendo la estabilidad del relieve, la calidad de los sedimentos.
Descripción de la Medida	
Definir volúmenes, profundidades y polígonos autorizados de dragado. Instalar cortinas de control de turbidez en zonas de dragado. Aplicar técnicas de dragado que minimicen la resuspensión de sedimentos. Evaluar características de sedimentos (granulometría, materia orgánica, contaminantes). Realizar levantamientos batimétricos antes, durante y después del dragado. Verificar estabilidad de taludes y conformación del fondo. Disponer los sedimentos en sitios autorizados. Evitar dispersión secundaria durante transporte y disposición. Implementar supervisión continua durante las actividades de dragado. Identificar, mediante el análisis comparativo de levantamientos batimétricos, zonas con procesos de erosión y acreción (asolvamiento) inducidos por el dragado y modificación de flujos.	

CONSULTA PÚBLICA

En caso de detectarse cambios significativos en la morfología del relieve lagunar, se implementarán acciones correctivas tales como redistribución controlada de sedimentos, ajuste de taludes o dragado de mantenimiento focalizado, a fin de restablecer la estabilidad hidromorfológica del sistema.
Indicadores de cumplimiento
Número de levantamientos batimétricos realizados (meta: ≥ 3 por etapa: previo, durante y posterior al dragado). Volumen de sedimentos dragados conforme a lo autorizado. Disposición adecuada de sedimentos en sitios autorizados (meta: ≥ 100 % del volumen dragado). Número de zonas con acreción o erosión significativa detectadas y atendidas (meta: 100 % de las zonas identificadas con acciones correctivas implementadas).

CONSULTA PÚBLICA

- **AGUA**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 13**
Etapa: Construcción	
Actividades: Relleno y compactación interior del tablaestacado: suministro y tendido de material rocoso de diámetro variable para estabilización y formación de pedraplén para cuerpo de plataforma.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua
Definición de la Medida	**Control de la dispersión de sedimentos y emisiones asociadas mediante el manejo adecuado del material durante su transporte, acopio y colocación, así como la protección del medio acuático durante las actividades de relleno.**
Impacto que previene	Aumento de la turbidez del agua.
Objetivo	Minimizar emisiones de polvo y gases durante el acopio y tendido. Evitar escurrimientos con sedimentos hacia el medio acuático.

	Minimizar los efectos sobre la dinámica costera y turbidez. Evitar alteraciones no previstas en el fondo lagunar.
Descripción de la Medida	
Aplicar riego al material seco durante su transporte y manejo para reducir la generación de polvo. Programar las actividades de transporte y colocación en condiciones meteorológicas favorables, evitando periodos de alta velocidad de viento. Instalar barreras físicas o cortinas de retención en las zonas de contacto con el medio acuático para contener la dispersión de sedimentos. Colocar el material de manera progresiva y controlada, iniciando desde la zona más interior, evitando vertidos directos o bruscos. Verificar que el volumen, granulometría y disposición del material correspondan a lo establecido en los planos topográficos y de diseño autorizados. Supervisar continuamente la estabilidad del material colocado, realizando ajustes en caso de asentamientos o deformaciones. Limitar la operación de maquinaria en zonas sensibles y establecer rutas definidas de trabajo para reducir disturbios adicionales. Programar el tendido de material de forma escalonada para reducir la exposición simultánea del área intervenida.	
Indicadores de cumplimiento	
Niveles de turbidez (NTU) respecto a condiciones base (meta: ≤ 10 % de incremento respecto al valor de referencia o cumplimiento normativo aplicable). Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) (meta: ≤ 10 % de incremento respecto a condiciones base o dentro de límites normativos aplicables). Número de eventos de dispersión no controlada de material (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0). Porcentaje de cumplimiento del diseño de colocación (volumen y geometría) (meta: ≥ 100 %). Número de inspecciones ambientales realizadas (meta: ≥ 1 inspección semanal durante la actividad). Evidencia de instalación de barreras de contención (meta: ≥ 100 % de las zonas de dragado con barreras instaladas conforme a diseño).	

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 14
Etapa: Construcción	
Actividades: Relleno y compactación interior del tablaestacado: suministro, relleno y compactación de materia, producto mejorado y producto del dragado.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua (calidad del agua y dinámica hidrosedimentológica)
Definición de la Medida	**Control de la dispersión de sedimentos, emisiones y escurrimientos durante el relleno y compactación de material, mediante la estabilización previa del material y la aplicación de técnicas de colocación controlada.**
Impacto que previene	Modificación de la calidad del agua. Aumento de la turbidez del agua.
Objetivo	Minimizar la dispersión de sedimentos, la generación de partículas y el deterioro de la calidad del agua durante las actividades de relleno y compactación, mediante el control operativo del material.
Descripción de la Medida	
Aplicar riego periódico al material seco para reducir la generación de partículas. Evitar el transporte y colocación en condiciones de viento fuerte. Asegurar que el material producto del dragado esté previamente estabilizado o tratado antes de su colocación. Implementar barreras físicas o cortinas de retención para evitar el arrastre de sedimentos hacia el sistema lagunar. Compactar el material por etapas para reducir la dispersión de partículas finas. Organizar el avance por zonas para minimizar la exposición del material no estabilizado. Supervisar continuamente las condiciones del sitio y aplicar ajustes operativos en caso de detectar dispersión de sedimentos o escurrimientos.	

CONSULTA PÚBLICA

Indicadores de cumplimiento
Niveles de turbidez (NTU) respecto a condiciones base (línea base ambiental del proyecto). Concentración de sólidos suspendidos totales (SST), conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021. Variación porcentual de turbidez respecto a condiciones de referencia. Número de eventos en que se superan umbrales establecidos.

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 15**
Etapa: Construcción	
Actividades: Limpieza de superficies de trabajo y desmantelamiento de obras provisionales (almacenes, patios de maquinaria y baños portátiles).	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua (manejo de residuos y prevención de contaminación)
Definición de la Medida	**Manejo integral de residuos, limpieza de áreas intervenidas y retiro controlado de infraestructura temporal, para prevenir contaminación y facilitar la recuperación ambiental del sitio.**
Impacto que previene	Modificación de la calidad del agua. Contaminación por residuos sólidos urbanos. Contaminación por residuos de manejo especial. Contaminación por residuos peligrosos. Alteración de los escurrimientos superficiales.
Objetivo	Prevenir la contaminación del suelo y cuerpos de agua mediante el manejo adecuado de residuos, el retiro controlado de infraestructura temporal y la limpieza integral de las áreas intervenidas.
Descripción de la Medida	
Realizar limpieza manual y mecánica de las superficies; recolectar y disponer correctamente los residuos generados en sitios autorizados; evitar derrames de aceites o combustibles.	

CONSULTA PÚBLICA

Ejecutar limpieza manual y mecánica de superficies, recolectando y disponiendo los residuos en sitios autorizados. Implementar medidas para la prevención de derrames de aceites, combustibles u otras sustancias contaminantes mediante el uso de bandejas de contención, áreas impermeabilizadas para abastecimiento, mantenimiento preventivo de maquinaria y disponibilidad de kits de respuesta a derrames, así como supervisión continua durante las actividades. Implementar barreras físicas temporales (cunetas, trampas de sedimentos) para evitar escurrimientos hacia cuerpos de agua. Evitar realizar actividades de limpieza durante eventos de lluvia. Confinar y retirar materiales sueltos o residuos peligrosos de manera inmediata. Retirar infraestructura temporal de manera progresiva, evitando afectaciones adicionales al entorno. Implementar Programa de Manejo de Residuos.
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de residuos recolectados y dispuestos en sitios autorizados. Porcentaje de áreas intervenidas que fueron limpiadas y liberadas. Número de eventos de limpieza realizados. Número de inspecciones ambientales realizadas. Evidencia documental (fotográfica) antes/después.

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 16**
Etapa: Construcción	
Actividades: Suministro e instalación de tablestacado, Construcción de muros de contención, Dragado de construcción asociado, Maniobras de izaje y montaje de estructuras.	
Proyecto: “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)”	
Componente ambiental:	Agua, Atmósfera
Definición de la Medida	**Implementación de medidas de control operativo durante la instalación de tablestacado para reducir la generación de emisiones, ruido, vibraciones y la dispersión de sedimentos,**

CONSULTA PÚBLICA

	minimizando la afectación al sistema lagunar y al entorno atmosférico.
Impacto que previene	Modificación del relieve acuático lagunar. Aumento de la turbidez del agua. Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI. Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10. Contaminación auditiva.
Objetivo	Minimizar la alteración de la calidad del agua durante la instalación del tablestacado, reduciendo simultáneamente la generación de emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones mediante la aplicación de controles operativos.
Descripción de la Medida	
Instalar barreras de contención (cortinas antiturbidez) en las zonas de trabajo para evitar la dispersión de sedimentos. Realizar la instalación del tablestacado de manera progresiva y por secciones, reduciendo la perturbación simultánea del fondo lagunar. Implementar mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipos para reducir emisiones y ruido. Programar las actividades en horarios diurnos para minimizar la perturbación ambiental. Controlar el uso y manejo de sustancias peligrosas (recubrimientos anticorrosivos), evitando derrames al medio acuático. Supervisar continuamente las condiciones del sitio durante la instalación para detectar incrementos de turbidez o fallas operativas. Ajustar la velocidad y técnica de hincado para reducir vibraciones y resuspensión de sedimentos.	
Indicadores de cumplimiento	
Niveles de turbidez (NTU) respecto a línea base (meta: ≤ 10 % de incremento respecto a la línea base o cumplimiento normativo aplicable). Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) (meta: ≤ 10 % de incremento respecto a línea base o dentro de límites normativos aplicables). Porcentaje de frentes de trabajo con barreras antiturbidez instaladas (meta: ≥ 100 %).	

CONSULTA PÚBLICA

Niveles de ruido (dB) conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles). Número de eventos de dispersión de sedimentos (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0). Número de incidentes por manejo inadecuado de sustancias peligrosas (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 17**
Etapa: Construcción y Operación	
Actividades: Dragado, operación de maquinaria, mantenimiento de infraestructura, operación portuaria	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua
Actividad	Prevención, control y monitoreo integral de la calidad del agua y procesos fisicoquímicos asociados en el sistema lagunar.
Definición de la Medida	**Prevención, control y monitoreo de la calidad del agua.**
Impacto que previene	Aumento de la turbidez del agua. Contaminación del agua por residuos. Modificación de la calidad del agua. Alteración en la oxigenación del sistema lagunar. Cambios en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Contaminación microbiológica. Modificación de los patrones de circulación y corrientes lagunares.
Objetivo	Mantener la calidad del agua y las condiciones fisicoquímicas del sistema lagunar dentro de rangos adecuados para su funcionamiento ecológico, mediante el control operativo, la prevención de contaminación y el monitoreo continuo de variables críticas.
Descripción de la Medida	

CONSULTA PÚBLICA

Se implementará un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, equipos y embarcaciones, con el fin de evitar derrames y fugas de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes al medio acuático.

Se instalarán barreras antiturbidez en los frentes de dragado y zonas de trabajo en agua, asegurando su correcta colocación, mantenimiento y operación continua durante toda la ejecución de las actividades.

Se utilizarán trampas de sedimentos y/o estructuras de retención en puntos estratégicos para controlar el arrastre de partículas hacia el sistema lagunar.

Se aplicarán buenas prácticas operativas durante las actividades de dragado y mantenimiento, evitando la remoción innecesaria de sedimentos y reduciendo la generación de turbidez.

Se prohibirá el vertimiento directo de residuos, aguas residuales, materiales de construcción o sustancias contaminantes al cuerpo de agua, implementando un manejo adecuado conforme al **Programa de Manejo de Residuos**.

Se diseñarán e instalarán estructuras de paso hidráulico (alcantarillas, drenes o desagües) en puntos donde la infraestructura interfiera con los flujos naturales, garantizando la conectividad hidrológica y la continuidad del flujo de agua.

Se implementará un **Programa de Monitoreo de Calidad del Agua y Sedimentos**, al cual se le dará continuidad a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)**, que incluya como mínimo los siguientes parámetros:

- turbidez
- sólidos suspendidos totales (SST)
- oxígeno disuelto (OD)
- demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- parámetros microbiológicos (coliformes fecales)
- hidrocarburos

Se establecerán umbrales operativos internos para parámetros críticos (turbidez, OD, DBO), que permitan activar medidas correctivas inmediatas en caso de desviaciones respecto a condiciones base o límites normativos.

Durante la operación portuaria, se continuará aplicando buenas prácticas ambientales para prevenir la contaminación del agua, incluyendo control de descargas, manejo de residuos y supervisión ambiental continua.

Dado que la circulación lagunar depende directamente de la morfología del fondo y la conectividad hidráulica, cualquier modificación estructural implica cambios en los patrones de flujo. Por ello, el enfoque de la medida se basa en la **prevención mediante diseño y la gestión adaptativa mediante monitoreo**, en lugar de la mitigación directa del impacto.

CONSULTA PÚBLICA

Indicadores de cumplimiento
Concentración de sólidos suspendidos totales (SST) (meta: ≤ 10 % de incremento respecto a la línea base o dentro de límites normativos aplicables).
Niveles de oxígeno disuelto (OD) (meta: ≥ 5 mg/L o dentro de rangos de referencia ecológica del sistema).
Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles).
Concentración de coliformes fecales conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles).
Concentración de hidrocarburos en agua (meta: ≤ límites de detección o dentro de valores normativos aplicables).
Porcentaje de frentes de trabajo con barreras antiturbidez correctamente instaladas (meta: ≥ 100 %).
Número de eventos de derrames o fugas de hidrocarburos (meta: 0).
Número de campañas de monitoreo de calidad del agua realizadas (meta: ≥ 4 campañas/año).
Número de eventos de excedencia detectados y corregidos (meta: ≥ 100 % de las excedencias con acción correctiva implementada).
Porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento de maquinaria y equipos (meta: ≥ 100 %).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 18**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Dragado de construcción, dársenas y áreas de terminales, instalación de tablaestacas, relleno de áreas para terminales y mejoramiento de terreno, construcción de muros de contención, operación portuaria, dragado de mantenimiento, mantenimiento de infraestructura portuaria, manejo de residuos y descargas asociadas.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua y Sedimentos, orientado a prevenir, detectar y corregir procesos de contaminación y deterioro ambiental derivados de**

CONSULTA PÚBLICA

	las actividades portuarias, con énfasis en impactos acumulativos, sinérgicos y de largo plazo.
Impacto que previene	Contaminación por aguas residuales. Contaminación microbiológica. Incremento de turbidez. Modificación de la calidad del agua. Cambios en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Alteración en la oxigenación del sistema lagunar. Modificación del tiempo de residencia.
Objetivo	Prevenir y controlar la degradación progresiva de la calidad del agua y sedimentos en la Laguna de Cuyutlán, mediante monitoreo continuo, identificación de fuentes de contaminación y la implementación de medidas correctivas bajo un enfoque de manejo adaptativo que asegure la estabilidad ecológica del sistema lagunar.

Descripción de la Medida

Se implementarán sistemas de tratamiento de aguas residuales generadas por las actividades del proyecto, asegurando el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable.

Se establecerá un **Programa de Monitoreo de Calidad de Agua** y Sedimentos, coordinado por el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP).

El programa incluirá, como mínimo, el monitoreo de los siguientes parámetros:

- turbidez
- sólidos suspendidos totales (SST)
- oxígeno disuelto (OD)
- demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- nutrientes (N y P)
- parámetros microbiológicos (coliformes fecales)
- hidrocarburos

Se evaluará la calidad físico-química de sedimentos y suelos en zonas de influencia directa e indirecta del proyecto, considerando su relación con procesos de contaminación acumulativa.

Se identificarán, registrarán y controlarán todas las fuentes de descarga (puntuales y difusas), incluyendo aportes externos al proyecto cuando sea aplicable.

CONSULTA PÚBLICA

Se establecerán umbrales operativos internos y límites de alerta temprana para parámetros críticos (OD, DBO, turbidez, microbiología), que permitan la implementación inmediata de medidas correctivas.

Se implementarán acciones correctivas y de control en caso de detectar excedencias, incluyendo ajustes operativos, control de descargas y medidas de contención.

Se integrarán los resultados en un sistema de seguimiento ambiental que permita:

análisis de tendencias

evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos

evaluación de la efectividad de las medidas

Se dará seguimiento a la dinámica hidrológica del sistema lagunar, incluyendo el análisis del tiempo de residencia del agua y su relación con la calidad ambiental, en coordinación con los estudios hidrodinámicos del proyecto.

Se coordinarán acciones con autoridades competentes (SEMARNAT, CONAGUA, PROFEPA, ASIPONA) para el control de descargas y la protección del sistema lagunar.

Indicadores de cumplimiento

Niveles de turbidez (NTU) respecto a condiciones base.

Concentración de sólidos suspendidos totales (SST), conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles).

Concentración de coliformes fecales, conforme a la NOM-001-SEMARNAT-2021 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles).

Niveles de oxígeno disuelto (OD) (meta: ≥ 5 mg/L o dentro de rangos de referencia ecológica del sistema).

Número de eventos de excedencia detectados y corregidos (meta: ≥ 100 % de las excedencias con acción correctiva implementada).

Número de fuentes de descarga identificadas y controladas (meta: ≥ 100 % de las fuentes identificadas con medidas de control implementadas).

Número de campañas de monitoreo realizadas (meta: ≥ 4 campañas/año).

Reportes periódicos de monitoreo generados y validados (meta: ≥ 100 % de los reportes programados).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 19
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Dragado, conformación de canales de navegación, instalación de infraestructura portuaria, operación portuaria: modificación de la configuración hidráulica del sistema lagunar derivada de obras y operación portuaria.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua
Definición de la Medida	**Implementación de un esquema de gestión hidrodinámica del sistema lagunar, basado en el análisis, monitoreo y manejo adaptativo de los patrones de circulación, conectividad hidráulica y tiempos de residencia, orientado a mantener el intercambio de agua y la funcionalidad física del sistema.**
Impacto que previene	Modificación del tiempo de residencia. Alteración de los patrones de circulación y corrientes lagunares. Interrupción de la conectividad hidráulica del sistema. Alteración en la oxigenación del sistema lagunar.
Objetivo	Mantener condiciones adecuadas de circulación, intercambio y renovación del agua en el sistema lagunar, evitando procesos de estancamiento y asegurando su funcionalidad hidrodinámica.
Descripción de la Medida	
Se implementará un sistema de monitoreo hidrodinámico en el Vaso II y zonas de conexión, que permita caracterizar el comportamiento del sistema en términos de: • tiempos de residencia • velocidad y dirección de corrientes • niveles de agua • salinidad • temperatura Se ajustará la configuración y ejecución de las obras (dragado, canales, estructuras) para evitar la generación de zonas de confinamiento hidráulico o alteraciones significativas en los flujos naturales.	

CONSULTA PÚBLICA

Se diseñarán e implementarán, en caso necesario, medidas de mejora de conectividad hidráulica, tales como:

- apertura o ampliación de canales
- rehabilitación de conexiones naturales existentes
- redirección de flujos de marea
- adecuación de estructuras que interfieran con la circulación.

Se programarán las actividades de dragado considerando condiciones hidrodinámicas favorables (por ejem. bajamar), con el fin de mantener el intercambio de agua y evitar acumulaciones localizadas.

Se implementarán acciones correctivas en caso de detectarse incrementos en el tiempo de residencia o disminución en la eficiencia de intercambio de agua entre sectores del sistema lagunar.

Indicadores de cumplimiento

Tiempo de residencia del agua (estimado/modelado).

Velocidad y dirección de corrientes (m/s).

Gradientes de salinidad y temperatura.

Niveles de agua y variación de mareas.

Número de acciones de mejora de conectividad hidráulica implementadas (meta: ≥ 100 % de las acciones previstas en el diseño).

Número de campañas de monitoreo hidrodinámico realizadas (meta: ≥ 2 campañas/año).

CONSULTA PÚBLICA

- **BIODIVERSIDAD**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 20**
Etapa: Construcción y Operación	
Actividades: Dragado y remoción de sedimentos, operación de maquinaria en zona acuática y manejo de materiales.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Biodiversidad (bentos)
Definición de la Medida	**Protección, recuperación y monitoreo de comunidades bentónicas.**
Impacto que previene	Cambios en estructura ecológica y composición de especies bentónicas. Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-201 y la modificación del Anexo III (2019).
Objetivo	Mantener la estructura ecológica y funcionalidad de las comunidades bentónicas.
Descripción de la Medida	
Delimitación de zonas de dragado para evitar afectación fuera de áreas autorizadas. El dragado se realizará preferentemente durante condiciones de bajamar, con el fin de reducir la dispersión de sedimentos en la columna de agua y minimizar su deposición sobre comunidades bentónicas adyacentes. Se instalarán barreras antiturbidez alrededor de los frentes de trabajo, las cuales deberán mantenerse en óptimas condiciones de operación durante toda la ejecución de las actividades, asegurando la contención de la pluma de sedimentos. Se implementará un programa de mantenimiento preventivo y correctivo a maquinaria, equipos y vehículos, con el objetivo de evitar derrames y fugas de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes que puedan afectar la calidad del agua y del sedimento, así como a la biota bentónica.	

CONSULTA PÚBLICA

Implementación de monitoreo bentónico previo, durante y posterior al dragado para evaluar: recuperación natural de comunidades bentónicas en zonas impactadas, cambios en composición y abundancia.

Aplicación de medidas correctivas en caso de detectar cambios significativos en diversidad o abundancia.

Se implementará un manejo integral de residuos, que incluya la correcta separación, almacenamiento temporal y disposición final de residuos sólidos y peligrosos, evitando su dispersión o ingreso al medio acuático.

Previo al inicio de las actividades, se realizará la identificación, rescate y reubicación de fauna bentónica sésil con estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación del anexo III (2019) presente en el área de intervención (gasterópodo *Plicopurpura pansa*). La reubicación se efectuará hacia sitios con condiciones ambientales similares que garanticen su supervivencia, bajo supervisión de personal especializado.

Se llevará a cabo la limpieza periódica de las áreas de trabajo, así como la inspección del fondo marino en el área del proyecto, con el propósito de retirar residuos sólidos, materiales de construcción o cualquier agente contaminante que pudiera afectar el hábitat bentónico.

Indicadores de cumplimiento

Porcentaje de cumplimiento de delimitación de áreas de dragado conforme a polígonos autorizados (meta: ≥ 100 %).

Porcentaje de frentes de trabajo con barreras antiturbidez correctamente instaladas y operando (meta: ≥ 100 %).

Niveles de turbidez (NTU) en puntos de control respecto a condiciones de referencia, conforme a criterios de calidad del agua en la NOM-001-SEMARNAT-2021 (meta: ≤ 10 % de incremento respecto a la línea base o cumplimiento ≥ 100 % de criterios aplicables).

Número de eventos de derrames o fugas de hidrocarburos (meta: 0).

Cumplimiento con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles).

Manejo de residuos conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005 (meta: cumplimiento ≥ 100 % del programa y normatividad aplicable).

Número de campañas de monitoreo bentónico realizadas (antes, durante y después) (meta: ≥ 3 campañas por etapa de dragado).

Tendencia de recuperación de comunidades bentónicas (diversidad/abundancia respecto a línea base) (meta: ≥ 80 % de recuperación respecto a la línea base en el mediano plazo).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 21
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Dragado, relleno, construcción de infraestructura, operación portuaria: modificación del hábitat lagunar y sus condiciones ecológicas.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Biodiversidad (ecosistema lagunar)
Definición de la Medida	**Implementación de un esquema integral de protección, restauración y monitoreo de la biodiversidad lagunar, enfocado en mantener la funcionalidad ecológica del sistema.**
Impacto que previene	Interrupción de la sucesión. Pérdida del hábitat. Disminución de la abundancia de especies acuáticas. Alteración en la composición de las comunidades acuáticas. Disminución de la productividad primaria. Alteración de la cadena trófica. Fragmentación del hábitat. Desplazamiento de comunidades biológicas.
Objetivo	Mantener la integridad ecológica del sistema lagunar mediante la prevención, mitigación y restauración de impactos sobre hábitats, comunidades biológicas y procesos ecológicos clave.
Descripción de la Medida	
Se implementarán acciones de restauración ecológica en zonas degradadas del sistema lagunar, incluyendo manglar, vegetación halófila y áreas de transición, mediante reforestación con especies	

CONSULTA PÚBLICA

nativas, recuperación de condiciones hidrológicas y acondicionamiento del sitio, a través del **Programa de Restauración de la Microcuenca y el Programa de Compensación del Manglar**.

Se garantizará la conservación y recuperación de la conectividad ecológica del sistema lagunar mediante la rehabilitación de canales naturales, mantenimiento de flujos hidrológicos y eliminación de barreras físicas, favoreciendo el intercambio biológico, la sucesión ecológica y la funcionalidad del ecosistema.

Se conservarán parches de vegetación, franjas de vegetación natural (hasta 20 m o conforme a las condiciones del sitio) y corredores biológicos funcionales dentro del área del proyecto, a fin de mantener la conectividad ecológica, favorecer el desplazamiento de fauna y conservar microhábitats utilizados como refugio, alimentación y reproducción de especies, en congruencia con la NOM-022-SEMARNAT-2003 y la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Se implementarán acciones de rescate, reubicación y protección de flora y fauna en las áreas de intervención, priorizando zonas con alta sensibilidad ecológica, a través del **Programa de Rescate de Flora** y el **Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna.**

Se controlarán las perturbaciones asociadas a las actividades del proyecto (turbidez, ruido, presencia de maquinaria) mediante la programación de actividades en periodos de menor sensibilidad biológica y la aplicación de buenas prácticas operativas, reduciendo efectos sobre la productividad primaria, comunidades biológicas y estructura trófica.

Se implementará un monitoreo ecológico integral del sistema lagunar que permita evaluar cambios en la composición, abundancia y diversidad de las comunidades acuáticas, así como la recuperación de procesos ecológicos.

Se dará seguimiento a la recuperación del ecosistema de manglar mediante la evaluación de cobertura, supervivencia, regeneración natural y funciones ecológicas, a través del **Programa de Compensación del Manglar - II** (Seguimiento de las condiciones del Ecosistema del Manglar).

Se establecerán **Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación** (ADVC) dentro del Vaso II, mediante la delimitación y protección de islotes del sistema lagunar, como zonas de conservación ecológica. Estas áreas se definirán conforme a la LGEEPA y los lineamientos aplicables, en coordinación con la CONANP para su reconocimiento (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/106215/Gui_a_para_la_Certificacion_y_Manejo_de_A_reas_Destinadas_Voluntariamente_a_la_Conservacio_n.pdf), manejo y seguimiento.

Las **ADVC** funcionarán como refugios de biodiversidad y se integrarán funcionalmente con los programas de conservación de manglar y monitoreo de avifauna, favoreciendo:

hábitat para aves residentes y migratorias

zonas de descanso, anidación y refugio

mantenimiento de comunidades biológicas

conservación de procesos ecológicos locales

CONSULTA PÚBLICA

Se restringirá el acceso, tránsito y cualquier actividad operativa en estas áreas, implementando señalización, delimitación física y vigilancia ambiental.
Indicadores de cumplimiento
Superficie de hábitat afectado vs restaurado. Superficie destinada voluntariamente a la conservación. Índices de diversidad y abundancia de comunidades acuáticas. Presencia/uso de islotes por fauna (aves, especies clave). Número de acciones de restauración ecológica implementadas (meta: ≥ 100 % de las acciones programadas). Número de campañas de monitoreo ecológico realizadas (meta: ≥ 2 campañas/año). Tendencia de recuperación ecológica del sistema.

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 22**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Tráfico marítimo, dragado, operación portuaria	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Biodiversidad (ecosistema marino)
Definición de la Medida	**Implementación de medidas para la protección de la biodiversidad marina mediante el control de actividades portuarias y el monitoreo de fauna.**
Impacto que previene	Pérdida del hábitat. Disminución de la abundancia de especies acuáticas. Alteración en la composición de comunidades acuáticas. Alteración de cadena trófica. Desplazamiento de comunidades biológicas. Fragmentación del hábitat.

CONSULTA PÚBLICA

Objetivo	Reducir la perturbación a la biodiversidad marina asociada a la operación portuaria, manteniendo la funcionalidad ecológica del sistema.
Descripción de la Medida	
Se regulará el tránsito de embarcaciones mediante límites de velocidad, lo cual disminuye la generación de ruido submarino dentro del área de influencia del proyecto, con el fin de reducir la perturbación sobre la biodiversidad marina y evitar la fragmentación del hábitat. Se implementará el monitoreo sistemático de mamíferos marinos y tortugas, evaluando patrones de presencia, comportamiento y posibles afectaciones derivadas del proyecto, a través del **Programa de Monitoreo de Mamíferos Marinos (Cetáceos y Quelonios)** y el **Programa de Monitoreo de Tortugas (Quelonios)**. Se controlará la contaminación asociada a la operación portuaria mediante la aplicación de buenas prácticas ambientales y el manejo adecuado de residuos, evitando su ingreso al medio marino, en coordinación con el **Programa de Manejo de Residuos.** Se evaluarán cambios en la calidad del agua y su relación con la biodiversidad marina mediante monitoreo continuo de parámetros fisicoquímicos, a través del **Programa de Monitoreo de Calidad del Agua y Sedimentos.** Se promoverá la sensibilización y participación del personal y actores involucrados en la protección de la biodiversidad marina, mediante acciones de difusión y capacitación a través del **Programa de Capacitación y Educación ambiental del personal**.	
Indicadores de cumplimiento	
Número de eventos de interacción negativa con fauna marina (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0). Número de monitoreos de biodiversidad realizados (meta: ≥ 2 campañas/año). Número de incidentes de contaminación asociados a embarcaciones (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0). Tendencia en la presencia/abundancia de especies clave (meta: tendencia estable o positiva respecto a la línea base).	

CONSULTA PÚBLICA

- **FLORA**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 23**
Etapa: Preparación del sitio, Construcción y Operación	
Actividades: Desmonte y preparación del sitio, obras portuarias, dragado, operación portuaria: afectación directa e indirecta de ecosistemas de manglar y a sus servicios ecosistémicos.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Flora (Manglar)
Definición de la Medida	**Programa integral de restauración, conservación y manejo de manglares.**
Impacto que previene	Disminución de cobertura de manglar. Disminución de vegetación halófita Disminución de servicios ambientales del manglar. Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III, 2019 (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa).*
Objetivo	Garantizar la conservación, restauración y funcionalidad ecológica del ecosistema de manglar en el área de influencia del proyecto, en cumplimiento de la NOM-022-SEMARNAT-2003 y del Artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre, asegurando el mantenimiento de su cobertura, conectividad hidrológica y servicios ecosistémicos.
Descripción de la Medida	
Se implementarán el **Programa de Compensación del Manglar** y **Programa de Compensación del Manglar - II (Seguimiento de las condiciones del Ecosistema del Manglar)** y en el área de influencia del proyecto, en estricto apego a la NOM-022-SEMARNAT-2003 y al Artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre, garantizando el mantenimiento de la integridad, funcionalidad ecológica y servicios ecosistémicos del manglar. Las acciones incluirán restauración ecológica de manglar en áreas degradadas del Vaso II, mediante reforestación con especies nativas (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*), considerando	

CONSULTA PÚBLICA

zonación, gradientes de inundación y condiciones edáficas a través del **Programa de Compensación del Manglar.**

Las Áreas Voluntarias Destinadas a la Conservación (islotes dentro del Vaso II) serán consideradas como elementos complementarios en la conectividad ecológica del sistema lagunar, contribuyendo a la funcionalidad del paisaje y al mantenimiento de hábitats asociados al manglar, particularmente como zonas de transición, refugio y soporte para fauna vinculada a estos ecosistemas.

Se asegurará la conectividad hidrológica mediante la rehabilitación de canales naturales azolvados u obstruidos en los Vasos II, III y IV del sistema lagunar, mediante el retiro selectivo de sedimentos y obstrucciones, con el objetivo de restablecer la conectividad y el flujo hidrológico, favorecer la circulación del agua y recuperar las condiciones ecológicas que promuevan la productividad biológica y la regeneración natural del manglar.

El flujo hidrológico se asegurará mediante la instalación de estructuras de paso hidráulico (alcantarillas o desagües) en puntos donde la infraestructura interfiera con los flujos naturales, garantizando la conectividad hidrológica y la continuidad del flujo de agua entre cuerpos previamente interconectados, basado en los estudios de modelación hidrodinámica que se describen en los capítulos II y IV.

La restauración de manglar se realizará en una proporción de 3:1 respecto al área de remoción, en el Vaso II mediante acciones de reforestación con especies nativas (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*), recuperación hidrológica y acondicionamiento del sitio. Adicionalmente, se identificarán y evaluarán zonas con potencial de restauración en los Vasos III y IV, con base en polígonos de CONABIO, a fin de determinar su viabilidad e incorporarlas progresivamente al programa de restauración.

Se establecerá el **Programa de Compensación del Manglar - II (Seguimiento de las condiciones del Ecosistema del Manglar)** que evalúe la recuperación y conservación de la cobertura de manglar, supervivencia de plántulas, regeneración natural, así como la recuperación de funciones ecológicas (hábitat, conectividad y calidad ambiental), a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)** para asegurar su seguimiento técnico y continuidad.

Se promoverá la recuperación de servicios ecosistémicos mediante la cuantificación de captura de carbono azul, estabilización de sedimentos y mejora en la provisión de hábitat para fauna asociada.

Adicionalmente se establecerán **zonas de exclusión temporal y permanente** en áreas de manglar y hábitats asociados, así como **periodos críticos de restricción de actividades** (reproducción, anidación y migración de fauna), con el fin de evitar afectaciones a la biodiversidad y asegurar la continuidad de procesos ecológicos clave.

Indicadores de cumplimiento

Superficie de manglar restaurada respecto a la superficie impactada (meta: ≥ 3:1).

CONSULTA PÚBLICA

Porcentaje de supervivencia de plántulas de manglar (meta: ≥ 70 % al primer año y ≥ 60 % al segundo año). Recuperación de cobertura vegetal (%) respecto a meta de restauración (meta: ≥ 80 % de la cobertura objetivo en el mediano plazo). Número de acciones de rehabilitación hidrológica implementadas (canales, reconexiones) (meta: ≥ 100 % de las acciones previstas en el diseño). Contenido de carbono almacenado (t C/ha) o incremento en biomasa (meta: tendencia positiva anual respecto a la línea base). Presencia/riqueza de fauna asociada como indicador de recuperación ecológica (meta: ≥ 80 % de la riqueza registrada en la línea base o tendencia positiva).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 24**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Cambio de uso de suelo, habilitación de caminos y áreas de trabajo, construcción de vialidades, relleno y mejoramiento de terreno, instalación de infraestructura, tránsito y operación. Remoción de vegetación secundaria y selva baja caducifolia (SBC), así como modificación del uso del suelo en microcuencas asociadas.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Flora terrestre (selva baja caducifolia)
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Restauración de la Microcuenca, orientado a recuperar la estabilidad de las comunidades vegetales, la cobertura vegetal y las funciones ecosistémicas de la cuenca que influyen en el sistema lagunar.**
Impacto que previene	Modificación en la estabilidad de comunidades vegetales terrestres Disminución de selva baja caducifolia.
Objetivo	Compensar la pérdida de cobertura vegetal y la alteración de comunidades de selva baja caducifolia mediante acciones de restauración ecológica en microcuencas asociadas, promoviendo la recuperación de la estabilidad estructural y funcional del ecosistema terrestre y su influencia sobre el sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

Descripción de la Medida
Se implementarán acciones de rescate, reubicación y protección de flora previo al desmonte, priorizando especies nativas y zonas de alta sensibilidad ecológica, a través del **Programa de Rescate de Flora.** Se desarrollará un esquema de colecta de material genético (semillas) y propagación vegetal, utilizando especies nativas provenientes del sitio, con el fin de fortalecer los procesos de restauración ecológica. Se emplearán viveros autorizados (ASIPONA) para la producción de plantas destinadas a la revegetación de áreas intervenidas. Se realizará supervisión ambiental continua durante las actividades de desmonte, verificando el cumplimiento de medidas de control de erosión, manejo de escorrentía y protección de la biodiversidad. Se implementará la restauración progresiva de áreas intervenidas mediante revegetación con especies nativas características de selva baja caducifolia, estabilización del suelo y recuperación de la funcionalidad ecológica. La revegetación se realizará con especies representativas de la comunidad original. Se implementarán obras de conservación de suelo, tales como bordos, zanjas de infiltración y barreras vivas, para reducir la erosión, escurrimientos y el aporte de sedimentos al sistema lagunar. Se establecerán zonas de exclusión temporal para evitar perturbaciones durante el proceso de restauración. El **Programa de Restauración de la Microcuenca** contemplará, como actividad inicial, la elaboración de un diagnóstico socioambiental, que incluya: identificación de áreas prioritarias caracterización de sitios a restaurar mapeo de actores vinculados a las zonas de intervención A través del **Programa de Restauración de la Microcuenca** implementará monitoreo ecológico por un periodo mínimo de 5 años, evaluando: • supervivencia de plántulas • cobertura vegetal • regeneración natural • estabilidad de la comunidad vegetal Se aplicará un enfoque de manejo adaptativo, ajustando las acciones de restauración en función de la respuesta de la vegetación y las condiciones ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

Las acciones serán integradas al **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)** para asegurar su seguimiento técnico y continuidad. Se promoverá la participación comunitaria en las actividades de restauración y monitoreo ambiental, considerando mecanismos de compensación y/o incentivos para las poblaciones locales. Se capacitará a comunidades locales y personal técnico participante en los programas en buenas prácticas ambientales, particularmente en control de erosión y manejo de la vegetación, a través del **Programa de Capacitación y Educación Ambiental del personal.**
Indicadores de cumplimiento
Superficie restaurada de selva baja caducifolia (ha). Relación superficie restaurada / superficie impactada. % de supervivencia de plántulas (meta ≥70%). Incremento de cobertura vegetal (%) respecto a línea base. Número de especies nativas establecidas. Presencia de especies bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010. Reducción de evidencia de erosión (evaluación en campo). Número de campañas de monitoreo realizadas. Tendencia de recuperación de la comunidad vegetal.

CONSULTA PÚBLICA

- **FAUNA**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 25**
Etapa: Preparación del sitio/Construcción y Operación	
Actividades: desmonte, despalme, trazo de carriles, habilitación de caminos y áreas de trabajo, construcción de vialidades, instalación de infraestructura y servicios, tránsito inicial de maquinaria en áreas intervenidas, operación portuaria, mantenimiento de infraestructura portuaria	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna terrestre (polinizadores)
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Rescate de Fauna y Vegetación Funcional y Control de Emisiones de Polvo, orientado a minimizar la pérdida de hábitat y mantener la disponibilidad de recursos para aves y polinizadores.**
Impacto que previene	Afectación a Polinizadores. Disminución de abundancias.
Objetivo	Reducir la afectación a la fauna asociada a la vegetación, manteniendo la funcionalidad ecológica mediante el rescate de flora clave y el control de partículas durante la preparación del sitio.
Descripción de la Medida	
Implementar acciones integrales para la protección de polinizadores y fauna asociada, combinando control de emisiones, rescate biológico, restauración ecológica y manejo responsable de sustancias químicas. Realizar humectación continua de áreas intervenidas y caminos para reducir la dispersión de partículas. Cubrir materiales sueltos durante su transporte y manejo. Limitar la velocidad de maquinaria para reducir emisiones de polvo y riesgo de atropellamiento de fauna. Programar actividades en condiciones meteorológicas favorables, evitando periodos de viento fuerte.	

CONSULTA PÚBLICA

Conservar microhábitats funcionales (parches de vegetación, bordes y corredores biológicos) que sirvan como refugio y fuente de alimento para polinizadores.

Realizar inspección previa de las áreas de intervención para detectar nidos activos, enjambres o zonas de alta actividad biológica.

Implementar acciones de rescate y reubicación de fauna, incluyendo la relocalización controlada de enjambres de abejas mediante personal especializado.

Restaurar progresivamente áreas intervenidas, priorizando la revegetación con especies nativas nectaríferas en zonas como la microcuenca El Zacate.

Implementar, a través del Centro de Investigación Ambiental Portuario, un programa de seguimiento de polinizadores, considerando a las abejas como bioindicadores (biomarcadores) de calidad ambiental, evaluando su presencia, actividad y estado poblacional.

En caso de requerirse fumigaciones como parte de la operación portuaria:

Realizarlas preferentemente en horario vespertino o nocturno.

Evitarlas en condiciones de viento para reducir la dispersión de contaminantes.

Utilizar productos de baja toxicidad y selectivos, priorizando aquellos no dañinos para polinizadores.

Evitar su aplicación en zonas con presencia activa de polinizadores o vegetación en floración.

Mantener registro y control de aplicaciones.

Capacitar al personal en protección de polinizadores, manejo de fauna, control de emisiones y uso responsable de sustancias químicas a través del **Programa de Capacitación y Educación Ambiental del personal.**

Indicadores de cumplimiento

Número de enjambres rescatados y reubicados exitosamente (meta: ≥ 100 % de los enjambres detectados).

Presencia/abundancia de polinizadores en monitoreo (indicador biológico).

Superficie revegetada con especies nectaríferas (meta: ≥ 100 % de la superficie prevista en el programa de flora).

Número de aplicaciones de fumigación realizadas bajo protocolo (meta: ≥ 100 % de las aplicaciones conforme al protocolo establecido).

Registro de condiciones meteorológicas durante la fumigación (meta: ≥ 100 % de las aplicaciones con registro completo de condiciones).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 26
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Dragado de construcción para canales de navegación, dársenas y áreas de terminales, instalación de tablaestacas, relleno de áreas para terminales y mejoramiento de terreno, construcción de muros de contención, operación de maquinaria y embarcaciones en agua. Trabajos en agua que generan ruido, vibraciones, incremento de turbidez y posible contaminación	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna acuática (ictiofauna / necton / cocodrilos)
Definición de la Medida	**Implementación de medidas de control de ruido, calidad del agua y manejo de actividades en agua, orientadas a reducir la perturbación, desplazamiento y afectación directa a las poblaciones de peces durante la etapa de construcción.**
Impacto que previene	Afectación población de peces. Afectación a actividades ecológicas por ruido. Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y modificación al Anexo III (2019). Disminución de abundancias.
Objetivo	Minimizar la perturbación y afectación a las poblaciones de peces mediante el control de ruido, vibraciones, calidad del agua y actividades constructivas en el sistema lagunar.
Descripción de la Medida	
Implementar métodos de ahuyentamiento controlado (incluyendo estímulos acústicos de baja intensidad o perturbación gradual) previo al inicio de actividades intensivas, con el fin de permitir el desplazamiento de la ictiofauna y fauna nectónica fuera de la zona de impacto. Se implementarán medidas específicas para la prevención de ingreso de cocodrilos a zonas de obra, mediante la instalación de barreras físicas temporales (mallas de contención de alta resistencia) en frentes de tablestacado y áreas de trabajo en agua, evitando su interacción con maquinaria y personal. De manera complementaria, se integrará a los cocodrilos dentro del **Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna**, contemplando identificación, captura controlada por personal	

CONSULTA PÚBLICA

autorizado, reubicación en sitios con condiciones ecológicas adecuadas y monitoreo de individuos, conforme a la normatividad aplicable.

Realizar las actividades en agua de forma progresiva y por etapas para permitir el desplazamiento natural de la ictiofauna.

Controlar los niveles de ruido y vibraciones mediante:

mantenimiento de maquinaria

uso de equipos en buen estado

técnicas de instalación que reduzcan impactos (hincado controlado)

Instalar barreras antiturbidez para evitar la dispersión de sedimentos y proteger zonas adyacentes.

Implementar medidas de prevención de contaminación del agua:

evitar derrames de combustibles

manejo adecuado de residuos

limpieza periódica de áreas de trabajo

Integrar esta medida al **Programa de Vigilancia Ambiental**, incluyendo seguimiento de ictiofauna.

Monitorear en tiempo real parámetros de calidad del agua como turbidez, pH y oxígeno disuelto durante las actividades en agua, a fin de detectar condiciones adversas para la ictiofauna y aplicar medidas correctivas inmediatas.

Programar las actividades de dragado evitando condiciones de marea alta, eventos climáticos extremos o situaciones que favorezcan la dispersión de sedimentos y el estrés sobre la fauna acuática.

Verificar, al término de las actividades, la recolonización de estructuras por fauna acuática a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP).**

Indicadores de cumplimiento

Abundancia o densidad de ictiofauna y fauna nectónica en zonas de monitoreo

Número de cocodrilos reubicados

Número de eventos de interacción fauna–obra (meta: 0)

Longitud de barreras instaladas (m)

Número de campañas de monitoreo de fauna acuática

Evidencia de recolonización de estructuras

Número de incidencias por derrames o contaminación (meta: 0)

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 27
Etapa: Operación	
Actividades: Tránsito de embarcaciones mayores y menores, maniobras de entrada y salida, operación portuaria continua. Operación y navegación de embarcaciones en zonas de influencia del proyecto (canales de navegación, áreas de maniobra y zonas de fondeo, y zonas de vertimiento).	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna marina (cetáceos).
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Gestión de Tráfico Marítimo para la Protección de cetáceos, que incluya reducción obligatoria de velocidad, vigilancia de fauna, rutas de navegación controladas y protocolos de respuesta ante avistamientos.**
Impacto que previene	Mortalidad de fauna marina por colisión con embarcaciones. Contaminación por ruido marino / Afectación a actividades ecológicas por ruido. Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y modificación al Anexo III (2019).
Objetivo	Reducir la probabilidad de interacción negativa entre embarcaciones y cetáceos mediante la regulación operativa del tráfico marítimo, minimizando la mortalidad y perturbación de las especies presentes en la zona de influencia del proyecto.
Descripción de la Medida	
Establecer una velocidad máxima de ≤10 nudos en zonas de alta probabilidad de presencia de mamíferos marinos (bahías, zona costera y accesos al puerto). Establecer un sistema de aviso en tiempo real (radio/comunicación interna portuaria) ante la presencia de cetáceos. Protocolos de navegación ante avistamientos: reducción inmediata de velocidad, cambio de rumbo gradual evitando la aproximación directa, prohibición de persecución o interacción.	

CONSULTA PÚBLICA

Programa de monitoreo continuo a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario**: registro sistemático de avistamientos, colisiones y comportamientos observados; evaluación periódica de la efectividad de la medida. Implementación de capacitación con expertos internacionales en protocolos de protección de cetáceos Apoyo a programas de atención a fauna varada o lesionada. Apoyo a proyectos regionales de conservación marina.
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de embarcaciones que cumplen con velocidad ≤ 10 nudos en zonas reguladas (meta: ≥ 100 %). Número de colisiones registradas con cetáceos (meta: 0). Porcentaje de avistamientos en los que se aplicaron correctamente los protocolos de navegación (meta: ≥ 100 %). Número de cursos de capacitación implementados (meta: ≥ 2 cursos/año).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 28**
Etapa: Operación	
Actividades: Tránsito de embarcaciones, operación portuaria continua, iluminación de instalaciones, actividades costeras asociadas	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna marina (quelonios marinos)
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa Integral de Protección de Tortugas Marinas, que incluya control de tráfico marítimo, manejo de iluminación, protección de playas de anidación y monitoreo adaptativo.**
Impacto que previene	Mortalidad de fauna marina por colisión con embarcaciones. Contaminación por ruido marino / Afectación a actividades ecológicas por ruido. Alteración del fotoperiodo.

CONSULTA PÚBLICA

	Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III (2019).
Objetivo	Reducir la mortalidad y perturbación de tortugas marinas, así como proteger sus ciclos reproductivos, mediante la regulación de actividades operativas y la conservación de hábitats críticos en la zona de influencia del proyecto.
Descripción de la Medida	
Establecer velocidad máxima de **≤10 nudos** en zonas costeras y de alta presencia de tortugas. Se implementará iluminación dirigida, de baja intensidad y con espectro restringido (ámbar/rojo), para reducir la alteración del fotoperiodo. Se evitará la emisión de luz directa hacia playas de anidación, mediante orientación adecuada y uso de barreras físicas. Se implementará un **Programa de Monitoreo de Tortugas (Quelonios)** coordinado por el Centro de Investigación Ambiental Portuario, conservación de las tortugas marinas a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario:** campañas dirigidas a comunidad y usuarios del puerto: fomentar el cuidado de las tortugas y evitar saqueo de nidos. Se brindará apoyo en especie, infraestructura o financiamiento a programas de conservación existentes, como los tortugarios de Cuyutlán y Manzanillo, para fortalecer la protección regional de la especie. Se implementará un **Programa de Monitoreo de Dunas**, orientado a la protección de zonas de anidación de tortugas marinas, que incluirá limpieza periódica de playas, restauración y estabilización de dunas con vegetación nativa, delimitación y protección de áreas de anidación, así como el monitoreo sistemático de nidos, éxito de eclosión y condiciones físicas del hábitat.	
Indicadores de cumplimiento	
Porcentaje de embarcaciones que cumplen con velocidad ≤ 10 nudos en zonas reguladas (meta: ≥ 100 %). Número de colisiones registradas con quelonios (meta: 0). Número de acciones de apoyo a programas de conservación (meta: ≥ 2 acciones/año). Número de campañas de monitoreo de dunas (meta: ≥ 4 jornadas/año).	

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No. 29
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Dragado de construcción, instalación de tablaestacas, relleno de áreas, maniobras en agua, tráfico marítimo, iluminación portuaria, mantenimiento de infraestructura, operación continua del puerto	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna (aves marinas).
Definición de la Medida	**Manejo, mitigación, compensación y monitoreo de aves acuáticas y migratorias, orientado a reducir la perturbación por ruido, turbidez e iluminación, así como a compensar la pérdida de hábitat mediante acciones de restauración ecológica.**
Impacto que previene	Afectación población de aves marinas. Alteración del fotoperiodo. Afectación a actividades ecológicas por ruido. Alteración de condiciones tróficas Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación del Anexo III (2019).
Objetivo	Minimizar la perturbación a aves acuáticas y migratorias y mantener su funcionalidad ecológica mediante el control de ruido, iluminación y turbidez, así como la implementación de medidas de compensación que aseguren la disponibilidad de hábitat y recursos alimenticios.
Descripción de la Medida	
Reducir el impacto sonoro durante la instalación de tablestacado mediante el uso de hincado vibratorio, siempre que las condiciones del suelo lo permitan, para disminuir las ondas acústicas que afectan aves buceadoras y limícolas. Instalar cortinas antiturbidez durante las actividades de dragado para proteger zonas de alimentación adyacentes. Implementar, cuando sea técnicamente viable, cortinas de burbujas para disipar el ruido submarino. Regular la iluminación portuaria mediante:	

CONSULTA PÚBLICA

- luminarias de baja intensidad y temperatura de color cálida (<3000 K).
- luminarias dirigidas (de corte total)
- reducción de dispersión lumínica hacia cuerpos de agua
- Evitar actividades intensivas en zonas de alta concentración de aves
- Cuando sea posible uso de luminarias dirigidas hacia abajo
- Rehabilitar canales naturales obstruidos dentro del sistema lagunar (Vaso II) para mejorar la conectividad hidráulica y la productividad biológica.

Implementar **Programa de Compensación del Manglar** y **Programa de Compensación del Manglar - II (Seguimiento de las condiciones del Ecosistema del Manglar)**, aumentando cobertura y funcionalidad como zona de amortiguamiento ecológico.

Se considerarán las Áreas Voluntarias Destinadas a la Conservación (islotes dentro del Vaso II) como zonas prioritarias para la avifauna, favoreciendo su uso como sitios de descanso, refugio y, en su caso, anidación. Estas áreas serán incorporadas al **Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna**, evaluando su utilización, frecuencia de visita y contribución a la estabilidad de las poblaciones en el área de influencia del proyecto.

Monitorear poblaciones de aves acuáticas y migratorias en zonas de influencia.

Evaluar el éxito reproductivo de colonias de anidación antes y durante la operación del proyecto, mediante el **Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna.**

Monitorear condiciones de calidad del agua para evitar procesos de anoxia que reduzcan la disponibilidad de alimento.

Integrar el seguimiento dentro del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)** para evaluación a largo plazo.

Indicadores de cumplimiento

Abundancia y diversidad de aves acuáticas y migratorias (meta: tendencia estable o positiva respecto a la línea base).

Número de colonias de anidación activas (meta: ≥ 100 % de las colonias registradas en la línea base o incremento en el mediano plazo).

Superficie de manglar restaurada (meta: ≥ 100 % de la superficie programada o conforme a relación de compensación establecida).

Niveles de turbidez (NTU) (meta: ≤ 10 % de incremento respecto a la línea base o cumplimiento normativo aplicable).

Niveles de oxígeno disuelto (OD) (meta: ≥ 5 mg/L o dentro de rangos de referencia ecológica del sistema).

Número de campañas de monitoreo realizadas (meta: ≥ 2 campañas/año).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 30**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Desmonte y despalme, trazo y nivelación, habilitación de caminos, construcción de infraestructura, tránsito de maquinaria, instalación de servicios.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna terrestre (aves continentales)
Definición de la Medida	**protección de avifauna continental, orientado a minimizar la pérdida de hábitat, la alteración de sitios de anidación y la perturbación por actividades de construcción.**
Impacto que previene	Afectación de la población de aves continentales. Alteración del fotoperiodo. Afectación a actividades ecológicas por ruido. Afectación a especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III (2019).
Objetivo	Reducir la afectación a las poblaciones de aves continentales mediante la protección de hábitat, rescate de fauna y control de actividades durante la preparación del sitio y construcción.
Descripción de la Medida	
Realizar inspecciones previas para identificar nidos activos y zonas de anidación. Evitar el desmonte en temporada reproductiva cuando sea viable. Implementar rescate y reubicación de fauna cuando se detecten individuos o nidos en riesgo a través del **Programa de Rescate y Reubicación de Fauna** Conservar parches de vegetación y corredores biológicos dentro del área del proyecto. Restaurar áreas intervenidas con especies nativas que favorezcan la avifauna. Limitar la velocidad de maquinaria para reducir riesgo de atropellamiento. Capacitar al personal en identificación y protección de aves.	

CONSULTA PÚBLICA

Integrar el seguimiento dentro del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)** para evaluación a largo plazo.
Indicadores de cumplimiento
Número de nidos identificados y protegidos (meta: ≥ 100 % de los nidos detectados). Número de individuos rescatados (meta: ≥ 100 % de los individuos detectados en riesgo). Superficie de hábitat conservado/restaurado (meta: ≥ 100 % de la superficie programada). Diversidad y abundancia de aves (meta: tendencia estable o positiva respecto a la línea base). Número de campañas de monitoreo realizadas (meta: ≥ 2 campañas/año).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 31**
Etapa: Operación	
Actividades: Operación portuaria, manejo de residuos, atención a derrames, control de descargas y agua de lastre asociadas a buques.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna, Agua.
Definición de la Medida	**Gestión Ambiental Portuaria conforme a lineamientos de la Organización Marítima Internacional (OMI)**
Impacto que previene	Introducción de especies invasoras. Contaminación por residuos peligrosos. Modificación de la calidad del agua.
Objetivo	Prevenir la contaminación marina y la introducción de especies invasoras mediante la implementación de infraestructura, protocolos operativos y controles ambientales alineados a estándares internacionales, garantizando la protección del sistema lagunar y su biodiversidad.
Descripción de la Medida	

CONSULTA PÚBLICA

Garantizar la disponibilidad y operación de infraestructura para la recepción de residuos (hidrocarburos, aguas residuales, basura y residuos peligrosos), conforme al Convenio MARPOL.

Implementar un protocolo integral de prevención y atención a derrame, ligado a programa de Operación de ASIPONA:

Disponibilidad de equipos de contención (barreras, skimmers, material absorbente)

respuesta inmediata ante incidentes

capacitación continua del personal

Implementar el Programa de Monitoreo de Calidad del Agua y Sedimentos que incluya: hidrocarburos, nutrientes, microbiología y variables ecológicas a través del **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP)**.

Implementar lineamientos operativos para el manejo de agua de lastre conforme al Convenio BWM, incluyendo:

- control de descarga de agua de lastre
- verificación de cumplimiento por parte de embarcaciones
- registro de operaciones de lastre

Establecer medidas específicas para la prevención de especies invasoras:

- inspección de embarcaciones cuando sea aplicable
- coordinación con autoridades (SEMARNAT, PROFEPA, SEMAR)
- monitoreo de especies indicadoras en el sistema lagunar

Indicadores de Cumplimiento

Porcentaje de disponibilidad operativa de infraestructura de recepción de residuos (meta: ≥ 100 % del tiempo operativo).

Número de eventos de derrames de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes en instalaciones portuarias (meta: 0).

Tiempo de respuesta ante derrames (meta: ≤ 30 minutos).

Concentración de hidrocarburos en agua en zona portuaria (meta: dentro de límites de detección o cumplimiento normativo aplicable).

Número de campañas de monitoreo de calidad del agua realizadas (meta: ≥ 4 campañas/año).

Porcentaje de operaciones de descarga de agua de lastre verificadas y registradas por la autoridad portuaria (meta: ≥ 100 % de las operaciones que ingresan al puerto).

Número de monitoreos de especies indicadoras o invasoras realizados en el sistema lagunar (meta: ≥ 2 campañas/año).

CONSULTA PÚBLICA

- **ATMÓSFERA**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 32**
Etapa: Preparación del sitio, Construcción y Operación	
Actividades: Operación de maquinaria, tránsito de embarcaciones, operación de muelles y logística portuaria. Operación de embarcaciones, maquinaria y equipos que utilizan combustibles fósiles en el sistema portuario.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Atmósfera.
Definición de la Medida	**Reducción de emisiones atmosféricas**
Impacto que previene	Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles. Disminución de captura de carbono.
Objetivo	Reducir las emisiones de gases de combustión y GEI
Descripción de la Medida	
Se implementarán sistemas de suministro eléctrico en muelle (Onshore Power Supply, OPS), que permitan a las embarcaciones apagar motores auxiliares durante el atraque, reduciendo emisiones de NOx, SO_2, CO_2 y CO. Se establecerá un sistema de gestión logística portuaria que optimice tiempos de espera, fondeo y maniobra de embarcaciones, reduciendo el tiempo de operación de motores y, por ende, las emisiones asociadas. Se implementará un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria, equipos e infraestructura operativa bajo responsabilidad de ASIPONA, incluyendo grúas portuarias, montacargas, tractocamiones internos, generadores eléctricos, sistemas auxiliares y embarcaciones de servicio (remolcadores, lanchas de apoyo y embarcaciones de inspección), con el fin de asegurar una combustión eficiente, optimizar el desempeño operativo y reducir la emisión de contaminantes atmosféricos. Se promoverá el uso de combustibles más limpios y tecnologías de menor emisión en equipos y embarcaciones que operen dentro del puerto, conforme a estándares internacionales aplicables. Se alineará la operación del proyecto con la **Estrategia de Descarbonización del Sistema Portuario Nacional** (https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/924365/10062024_Descarbonizaci_n_de_Puertos_VF.pdf)	

CONSULTA PÚBLICA

, impulsado por la Secretaría de Marina y las ASIPONA, integrando metas de reducción de emisiones, eficiencia energética y transición tecnológica.
Indicadores de Cumplimiento
Reducción anual de emisiones de CO_2 equivalente (tCO_2e/año) (meta: ≥ 5 % de reducción anual respecto a la línea base). Porcentaje de embarcaciones atendidas que utilizan sistema OPS durante atraque. Consumo de combustible fósil (L/año o equivalente energético) (meta: reducción ≥ 5 % anual respecto a la línea base). Concentraciones de NOx, SO_2 y CO en puntos de monitoreo conforme a la NOM-085-SEMARNAT-2011 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles). Porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento de equipos y maquinaria (meta: ≥ 100 %).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 33**
Etapa: Preparación del sitio, Construcción y Operación	
Actividades: Operación de maquinaria, tránsito de embarcaciones, operación de muelles y logística portuaria, movimiento de equipo y materiales	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Atmósfera
Definición de la Medida	**Control de emisiones atmosféricas y ruido derivado del tránsito de maquinaria y transporte de materiales, mediante la regulación operativa, mantenimiento de equipos y aplicación de medidas para la reducción de partículas y niveles sonoros.**
Impacto que previene	Contaminación por gases de combustión NOx, SO2, CO2, CO y GEI. Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10. Contaminación auditiva (ruido y vibraciones).
Objetivo	Minimizar la emisión de contaminantes atmosféricos y la generación de ruido durante el movimiento de maquinaria y materiales.
Descripción de la Medida	

CONSULTA PÚBLICA

Regular el tránsito de maquinaria y transporte de materiales mediante controles operativos, mantenimiento preventivo y medidas para la reducción de emisiones y ruido. Establecer rutas internas definidas para el tránsito de maquinaria, evitando desplazamientos innecesarios. Limitar la velocidad de circulación de vehículos dentro del área del proyecto. Restringir el tránsito a horarios diurnos, evitando operaciones en horario nocturno salvo casos justificados. Evitar aceleraciones, frenados bruscos y ralentí prolongado de maquinaria. Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para maquinaria y vehículos, asegurando una combustión eficiente. Realizar humectación periódica de caminos y áreas expuestas utilizando agua tratada para controlar la dispersión de polvo. Cubrir los materiales sueltos durante su transporte para evitar emisiones de partículas. Programar las actividades en función de condiciones meteorológicas, evitando trabajos durante vientos fuertes.
Indicadores de cumplimiento
Concentraciones de PM10 y PM2.5 en zona de obra (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites aplicables o sin excedencias respecto a criterios de referencia). Número de mantenimientos realizados vs programados (meta: ≥ 100 % de cumplimiento del programa). Porcentaje de vehículos que cumplen con rutas y velocidades establecidas (meta: ≥ 100 %). Número de quejas por ruido o polvo (meta: ≤ 1 queja/mes; objetivo ideal: 0). Registros de humectación (bitácora) (meta: ≥ 100 % de las actividades con registro). Niveles de ruido (dB) respecto a la NOM-081-SEMARNAT-1994 (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites máximos permisibles).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 34**
ETAPA: Preliminares y preparación del sitio	
Actividades: Rehabilitación de caminos existentes	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Atmósfera
Definición de la Medida;	**Control de emisiones de material particulado derivadas del rastreo de caminos, mediante la aplicación de medidas operativas y preventivas.**
Impacto que previene	Contaminación por material particulado PST PM2.5/PM10
Objetivo	Evitar generación de polvo fino y partículas contaminantes. Reducir perturbaciones a fauna terrestre por tránsito y maquinaria.
Descripción de la Medida	
Se humedecerá el suelo antes y durante el rastreo. En días con vientos >20 km/h se suspenderá la actividad. Se usará equipo con cubierta y barredoras. Evitar actividades en horarios de mayor actividad biológica (amanecer/anochecer en zonas sensibles). Se hará recorrido previo diario para detectar fauna activa. Se limitará velocidad del equipo. Capacitación al personal en: control de polvo, conducción responsable y protocolo de interacción con fauna.	
Indicadores de cumplimiento	
Niveles de PM10 y PM2.5 en zona de obra (meta: cumplimiento ≥ 100 % de los límites aplicables o sin excedencias respecto a criterios de referencia). Número de eventos de suspensión por viento (meta: ≥ 100 % de las actividades suspendidas cuando se superen umbrales operativos de viento). Registros de humectación (bitácora) (meta: ≥ 100 % de las actividades con registro).	

CONSULTA PÚBLICA

Velocidad promedio de operación de maquinaria (meta: ≤ límites establecidos en el programa interno de control operativo). Número de capacitaciones realizadas (meta: ≥ 2 capacitaciones/año).

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No. 35**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Desmonte, cambio de cobertura vegetal, construcción de infraestructura y operación del proyecto	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Atmosfera.
Definición de la Medida	**Conservación, restauración y manejo de la cobertura vegetal para mantener las funciones de regulación microclimática, evapotranspiración y captura de carbono del sistema.**
Impacto que previene	Modificación de microclima local. Alteración de la evapotranspiración. Disminución de captura de carbono.
Objetivo	Mantener las condiciones microclimáticas locales y las funciones ecofisiológicas del sistema, mediante la conservación de la cobertura vegetal, la restauración ecológica y la compensación de áreas intervenidas.
Descripción de la Medida	
Se minimizará la remoción de cobertura vegetal mediante la delimitación estricta de áreas de desmonte, priorizando zonas previamente impactadas y evitando la fragmentación innecesaria del paisaje. Se conservarán franjas de vegetación natural dentro y en los bordes del proyecto, favoreciendo la regulación térmica, la retención de humedad y la continuidad de procesos de evapotranspiración. Se implementarán acciones de restauración ecológica en áreas degradadas mediante revegetación con especies nativas, recuperando la cobertura vegetal y sus funciones climáticas, a través del **Programa de Restauración de la Microcuenca.**	

CONSULTA PÚBLICA

Se ejecutarán medidas de compensación de vegetación, particularmente en ecosistemas de manglar, que contribuyan a la captura de carbono y regulación microclimática, a través del **Programa de Compensación del Manglar**. Se dará seguimiento a la recuperación de la cobertura vegetal y su funcionalidad ecológica mediante monitoreo de condiciones del ecosistema, incluyendo variables indirectas relacionadas con microclima y humedad, a través del **Programa de Compensación del Manglar - II (Seguimiento de las condiciones del Ecosistema del Manglar).** Se promoverá la revegetación de áreas intervenidas con especies nativas adaptadas a las condiciones locales, favoreciendo la estabilidad del suelo, la retención de humedad y la regulación térmica del sitio.
Indicadores de cumplimiento
Superficie de cobertura vegetal conservada dentro del área del proyecto (meta: ≥ 100 % de la superficie delimitada para conservación). Superficie restaurada o revegetada con especies nativas (meta: ≥ 100 % de la superficie programada). Número de acciones de compensación implementadas (manglar u otros ecosistemas) (meta: ≥ 100 % de las acciones establecidas en el programa). Tendencia de recuperación de cobertura vegetal y funciones ecológicas (meta: tendencia positiva respecto a la línea base en el mediano plazo).

CONSULTA PÚBLICA

- **MANEJO DE RESIDUOS**

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.36**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Generación y manejo de residuos derivados de las actividades del proyecto.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo / Agua
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Manejo Integral de Residuos, conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su normativa aplicable.**
Impacto que previene	Contaminación por residuos peligrosos. Contaminación por residuos sólidos urbanos. Contaminación por residuos de manejo especial.
Objetivo	Prevenir la contaminación del suelo y agua mediante el manejo adecuado, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos generados por el proyecto.
Descripción de la Medida	
Clasificación de residuos Identificación y separación en: Residuos peligrosos Residuos sólidos urbanos Residuos de manejo especial **Almacenamiento temporal adecuado** Áreas específicas, impermeabilizadas y señalizadas Contenedores adecuados según tipo de residuo **Manejo de residuos peligrosos** Almacenamiento en sitios seguros	

CONSULTA PÚBLICA

Manejo conforme a normativa aplicable
Uso de contenedores certificados
Recolección y disposición final
Contratación de empresas autorizadas
Disposición en sitios autorizados
Prevención de derrames
Implementación de kits de emergencia
Procedimientos para la prepración y respuesta a emergencias ambientales en el recinto portuario)
Capacitación
Capacitación al personal en manejo de residuos
Registro y control
Bitácoras de generación, almacenamiento y disposición
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de residuos correctamente segregados (meta: ≥ 100 %).
Número de registros de disposición con empresas autorizadas (meta: ≥ 100 % de los residuos generados con manifiesto o comprobante).
Número de eventos de manejo inadecuado o derrames registrados (meta: ≤ 1 evento/año; objetivo ideal: 0).
Número de capacitaciones realizadas en manejo de residuos (meta: ≥ 2 capacitaciones/año).
Existencia y actualización de bitácoras de manejo de residuos (meta: ≥ 100 % de las actividades registradas y actualizadas).

CONSULTA PÚBLICA

- **MEDIO SOCIOECONÓMICO**

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.37**
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Actividades: Contratación de personal	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico.
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Empleo y Capacitación Local**
Impacto que previene	Generación de empleo estacional Creación de empleo fijo Aumento de aportación al PIB nacional
Objetivo	Promover la inclusión efectiva de la población local en el desarrollo del proyecto mediante empleo, capacitación y reconversión productiva, fortaleciendo sus capacidades laborales y reduciendo riesgos de exclusión económica.
Descripción de la Medida	
Establecer convocatorias públicas y transparentes para la contratación de personal local, priorizando a habitantes del área de influencia directa e indirecta del proyecto. Priorizar mano de obra no especializada del área de influencia. Priorizar la contratación de mano de obra no especializada local en etapas iniciales, asegurando su incorporación progresiva a actividades del proyecto. Implementar capacitación en: seguridad laboral buenas prácticas ambientales Inducción a actividades del proyecto Establecer mecanismos de vinculación laboral efectivos, que incluyan:	

CONSULTA PÚBLICA

Bolsa de trabajo local Coordinación con contratistas para contratación local Registro y seguimiento de personas capacitadas y contratadas Generar evidencia documental de contratación y capacitación local. Fortalecimiento de capacidades locales mediante capacitación técnica vinculada a actividades ambientales y operativas del proyecto.
Indicadores de cumplimiento
Porcentaje de personal contratado de origen local (meta: ≥ 50 % del total de personal). Número de personas locales capacitadas (meta: ≥ 20 personas/año o conforme al programa). Porcentaje de personal capacitado que es posteriormente contratado (meta: ≥ 30 %). Número de acciones de vinculación laboral implementadas (meta: ≥ 2 acciones/año).

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN		**No.38**
Etapa: Preparación, construcción y operación		
Actividades: Desarrollo del proyecto en todas sus fases		
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"		
Componente ambiental:	Medio socioeconómico.	
Actividad	Interacción del proyecto con comunidades locales	
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Comunicación de información ambiental con sectores afectados**	
Impacto que previene	Aumento de riesgos sociales (económicos, políticos, familiares). Desvinculación social	
Objetivo	Garantizar la transparencia del proyecto y la atención oportuna de inquietudes sociales.	
Descripción de la Medida		

CONSULTA PÚBLICA

Creación de un Comité de Vinculación Socioeconómica Local, integrado por representantes del proyecto, autoridades locales, cooperativas pesqueras, salineros, sector turístico y comercio local, con funciones de coordinación, seguimiento y toma de acuerdos. Implementación de **un Programa de comunicación de información ambiental con sectores afectados** permanentes, que incluya reuniones periódicas, atención de quejas, mecanismos de consulta y transparencia sobre las actividades del proyecto y sus posibles afectaciones (observando el protocolo del Acuerdo de Escazu). Difusión de avances del proyecto mediante medios accesibles. Establecer un canal formal de recepción de quejas (teléfono, correo electrónico o módulo). Implementar un sistema de registro y seguimiento de quejas. Definir tiempos de respuesta y responsables.
Indicadores de cumplimiento
Número de reuniones del Comité de Vinculación realizadas (meta: ≥ 4 reuniones/año). Porcentaje de quejas atendidas dentro del tiempo establecido (meta: ≥ 100 %). Número de mecanismos de comunicación activos y operando (meta: ≥ 2 mecanismos activos). Número de reportes o materiales informativos difundidos (meta: ≥ 4 materiales/año). Existencia y actualización del registro de quejas y seguimiento (meta: ≥ 100 % de las quejas registradas y actualizadas).

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.39**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Construcción y operación del proyecto y interacción con actividades económicas locales (pesca, extracción de sal, apicultura, turismo, comercio local).	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico.
Definición de la Medida	**Programa de Capacitación para sectores económicos afectados.**
Impacto que previene	Perdida de zonas de pesca

CONSULTA PÚBLICA

	Perdida cultural de actividades primarias Desvinculación social
Objetivo	Reducir las afectaciones a las actividades productivas locales mediante mecanismos de vinculación, compensación, reconversión laboral y fortalecimiento de capacidades, asegurando la inclusión de actores locales en los beneficios del proyecto.
Descripción de la Medida	
•Diseño e implementación de un **Programa de Capacitación para sectores económicos afectados** (Re-skilling) dirigido a población local interesada, que contemple: Capacitación técnica en oficios demandados por el puerto (operación portuaria, logística, mantenimiento, seguridad, servicios asociados). Certificación de competencias laborales. Vinculación directa con oportunidades de empleo dentro del proyecto y su cadena de valor. Priorización de grupos potencialmente afectados (pescadores, trabajadores informales, jóvenes locales). Establecimiento de mecanismos de contratación preferente de mano de obra local capacitada, en coordinación con el **Programa de Capacitación para sectores económicos afectados**, asegurando su incorporación en las distintas etapas del proyecto. Fortalecimiento del sector pesquero mediante el mejoramiento de infraestructura productiva, incluyendo: Adecuación y/o construcción de infraestructura pesquera en zonas dentro del SAR (Vaso I y Ventanas). Mejoramiento de áreas de desembarque, almacenamiento y manejo de producto. Garantizar condiciones adecuadas de operación en zonas que continúen siendo utilizadas para pesca. Definición y garantía de accesos funcionales y seguros a la laguna y zonas de trabajo, asegurando: Continuidad de rutas de navegación para pescadores. Señalización y delimitación de áreas restringidas. Impulso a la diversificación económica local, mediante: Apoyo a iniciativas productivas alternativas (turismo, servicios, comercio local). Vinculación con programas existentes (ej. “Mi nuevo oficio”) bajo un esquema estructurado y medible.	

CONSULTA PÚBLICA

Indicadores de cumplimiento
Indicadores de empleo local, ingresos, participación y percepción social (meta: monitoreo ≥ 1 vez/año y mantenimiento o mejora respecto a línea base). Evaluaciones periódicas del funcionamiento del programa (meta: ≥ 1 evaluación integral/año). Ajuste adaptativo de las acciones implementadas (meta: ≥ 100 % de las evaluaciones con acciones de mejora definidas e implementadas).

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.40**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Generación de empleo y condiciones laborales asociadas al proyecto.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico.
Definición de la Medida	**Programa de Equidad Laboral, Inclusión y Cierre de Brechas Salariales**
Impacto que previene	Desigualdad de género y grupos vulnerables en acceso al empleo. Generación de empleo estacional Creación de empleo fijo
Objetivo	Garantizar condiciones de equidad, inclusión y no discriminación en el acceso al empleo, capacitación y remuneración, promoviendo la participación efectiva de mujeres y grupos vulnerables en los beneficios del proyecto.
Descripción de la Medida	
Diseño e implementación de una política de contratación inclusiva y no discriminatoria, que establezca criterios claros de igualdad de oportunidades para mujeres y grupos vulnerables. Aplicación del principio de "igual salario por trabajo de igual valor", asegurando estructuras salariales transparentes y homologadas para puestos equivalentes, independientemente del género u otras condiciones.	

CONSULTA PÚBLICA

Integración de un componente específico de inclusión dentro del **Programa de Capacitación para sectores económicos afectados** que contemple: Convocatorias dirigidas a mujeres y grupos subrepresentados. Facilidades de acceso (horarios flexibles, sedes accesibles). Promoción activa de su participación en oficios tradicionalmente masculinizados del sector portuario. Establecimiento de metas de participación laboral, orientadas a incrementar progresivamente la contratación de mujeres y grupos vulnerables en distintas áreas del proyecto, incluyendo niveles técnicos y operativos. Implementación de condiciones laborales que favorezcan la permanencia y desarrollo de mujeres, tales como: Espacios seguros y libres de violencia o acoso laboral. Protocolos de atención a casos de discriminación o acoso. Condiciones básicas de bienestar (sanitarios adecuados, áreas de descanso). Capacitación obligatoria en igualdad de género, inclusión y no discriminación para personal directivo, mandos medios y contratistas, con el fin de prevenir prácticas discriminatorias. Monitoreo y reporte periódico de indicadores de equidad laboral, incluyendo: Brecha salarial por puesto y género. Porcentaje de participación de mujeres en distintos niveles. Permanencia y rotación laboral diferenciada.
Indicadores de cumplimiento
Número de personas de sectores locales capacitadas (meta: ≥ 20 personas/año o conforme al programa). Porcentaje de personas capacitadas que se integran a actividades económicas vinculadas al proyecto (meta: ≥ 30 %). Número de acciones implementadas para el fortalecimiento del sector pesquero (meta: ≥ 2 acciones/año). Número de apoyos o iniciativas de diversificación económica impulsadas (meta: ≥ 2 iniciativas/año). Existencia y actualización de reportes de monitoreo socioeconómico (meta: ≥ 100 % de los reportes generados y actualizados conforme al programa).

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No.41
Etapa: Operación	
Actividades: Monitoreo ambiental y programas de conservación, participación social en actividades ambientales.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico / Biodiversidad.
Definición de la Medida	**Participación Comunitaria en Monitoreo y Conservación Ambiental.**
Impacto que previene	Desvinculación social
Objetivo	Fortalecer la participación social y la apropiación comunitaria en la conservación del entorno.
Descripción de la Medida	
Integración de la comunidad en acciones de monitoreo y conservación. Coordinar acciones con el **Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP).** Desarrollar talleres y actividades de educación ambiental. **Programa de Educación y Capacitación Ambiental**	
Indicadores de cumplimiento	
Número de personas de la comunidad que participan en actividades de monitoreo y conservación (meta: ≥ 20 personas/año o conforme al programa). Número de actividades de monitoreo y conservación realizadas con participación comunitaria (meta: ≥ 4 actividades/año). Número de talleres o acciones de educación ambiental implementadas (meta: ≥ 4 acciones/año). Porcentaje de participantes recurrentes en actividades ambientales. Existencia y actualización de registros de participación y reportes de actividades (meta: ≥ 100 % de las actividades registradas y actualizadas).	

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No.42
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Desarrollo del proyecto en todas sus fases, interacción con mercado local y cadenas de suministro. Incremento en la demanda de bienes, servicios e insumos derivados del proyecto	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico
Definición de la Medida	**Gestión de la Demanda Local de Bienes, Servicios e Insumos**
Impacto que previene	Incremento en la demanda de bienes y servicios Demanda de insumos de construcción Incremento en la demanda de servicios a la industria portuaria Crecimiento del desarrollo económico
Objetivo	Optimizar el impacto positivo del proyecto en la economía local mediante el fortalecimiento de proveedores y servicios regionales, evitando distorsiones económicas y promoviendo el desarrollo ordenado de cadenas productivas.
Descripción de la Medida	
Elaborar un padrón de proveedores locales y regionales. Priorizar la contratación de bienes y servicios locales cuando exista capacidad instalada. Establecer convenios con proveedores locales para fortalecer su capacidad técnica y operativa. Promover la participación de empresas locales en la cadena de valor portuaria. Implementar criterios de compras responsables y sostenibles. Monitorear variaciones en precios locales de bienes y servicios para evitar distorsiones económicas. Coordinar con autoridades locales estrategias de fortalecimiento económico regional.	
Indicadores de cumplimiento	
Porcentaje de bienes y servicios adquiridos a proveedores locales (meta: ≥ 40 % del total de adquisiciones).	

CONSULTA PÚBLICA

Número de proveedores locales integrados a la cadena de valor (meta: incremento anual ≥ 10 % respecto a la línea base o ≥ 10 proveedores/año). Número de convenios o alianzas productivas establecidas (meta: ≥ 2 convenios/año).

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.43**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Atracción de población, crecimiento urbano y presión sobre servicios.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico.
Definición de la Medida	**Gestión Territorial, Poblacional y de Riesgos Asociados al Proyecto**
Impacto que previene	Incremento del movimiento migratorio Cambios en la estructura de la población activa Aumento de riesgos sociales (económicos, políticos, familiares). Aumento de la zona urbanizada
Objetivo	Prevenir efectos negativos derivados del crecimiento poblacional inducido por el proyecto, asegurando una adecuada integración territorial, social y de seguridad en el área de influencia.
Descripción de la Medida	
Coordinar con autoridades municipales y estatales la planeación del crecimiento urbano en el área de influencia. Coordinar con autoridades de seguridad pública acciones preventivas ante el incremento poblacional. Fortalecer la infraestructura y servicios locales en coordinación con autoridades.	
Indicadores de cumplimiento	
Número de acciones de coordinación institucional implementadas con autoridades municipales y estatales (meta: ≥ 2 acciones/año).	

CONSULTA PÚBLICA

Número de acciones implementadas para el fortalecimiento de infraestructura y servicios locales (meta: ≥ 2 acciones/año o conforme a convenios establecidos). Número de reportes de seguimiento de condiciones socioeconómicas y presión sobre servicios en el área de influencia (meta: ≥ 1 reporte/año).

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.44**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Operación portuaria, logística, uso de infraestructura y servicios: incremento en el consumo de energía y demanda de servicios asociados.	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Medio socioeconómico.
Definición de la Medida	**Gestión Eficiente del Consumo Energético y Servicios Portuarios**
Impacto que previene	Incremento en el consumo de energía Crecimiento del desarrollo económico Aumento de aportación al PIB nacional
Objetivo	Regular y optimizar el consumo energético y la demanda de servicios asociados al proyecto, promoviendo eficiencia operativa y reduciendo la presión sobre la infraestructura regional.
Descripción de la Medida	
Implementar sistemas de eficiencia energética en infraestructura portuaria. Promover el uso de tecnologías de bajo consumo energético en equipos y maquinaria. Alinear el proyecto con la **Estrategia de Descarbonización de Puertos en México**. Monitorear el consumo energético del proyecto de forma continua. Coordinar con proveedores de servicios (energía, agua, logística) para garantizar capacidad suficiente. Promover el uso de energías limpias en la operación portuaria cuando sea viable.	

CONSULTA PÚBLICA

Evaluar periódicamente la demanda de servicios portuarios y su capacidad de respuesta.
Indicadores de cumplimiento
Estrategias de descarbonización implementadas (meta: ≥ 100 % de las estrategias previstas en el programa). Porcentaje de uso de tecnologías eficientes (meta: ≥ 50 % en fase inicial, con incremento progresivo anual). Número de acciones de eficiencia energética implementadas (meta: ≥ 3 acciones/año).

MEDIDA PREVENTIVA, MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN		**No.45**
Etapa: Preparación del sitio y construcción.		
Actividades: Desmonte, excavaciones, nivelación, dragado y cualquier modificación del suelo		
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"		
Componente ambiental:	Medio socioeconómico / Patrimonio cultural	
Actividad	Remoción de suelo y modificación del terreno con potencial presencia de vestigios arqueológicos	
Definición de la Medida	**Implementación de un Programa de Prospección, Rescate y Salvamento Arqueológico en coordinación con el INAH**	
Impacto que previene	Alteración de valores históricos.	
Objetivo	Proteger, conservar y, en su caso, rescatar el patrimonio arqueológico presente en el área del proyecto, evitando la pérdida de elementos que forman parte de la identidad cultural e histórica de la región.	
Descripción de la Medida		
Gestión previa con INAH: Tramitar ante el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) la autorización correspondiente para la realización de obras. Presentar estudios preliminares de potencial arqueológico del área.		

CONSULTA PÚBLICA

Prospección arqueológica: Realizar recorridos de superficie y estudios de prospección en las áreas a intervenir antes del inicio de obras. Identificar y delimitar zonas con potencial arqueológico. **Programa de Salvamento Arqueológico**: programa implementado por el INAH que incluya: • Excavación controlada • Registro y catalogación de hallazgos • Protección temporal de vestigios • Contar con personal especializado (arqueólogos certificados) • Supervisión durante obra: • Mantener supervisión arqueológica permanente durante actividades de remoción de suelo. En caso de hallazgo fortuito: • Suspender inmediatamente las actividades en el área • Notificar al INAH • Delimitar y proteger el sitio
Indicadores de cumplimiento
Número de autorizaciones emitidas por el INAH Número de inspecciones/prospecciones realizadas Número de hallazgos arqueológicos registrados Existencia y cumplimiento del Programa de Salvamento Arqueológico

CONSULTA PÚBLICA

VI. 5.1. Medidas para impactos acumulativos, sinérgicos y residuales del proyecto “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)”, en relación con actividades del SAR.

Con base en el análisis de impactos ambientales desarrollado en el Capítulo V, particularmente aquellos identificados como acumulativos, sinérgicos y residuales en el Sistema Ambiental Regional (SAR), se elaboraron las fichas de medidas de manejo ambiental correspondientes a las interacciones derivadas entre el proyecto “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)” y las actividades existentes dentro del SAR.

Estas fichas integran y fortalecen las medidas de prevención, mitigación, compensación y manejo adaptativo propuestas para los impactos ambientales individuales evaluados en el presente capítulo, incorporando un enfoque sistémico orientado específicamente a la atención de efectos acumulativos, sinérgicos y residuales derivados de la superposición espacial y temporal de actividades portuarias, industriales, energéticas y urbanas presentes en la región.

Las medidas propuestas no constituyen acciones aisladas, sino un esquema integral de manejo ambiental enfocado en mantener la funcionalidad ecológica del sistema lagunar, reducir procesos de degradación progresiva y atender alteraciones que, por su naturaleza, no pueden eliminarse completamente y requieren monitoreo, seguimiento y ajuste continuo.

En este sentido, las fichas consideran de manera integrada:

- la interacción entre actividades del proyecto y actividades existentes en el SAR;
- los componentes ambientales y procesos ecológicos susceptibles de afectación;
- la aplicación coordinada de medidas específicas de prevención, mitigación, compensación, restauración y manejo adaptativo;
- la identificación de umbrales, zonas críticas y acciones correctivas para la atención de efectos acumulativos y residuales.

Asimismo, las medidas se articulan mediante programas ambientales integrales que serán implementados, coordinados y evaluados a través del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP; ver Capítulo II), el cual fungirá como eje técnico para el monitoreo ambiental, la generación de información, el seguimiento de indicadores, la implementación de medidas correctivas y la gestión adaptativa del proyecto en congruencia con la normativa ambiental aplicable.

De esta manera, las fichas constituyen un instrumento técnico de integración entre la evaluación de impactos y las estrategias de manejo ambiental, fortaleciendo la capacidad del proyecto para responder de manera continua y adaptativa a las dinámicas complejas del sistema lagunar de la Laguna de Cuyutlán y su SAR.

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No.46
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Desarrollo y Operatividad Portuaria/ Funcionamiento de la Termoeléctrica CFE	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua / Hidrodinámica.
Definición de la Medida	**Gestión hidrodinámica y de calidad del agua**
Impacto que previene	**Sinérgico, Acumulativo.** Modificación de tiempos de residencia del agua, estratificación térmica y disminución de oxígeno disuelto derivada de la alteración conjunta de flujos hidrodinámicos.
Objetivo	Mantener la estabilidad hidrodinámica y la calidad del agua del sistema lagunar, evitando condiciones de hipoxia y alteraciones en la dinámica natural del cuerpo de agua.
Descripción de la Medida	

Dado que la circulación lagunar depende directamente de la morfología del fondo y la conectividad hidráulica, cualquier modificación estructural implica cambios en los patrones de flujo. Por ello, el enfoque de la medida se basa en la **prevención mediante diseño y la gestión adaptativa mediante monitoreo**, en lugar de la mitigación directa del impacto.

Implementar un Programa de Monitoreo de Calidad del Agua y Sedimentos que incluya monitoreo hidrodinámico y coordinado por ASIPONA a través del **CIAP**, enfocado en zonas críticas del sistema lagunar: canales de navegación, zonas de baja renovación hidráulica y áreas de influencia de descargas térmicas.

El monitoreo incluirá estaciones fijas y campañas periódicas para evaluar oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y tiempos de residencia, integrando modelación hidrodinámica para la toma de decisiones operativas.

Se establecen umbrales operativos:

- OD < 5 mg/L
- Incremento > 20 % en tiempo de residencia

CONSULTA PÚBLICA

• Estratificación térmica persistente En caso de excedencia: • ajuste en la programación de dragado • modificación temporal de rutas o intensidad operativa • rehabilitación de conectividad hidráulica (canales) • redistribución controlada de sedimentos
Indicadores de cumplimiento
Niveles de oxígeno disuelto (meta: ≥ 5 mg/L) Tiempo de residencia (meta: variación ≤ ±20 %) Número de campañas de monitoreo (meta: ≥ 2/año)

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.47**
Etapa: Construcción y Operación	
Actividades: Dragado / Tráfico portuario (existente y nuevo)	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Agua / Suelo.
Definición de la Medida	**Control de turbidez y sedimentos**
Impacto que previene	**Acumulativo.** Incremento de turbidez, resuspensión de sedimentos finos y reducción de la penetración de la luz en la columna de agua.
Objetivo	Minimizar la dispersión de sedimentos y mantener la calidad del agua durante las actividades de dragado.
Descripción de la Medida	

CONSULTA PÚBLICA

Controlar la dispersión de sedimentos mediante instalación de cortinas antiturbidez en todos los frentes activos de dragado, priorizando zonas cercanas a manglar, bordes lagunares y áreas de baja circulación. Las actividades se ejecutarán bajo condiciones de baja energía (velocidad de viento < 15 km/h, corrientes moderadas), verificadas previo a cada jornada. Se establecen umbrales: • Incremento > 10 % en turbidez o SST respecto a línea base En caso de excedencia: • suspensión inmediata de actividades • reforzamiento o reconfiguración de barreras • ajuste en técnica de dragado
Indicadores de cumplimiento
Turbidez (meta: ≤ 10 % incremento) SST (meta: ≤ 10 % incremento) % frentes con barreras (meta: 100 %)

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.48**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades:	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Fauna marina y lagunar.
Definición de la Medida	**Control de ruido submarino, reducción de velocidad y protección de fauna**
Impacto que previene	**Sinérgico, Acumulativo.** Incremento de ruido submarino, desplazamiento de fauna y aumento en el riesgo de mortalidad de organismos marinos por colisiones con embarcaciones.

CONSULTA PÚBLICA

Objetivo	Reducir la afectación a fauna marina y lagunar derivada del ruido submarino y del tráfico marítimo.
Descripción de la Medida	
Implementar medidas de control de ruido submarino y tráfico marítimo en zonas de tránsito de fauna, canales de navegación y áreas cercanas a manglar. Incluye: • cortinas de burbujas en actividades de alto impacto • velocidad máxima ≤ 10 nudos • monitoreo visual y acústico continuo Se establecen zonas de precaución y exclusión temporal, especialmente en periodos críticos (reproducción, alimentación y migración). En caso de detección de fauna en zona de riesgo: • reducción inmediata de velocidad • suspensión temporal de maniobras • reconfiguración de rutas	
Indicadores de cumplimiento	
Niveles de ruido (meta: cumplimiento normativo) Velocidad de embarcaciones (meta: ≤ 10 nudos) Eventos de colisión (meta: 0)	

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.49**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Infraestructura portuaria / Expansión urbana	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo / Flora.

CONSULTA PÚBLICA

Definición de la Medida	**Implementar restauración de manglar en proporción 3:1, restauración de microcuenca, protección de áreas prioritarias y monitoreo de supervivencia y crecimiento.**
Impacto que previene	**Acumulativo.** Pérdida de cobertura vegetal, incluyendo manglar, vegetación halófita y Selva Baja Caducifolia, y reducción de servicios ecosistémicos asociados.
Objetivo	Compensar la pérdida de vegetación y recuperar funciones ecológicas del sistema lagunar.

Descripción de la Medida

Implementar restauración ecológica integral considerando el efecto acumulativo del proyecto y del SAR, incluyendo:

- Restauración de manglar (proporción 3:1)
- Restauración de microcuenca
- Protección de zonas prioritarias

Zonas críticas: bordes lagunares, áreas degradadas, interfaces tierra-agua.

Se establecen umbrales:

- Supervivencia < 70 %
- Cobertura < 80 %

Acciones correctivas:

- Replantación
- Ajuste hidrológico
- Acondicionamiento de sustrato

Indicadores de cumplimiento

Superficie restaurada (meta: ≥ 3:1)

Supervivencia (meta: ≥ 70 %)

CONSULTA PÚBLICA

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	No.50
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Infraestructura existente / nuevo puerto	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Biodiversidad/Fauna
Definición de la Medida	**Conectividad ecológica**
Impacto que previene	**Sinérgico.** Fragmentación de hábitat y pérdida de conectividad ecológica que limita el desplazamiento y flujo genético de especies.
Objetivo	
Descripción de la Medida	
Restablecer la conectividad mediante rehabilitación de canales naturales y diseño de infraestructura con pasos hidráulicos. Zonas críticas: • conexiones entre Vasos II, III y IV • canales históricos • zonas de flujo restringido Se establecen umbrales: • reducción del flujo • aislamiento de hábitats Acciones: • apertura o rehabilitación de canales • instalación de estructuras de paso hidráulico	
Indicadores de cumplimiento	

CONSULTA PÚBLICA

Acciones de conectividad implementadas (meta: 100 %)
Monitoreo ecológico (meta: ≥ 2/año)

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.51**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Actividad industrial/ Actividad portuaria	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Atmósfera.
Definición de la Medida	**Descarbonización portuaria**
Impacto que previene	**Acumulativo.** Incremento de emisiones de contaminantes atmosféricos (NOx, SO_2, CO_2) y deterioro de la calidad del aire.
Objetivo	Reducir las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero asociadas a la operación portuaria.
Descripción de la Medida	
Implementar la Estrategia de Descarbonización de Puertos en México, incluyendo: • electrificación de muelles (OPS) • optimización logística • mantenimiento de maquinaria y equipos Zonas críticas: • áreas de carga/descarga • patios operativos Umbrales: • incremento en consumo energético	

CONSULTA PÚBLICA

• aumento de emisiones Acciones: • ajuste operativo • sustitución de equipos • mejora tecnológica
Indicadores de cumplimiento
• Reducción CO_2 (meta: ≥ 5 % anual) • Uso de tecnologías eficientes (meta: ≥ 50 %)

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.52**
Etapa:	
Actividades:	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Atmósfera (clima local).
Definición de la Medida	**Infraestructura verde (Permacultura)**
Impacto que previene	**Sinérgico.** Formación de islas de calor y modificación del microclima local asociada a la reducción de la evapotranspiració.
Objetivo	Mitigar el incremento de temperatura local y mantener condiciones microclimáticas adecuadas.
Descripción de la Medida	
Implementar infraestructura verde, revegetación y superficies permeables en el área del proyecto, incorporando:	

CONSULTA PÚBLICA

• revegetación con especies nativas • superficies permeables • zonas sombreadas Zonas críticas: • patios • superficies pavimentadas • áreas sin cobertura vegetal Umbral: • incremento de temperatura superficial Acciones: • incremento de cobertura vegetal • sustitución de materiales
Indicadores de cumplimiento
Superficie revegetada (meta: ≥ 100 %) Cobertura vegetal (meta: tendencia positiva)

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.53**
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Actividades: Infraestructura portuaria	
Proyecto: "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"	
Componente ambiental:	Suelo /Geomorfología.
Definición de la Medida	**Monitoreo geomorfológico**
Impacto que previene	**Residual.**

CONSULTA PÚBLICA

	Alteración morfológica del sistema lagunar por modificación de la línea de costa y del fondo.
Objetivo	Controlar los cambios morfológicos del sistema lagunar derivados del proyecto.
Descripción de la Medida	
Implementar monitoreo geomorfológico de largo plazo mediante levantamientos batimétricos y ajuste adaptativo del diseño, en zonas de mayor sensibilidad: • línea de costa • canales • zonas de depósito Se establecen umbrales: • variación > ±10 % en morfología Acciones: • estabilización de taludes • ajuste de diseño • intervención localizada	
Indicadores de cumplimiento	
Variación de línea de costa y fondo (meta: ≤ ±10 %) Levantamientos batimétricos (meta: ≥ 1/año	

MEDIDA PREVENTIVA, DE MITIGACIÓN Y DE COMPENSACIÓN	**No.54**
Etapa: Construcción y operación	
Actividades: Dinámica portuaria	
Proyecto: “Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)”	
Componente ambiental:	Agua / Suelo (sedimentos).

CONSULTA PÚBLICA

Definición de la Medida	**Gestión hidrosedimentaria adaptativa**
Impacto que previene	**Residual.** Cambio en la dinámica hidrosedimentaria, afectando patrones de transporte, erosión y deposición.
Objetivo	Mantener el equilibrio hidrosedimentario del sistema lagunar y prevenir procesos de erosión o asolvamiento.

Descripción de la Medida

Implementar monitoreo hidrosedimentario integrado con hidrodinámica (Ficha 46), en zonas de transporte activo de sedimentos.

Zonas críticas:

- Canales de navegación.
- Áreas de deposición.
- Zonas de transición.

Se establecen umbrales:

- acumulación o erosión significativa.

Acciones:

- Dragado de mantenimiento focalizado.
- Redistribución de sedimentos.
- Ajuste de operación portuaria.

Indicadores de cumplimiento

Zonas con asolvamiento atendidas (meta: 100 %).

Zonas con erosión atendidas (meta: 100 %).

Campañas de monitoreo (meta: ≥ 2/año).

CONSULTA PÚBLICA

VI.6 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) es un componente esencial de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, diseñado para asegurar el cumplimiento, la eficacia y la trazabilidad de las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación propuestas para el Proyecto de Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo). Este programa permite supervisar y verificar que las acciones ambientales se apliquen de acuerdo con lo planeado, detectando desviaciones, implementando medidas correctivas y documentando el desempeño ambiental del proyecto a través de reportes e indicadores. Asimismo, el PVA actúa como mecanismo de cumplimiento con las autoridades ambientales y de transparencia frente a las comunidades cercanas.

VI.6.1. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

OBJETIVOS:

1. Supervisar que el proyecto se implemente de acuerdo con lo establecido en el alcance de la autorización y las disposiciones que contemple la autorización en materia de impacto ambiental y cambio de uso del suelo.
2. Evaluar la efectividad de las medidas de protección ambiental propuestas en este documento.

I.- LINEAMIENTOS GENERALES

A continuación, se establecen los lineamientos ambientales y supervisión para el proyecto Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo).

Previo al inicio de cualquier actividad, el personal contratado que trabajará en este proyecto debe recibir la capacitación en las siguientes materias:

Concientización ambiental

Lineamientos generales para el manejo de residuos en áreas de generación, clave CIAA-4.4.6/1.

Aspectos generales de seguridad.

Previo al inicio de la etapa de preparación del sitio, se colocarán carteles con los lineamientos básicos en materia ambiental que deberá acatar todo el personal que ahí labore.

El responsable técnico del proyecto en conjunto con la subgerencia ambiental efectuará al menos un recorrido semanal por el sitio para verificar el cumplimiento de las medidas de protección ambiental incluyendo al asesor forestal o un técnico que el designe a los recorridos de verificación.

El proyecto se debe ejecutar estrictamente a lo documentado, por lo que cualquier cambio o reconsideración debe ser notificado de manera previa al Subgerencia de Ingeniería para que valore lo conducente y notifique a la autoridad ambiental.

Cualquier situación que ocurriese de manera anormal en el sitio del proyecto debe ser notificada de manera inmediata a la PROFEPA,

Los residuos que sean generados durante el proyecto deben manejarse de conformidad a lo declarado en el procedimiento de manejo de residuos.

CONSULTA PÚBLICA

El contratista debe tomar todas las medidas pertinentes para prevenir la afectación del suelo por derrames de hidrocarburos.

El personal que realice los recorridos de verificación debe documentar los hallazgos en un libro bitácora en el cual se anexe la evidencia fotográfica necesaria para demostrar los cumplimientos y los incumplimientos que pudieran ser detectados, se deberán resolver de manera inmediata.

II.- ALCANCES

Los alcances del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) estarán enfocados a supervisar el cumplimiento de todas las medidas de protección ambiental establecidas en el presente documento, con el fin de asegurar que no se generen impactos ambientales adicionales a los identificados.

De manera enunciativa mas no limitativa, los principales aspectos que serán supervisados por este programa son:

- Demarcación de las áreas de trabajo previo a la preparación del sitio.
- Rescate y manejo de las especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 que sean rescatadas.
- Manejo de residuos peligrosos.
- Actividades de ahuyentamiento de fauna silvestre.
- Señalización ambiental.
- Actividades relacionadas con la preparación del sitio.
- Actividades relacionadas con la construcción.
- Actividades relacionadas con la operación y el mantenimiento.

I.- ETAPA DE PREPARACIÓN

La supervisión en la etapa de preparación se dará énfasis a las actividades que tienen impacto sobre la fauna, especialmente durante el desmonte y despalme de los terrenos y el acondicionamiento de las áreas constructivas

Se realizarán recorridos diarios para poder observar directamente el cumplimiento de las medidas establecidas para minimizar el impacto, evitando que las operaciones se realicen fuera de los polígonos del proyecto.

Acciones a supervisar:

- Supervisión de la correcta delimitación de las áreas del proyecto.
- Supervisión de las actividades de desmonte y despalme, incluyendo el rescate, manejo y reubicación de flora, conforme a lo establecido en el programa autorizado.
- Supervisión de las actividades de ahuyentamiento, rescate y traslado de fauna silvestre, tanto terrestre como asociada a ambientes costeros y lagunares.
- Supervisión de los movimientos de tierra, verificando la implementación de medidas para prevenir procesos de erosión y el arrastre de sedimentos hacia cuerpos de agua.

CONSULTA PÚBLICA

- Verificación del cumplimiento de medidas para el control de emisiones a la atmósfera, particularmente la generación de polvo durante las actividades constructivas.
- Verificación del cumplimiento de medidas de mitigación de ruido ambiental derivado de maquinaria y actividades del proyecto.
- Supervisión del manejo adecuado de residuos, incluyendo residuos peligrosos, evitando su disposición inadecuada en zonas costeras o cuerpos lagunares.
- Supervisión de la implementación de medidas de protección para cuerpos de agua costeros y lagunares, incluyendo el control de escurrimientos, sedimentos y posibles contaminantes.
- Monitoreo de la calidad del agua en zonas susceptibles de afectación, en función de las actividades del proyecto.
- Supervisión de la conservación de la vegetación asociada a ambientes costeros (por ejemplo, manglar u otra vegetación relevante, en caso de existir).
- Realización de recorridos periódicos en los límites del proyecto y zonas adyacentes, incluyendo áreas costero-lagunares, para identificar posibles afectaciones al entorno.
- Evaluación continua de impactos ambientales no previstos y, en su caso, definición e implementación de medidas correctivas y/o complementarias.
- Registro de evidencias de la implementación de las medidas ambientales, incluyendo bitácoras, reportes y material fotográfico.

II.-ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Las acciones por implementar durante la etapa de construcción son las siguientes:

Manejo adecuado de residuos	
Objetivo	**Alcances**
Llevar a cabo el control, manejo y disposición temporal de los residuos, con el fin de evitar la afectación al medio ambiente por el inadecuado manejo y disposición de los mismos.	Establecer los lineamientos y acciones que permitan evitar la contaminación del agua, suelo y aire a causa del inadecuado manejo y disposición de los residuos.
Acciones	
• Se colocarán letreros para el adecuado manejo de los residuos. • Se colocarán recipientes debidamente etiquetados para la correcta segregación de los residuos generados.	

CONSULTA PÚBLICA

- Se implementará un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Residuos Peligrosos, en el cual se establecerán de manera detallada todas las acciones, procedimientos, responsabilidades y medidas para su manejo integral durante las diferentes etapas del proyecto.
- El retiro de residuos de manejo especial procedentes de la construcción o excavación será llevado a sitios de disposición final debidamente autorizados por la autoridad ambiental competente.
- El transporte de residuos se realizará mediante camiones o góndolas debidamente cubiertas con lonas y con carga controlada (enrazada o hasta tres cuartos de su capacidad), a fin de evitar la dispersión de materiales.
- Se prohibirá depositar residuos de excavaciones, cortes o suelo vegetal fuera del derecho de vía del proyecto, así como su disposición en barrancas, cuerpos de agua o zonas ambientalmente sensibles.

Las acciones anteriormente descritas son enunciativas mas no limitativas; el Programa de Manejo de Residuos correspondiente incluirá el conjunto completo de medidas aplicables para garantizar su manejo adecuado conforme a la normatividad vigente.

Suelo	
Objetivo	**Alcances**
Llevar a cabo la aplicación de técnicas encaminadas a la prevención de la contaminación del suelo.	Establecer un sistema que permita la protección del suelo, mediante técnicas adecuadas de manejo en el área del proyecto
Acciones	
Durante la remoción de suelos en las actividades de excavación y nivelación, se deberá poner especial atención en la conservación del suelo, evitando su dispersión por efecto del viento. Para ello, se realizará el riego previo del área de trabajo, con la finalidad de mantener la humedad del suelo y reducir la pérdida de material, así como la generación de partículas suspendidas. Se vigilará que tanto los vehículos del trasporte de personal como la maquinaria estén en buenas condiciones para evitar derrames de aceites o combustibles sobre el suelo, por lo que la contratista deberá llevar un registro de los vehículos a su cargo y de las fechas de mantenimiento. Se contará con un plan de mantenimiento de maquinaria, donde se les dará mantenimiento periódico a maquinaria y vehículos del proyecto, garantizando el buen funcionamiento de los mismos Periódicamente se comprobará que no se produzcan vertidos accidentales de aceites o combustibles, así como otros materiales de desecho.	

CONSULTA PÚBLICA

Los vehículos que se detecten con goteos o fugas de aceite, combustible o cualquier hidrocarburo serán retirados del sitio del proyecto.

En caso de presentarse un derrame accidental de hidrocarburos, se deberán implementar de manera inmediata acciones de contención y control, mediante el uso de material absorbente, evitando su dispersión hacia el suelo o cuerpos de agua. El material contaminado será recolectado y dispuesto como residuo peligroso conforme a la normatividad aplicable. Asimismo, se realizará la limpieza del área afectada y, en su caso, la remediación del sitio.

Agua	
Objetivo	**Alcances**
Llevar a cabo la aplicación de técnicas encaminadas a la prevención de la contaminación de los elementos hidrológicos	Establecer los lineamientos y acciones que permitan evitar la contaminación de los recursos hidrológicos, así como evitar daños en la infraestructura sanitaria.

Acciones

Se implementarán medidas para evitar el arrastre de materiales sólidos o líquidos generados en la obra hacia las zonas colindantes del proyecto, tales como la instalación de barreras físicas (mallas, geotextiles o bordos de contención), la conformación de cunetas o zanjas perimetrales para el control de escurrimientos, así como la estabilización temporal de suelos expuestos. Asimismo, se realizará la limpieza periódica de las áreas de trabajo para evitar la acumulación de materiales susceptibles de ser transportados por el viento o el agua.

Se prohíbe la extracción de agua del cuerpo lagunar, así como el vertimiento o disposición de cualquier tipo de residuo, sustancia o material en el mismo.

Para prevenir afectaciones al sistema lagunar, se implementarán medidas para evitar el arrastre de sedimentos y contaminantes por escorrentía, tales como la instalación de barreras de control de sedimentos, cunetas perimetrales y estructuras de retención.

Se deberán prevenir derrames de combustibles, aceites u otras sustancias provenientes de maquinaria, vehículos o embarcaciones, mediante el mantenimiento adecuado de los equipos, el uso de áreas designadas para abastecimiento y la disponibilidad de material y equipo para la atención inmediata de derrames.

En caso de realizarse actividades como dragado o vibroflotación, se deberán aplicar medidas para minimizar la resuspensión de sedimentos, tales como el uso de cortinas de turbidez u otras barreras físicas, así como la programación adecuada de las actividades para reducir la dispersión de sólidos suspendidos.

Asimismo, se llevará a cabo la supervisión continua del área para detectar posibles afectaciones al cuerpo lagunar y, en su caso, implementar de manera inmediata las medidas correctivas necesarias.

La canalización de aguas pluviales hacia la zona de la laguna se realizará mediante la implementación de obras de drenaje pluvial, tales como cunetas, zanjas y/o tuberías, diseñadas para conducir los escurrimientos de manera controlada.

CONSULTA PÚBLICA

Previo a su descarga, se deberán implementar estructuras de control de sedimentos y contaminantes, tales como trampas de sedimentos, filtros o cárcamos de retención, con la finalidad de evitar el arrastre de sólidos suspendidos, residuos o sustancias contaminantes hacia el cuerpo lagunar. **A**simismo, se procurará la disipación de energía del flujo para evitar procesos de erosión en el punto de descarga, mediante el uso de obras de protección como colchones de piedra o estructuras similares. Se habilitará una tarquina o área de lavado confinada para la limpieza de canaletas del almacén y otras áreas operativas del proyecto, ubicada en un sitio que no afecte el nivel de agua intersticial ni cuerpos de agua cercanos. El lavado se realizará utilizando agua limpia en volúmenes controlados, evitando el uso de sustancias contaminantes. El agua residual generada será contenida dentro de la tarquina, donde se permitirá la sedimentación de sólidos. Posteriormente, los lodos o sedimentos serán recolectados y dispuestos conforme a su clasificación, mientras que el agua clarificada será manejada de acuerdo con la normatividad aplicable, evitando en todo momento su descarga directa al suelo o al cuerpo lagunar. Durante la etapa de operación y mantenimiento, las aguas residuales generadas por el uso de sanitarios y actividades de limpieza serán conducidas mediante un sistema de drenaje sanitario interno. El proyecto contará con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), en la cual se realizará el tratamiento previo de las aguas generadas, a fin de cumplir con los límites establecidos en la normatividad aplicable. Posteriormente, el efluente tratado podrá ser reutilizado o, en su caso, descargado al sistema de drenaje municipal, el cual cuenta con infraestructura para su manejo. Se instalará un sistema de drenaje y alcantarillado que conducirá las aguas residuales hacia la PTAR y, en su caso, hacia la red municipal. La PTAR contará con un programa de operación y mantenimiento, que incluirá revisiones periódicas, limpieza de equipos, manejo de lodos, control de parámetros de operación y la atención inmediata de fallas, con la finalidad de evitar fugas, derrames o descargas fuera de especificación. Se instalará una red de agua potable proveniente del sistema municipal.

Flora	
Objetivo	**Alcances**
Identificar los impactos adversos derivados de las actividades de la etapa de construcción del proyecto y generar estrategias para mitigar los efectos ocasionados por las actividades de desmonte, despalme y cimentación en el terreno.	Establecer los lineamientos y acciones encaminadas a recuperar las condiciones más apropiadas del terreno mediante la reforestación de la zona de amortiguamiento, a implementarse durante la etapa de construcción y, en su caso, reforzarse durante la etapa de operación y mantenimiento.

CONSULTA PÚBLICA

Acciones
Se plantarán nuevos elementos arbóreos, preferentemente de especies apropiadas al lugar, con vegetación de baja demanda de agua en los espacios verdes abiertos. Se sugiere utilizar cuando sea necesario la plantación de enriquecimiento plantando especies de selva baja caducifolia y manglar.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se generarán emisiones a la atmósfera, principalmente por la dispersión de partículas (polvo) derivadas de las actividades de desmonte, despalme, excavación y tránsito de maquinaria, así como emisiones de gases de combustión provenientes de vehículos y equipo utilizado en obra.

Asimismo, se generarán niveles de ruido asociados a la operación de maquinaria, equipo y actividades constructivas.

Para la mitigación de estos impactos, se implementarán medidas tales como el riego periódico de las áreas de trabajo para el control de polvo, el mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y vehículos para asegurar su adecuado funcionamiento y control de emisiones, la limitación de la velocidad de tránsito dentro del área del proyecto, así como la restricción de horarios de trabajo para reducir molestias por ruido al entorno.

Estas medidas serán aplicables durante toda la etapa de preparación del sitio y construcción, con la finalidad de minimizar afectaciones a la calidad del aire y al ambiente sonoro en el área de influencia del proyecto.

III. ETAPA DE OPERACIÓN

En la etapa de operación, la generación de emisiones y ruido será significativamente menor en comparación con las etapas de preparación del sitio y construcción, limitándose principalmente al funcionamiento normal de las instalaciones y tránsito ocasional de vehículos.

Seguimiento al Programa de Rehabilitación Ambiental

Mantenimiento del área de amortiguamiento

- Se evaluará el vigor y sanidad de la vegetación y porcentaje y crecimiento de las especies establecidas
- Se darán prescripciones de mantenimiento necesarias, incluyendo las de protección contra plagas, fertilización, riego.
- Se evaluará el % de establecimiento de las especies arbustivas y arbóreas
- Se evaluará el mejoramiento del paisaje por la cobertura de la vegetación y estructura visual de la misma
- Medición de los niveles de ruido en el área de proyecto y áreas vecinales
- Supervisión del manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial de acuerdo con la legislación ambiental vigente.
- Supervisión del manejo de residuos peligrosos de acuerdo con la norma.
- Cumplimiento de las normas operativas y el reglamento de trabajo incluyendo el respeto por la flora y fauna en el entorno del área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

VI.6.2. RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

La correcta ejecución del PVA será responsabilidad del Promovente y de las empresas contratistas; el PVA completo, se presenta para su aprobación en conjunto con esta MIA-R, en este se podrá observar la descripción de cada medida propuesta y el tipo de seguimiento, así como los indicadores para medir la eficacia y eficiencia de las medidas.

A continuación, se presenta la responsiva correspondiente a cada una de las partes involucradas en el cumplimiento del PVA.

VI.6.2 RESPONSABILIDAD DEL PROMOVENTE

La aplicación del PVA, primordialmente, será responsabilidad de la promotora, quien deberá tener como responsable en campo al menos a un supervisor ambiental que tendrá la obligación y autoridad para tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades que pudieran afectar al ambiente.

El ó los supervisores deberán tener la capacidad técnica y de autoridad para tomar decisiones en caso de que las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas no funcionen como se ha previsto, o que se detecten impactos que, por su naturaleza, no son perceptibles en etapas anteriores.

Como parte de sus obligaciones, los supervisores ambientales deberán coordinar en cuestión ambiental al personal que participe en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, llenar las bitácoras de seguimiento y elaborar informes referentes a sus observaciones durante y después de la implementación de las medidas para posteriormente compilarlos en un documento final.

Además, los supervisores ambientales serán responsables de ejecutar y dar seguimiento a lo siguiente:

- Ejecutar y coordinar el PVA.
- Comprobar in situ la ejecución de las medidas correctoras.
- Evitar impactos ambientales no previstos.
- Alertar sobre sucesos excepcionales o situaciones de emergencia ambiental.

Solicitar a los contratistas el cumplimiento de las medidas ambientales establecidas, así como la aprobación a posibles modificaciones que se pudieran presentar.

Elaborar los informes anuales donde se muestre el grado de cumplimiento de cada medida enmarcada en este PVA.

En caso de ser necesario, determinar nuevas medidas de prevención, mitigación o compensación, así como modificar las ya establecidas.

Resulta imperante mencionar que los supervisores ambientales podrán echar mano del apoyo de la gente encargada del Proyecto (contratistas, responsables de obra, entre otros) y que se encuentre la mayor parte del tiempo en el AP, para que apoyen en el llenado de algunas bitácoras. Esto con la intención de que todas las medidas sean seguidas durante todo el tiempo que dure cada etapa del proyecto y no sólo durante la presencia de los supervisores ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

VI.6.3 RESPONSABILIDAD DE LAS EMPRESAS CONTRATISTAS

En algunos casos en específico, para dar cumplimiento a alguna de las medidas propuestas, será necesario el recurrir a los contratistas, que en su caso tendrían las siguientes funciones:

• Supervisar y coordinar la ejecución de las medidas correctoras según lo previsto en el PVA.

• Proporcionar a los supervisores ambientales los medios necesarios para el llenado de las bitácoras y en general para dar cumplimiento del PVA.

• Mantener constante comunicación y coordinación con los supervisores ambientales.

VI.6.4 SEGUIMIENTO Y CONTROL

1. El supervisor o responsable ambiental realizará visitas de supervisión constantes mediante las cuales verificará el debido cumplimiento de todos y cada uno de los compromisos ambientales de los contratistas y de los programas incluidos dentro del PVA. Durante cada visita de inspección se realizará un registro de cumplimiento para dar un seguimiento adecuado a las observaciones.
2. El registro (*check list*) de registro de inspección diaria de cumplimientos consiste en un formato donde se llevarán a cabo los registros de cumplimiento de las medidas, conforme se identifiquen durante el recorrido de inspección, anotando las observaciones que correspondan, incluidos los datos de ubicación, este formato contendrá un anexo fotográfico con las evidencias documentales observadas.
3. Se maneja un formato de registro de incidentes y emergencias ambientales donde se realizará el registro cada vez que surja uno de estos. Incluirá la(s) recomendación(es) realizada(s) para corregirlo de manera inmediata, así como un apartado donde el promovente.
4. Con la información recabada en el sitio del proyecto, se realizará una bitácora diaria de actividades, donde se registrarán las actividades realizadas; esta bitácora será elaborada por el personal de inspección y deberá estar firmada por el promovente o el responsable ambiental de las empresas constructoras y por el supervisor ambiental.
5. Durante las inspecciones se identificarán todas las actividades del proyecto, así como los componentes ambientales asociados a cada una de ellas. Con base en ello, se identificarán los impactos ambientales, determinando cuáles de ellos se encuentran previstos en la evaluación de impactos e incluidos en el PVA, elaborando un plan de acción en caso de que el impacto no se encuentre previsto dentro de evaluación de impactos.
6. Todos los impactos ambientales no previstos y las desviaciones registradas durante las visitas de supervisión se registrarán y rastrearán a través del tiempo, y se establecerá un plan de acción específico para cada uno de ellos. En el formato se detallará la desviación, el factor ambiental afectado, la actividad que lo generó y la normatividad aplicable. El responsable ambiental analizará la raíz del problema para posteriormente generar un plan de acción que incluya responsables, acciones (actividades) y fechas de conclusión. Aunado a esto, deberá verificar y dar seguimiento a las acciones tomadas y aplicadas para mitigar el impacto ambiental identificado.
7. Para efectos de la atención particular de los impactos sobre la flora y fauna terrestre, se plantea la implementación de programas de rescate de estas especies, los cuales inciden en la mitigación de impactos y preservación de poblaciones. Estos programas se describen a continuación, los cuales son complementarios al Programa de Vigilancia Ambiental (PVA).

CONSULTA PÚBLICA

VI.7 PROGRAMA DE RESCATE, REUBICACIÓN Y MONITOREO DE FAUNA

Introducción.

Las afectaciones a superficies con cobertura vegetal por el desarrollo de proyecto modifican lo que se conoce como "hábitat" de flora y fauna silvestre. Esto puede tener consecuencias adversas, ya que el hábitat sirve de refugio y provee de alimento a la fauna que ahí se desarrolla. Las especies de lento desplazamiento (anfibios, reptiles y mamíferos pequeños) son las más vulnerables al paso de vehículos y maquinaria, al estar limitadas en su movilidad.

Es importante considerar que los ejemplares capturados de fauna en un sitio que será posteriormente afectado por un proyecto sean relocalizados en otro ecológicamente similar para de esta manera asegurar los recursos suficientes para su sobrevivencia. La ejecución de este programa es una medida para la conservación de las especies silvestres y es una herramienta muy útil para el mantenimiento de la biodiversidad local. La reubicación de animales desde un lugar geográfico a otro es una estrategia cada vez más utilizada para efectos de mitigar las obras y actividades de los proyectos de desarrollo.

En este contexto, se presenta el Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna, que se establece como *medida de mitigación complementaria*, orientada a reducir la mortalidad directa de organismos durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación, mediante la implementación de acciones de ahuyentamiento, rescate, reubicación y monitoreo.

Es importante señalar que este programa no sustituye la función ecológica del hábitat original, por lo que su alcance se limita a la reducción de impactos, en concordancia con el principio de jerarquía de mitigación (evitar, minimizar, restaurar y compensar). El programa atiende los siguientes impactos identificados en la MIA:

Mortalidad directa de fauna silvestre

Desplazamiento de especies

Fragmentación del hábitat

Alteración de comunidades biológicas

Asimismo, contribuye al cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, en particular lo establecido en la LGEEPA y la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El Programa de Rescate de Reubicación y Monitoreo de Fauna se diseñó con el objetivo de reubicar ejemplares susceptibles de rescate y que habitan en el área de afectación del proyecto. Las principales actividades para desarrollar son:

- Colecta, captura e identificación de los individuos, que incluye mediciones morfométricas;
- Favorecer el desplazamiento natural de fauna con alta movilidad mediante técnicas de ahuyentamiento
- Rescatar y reubicar individuos de especies prioritarias (NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III, 2019) y de importancia ecológica
- Traslado y reubicación de las especies rescatadas a un área ecológicamente similar, las características que los sitios deben poseer para asegurar el éxito del rescate son:
- Que el sitio destino presente condiciones y recursos adecuados para la sobrevivencia y desarrollo de los ejemplares reubicados.

CONSULTA PÚBLICA

- Que el sitio se encuentre a una distancia lo más cercana posible para disminuir el estrés de los organismos a relocalizar.
- Que el sitio de reubicación cuente con protección o inaccesibilidad para minimizar la perturbación de los ejemplares o que puedan poner en riesgo a las personas, cuando se trata de especies venenosas (ej. serpientes) o que entran en conflicto con el humano.

El programa se aplicará en la totalidad del área de afectación del proyecto, previo y durante las actividades de preparación del sitio. Se dará prioridad a:

- Especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III (2019).
- Especies endémicas
- Especies de baja movilidad (anfibios, reptiles, pequeños mamíferos)
- Especies con valor ecológico, cultural o económico

Con base en lo anterior, se diseñó el Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna, que tiene como finalidad ahuyentar, rescatar y reubicar a los ejemplares de las especies de vertebrados para su protección y conservación. Adicionalmente, este programa cumplirá con las condicionantes y requerimientos que dictamine la SEMARNAT a través del resolutivo emitido para el proyecto en manifiesto.

Antecedentes

Se llevó a cabo una línea base ambiental, que comprendió una caracterización a detalle de la fauna, donde se encontraron especies protegidas por la NOM- 059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III (2019), las cuales se describen en el apartado de flora, cobertura vegetal, fauna y aves terrestres y acuáticas en el Capítulo IV de esta MIA-R.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un Programa de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna, mediante la aplicación de técnicas adecuadas, con el fin de reducir la mortalidad de organismos, minimizar los impactos por la remoción de hábitat y favorecer su establecimiento en sitios con condiciones ambientales similares dentro del área de influencia del proyecto.

Objetivos particulares

Verificar que los sitios de reubicación presenten las condiciones ambientales equivalentes a las del área donde fueron rescatados y realizar las liberaciones de fauna evitando en la medida de lo posible una sobrecarga en el nuevo sitio.

Ejecutar las actividades de rescate fauna de manera previa a la preparación del sitio, priorizando especies bajo alguna categoría de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III, 2019, así como aquellas de importancia ecológica, cultural o económica.

Aplicar técnicas de ahuyentamiento controlado para favorecer el desplazamiento de aves terrestres y acuáticas, y mamíferos de hábitos cursoriales, mediante técnicas de amedrentamiento, con la finalidad de disminuir la densidad de fauna, motivando su desplazamiento a áreas aledañas con vegetación similar a la que se encuentra en el área que comprende el proyecto.

Aplicar técnicas de ahuyentamiento y exclusión controlada para favorecer el desplazamiento de fauna acuática, incluyendo peces y reptiles como cocodrilos, mediante la implementación de barreras físicas, estímulos disuasivos y manejo gradual del

CONSULTA PÚBLICA

hábitat, con la finalidad de disminuir la presencia de organismos en el área de intervención y propiciar su desplazamiento hacia zonas aledañas con condiciones hidrológicas y ecológicas similares a las existentes en el área del proyecto.

Capturar en el área del proyecto a las especies susceptibles de rescate (especies de lento desplazamiento) como anfibios, reptiles y mamíferos pequeños, para su reubicación en un sitio que presente condiciones ambientales similares al sitio donde se encontraban.

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de organismos rescatados respecto a los detectados en campo
- Tasa de supervivencia post-liberación
- Número de especies reubicadas exitosamente
- Evidencia de adaptación (recaptura, actividad, reproducción)
- Los valores meta específicos serán definidos con base en la línea base ambiental y las características del sitio.

Métodos

Para efectuar el rescate y reubicación de la fauna silvestre en la "huella" del Proyecto, se aplicarán técnicas propuestas por Hawthorne (1987), denominadas de amedrentamiento y de modificación del hábitat, buscando con ello, que las especies de aves acuáticas y terrestres, así como mamíferos de hábitos cursoriales en el área del proyecto.

Para el caso de especies de lento desplazamiento, así como de especies endémicas, se emplearán técnicas seguras tanto para las especies de fauna como para el personal encargado de llevar a cabo estas tareas. Dichas técnicas incluyen la captura manual de lagartijas y la recolección de nidos de aves, uso de ganchos herpetológicos en el caso de serpientes (las serpientes siempre deberán tratarse como si fueran venenosas), uso de trampas tipo "Sherman" y "Tomahawk" para mamíferos de pequeña y mediana talla y la utilización de redes ornitológicas, en el caso de encontrar especies de aves con baja capacidad de desplazamiento y alta filopatría (que permanecen en una misma área durante su vida).

El rescate debe ser realizado una vez que haya concluido la época de reproducción de la mayoría de las especies, para evitar abandono de camadas y nidos por parte de los padres al haber intervención humana. Una vez capturados los individuos, se procederá a su reubicación en áreas aledañas al área de influencia del proyecto que presenten condiciones ecológicas similares, principalmente en las zonas destinadas dentro del mismo predio.

Las medidas para garantizar la sobrevivencia de los individuos a relocalizar comienzan desde la aplicación de las técnicas para la captura y el manejo de fauna silvestre, las cuales están encaminadas a evitar daños y/o estrés en los ejemplares, para lo cual se iniciará el Plan de Rescate con prácticas de amedrentamiento, continuando con una ligera alteración al hábitat.

Esta última etapa estará enfocada al traslado de troncos y rocas principalmente, la poda de árboles y arbustos que sirvan como refugio y que funcionen como hábitat de individuos pequeños y de lento desplazamiento, finalizando con un trampeo selectivo. Lo anterior, con la finalidad de que las especies de vertebrados terrestres se desplacen por sus propios medios, evitando con ello que los organismos corran riesgos innecesarios; sólo en el caso de especies de poca vagilidad, será preciso emplear métodos estándares para la captura, manejo y transportación, por la seguridad tanto de los ejemplares como del personal capacitado que realice estas tareas.

Las medidas propuestas para garantizar la sobrevivencia de los ejemplares reubicados son en general muy confiables, prácticas y seguras; pero si a pesar de ello, se detectara que la sobrevivencia de los individuos es menor al 80%, se tomarán medidas correctivas para la captura, manejo y transportación de los ejemplares.

CONSULTA PÚBLICA

Amedrentamiento

Con la finalidad de propiciar la migración de individuos de especies de fauna silvestre, es necesario recurrir a técnicas de amedrentamiento y modificación al hábitat (Hawthorne, 1987), encaminadas sobre todo a desplazar o ahuyentar especies de aves, murciélagos y mamíferos de hábitos cursoriales, dada su elevada capacidad de desplazamiento.

Las técnicas de amedrentamiento a utilizar estarán basadas en la generación de ruidos intensos mediante el empleo de sirenas de diferentes frecuencias, en distintas áreas y horas del día, con el objetivo de ahuyentar tanto a aves, como a murciélagos y mamíferos de mediana y gran talla. Dichas medidas deberán llevarse a cabo como mínimo una semana antes de realizar el muestreo con trampas y posteriormente realizarse cada semana hasta terminar el rescate completo. En la siguiente **Figura VI.1** se muestra un ejemplo de sirena empleada para ahuyentar a los individuos.



Figura VI.1. Sirena para envío de señales de uso marino (Marca EcoBlast).

Los organismos que sean capturados en el sitio del proyecto serán liberados en un sitio seguro, el lugar se determinará de acuerdo con los requerimientos ambientales de las propias especies, eligiendo aquellos lugares con las condiciones ambientales adecuadas y de seguridad en términos de conservación, esto es, que no pueda ser cazado o extraído fácilmente.

Técnicas de captura.

Captura de mamíferos.

Las trampas "Tomahawk", **Figura VI.2** son trampas de puerta que pueden ser utilizadas para la captura de mamíferos de tamaño mediano como: mapaches, tlacuaches, ardillas, conejos, liebres y zorras. El cebo que se coloca adentro varía dependiendo de la especie que se pretende capturar, para ello es necesario conocer los hábitos de cada una. Usualmente se utiliza fruta picada, carne, semillas, sardina o atún en aceite, etc.

Se debe colocar en el suelo y, si se conoce la entrada de la madriguera o los caminos de paso de las especies blanco, es mejor colocarlas directamente cortando el paso. Además, se debe amarrar la trampa a un árbol o una roca para evitar que el animal dentro pueda moverla.

Para el caso de los mamíferos pequeños se usan las trampas tipo "Sherman", las cuales se colocan en hileras separadas cada 5 m para completar transectos de 40 trampas. Si no se hace con base en transectos sino en grandes áreas, la cantidad de

CONSULTA PÚBLICA

trampas recomendable es de unas 200 por ha. El avance de las brigadas que realizarán el rescate debe ser de aproximadamente 20 hectáreas por día. El cebo que se utiliza es avena con gotas de vainilla.

El éxito en la utilización de las trampas para mamíferos pequeños requiere un alto grado de habilidad y experiencia. Dado que lo que se pretende es capturar el mayor número de ejemplares posible, es necesario que las trampas se coloquen en sitios clave identificados por expertos (ej. cerca de madrigueras, junto a escalones naturales que funcionan como paredes y son utilizados para el tránsito de roedores y musarañas y cualquier cavidad entre rocas). Una vez instaladas, deben revisarse frecuentemente, por lo menos una vez cada 24 horas y más frecuentemente en climas calurosos o de frío intenso (si es necesario, es recomendable colocar papel periódico o algodón dentro de las trampas para disminuir la incidencia de muerte por frío).

La tasa de mortalidad de organismos durante la captura es muy alta, debido a su rápido metabolismo, por lo que pocas veces se logra encontrar un individuo con vida al momento de revisar las trampas. Se sugiere que el cebo utilizado esté compuesto por avena, vainilla y crema de cacahuate, con el objetivo de que sean atraídos también insectos que sirvan de alimento para las musarañas capturadas. En caso de colectar un ejemplar vivo se podrá mantener con lombrices y escarabajos hasta su liberación.

Captura de anfibios y reptiles.

En el caso de lagartijas pequeñas, y algunas especies arborícolas o subterráneas, estas podrán ser atrapadas manualmente. La captura de las especies más difíciles de recolectar se hace generalmente con un lazo en la punta de una varita. El largo de ésta varía de acuerdo con la especie de lagartija, aunque en general va de 1.8 a 2 m de largo (vara herpetológica). **Figura VI.5.** El lazo debe ser de nylon o de seda para que quede bien abierto y tenga una circunferencia de más o menos el doble de la cabeza del animal. La captura se realiza acercando lentamente la vara, paralela al cuerpo de la lagartija y por encima, de atrás hacia delante, se hace entrar el lazo hasta la región cervical y se da un jalón para arriba y hacia atrás.

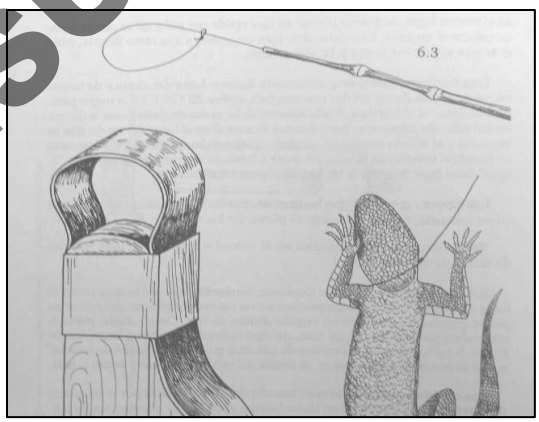


Figura VI.2 Esquema del tipo “vara” con hilo usada para la captura de lagartijas y serpientes pequeñas. Tomado de Vanzollini y Papavero (1985).

CONSULTA PÚBLICA

En el caso de una serpiente, se deberá tratar siempre como si fuese venenosa, aunque ésta no lo sea. No se le debe tomar por la cola ni agarrarle directamente, en su caso se deben usar unas pinzas grandes y se toma al ejemplar del cuello o usando un gancho herpetológico para evitar ser mordido.

Si se trata de lagartijas de tamaño mediano se debe procurar no acercar las manos a la boca del ejemplar y se debe manipularla con cuidado. Todas las especies de reptiles deberán ser colocadas en costales de tela resistentes, pero a la vez porosos; la manta suele funcionar siempre y cuando se asegure que no haya orificios en los costales y que el tamaño de estos sea proporcional al tamaño del animal.

En el caso de los anfibios (ranas, sapos, entre otros), se atraparán y colocarán en bolsas de plástico tipo ziploc con un poco de sustrato húmedo para evitar su desecación, ya que estos individuos dependen de condiciones de elevada humedad para su sobrevivencia.

Se debe tener mucho cuidado de guardar adecuadamente al animal al momento de colocarlo dentro del costal o bolsa para su transporte. Es importante que se vigile que costal o la bolsa esté bien cerrado(a) y que no dañe ninguna de las extremidades del animal. Todos los ejemplares capturados deberán ser marcados para su posterior identificación en el monitoreo. Los anfibios serán marcados con el método de corte de falanges siguiendo la enumeración estándar. En este caso se asigna una codificación a cada falange y se corta solamente la punta de estas, de manera que la locomoción del individuo no se vea afectada **Figura VI 3**.

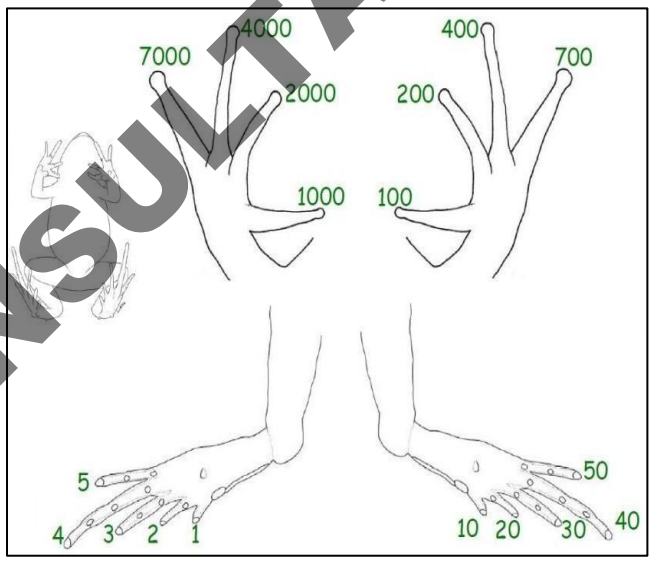


Figura VI 3 Numeración estándar para el marcaje de anfibios por el método de corte de falanges.

Los reptiles pueden ser marcados por medio de pequeñas incisiones o perforaciones en las escamas. Mediante esta técnica se puede marcar un gran número de organismos de manera sencilla. Sin embargo, también puede utilizarse el método de corte de falanges en patas y manos en este grupo, utilizando la misma codificación (**Figura VI 5**). Las serpientes deben ser marcadas mediante el corte de escamas ventrales en sentido ascendente desde la abertura de la cloaca hacia la cabeza.

CONSULTA PÚBLICA

Para cada individuo se registrarán los datos de especie, localidad, fecha, hora de captura, tipo de vegetación, microhábitat, no. de marca, peso, sexo y datos biométricos de acuerdo con la especie.

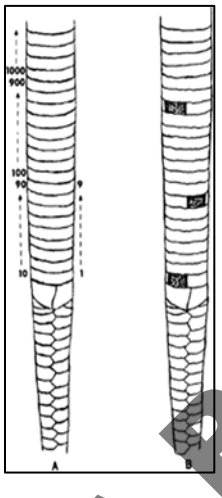


Figura VI.4 Codificación del sistema de marcaje para serpientes.

Con el fin de tener un registro confiable de las especies de animales rescatadas, se deberá llenar una ficha de campo por cada organismo capturado, el formato que deberá completarse se presenta a continuación en la **Tabla VI.1**.

Tabla VI.1 Formato de la ficha de campo para el rescate de especies animales capturadas.

Localización (poblado más cercano): _____ _____ Látitud: Longitud: Altitud: _____ Clave o No. asignado en campo: _____ Colector: _____ Familia: _ Especie: Determinó:_____ Condiciones de captura:__ Método de captura: _____	Fecha: Hora: _____

CONSULTA PÚBLICA

Descripción del hábitat:	FOTO O DIBUJO
Breve descripción del animal: (Color, tamaño, etc.)	
Observaciones: (Número total de animales de la misma especie capturados, etc.).	

CONSULTA PÚBLICA

Técnicas de transportación

Transportación de reptiles y anfibios.

A las especies de reptiles se les deberá transportar en costales de manta bien cerrados. Los anfibios deberán ser transportados en contenedores con ventilación en que fueron colectados, siempre cuidando de que no estén expuestas al sol y se mantenga la humedad dentro de éstas.

Los renacuajos deberán ser transportados en frascos con agua tomada del mismo sitio donde fueron capturados. El resto de los reptiles, si fueran muy grandes, deberán transportarse en recipientes de plástico sellados, pero con orificios para que el aire pase fácilmente.

Transportación de mamíferos

Los mamíferos serán transportados directamente en las trampas donde han sido atrapados sin retirarlos de las mismas. Es importante que las trampas no estén expuestas directamente al sol o a condiciones de luz extrema, calor o frío. Tampoco es recomendable que los mamíferos capturados permanezcan mucho tiempo dentro de las mismas.

Las trampas tanto “Sherman” como “Tomahawk” deberán estar cubiertas con alguna tela oscura para minimizar el estrés en el animal y sólo se destaparán para fines de identificación y liberación. No se deberá olvidar el uso de guantes de carnaza para la manipulación de los ejemplares.

Técnicas de liberación

Antes de ser liberados, habrá que asegurarse que los animales capturados se encuentren sanos y en buenas condiciones. Si alguno de los animales mostrara signos de debilidad o enfermedad será necesario que sea revisado in situ por un médico veterinario. De ser necesario se proporcionará agua a los ejemplares antes de la liberación. Se deberá tratar de determinar la especie a la que pertenece o bien fotografiar el ejemplar, en el caso en que se desconozca su identidad específica.

Liberación de Mamíferos.

Para los mamíferos en general será necesario que su liberación sea durante el crepúsculo o en la noche, cualquiera que sea la especie en cuestión. Los roedores generalmente requieren de estar en movimiento debido a su elevado metabolismo, por lo

que se sugiere que sean liberados de forma rápida y eficaz. Debido a que las trampas son metálicas, éstas no se deben exponer al sol o al calor porque podrían ocasionar la muerte de los ejemplares.

La apertura de las trampas debe realizarse con sumo cuidado y utilizando siempre guantes de carnaza.

Liberación de Reptiles.

Este grupo es relativamente sencillo de manipular y de liberar, exceptuando las serpientes, las cuales se sugiere que sean manipuladas siempre por un experto. En general, las lagartijas son especies cuyos hábitos son diurnos, por lo que deberán ser liberadas durante el día, nunca en la noche. En su relocalización sólo se deberá desatar el nudo del costal, colocarlo al nivel del suelo y moverlo un poco para que el animal salga solo.

Sitios propuestos para la liberación.

Con respecto a los sitios donde se reubicarán los ejemplares capturados, se dispone de algunas propuestas que se encuentran en evaluación, debiendo considerarse como los factores más importantes en sitio de destino:

- La vegetación;
- Disponibilidad de agua;
- La altitud (sobre el nivel del mar);
- Grado de conservación;
- Seguridad para el ejemplar y las personas.

Dichos factores deberán tener condiciones similares a las del sitio original, evitando en la medida de lo posible, la sobrecarga (tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes sin rebasar su capacidad de recuperación). Otro punto importante para considerar será que los sitios para relocalización no se encuentren muy distantes del sitio de captura, con la intención de evitar largos periodos de confinamiento y disminuir el estrés resultante de la manipulación del ejemplar. A tal fin se utilizarán las zonas aledañas a la “huella” del Proyecto.

Fauna acuática

Para atender la fauna acuática presente en el sistema lagunar, incluyendo peces y reptiles semiacuáticos como cocodrilos, se implementarán técnicas específicas de ahuyentamiento, exclusión y manejo adaptadas a ambientes acuáticos, las cuales complementan las estrategias descritas para fauna terrestre.

Previo al inicio de las actividades de dragado y modificación del hábitat, se realizará una fase de desplazamiento inducido, mediante la generación de estímulos controlados (acústicos y físicos) y la instalación progresiva de barreras de exclusión (por ejemplo, cortinas, redes o mallas), con el objetivo de propiciar la migración natural de organismos hacia zonas adyacentes con condiciones hidrológicas similares (FAO, 2012; US Fish and Wildlife Service, 2019).

En el caso de peces, se priorizará el uso de barreras físicas y exclusión gradual del área de trabajo, evitando en la medida de lo posible su captura directa, favoreciendo su desplazamiento hacia áreas de refugio mediante la modificación progresiva del hábitat (por ejemplo, incremento controlado de turbidez o ruido previo al dragado), siguiendo principios de manejo de fauna acuática en obras hidráulicas (FAO, 2012).

Para especies de mayor tamaño y relevancia ecológica, como los cocodrilos, se implementarán medidas específicas que incluyen:

CONSULTA PÚBLICA

- Delimitación del área de intervención mediante barreras físicas resistentes, que impidan el acceso a zonas de obra;
- Monitoreo previo y durante las actividades, para identificar la presencia de individuos;
- Captura controlada por personal especializado, en caso de detectarse ejemplares dentro del área de riesgo, utilizando técnicas seguras de manejo de fauna silvestre (USFWS, 2019; IUCN/SSC Crocodile Specialist Group, 2010).

La captura, manejo, transporte y liberación de cocodrilos se realizará únicamente por personal capacitado, minimizando el estrés y riesgo tanto para los organismos como para el personal, y asegurando su reubicación en sitios con condiciones ecológicas adecuadas y fuera de zonas de conflicto humano.

Adicionalmente, previo al inicio de las actividades de dragado y modificación del hábitat, se realizará la identificación, rescate y reubicación de fauna bentónica sésil con estatus de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y su modificación al Anexo III (2019), particularmente del gasterópodo *Plicopurpura pansa*, registrado en el canal de entrada de agua y zonas intermareales del área núcleo del proyecto.

Las acciones incluirán recorridos previos de inspección en zonas intermareales y superficies rocosas susceptibles de albergar ejemplares, efectuando su colecta manual y reubicación hacia sitios con condiciones ambientales similares (hidrodinámica, sustrato, salinidad y exposición mareal), buscando garantizar su supervivencia y permanencia ecológica. Estas actividades serán realizadas bajo supervisión de personal especializado en fauna bentónica marina y manejo de especies protegidas, minimizando el daño físico y estrés durante el manejo y transporte de los organismos.

Estas acciones se implementarán de manera previa y simultánea al desarrollo de las actividades del proyecto, como parte de una estrategia preventiva que prioriza el desplazamiento natural sobre la captura, en concordancia con las mejores prácticas internacionales para el manejo de fauna acuática en proyectos de infraestructura.

Monitoreo

Posteriormente a la liberación de los ejemplares rescatados y reubicados, se realizarán monitoreos con énfasis en los grupos de anfibios, reptiles, mamíferos pequeños y medianos de poca movilidad que previamente fueron marcados durante su captura, con el objetivo de determinar la sobrevivencia y con ello el éxito de la reubicación. Para ello, se utilizará el método de captura y recaptura el cual consiste en la captura constante de una parte de la población, por medio de trampas.

Los individuos liberados son identificados por medio del marcaje que se realizó para estimar la supervivencia de estos.

Es importante determinar el número de individuos que se reproducen en el año para estimar la adaptación de la población a su nuevo ambiente. El monitoreo del grupo de reptiles deberá realizarse a los 15 y 30 días después de su reubicación, debido a que mudan de piel y si el marcaje es por escamas desaparecerá rápidamente. El monitoreo de anfibios, de igual manera, deberá realizarse a los 15 y 30 días después de su liberación en el nuevo sitio. El monitoreo de mamíferos pequeños y medianos deberá realizarse a los 30 y 60 días después de su liberación, con el objetivo de abarcar la temporada de reproducción y evaluar su adaptación.

CONSULTA PÚBLICA

VI.8 PROGRAMA DE RESCATE DE FLORA

Introducción

Las afectaciones a superficies con cobertura vegetal derivadas del desarrollo del proyecto modifican la estructura y funcionalidad del hábitat, generando la pérdida de refugio, alimento y condiciones necesarias para la regeneración natural de las especies vegetales.

En este contexto, el Programa de Rescate de Flora se establece como una medida de mitigación orientada a reducir la pérdida de ejemplares vegetales, mediante acciones de colecta, rescate, propagación y reubicación, priorizando especies con valor ecológico, cultural o bajo alguna categoría de protección.

Es importante señalar que este programa no sustituye la función ecológica del hábitat original, por lo que su alcance se limita a la reducción de impactos, en concordancia con el principio de jerarquía de mitigación (evitar, minimizar, restaurar y compensar).

Este programa contribuye al cumplimiento de la legislación ambiental aplicable, particularmente la LGEEPA y la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Antecedentes

Se realizó una caracterización de línea base ambiental, en la cual se identificaron especies vegetales de importancia ecológica y algunas bajo categoría de protección, descritas en el Capítulo IV de la MIA-R.

Objetivos

Objetivo general

Implementar acciones de rescate y propagación de flora silvestre susceptible de afectación, con el fin de reducir la pérdida de ejemplares y favorecer su establecimiento en sitios con condiciones ambientales similares dentro del área de influencia del proyecto.

Objetivos particulares

Colectar germoplasma (semillas y estructuras reproductivas) de especies de importancia ecológica para la selva baja caducifolia, así como de aquellas con valor cultural o económico en la región.

Rescatar plántulas viables de especies nativas presentes en el área de afectación, priorizando aquellas bajo categoría de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III (2019), y de relevancia ecológica.

Establecer protocolos de manejo, almacenamiento y propagación del germoplasma colectado, con el fin de maximizar su viabilidad y potencial de germinación.

Implementar un sistema de resguardo temporal (vivero con permiso pertinente; UMA) para el desarrollo de plántulas rescatadas, bajo condiciones adecuadas de humedad, sustrato y protección.

Generar insumos vegetales (plántulas propagadas) para su uso en acciones futuras de restauración y compensación ambiental asociadas al proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Métodos

Rescate de plántulas

El rescate de plántulas se realizará de manera previa a las actividades de preparación del sitio, mediante recorridos sistemáticos dentro del área de afectación para la identificación y selección de individuos viables, priorizando especies nativas de la selva baja caducifolia, así como aquellas bajo categoría de protección conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación al Anexo III (2019)..

Los individuos seleccionados serán extraídos manualmente, procurando conservar la mayor cantidad posible del sistema radicular y el sustrato adherido (cepellón), con el fin de reducir el estrés hídrico y aumentar su probabilidad de supervivencia.

Posteriormente, las plántulas serán colocadas en contenedores adecuados (bolsas de vivero o recipientes rígidos), utilizando sustratos con características similares a los del sitio de origen. Durante su traslado, se evitará la exposición prolongada al sol y al viento, así como el daño mecánico a tallos y raíces.

A diferencia de los esquemas tradicionales de trasplante directo, las plántulas rescatadas serán trasladadas a un área de resguardo temporal (vivero), donde permanecerán bajo condiciones controladas para favorecer su adaptación y desarrollo.

Colecta de germoplasma

La colecta de germoplasma se enfocará principalmente en semillas y estructuras reproductivas de especies presentes en el área de afectación, priorizando aquellas de importancia ecológica, endémicas o con valor cultural.

La recolección se realizará en función de los periodos fenológicos de las especies, asegurando la obtención de semillas maduras y viables. Se evitará la colecta excesiva en un solo individuo o población, con el fin de no comprometer su regeneración natural.

Posterior a la colecta, el material será:

- Limpiado y clasificado
- Secado en condiciones controladas
- Almacenado en envases adecuados.

El manejo del germoplasma seguirá principios básicos de conservación ex situ, orientados a mantener la viabilidad y el potencial de germinación (Food and Agriculture Organization, 2014; Royal Botanic Gardens Kew, 2015).

Manejo en vivero y propagación

Las plántulas rescatadas y aquellas obtenidas a partir del germoplasma serán manejadas en un vivero, donde se establecerán condiciones controladas de:

Sombra (malla sombra según requerimientos de la especie)

Riego (frecuencia ajustada a la estacionalidad y tipo de sustrato)

Sustrato (mezclas que favorezcan aireación y retención de humedad)

Control fitosanitario

CONSULTA PÚBLICA

El objetivo de esta fase es favorecer el establecimiento, crecimiento y fortalecimiento de los individuos antes de su posible uso en programas de restauración.

El manejo en vivero permitirá incrementar significativamente la tasa de supervivencia en comparación con el trasplante directo, particularmente en ecosistemas como la selva baja caducifolia, donde las condiciones de estrés hídrico son elevadas.

Resguardo y destino final

Los individuos propagados (plántulas desarrolladas) serán destinados a:

- Programas de restauración ecológica asociados al proyecto
- Áreas de compensación ambiental
- Zonas con condiciones ambientales compatibles dentro del área de influencia

La selección de sitios se realizará considerando condiciones de suelo, disponibilidad de humedad, cobertura vegetal y grado de conservación, evitando generar presión adicional sobre los ecosistemas receptores.

Recursos humanos para los programas de Rescate, Reubicación y Monitoreo de Fauna y Rescate de Flora

Se recomienda que el personal que realice las actividades de captura, transporte y liberación de fauna posea entrenamiento previo en estas tareas, de modo de minimizar el riesgo de muerte de los individuos a reubicar durante su manejo.

Por ello se sugiere que un mismo equipo de personas se encargue de dichas actividades. Esto permitirá adquirir la experiencia y las habilidades necesarias para la mejora continua de esta tarea. Con esto se pretenden evitar los riesgos de daño que pueda sufrir tanto la fauna, así como el personal a cargo, dado que, en algunos casos, deberán ser capturados y trasladados animales peligrosos: serpientes y/o mamíferos medianos.

El personal responsable de la aplicación de este plan será contratado directamente por promovente.

Se propone el siguiente personal para la supervisión de las tareas propuestas para las actividades de rescate y reubicación de fauna, cabe mencionar que todos los participantes serán biólogos con nivel de posgrado (doctores o candidatos a doctores), excepto en el caso de los guías de campo:

- Un Coordinador general del programa;
- Dos especialistas por cada brigada de rescate (se recomienda un herpetólogo, un mastozoólogo y un especialista en flora); se proponen cuatro brigadas;

Tres ayudantes generales por brigada.

CONSULTA PÚBLICA

Materiales y equipo

Tabla VI.2 Materiales y equipos necesarios para a ejecución de los trabajos.

Material	Equipo
4 juegos de Cartas topográficas INEGI Esc. 1: 50 000.	4 GPS.
2 Cintas métricas de 50 m (cinta de plástico).	4 Cámaras fotográficas.
50 m de Piola o cordel (2 tramos de 25 m).	2 Camionetas.
3 Libretas de campo.	4 Pinzas herpetológicas.
2 Palas rectas.	10 ganchos herpetológicos.
2 Picos.	20 Trampas modelo “Tomahawk”.
2 Carretilla.	200 Trampas modelos “Sherman”.
10 Cajas de carton.	4 Binoculares.
Claves taxonómicas.	8 Frascos de sueros antiviperinos.
2 Prensas botánicas.	
4 Machetes.	
Cinta de colores.	
100 Bolsas de polietileno negras.	
2 Lotes de papelería (500 hojas, 10 lápices, regla metálica de 30 cm).	

Como equipo de protección personal (EPP) individual:

- Guantes de carnaza;
- Polainas viboreras;
- Botas de hule;
- Impermeable;
- Camisa de manga larga.

CONSULTA PÚBLICA

VI.9. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS

México cuenta con una amplia y estructurada legislación en regulación para el manejo adecuado de los residuos que cumple con los acuerdos internacionales para el manejo de los mismos; la legislación ambiental mexicana considera desde su Genesis la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 4 el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, además de generar responsabilidad para quien provoque el daño o deterioro ambiental, además de considerar los impactos ambientales en la LGEEPA y en materia de residuos sólidos la Ley General para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos establece que corresponde a cualquier generador de residuos asumir las actividades, costos y operaciones que conlleva el manejo integral de los mismos, y en su caso, la reparación del impacto ambiental que generan.

Para lograr un verdadero manejo integral de los residuos, resulta fundamental considerar la responsabilidad compartida entre productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicios de manejo de residuos y las autoridades de los tres órdenes de gobierno. El manejo ambientalmente eficiente de los residuos debe considerar ser tecnológicamente viable y económicamente factible.

De acuerdo con la legislación ambiental mexicana, los residuos se catalogan en tres tipos, cada uno regulado por diferentes autoridades gubernamentales.

1. Residuos sólidos urbanos, que son de competencia municipal.

2. Residuos de manejo especial, que son de competencia estatal.

3. Residuos peligrosos, que son de competencia federal.

En este sentido, la situación de la generación de Residuos Sólidos no debe ser vista como un problema sino como una oportunidad para poder emprender acciones enfocadas a la recuperación de materiales, así como el hecho de lograr una reducción de la cantidad de residuos que son dirigidos al mejor de los casos rellenos sanitaritos.

La generación de los residuos sólidos y su eliminación se ha convertido en un tema importante a nivel global; ya que los residuos que generamos, además de ocasionar un gasto social y económico importante a los gobiernos, tienen un alto costo ambiental derivados del mal manejo.

Gestión de Residuos Sólidos (GIRS)

La Gestión integral de los Residuos Sólidos (GIRS) se refiere al conjunto de elementos relacionados con las acciones legales, administrativas, operativas y técnicas del manejo de un residuo, desde su generación hasta su disposición final y promoviendo su minimización, su valorización y bajo esquemas de responsabilidad compartida; eje opuesto al esquema tradicional de manejo, el cual es disfuncional desde el hecho de considerar como residuos a la totalidad de los residuos generados.

La LGPGIR define los planes de manejo como un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

CONSULTA PÚBLICA

Conceptos básicos en el plan de manejo de residuos sólidos y de manejo especial.

Para los fines que se persiguen en este Plan se entenderán como sigue los conceptos relativos a:

- **Aprovechamiento:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es aumentar el uso de los materiales y productos contenidos en los residuos mediante su reutilización y manufactura. Rediseño, reciclado y recuperación de energía, para evitar que se desechen;
- **Biodegradable:** Propiedad que presentan los materiales, que por su naturaleza orgánica se descomponen por la acción de la humedad, temperatura y microorganismos, dando como resultado elementos que se reintegran al medio ambiente;
- **Centros de Acopio:** Instalaciones acondicionadas para reunir temporalmente. De forma segura y ambientalmente adecuada, los subproductos valorizables recuperados de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, de una o de diferentes fuentes;
- **Centro de Transferencia**: Instalación donde se transportan y concentran de manera temporal los residuos recolectados en los centros de población para la recuperación de materiales valorizables o su traslado a su destino final para ser tratados o confinados;
- **Desechos:** Residuos que económica, técnica o socialmente no son valorizables y son tratados o enviados a sitios de disposición final.
- **Diagnóstico básico:** Estudio metodológico que describe de forma general la situación actual en el manejo de los residuos, considerando la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente identificando deficiencias en alguna de las etapas;
- **Indicador de desempeño:** Parámetro que permite evaluar los resultados en la implementación de las Políticas, Programas, Planes de Manejo y demás medidas previstas en este ordenamiento;
- **Manejo Integral:** Actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, almacenamiento, barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización y bajo esquemas de factibilidad tecnológica, ambiental, económica y social
- **Plan de Manejo:** Instrumento de gestión integral, que contiene el conjunto de acciones, así como los procedimientos para lograr la minimización de la generación de los residuos y la valorización de los subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, económica y social, así como para realizar un manejo integral de los residuos que se generen;
- **Plan de Contingencia Ambiental:** Instrumento de organización de las acciones, personas, servicios y recursos disponibles para la atención previa, durante y después de un desastre que involucre la generación y/o liberación de residuos al ambiente, con base en la evaluación de riesgos, disponibilidad de recursos materiales y humanos, preparación de la comunidad y capacidad de respuesta local e internacional;
- **Poseedor de Residuos:** Persona física o moral que adquiere temporalmente residuos, para aprovecharlos y/o valorizarlos, comercializarlos o depositarlos en un Sitio de Disposición Final autorizado;
- **Residuo:** Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven;

CONSULTA PÚBLICA

- **Residuos Peligrosos:** Aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley por ejemplo aceites lubricantes usados, acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo, convertidores catalítico de vehículos automotores entre otros;
- **Residuos de Manejo Especial:** Aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos;
- **Residuos Sólidos Urbanos:** Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole;
- **Residuos Inorgánicos:** Aquellos constituidos por materiales que no son biodegradables y que pueden ser susceptibles de reutilización o reciclado tales como vidrio, papel, cartón, plástico, laminados de materiales reciclables, aluminio y metales no peligrosos
- **Residuos Orgánicos:** Aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Por ejemplo, los restos de comida, frutas, restos de jardinerías, cáscaras entre otros;
- **Rehabilitación:** Conjunto de métodos que tiene por finalidad prevenir o reducir riesgos a la población humana y a los ecosistemas, así como la recuperación y/o reparación de una actividad o función perdida o disminuida en Rellenos Sanitarios, sitios controlados y no controlados que no satisfacen las especificaciones ambientales ni de salud pública; por medio de la excavación, reubicación y/o procesamiento de los Residuos Sólidos Urbanos o de Manejo Especial depositados;
- **Sitios de Disposición Final:** Lugar donde se depositan los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial en forma definitiva; Sitios controlados: Sitio inadecuado de Disposición Final que cumple con las especificaciones de un Relleno Sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero que no cumple con las especificaciones de impermeabilización;
- **Sitio no controlado:** Sitio inadecuado de Disposición Final que no cumple con los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente;
- **Valorización:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos

Marco legal.

El origen del marco legal en materia ambiental y residuos tiene su origen a partir del artículo 4 de la Constitución Mexicana, donde refiere que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, además de mencionar que el estado se encargara de garantizar el respeto a este derecho, por otra parte, menciona que el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.

Como segundo término se encuentra la Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA) en sus artículos 7 fracción VI transfiere la responsabilidad a los estados para la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como

CONSULTA PÚBLICA

peligrosos de conformidad con lo dispuesto por el artículo 137 de esta misma ley; además en su artículo 8 fracción IV, esta transfiere la responsabilidad a los municipios para la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 137 de esta ley

Además, en su artículo 15 fracción IV integra el principio de corresponsabilidad a quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, estará obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que causen, así como a asumir los costos que dicha afectación implique.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, (LPGIR) decretada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, la cual entró en vigor el 8 de enero de 2004, cuyos principios fundamentales son:

- La prevención de la generación de residuos.
- La valorización.
- La gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
- La prevención de la contaminación de sitios con estos residuos, así como, en su caso, llevar a cabo su remediación.

La ley de residuos sólidos del estado de colima dicta las disposiciones generales para la prevención y minimización de la generación de los residuos sólidos en su título tercero, dando la responsabilidad de la generación de su manejo hasta el momento en que son entregados en el sitio de disposición final a toda persona física y moral en el estado de colima, así mismo, en el artículo 29 fracciones I y II se clasifican los residuos en residuos urbano y Residuos de manejo especial considerados como no peligrosos y sean competencia del Estado, a su vez en el artículo 30 menciona que los residuos sólidos urbanos son los que se refiere en la fracción XXXI del artículo 3 de esta ley, posteriormente en el artículo 31 considera el listado de los residuos de manejo especial siendo los de la fracción V de este los que nos competen al ser los residuos de la demolición, mantenimiento y construcción civil en general; de acuerdo al decreto reformado con fecha de publicación 01 de abril del 2017 en el periódico oficial.

Objetivos

Establecer estrategias de acción para el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para la etapa constructiva del proyecto, con la finalidad de cumplir con la normativa vigente, favoreciendo los principios de prevención, minimización, reúso, reciclaje y eliminación de los residuos.

Objetivos particulares

- Realizar la separación de los residuos generados en los diferentes procesos constructivos del proyecto permitiendo la recuperación de los materiales susceptibles a reciclaje y de esta forma fomentar la valorización de los residuos que se generan, disminuyendo el impacto al ambiente por la disposición de residuos sólidos.
- Eficientar y reducir los costos por el manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se generan durante el desarrollo del proyecto.
- Supervisar la cadena de custodia de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial hasta su disposición final en los sitios autorizados
- Concientizar a todo el personal operativo involucrado en el proyecto en la implementación de medidas de reducción, separación, reciclaje y disposición adecuada de los residuos.

CONSULTA PÚBLICA

- Realizar una separación y manejo independiente de residuos sólidos no peligrosos y residuos peligrosos.
- Valorizar los residuos para apoyar a la fundación.

Metas

Las metas propuestas para el proyecto se contemplan para corto y mediano plazo con la intención de minimizar los impactos ambientales provocados por los RSU y RME generados por la operación del proyecto, a su vez, estas metas ayudarán a disminuir la cantidad de residuos que se envían a los sitios de disposición final, reutilizando y valorizando los mismos.

Tabla VI.3. Metas del Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

Metas plan de manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	
1.- Implementación política de manejo integral de residuos	
Se incorporan políticas y estrategias de manejo integral de residuos al desarrollo del proyecto etapa 3 de la ampliación del muelle CONTECON, Manzanillo fase B	Meta: Implementar el Programa de Manejo Integral de Residuos antes del inicio de la etapa de construcción, asegurando que el 100% del personal operativo conozca y aplique los lineamientos establecidos mediante capacitación inicial y difusión interna.
2.- Revisión de permisos vigentes de prestadores de servicios de recolección y disposición final	
Se dará seguimiento a la vigencia de permisos y autorizaciones de proveedores de servicios de recolección de residuos sólidos urbanos y manejo especial que se encuentren trabajando en el desarrollo del proyecto.	Meta: Verificar semestralmente que el 100% de los prestadores de servicios cuenten con permisos y autorizaciones ambientales vigentes para el manejo, transporte y disposición final de residuos.
3.- Disminución de volumen de residuos	
Todas las botellas de plástico al momento de disponerse en sus contenedores deberán librarse de cualquier resto líquido que contenga y comprimirla de tal forma que se elimine el aire, una vez compactadas las botellas se vuelve a colocar la tapa. Esta forma para ahorrar espacio en las bolsas que cargan y de esta forma poder transportar más residuos reciclables.	Meta: Incrementar en al menos un 50% la recuperación y valorización de residuos PET durante el primer año de implementación del programa, mediante acciones de segregación y compactación.

CONSULTA PÚBLICA

4.- Instalación de depósitos de segregación	
Se instalarán depósitos de segregación de residuos	Meta: Instalar al menos 5 contenedores diferenciados para residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial (RSU, PET, cartón, metal y madera) antes del inicio de la etapa de construcción, manteniéndolos identificados y en condiciones operativas durante toda la vida del proyecto.
5.- Señalización de residuos sólidos urbanos y manejo especial	
Se colocará señalización de segregación de residuos en los depósitos de segregación	Meta: Colocar señalización ambiental en el 100% de las áreas de almacenamiento temporal y puntos de segregación de residuos, conforme a la Guía de Diseño para la Identificación Gráfica del Manejo Integral de los Residuos de la SEMARNAT.
6.-Cuadrilla ambiental para control y segregación de residuos	
Se formará una cuadrilla de personal para el control y segregación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	Meta: Integrar y mantener una cuadrilla ambiental capacitada, conformada por al menos 3 trabajadores responsables del control, supervisión y segregación de residuos durante las etapas de construcción y operación.
7.- Adecuación de área de disposición temporal	
El proyecto contempla la adecuación de un área especializada para la disposición temporal de residuos sólidos urbanos y de manejo especial	Meta: Habilitar un área de almacenamiento temporal antes del inicio de obra, equipada con contenedores diferenciados para residuos no valorizables, PET y residuos valorizables (madera, metal y cartón), así como una tarquina para lavado de residuos de concreto y un área específica para residuos de demolición, asegurando el retiro de residuos de

CONSULTA PÚBLICA

	demolición al menos cada 15 días hacia sitios autorizados.
8.- Bitácora de control	
Se implementará bitácora de control de residuos, donde se registrarán los residuos generados diariamente mediante un formato de control	Meta: Mantener un registro semanal del 100% de los residuos generados, indicando tipo, volumen estimado, manejo y destino final, mediante formatos de control integrados en la bitácora ambiental del proyecto.

Indicadores

Los indicadores anteriormente descritos permitirán evaluar el grado de cumplimiento y efectividad del Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, así como establecer medidas correctivas en caso de detectarse desviaciones durante las diferentes etapas del proyecto (**Tabla VI.4**).

Tabla VI.4. Indicadores del Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial.

Actividad / Acción	Indicador	Unidad	Meta	Frecuencia	Medio de verificación
Implementación del programa de manejo integral de residuos	Personal capacitado en manejo de residuos	% de personal capacitado	100% del personal operativo capacitado previo al inicio de actividades	Inicial y anual	Listas de asistencia, evidencia fotográfica y constancias
Revisión de permisos de prestadores de servicios	Prestadores con permisos vigentes	% de prestadores autorizados	100% de prestadores con permisos vigentes	Semestral	Copias de permisos y autorizaciones
Segregación y recuperación de residuos reciclables	Volumen de PET recuperado	% de recuperación	Incrementar 50% la recuperación de PET en el primer año	Mensual	Bitácora de residuos y comprobantes de reciclaje

CONSULTA PÚBLICA

Instalación de contenedores de segregación	Contenedores instalados	Número de contenedores	Instalar mínimo 5 contenedores diferenciados	Una sola vez y supervisión continua	Evidencia fotográfica y registros de inspección
Señalización ambiental	Áreas señalizadas	% de áreas señalizadas	100% de áreas de segregación señalizadas	Trimestral	Evidencia fotográfica y recorridos de supervisión
Operación de cuadrilla ambiental	Personal asignado	Número de trabajadores	Mantener cuadrilla mínima de 3 personas capacitadas	Permanente	Registros internos y listas de personal
Manejo de residuos de demolición	Retiro de residuos a sitio autorizado	Número de retiros	Retiro cada 15 días o cuando se alcance el 80% de capacidad	Quincenal	Manifiestos y comprobantes de disposición
Funcionamiento de área de almacenamiento temporal	Área operativa y equipada	% de cumplimiento	100% del área habilitada antes del inicio de obra	Inicial y supervisión mensual	Inspecciones y evidencia fotográfica
Control documental de residuos	Registros generados	% de registros elaborados	100% de residuos registrados en bitácora	Semanal	Bitácora ambiental
Disposición adecuada de residuos	Residuos enviados a sitios autorizados	% de residuos dispuestos correctamente	100% de residuos manejados conforme a normatividad	Mensual	Manifiestos y comprobantes de disposición final

CONSULTA PÚBLICA

Residuos de manejo especial identificados

Identificación de residuos de manejo especial reutilizables, Valorizables y aprovechables.

Residuos reutilizables, Valorizables y aprovechables	
No	Descripción
1	Cartón

2	Tambos de metal
3	Recortes de metal
4	Recortes de alambre
5	Madera
6	Flejes
7	PVC

Identificación de residuos de manejo especial no reciclables.

Residuos no reciclables	
No	Descripción
1	Mezcla de concreto
2	Escombro
3	Mortero
4	Mampostería
5	Arcillas con restos orgánicos de suelo

CONSULTA PÚBLICA

Infraestructura para el manejo de los residuos

I.-Etapa de preparación del sitio y construcción

Residuos sólidos urbanos (RSU).

Para la adecuada gestión de los residuos sólidos urbanos generados durante las actividades de preparación del sitio y construcción, se dispondrá de contenedores específicos para su segregación y almacenamiento temporal.

Contenedores de 200 litros

Serán ubicados en puntos estratégicos del proyecto, principalmente en:

- frentes de trabajo,
- áreas de construcción,

- puntos de hidratación,
- zonas de descanso,
- áreas operativas.

Su instalación responde a la necesidad de mantener control y accesibilidad en zonas de alta generación de residuos por parte del personal de obra.

Racks de segregación

Se instalarán racks de segregación en el exterior de las oficinas administrativas y áreas operativas para facilitar la separación de residuos valorizables.

Todos los sistemas de almacenamiento temporal contarán con:

- tapas para evitar ingreso de fauna nociva y agua pluvial,
- señalización conforme a la Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos de la SEMARNAT,
- identificación visible para facilitar la segregación y manejo adecuado.

La distribución de esta infraestructura garantizará cobertura en la totalidad de las áreas operativas y administrativas del proyecto.

Residuos de manejo especial (RME).

Residuos sanitarios

Para el manejo de residuos sanitarios durante las etapas de preparación del sitio y construcción, se contratará el servicio de sanitarios portátiles con proveedores autorizados y que cumplan con la normatividad ambiental aplicable.

Los proveedores serán responsables de:

- arrendamiento de sanitarios móviles,
- limpieza y mantenimiento,
- retiro diario de residuos,
- transporte y disposición final autorizada.

Se garantizará la instalación de al menos un sanitario portátil por cada 18 trabajadores, distribuidos estratégicamente en los diferentes frentes de trabajo, evitando el fecalismo al aire libre y riesgos de contaminación al suelo y cuerpos de agua.

Residuos provenientes de construcción

Para la segregación y almacenamiento temporal de residuos provenientes de construcción y demolición (madera, acero, concreto y otros materiales), se habilitarán áreas especializadas dentro del polígono del proyecto, alejadas de cuerpos de agua, zonas inundables y áreas ambientalmente sensibles.

CONSULTA PÚBLICA

Estas áreas contarán con tres secciones de aproximadamente 49 m² cada una para el almacenamiento temporal y segregación de residuos de manejo especial que, por su volumen o características, no puedan almacenarse en tambos o contenedores convencionales.

Manejo de concreto residual

Para el manejo del concreto excedente proveniente del colado de estructuras, pilotes y lavado de bombas de concreto, se habilitará una tarquina con capacidad aproximada de 40 m³ para la disposición temporal y sedimentación de residuos.

La tarquina contará con medidas de confinamiento e impermeabilización para evitar infiltraciones, escurrimientos y afectaciones al suelo o cuerpos lagunares.

La limpieza y retiro de residuos se realizará hasta dos veces por semana, dependiendo del volumen generado, enviándose posteriormente a sitios autorizados para su disposición o aprovechamiento.

II.-Etapa de operación.

Durante la etapa de operación y mantenimiento se generarán residuos sólidos urbanos derivados de actividades administrativas, sanitarias y de mantenimiento, así como residuos asociados a la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Residuos asociados a la PTAR

La operación de la PTAR generará:

- lodos residuales,
- sólidos retenidos,
- grasas y aceites,
- residuos derivados del mantenimiento de equipos e infraestructura.

Estos residuos serán almacenados temporalmente en áreas acondicionadas, impermeabilizadas y señalizadas dentro del proyecto, evitando fugas, derrames o infiltraciones al suelo y cuerpos de agua.

El retiro, transporte y disposición final de estos residuos será realizado por empresas autorizadas conforme a la normatividad ambiental aplicable.

Asimismo, la PTAR contará con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para minimizar riesgos de fallas operativas, derrames o descargas fuera de especificación.

Estrategia de minimización o aprovechamiento.

La estrategia general de trabajo se divide en tres etapas, en cada etapa se fijarán indicadores y valores a verificar, como se describe a continuación:

1. Fortalecimiento de la infraestructura física para el manejo de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y residuos peligrosos.

CONSULTA PÚBLICA

2. Generación de información y evaluación de resultados.

3. Fortalecimiento de la conciencia ambiental.

El fortalecimiento de la infraestructura física para el manejo de los residuos se refiere al mejoramiento del equipamiento actual del proyecto para el manejo responsable de los residuos. Incluye todas las etapas del manejo. Desde la adquisición de los productos, su ciclo de manejo y como los mismos va conformándose en residuos. Se incluye la infraestructura para disposición, separación, almacenamiento, transporte y disposición final.

La generación de información y evaluación de resultados se refiere al registro puntual de la generación de residuos, teniendo el soporte de bitácoras en las áreas de separación, así como el soporte electrónico de la información generada. Información que debe estar siempre actualizada y ser consultada para la toma de decisiones.

El fortalecimiento de la conciencia ambiental aplica a todos los niveles de personal que se encuentra ejecutando la obra y dirigiendo la obra, es decir debe buscar el accionamiento consiente del manejo de los residuos en el reconocimiento de que la actividad reduce los impactos ambientales de la actividad turística en el ambiente. Así mismo permite reducción de costos por disposición. Incluye la implementación de políticas de reducción de consumo, adquisición de productos que generen menor cantidad de residuos, incluyendo la contratación de personal específicamente para las áreas de manejo de residuos y no considerar la actividad como una más sin brindarle la importancia necesaria.

Consideraciones adicionales que se tomarán en cuenta para la correcta separación y manejo de los residuos:

Todas las bolsas para acopio temporal y/o manejo de los residuos deben tener el tamaño adecuado (jumbo) de acuerdo con el depósito donde se colocarán para evitar desperdicios en el uso de bolsas plásticas.

Se deberá mantener operativa una báscula de pesaje digital y siempre deberá estar disponible para realizar el pesaje de los residuos previo a la disposición de estos por las empresas autorizadas, el pesaje deberá realizarse de los residuos sólidos provenientes de los contenedores instalados para los trabajadores, esta actividad deberá hacerse diariamente para llevar un control de datos semanalmente.

- Se incorporará un formato para el registro de residuo, peso y volumen generado
- Los residuos de la construcción deberán cuantificarse volumétricamente.
- Se consideran residuos NO RECICLABLES:
- Emplaye y bolsas de plástico contaminados por alimentos.
- Papel o cartón mojado o contaminado por alimentos.
- Vasos desechables de unicel o plástico.
- Residuos de la construcción.

CONSULTA PÚBLICA

VI. 10. PROTOCOLO PARA ATENCIÓN A CONTINGENCIAS AMBIENTALES POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS

Procedimiento de manejo de residuos peligrosos

Descripción del procedimiento.

1. Existe una generación constante de residuos peligrosos en las diferentes áreas de trabajo.
2. Los generadores se encargarán de retirar los residuos, segregándolos de acuerdo con sus características y depositándolos en los contenedores ubicados en sus áreas de trabajo; las características deberán coincidir con las establecidas en la tabla 2 del registro de generadores de residuos peligrosos SEMARNAT-07-017.
3. Los generadores informarán al encargado de almacén de residuos peligrosos dependiente de la supervisión ambiental.
4. Se trasladan los residuos al almacén temporal de residuos peligrosos, entregándolos separados de acuerdo con las características mencionadas en el punto 2.
5. Al ingresarlos al almacén, se deberá registrar en etiqueta: Nombre del residuo, área generadora, fecha de ingreso al almacén, código CRETIB, peso o cantidad y grupo reactivo.
6. Posterior al llenado de la etiqueta se registrarán los siguientes datos en la bitácora de residuos peligrosos: Nombre del residuo, cantidad generada, características de peligrosidad (código de peligrosidad de los residuos), área o proceso de generación, fecha de entrada, fecha de salida, fase de manejo siguiente a la salida del almacén, prestador de servicio.
7. Los residuos serán colocados en las áreas designadas para cada generador dentro del almacén.
8. Cuando las áreas de almacenamiento o los depósitos se encuentren a un 85% del límite de su capacidad, las subcontratistas solicitarán el retiro de los residuos peligrosos a la empresa encargada de dar el servicio para la disposición final.

Para la respuesta y actuación inmediata ante eventos que puedan ocurrir en el desarrollo de actividades constructivas que involucren maquinaria y vehículos terrestres y marítimos, ya sea en mar o tierra por derrame de cualquier hidrocarburo, se establecen los siguientes pasos de atención para el control, contención:

1.- Protocolo de atención a derrame de hidrocarburos en embarcaciones

La unidad dispondrá de tantas bandejas de contención como requieran los dispositivos que puedan ser fuente de derrames durante las tareas de hinca de pilotes, además de dos kits de derrames marinos, con capacidad suficiente para contener y absorber derrames de aceite.

El kit antiderrame marino que se ubica en el arco naval (deseablemente cerca del motor hidráulico, de la central eléctrica).

En caso de un posible derrame de hidrocarburos, se procede a detener las operaciones, siendo el primer método de contención para evitar que caiga al mar.

En caso de que el vertido supere la capacidad de contención y el vertido se extienda al mar, se utilizará el kit marino anti-vertido, desplegando la salchicha de absorción con la ayuda del buque que contiene el material en el mar.

Una vez contenido el material en el mar, se recupera con las almohadillas de absorción y musgo natural biodegradable proporcionado en el kit.

CONSULTA PÚBLICA

El residuo del evento será retirado y asegurado dentro del flexifloat para su posterior traslado a tierra, donde será clasificado y almacenado para su disposición final.

2.- Protocolo de atención a derrame de hidrocarburos en tierra

La maquinaria dispondrá de un kit antiderrame y una charola de contención que le permita contener y absorber los posibles derrames de hidrocarburos que se pudieran generar durante la operación.

El kit antiderrame podrá ser en mochila o en cubeta y estará a bordo de cada maquinaria en operación.

En caso de un posible derrame de hidrocarburos, se procede a detener las operaciones, siendo el primer método de contención para evitar que caiga al mar.

En caso de que el vertido supere la capacidad de contención y el vertido se extienda al suelo, se utilizarán charolas de contención y nylon para evitar la contaminación directa al suelo., además, se usarán trapos industriales, salchichas y paños absorbentes, además de musgos absorbentes para recuperar la mayor cantidad de hidrocarburo.

Una vez contenido el derrame se recuperarán los residuos, colocándolos en cubetas o bolsas de plástico, mismas que serán llevadas directamente a los almacenes temporales de residuos peligrosos

El residuo será manejado de acuerdo con el procedimiento de manejo de residuos peligrosos.

VI. 11. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL DEL PERSONAL

El Programa de Capacitación y Educación ambiental del personal se centra en el cumplimiento de leyes, normas, reglamentos, estándares, códigos, especificaciones, políticas y procedimientos nacionales relacionados con la protección del medio ambiente durante la ejecución del proyecto.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar, comunicar, implementar y mantener un plan eficaz de formación y sensibilización ambiental, estableciendo el compromiso con la protección del medio ambiente, la eficiencia y la sostenibilidad en todas las fases del proyecto.

Objetivos particulares

1. Garantizar que las actividades del proyecto cumplan con las medidas establecidas en la MIA-R, mediante controles internos, capacitación del personal y seguimiento documental.
2. Asegurar la observancia de la normatividad ambiental vigente y de los términos de autorización emitidos por SEMARNAT y otras autoridades, mediante formación continua, auditorías internas y reportes de verificación.
3. Desarrollar competencias técnicas y operativas en mandos intermedios, técnicos y personal de obra para prevenir, mitigar y atender impactos ambientales.
4. Promover la sensibilización del personal y contratistas sobre la importancia de la conservación de los ecosistemas locales y el cumplimiento de las buenas prácticas ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

Formación interna

El programa está enfocado principalmente a mandos intermedios, técnicos y operativos e incluye módulos de formación específicos en materia de ecología y medio ambiente (cursos y jornadas técnicas medioambientales sobre infraestructuras: edificación, puertos, viaductos, túneles).

A nivel de proyecto existe un procedimiento de formación que define los criterios y sistemas para detectar las necesidades de formación, llevarla a cabo, tanto internamente como externamente, y evaluarla para asegurar que las competencias son adecuadas al puesto y realmente adquiridas por el personal. Este Procedimiento incluye la planificación, desarrollo y evaluación de las actividades formativas.

Tras las sesiones realizadas, el personal formado lleva a cabo una evaluación del curso, la eficacia de la formación para cada participante se evalúa a través de conversaciones anuales de desarrollo, donde cada empleado expresa las habilidades adquiridas, la aplicabilidad a sus tareas, los resultados, y todo ello es evaluado por su supervisor inmediato.

Formación *in situ*

Antes del inicio de los trabajos, se determinan las necesidades de formación del equipo de la obra, con el fin de garantizar la competencia y capacidad del personal para realizar los trabajos.

Este plan incluirá tanto al personal propio como al subcontratado. Esta formación debe ser suficiente y adecuada a las características, funciones y riesgos de la obra, incluyendo contenidos prácticos cuando así se establezca. La formación debe ser coherente y centrarse en el cumplimiento legal básico, la mitigación de riesgos y los aspectos medioambientales identificados de antemano para cada proyecto.

Se prestará especial atención a la formación inicial previa a la entrada en la obra cuando se contrate a nuevo personal, los participantes reciben información, formación y materiales relacionados con la ecología y la gestión medioambiental.

El contenido principal de estas sesiones tendrá la siguiente información:

- Política de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente
- Aspectos medioambientales inherentes a las actividades de construcción.
- Características ambientales de la zona del proyecto.
- Concepto de conservación del patrimonio medioambiental.
- Normativa ambiental, forma de cumplimiento relacionada con emisiones atmosféricas, residuos y efluentes.
- Descripción de los canales de comunicación e información.
- Forma de responder a emergencias, contingencias y catástrofes.
- Impactos ambientales causados por las obras: emisión de polvo, partículas, gases o ruido, contaminación de aguas o suelos, producción y gestión de todo tipo de residuos, y otros impactos ambientales específicos causados por las actividades.
- Medidas de prevención y corrección de impactos, medidas de control.
- Normativa ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

- Instalaciones higiénico-sanitarias.
- Señalización. FDS y simbología CRETIB. Residuos peligrosos.
- Especies protegidas regionales. Rescate y monitoreo de flora - Rescate o avistamiento de fauna silvestre.

Posteriormente, según se considere necesario, se brindará capacitación continua durante el desarrollo del proyecto a todos los trabajadores. La formación se realizará mediante charlas, folletos informativos y paneles informativos. En el programa se detallará el calendario de charlas a impartir.

Se contará con un formato de asistencia del personal que asiste a las reuniones que sirve de referencia y da las pautas para llevar a cabo estas reuniones de formación. Este documento está disponible en la oficina de obra. Además, se entrega a los trabajadores un instructivo relacionado con las Buenas Prácticas Ambientales que describe las principales acciones de protección ambiental y un tríptico con las principales menciones ambientales.

La formación técnica que se impartirá en el proyecto será una vez al año para personal táctico e intermedio, el curso tendrá una duración de dieciséis horas y será impartido por personal especializado.

Este programa de educación ambiental proporciona una visión completa de la normatividad ambiental, asi como las medidas de mitigación y compensación propuestas en esta MIA, así como las integradas en los resolutivos del proyecto.

Muchos proyectos presentan un peligro potencial para el público y/o el medio ambiente. Este curso cubre el conocimiento y la implementación del cumplimiento ambiental para mantener un lugar de trabajo seguro para todas las partes potencialmente afectadas.

Este curso proporciona un conocimiento profundo de las siguientes políticas y procedimientos vitales:

- El aire limpio.
- El agua limpia.
- El ruido y las vibraciones.
- Contaminación, erosión y sedimentación.
- Residuos peligrosos.
- Impacto ambiental.
- Aspectos medioambientales significativos.
- Medidas de control medioambiental.
- Prevención, control y contramedidas de vertidos.
- Planificación de emergencias y derecho a la información de la comunidad.
- Planificación y expectativas de cumplimiento medioambiental.

CONSULTA PÚBLICA

El personal operativo recibirá formación una vez al año y la duración del curso será de ocho horas efectivas. El curso se basará en la identificación de los aspectos ambientales significativos y la determinación de las medidas de control aplicables a las actividades de trabajo.

Pláticas sobre herramientas medioambientales.

La formación continua es esencial para reducir los incidentes e impactos que puedan afectar al medio ambiente en las obras y sus alrededores. Esta serie de charlas forma parte de los esfuerzos continuos de "EL CONTRATISTA" por concienciar sobre cuestiones medioambientales y de sostenibilidad.

Para ello, se ha definido un tema mensual, que representará un tema por semana relacionado con el tema del mes seleccionado.

- **Periodicidad:** Tres (3) charlas de herramientas por semana, y una actualización global los sábados.
- **Tiempo**: Diez minutos.
- **Registro**: Lista de asistencia.
- **Pruebas:** Fotos de las cuatro charlas. Informe mensual de progreso.

VI. 12. CONCLUSIONES

• Las medidas propuestas se estructuran bajo un enfoque sistémico y de manejo adaptativo, lo que permite no solo reducir la magnitud e intensidad de los impactos adversos, sino también atender los efectos derivados de la superposición de presiones ambientales, especialmente en componentes críticos como la calidad del agua, la dinámica hidro sedimentaria y la biodiversidad del sistema lagunar.

• En los componentes abióticos (suelo y agua), la implementación de medidas enfocadas en el control de dragado, manejo de sedimentos, protección de escurrimientos y tratamiento de descargas permite reducir significativamente la alteración de la calidad físico-química y la dinámica hidrológica del sistema. En conjunto, estas acciones favorecen la estabilidad de los procesos edáficos e hidrodinámicos, limitando la extensión e intensidad de los impactos adversos.

• El componente biótico (flora y fauna), las medidas de rescate de germoplasma, protección de hábitats, restauración ecológica y manejo de especies en riesgo contribuyen a mitigar la pérdida de biodiversidad y a mantener la funcionalidad ecológica del sistema. Asimismo, el enfoque preventivo y de conservación favorece la recuperación de comunidades biológicas y reduce la afectación a especies protegidas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la modificación a su Anexo III (2019).

• En el componente paisaje, la aplicación de medidas relacionadas con el control de iluminación, integración visual de la infraestructura y delimitación de zonas de conservación permite disminuir la fragmentación visual y la alteración de la calidad escénica y procesos ecológicos. Estas acciones contribuyen a mantener la identidad del entorno costero y a reducir los efectos derivados de la urbanización e industrialización del área.

• Las medidas propuestas para el medio socioeconómico, permiten potenciar los beneficios asociados al proyecto, particularmente en términos de generación de empleo, fortalecimiento de cadenas productivas y dinamización económica regional, al tiempo que incorporan acciones para prevenir o mitigar efectos adversos como la pérdida de actividades tradicionales y el incremento en la demanda de servicios.

CONSULTA PÚBLICA

- Se concluye que, si bien persisten impactos de carácter residual inherentes a la naturaleza del proyecto, estos pueden ser compensados o controlados mediante acciones de restauración ecológica, conservación y fortalecimiento de servicios ambientales, incluyendo la protección de hábitats estratégicos y la implementación de esquemas como Áreas Voluntarias Destinadas a la Conservación, una categoría al interior de las Áreas Naturales Protegidas, administradas por la CONANP.

- Respecto a los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, se concluye que la aplicación conjunta y coordinada de las medidas propuestas permite disminuir la presión ambiental generada por la interacción del proyecto con otras actividades en el SAR. No obstante, se reconoce la persistencia de efectos residuales, cuya gestión requiere de un enfoque de monitoreo continuo, manejo adaptativo y fortalecimiento de esquemas de conservación a escala regional.

- La articulación de las medidas a través de programas ambientales integrales, coordinados por el Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), fortalece la capacidad operativa del proyecto para asegurar la correcta ejecución, monitoreo y evaluación de las acciones propuestas, garantizando su eficacia en el mediano y largo plazo.

- En este sentido, la aplicación efectiva de la matriz de medidas, en conjunto con el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y la adopción de mejores prácticas en gestión portuaria sostenible, permite concluir que el proyecto es ambientalmente viable, siempre que se mantenga un esquema de seguimiento continuo y mejora adaptativa frente a las dinámicas del sistema lagunar de la Laguna de Cuyutlán.

VI.12. BIBLIOGRAFÍA

1.-Food and Agriculture Organization. (2012). Guidelines for the management of aquatic ecosystems and fisheries. FAO.

US Fish and Wildlife Service. (2019). Wildlife handling and transport guidelines. U.S. Department of the Interior.

2.- Royal Botanic Gardens Kew. (2015). *Seed conservation standards for seed banks*. Royal Botanic Gardens, Kew. https://www.kew.org/science/collections-and-resources/data-and-digital/seed-information-database

3.- IUCN Crocodile Specialist Group. (2010). Guidelines for the management of wild crocodilian populations. International Union for Conservation of Nature.

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO VII

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

SEMAR

SECRETARÍA DE MARINA

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE GENERAL

PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS i

capítulo vii pronósticos ambientales y en su caso, evaluación de alternativas. 1

VII.1 descripción Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO (e_0) 1

VII.1.1 MEDIO FÍSICO ABIÓTICO 2

VII.1.1.1 Clima 8

VII.1.1.2 Fisiografía 17

VII.1.1.3 Geología 19

VII.1.1.4 Edafología 21

VII.1.1.5 Hidrología 22

VII.1.1.6 Medio Físico Marino 25

VII.1.1.7 Calidad del agua 31

VII.1.1.8 Calidad de los sedimentos 34

VII.1.1.9 Escenarios de riesgos abióticos 40

VII.1.1.10 Análisis de tendencias y síntesis de vulnerabilidad del escenario sin proyecto (E0) 150

VII.1.2 MEDIO FÍSICO BIÓTICO 154

VII.1.2.1 Vegetación y uso de suelo 154

VII.1.2.2 Fauna 158

Fitoplancton. 160

VII.1.2.3 Escenarios de riesgo bióticos 164

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.3 PAISAJE 165

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO (E_1) 170

VII.2.1 MEDIO FÍSICO 170

VII.2.1.1 Hidrodinámica 172

VII.2.1.2 Escenarios de riesgos abióticos 177

VII.2.2 SISTEMA LAGUNAR 205

VII.2.3 HIDRODINÁMICA COSTERA 205

VII.2.4 MEDIO BIÓTICO 206

VII.2.4.1 Vegetación y uso de suelo 206

VII.2.4.2 Fauna 206

VII.2.4.3 Escenarios de riesgo bióticos 206

VII.2.5 MEDIO PERCEPTUAL 208

VII.2.6 MEDIO SOCIOECONÓMICO 209

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN (E_2). 212

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL 215

VII.4.1 Calidad del agua 215

VII.4.2 Hidrodinámica y sedimentos 216

VII.4.3 Biodiversidad (flora, fauna, manglar) 216

VII.4.4 Paisaje 217

VII.4.5 Riesgos abióticos y NATECH 217

VII.4.6 Medio socioeconómico 217

VII.4.7 Síntesis comparativa de escenarios 218

CONSULTA PÚBLICA

VII.4.8 Pronóstico 219

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 221

VII.5.1 Fundamentación metodológica y vinculación con impactos identificados 221

VII.5.2 Alternativas técnicas (rediseño para la ampliación portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán) 232

Alternativa 0 (A_0) 232

Alternativa 1 (A_1) 239

Alternativa Técnica 2 (A_{T2}) 241

Alternativa técnica 3 (A_{T3}) 242

VII.5.3 Alternativas de sitio 267

VII.5.4 Selección y evaluación de criterios 274

VII. 5.5 Conclusión de la evaluación de alternativas 295

REFERENCIAS 298

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VII.1. Tipos de climas y sus características dentro del SAR. 8

Tabla VII. 2. Tiempo de arribo de agua de mar, inicio del proceso de mezcla e intercambio total de agua en la Laguna de Cuyutlán en época de estiaje. 29

Tabla VII. 3. Presencia de Corrosividad y Toxicidad durante el periodo de diciembre 2025 a febrero de 2026 en las estaciones de monitoreo. 36

Tabla VII. 4. Sismos ocurridos en la zona occidental de México durante el periodo 1900-2025. 45

Tabla VII. 5. Escala de grados de tsunami según Inamura y Lida transcrita por Wiegel. 58

Tabla VII. 6. Datos y fuentes de información. 61

Tabla VII. 7. Clases de índice de susceptibilidad. 63

Tabla VII. 8. Clasificación de la erosión según la pérdida de suelo. 66

Tabla VII. 9. Ciclones tropicales que afectaron el estado de Colima durante el periodo 2000- 2025. 74

Tabla VII. 10. Marea de tormenta según el tipo de fenómeno. Datos CENAPRED, 2019. 85

Tabla VII. 11. Temperatura máxima en el área del proyecto para diferentes periodos de retorno. Fuente APREC, 2015. 87

Tabla VII. 12. Niveles de severidad de temperatura máximas. Fuente ARM,2024. 89

Tabla VII. 13 Riesgo por fenómenos naturales en el SAR del proyecto 106

Tabla VII. 14. Riesgo por fenómenos químicos en el SAR del proyecto 107

Tabla VII. 15. Riesgo por cambio climático en el SAR del proyecto. 107

Tabla VII. 16. Descripción de Desastres Naturales. Fuente: EM-DAT 2025. 112

Tabla VII. 17. Descripción de Desastres Tecnológicos. Fuente: EM-DAT 2025. 115

Tabla VII. 18. Clasificación de amenazas que desencadenan eventos NATECH. Adaptado de: (Cruz & Suarez-Paba, 2019) 116

Tabla VII. 19. Descripción de Probabilidades para evaluación de riesgos. Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. 121

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 20. Descripción de Impacto para evaluación de riesgos. Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. 122

Tabla VII. 21. Descripción de Colores de Impacto para evaluación de riesgos. Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. 122

Tabla VII. 22. Descripción de Valores Impacto/Probabilidad para evaluación de riesgos. Fuente: Gestión integral del riesgo de desastres, 2026, Centro Nacional de prevención de Desastres. 122

Tabla VII. 23. Descripción de valores y colores para evaluación de riesgos. 123

Tabla VII. 24. Descripción de riesgo de la clasificación de los desastres desencadenados por causas de origen natural y tecnológico. 124

Tabla VII. 25. Descripción de riesgo de los tipos de fenómenos desencadenados por causas de origen natural y tecnológicos 125

Tabla VII. 26. Descripción de valores y descripción por ocurrencia del evento. Fuente: Guía metodológica de (PNUMA-DTIE, 2003) 131

Tabla VII. 27. Descripción de valores y probabilidad por ocurrencia del evento. Fuente: Guía metodológica de (PNUMA-DTIE, 2003). 132

Tabla VII. 28. Descripción de valores de probabilidad, frecuencia en años, riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales. 132

Tabla VII. 29. Descripción de valores de probabilidad, frecuencia en términos cualitativos, riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales. 135

Tabla VII. 30. Nueva descripción de Colores de Impacto para evaluación de riesgos NATECH. 138

Tabla VII. 31. Nueva Descripción de valores y colores para evaluación de riesgos. 138

Tabla VII. 32. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad en años, frecuencia y riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales. 139

Tabla VII. 33. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad en términos cualitativos, frecuencia y riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales. 139

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 34. Escala de descripción de daños ambientales en términos de sociedad. 140

Tabla VII. 35. Descripción de valores de probabilidad en años, frecuencia y riesgo para la clasificación de desastres naturales 141

Tabla VII. 36. Descripción de valores de probabilidad con valores cualitativos, frecuencia y riesgo para la clasificación de desastres naturales 143

Tabla VII. 37. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad en años de la clasificación de desastres naturales y tecnológicos. 147

Tabla VII. 38. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad con valores cualitativos de la clasificación de desastres naturales y tecnológicos 147

Tabla VII. 39. Clasificación de los componentes del SAR según su nivel de vulnerabilidad en el escenario sin proyecto (E0). 152

Tabla VII. 40. Distribución del uso suelo y vegetación 154

Tabla VII. 41. Riqueza y abundancia de la selva baja caducifolia del SAR 155

Tabla VII. 42. Riqueza y abundancia de la selva mediana caducifolia del SAR 155

Tabla VII. 43. Superficie del manglar por sitio 156

Tabla VII. 44. Número de individuos por tipo de Mangle 156

Tabla VII. 45. Distribución por categoría diamétrica y numero de arboles 156

Tabla VII. 46. Riqueza y abundancia bosque de encino del SAR 157

Tabla VII. 47. Riqueza y abundancia de vegetación de dunas costeras del SAR. 157

Tabla VII. 48. Estatus de las especies y su clasificación 158

Tabla VII. 49. Registros de especies encontrados en el SNIB con ocurrencia en Colima incluyendo su estado de conservación 158

Tabla VII. 50. Especies registradas en campo dentro del área de estudio y su estado de conservación. 159

Tabla VII. 51. Número de individuos registrados (cocodrilos) en cada vaso y la tasa de encuentro (TE) registrada. 160

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 52. Riesgo por fauna en el SAR. 164
Tabla VII. 53. Sismos ocurridos a distancias menores a 10 km del sitio con proyecto 179
Tabla VII. 54. Riesgo por fenómenos naturales con proyecto. 192
Tabla VII. 55. Riesgo por cambio climático en el área del proyecto. 202
Tabla VII. 56. Riesgo por fauna en el área del proyecto. 207
Tabla VII. 57. Síntesis comparativa de escenarios. 218
Tabla VII. 58. Características de las alternativas para cada criterio de comparación. 244
Tabla VII. 59. Escala de valoración de criterios 253
Tabla VII. 60. Matriz de compatibilidad ambiental (MCA) para alternativas del proyecto. 257
Tabla VII. 61. Matriz ponderada de la compatibilidad ambiental 258
Tabla VII. 62. Matriz de evaluación multidimensional (CMD). 260
Tabla VII. 63. Compatibilidad ambiental en escala numérica adimensional. 267
Tabla VII. 64 Características de alternativas de sitio por criterios (criterios obtenidos con sistema geoespacial están marcados con (SG). 276
Tabla VII. 65. Matriz ponderada de la compatibilidad ambiental para evaluación de alternativas de sitio 287
Tabla VII. 66. Matriz de evaluación multidimensional para alternativas de sitio. 288
Tabla VII. 67. Resultado de evaluación de alternativas 289

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura VII. 1. SAR en 1986 (Imagen de Google Earth de diciembre de 1986. 3

Figura VII.2. SAR en 1986 con acercamiento a puntos de interés. (Imagen de Google Earth de diciembre de 1986). 4

Figura VII. 3. SAR en 2006 (Imagen de Google Earth de diciembre de 2006) 5

Figura VII. 4. SAR en 2006 (Imagen de Google Earth de diciembre de 2006) 6

Figura VII. 5. Mancha urbana y red Carretera 2012-2024 7

Figura VII. 6. Tipos de Climas dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 9

Figura VII. 7. Proyecciones de la Clasificación climática de Köppen-Geiger para los periodos 2041-2070 (a), 2071-2099 (b) según el escenario SSP2-8.5 del CMIP6 y para el periodo 1902-2011 del INEGI (c). Elaboración propia con datos de Beck *et al*. (2023) y datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 10

Figura VII. 8. Temperatura media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 11

Figura VII. 9. Temperatura mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 12

Figura VII. 10. Temperatura máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011 13

Figura VII. 11. Precipitación media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 14

Figura VII. 12. Precipitación mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 15

Figura VII. 13. Precipitación máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011 16

Figura VII. 14. Fisiografía del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO). 18

Figura VII. 15. Geología del SAR. Fuente INEGI 2026. 20

Figura VII. 16. Litología en el área del proyecto. Fuente SGM. 21

Figura VII. 17. Permeabilidad del suelo en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI). 22

Figura VII. 18. Cauces, microcuencas y acuíferos en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO). 25

Figura VII. 19. Análisis de riesgos. 41

Figura VII. 20. Regionalización Sísmica (Mapa elaborados con datos de CFE 2015). 43

CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 21. Marco Tectónico del Occidente de México (Catálogo de sismos del SSN). 44

Figura VII. 22. Sismo del 09 de octubre de 1995. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015) 47

Figura VII. 23. Sismo del 21 de enero del 2003 (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 48

Figura VII. 24.Mapa de aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 100 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 49

Figura VII. 25. Mapa de aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 500 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 50

Figura VII. 26. Mapa de zonificación de peligro sísmico según la intensidad máxima esperada para un sismo con Ms= 8.0, Escala MM. (Elaboración propia con datos con datos del APREC, 2015) 51

Figura VII. 27. Volcanes activos de México, CVT: Cinturón Mexicano Volcánico (Trans-Mexican Volcanic Belt). 53

Figura VII. 28. Caída de Tefra 1 kg/m^2 Erupción Subpliniana (Tipo 1913) (OES) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015. 54

Figura VII. 29. Erupción Pliniana (1913 ERS) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015. 55

Figura VII. 30. Cota máxima de inundación por Tsunami en el SAR. 59

Figura VII. 31. Susceptibilidad a deslizamientos en el SAR. 64

Figura VII. 32. Erodabilidad del suelo en el SAR. Fuente APREC, 2015. 65

Figura VII. 33. Erosión del suelo anual en el SAR. Fuente APREC, 2015. 67

Figura VII. 34. Radios de riesgo por explosión en ductos. Fuente ARM, 2024. 68

Figura VII. 35. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto. Fuente APREC, 2015. 69

Figura VII. 36. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS. Fuente ARM, 2024. 71

Figura VII. 37. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas. Fuente ARM, 2024. 72

Figura VII. 38. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025. 73

Figura VII. 39. Periodo de retorno de Depresión Tropical. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 77

Figura VII. 40. Periodo de retorno de Tormenta Tropical (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 78

CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 41. Periodo de retorno de Huracán Categoría 1. 79

Figura VII. 42. Periodo de retorno de Huracán Categoría 2. 80

Figura VII. 43. Periodo de retorno de Huracán Categoría 3. 81

Figura VII. 44. Periodo de retorno de Huracán Categoría 4. 82

Figura VII. 45. Periodo de retorno de Huracán Categoría 5. 83

Figura VII. 46. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025. 84

Figura VII. 47. Inundación por marea de tormenta. Elaboración propia con datos del ANR (2026). 86

Figura VII. 48. Temperatura máxima para un periodo de retorno de 50 años en el SAR. Fuente APREC, 2015 87

Figura VII. 49. Peligro por ondas cálidas. Fuente ARM, 2024. 89

Figura VII. 50. Descargas eléctricas mayo-noviembre, nube a tierra. Periodo 2010-2024. Elaboración propia con datos de Kaplan, JO (2025). 91

Figura VII. 51. Riesgo de muertes por rayo en el SAR. Elaboración propia con datos de Jaramillo A., Domínguez C. (2024) .92

Figura VII. 52. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 94

Figura VII. 53. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 95

Figura VII. 54. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 96

Figura VII. 55. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 97

Figura VII. 56. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 98

Figura VII. 57. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 100

CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 58. Anomalía por emisiones antropogénicas de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 102

Figura VII. 59. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 103

Figura VII. 60. Población por municipio de 1990 a 2040. 104

Figura VII. 61. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 105

Figura VII. 62. Clasificación, subgrupos y tipos de peligros Naturales descrita por IRDR. Fuente: EM-DAT 2025. 110

Figura VII. 63. Gestión del riesgo NATECH, fundamentada en la ISO 31000:2018. Adaptado de: (Necci & Krausmann, 2022) 111

Figura VII. 64. Dinámica accidental de los eventos NATECH. (Suarez & Niño, 2024) 117

Figura VII. 65. Elementos fundamentales para considerar en el marco de gestión del riesgo NATECH: Adaptado del Marco NATECH RateME (Suarez-Paba & Cruz, 2022) 118

Figura VII. 66. Eventos NATECH (Silva, 2024) 119

Figura VII. 67. Riesgo NATECH en el SAR. 149

Figura VII. 68. Visibilidad del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI). 168

Figura VII. 69. Fragilidad Visual Intrínsica en el SAR. (Elaboración propia con datos de INEGI y CONABIO). 169

Figura VII. 70. Aceleración máxima en roca en el área proyecto (Mapa elaborado con datos de PRODISIS de CFE, 2025). 177

Figura VII. 71. Sismos ocurridos en el área del proyecto a menos de 10 km con (Magnitud M_W>4.5). 180

Figura VII. 72. Cota máxima de inundación por tsunami en el área del proyecto. 182

Figura VII. 73. Susceptibilidad por deslizamiento en el área de influencia y en el área del proyecto. 183

Figura VII. 74. Radios de riesgo por explosión en ductos en el área de influencia y el área del proyecto. 184

Figura VII. 75. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto en el área de influencia y el área del proyecto. Fuente APREC, 2015. 185

CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 76. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS en el área del proyecto. Fuente ARM, 2024.....186

Figura VII. 77. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas en el área del proyecto. Fuente ARM, 2024.....188

Figura VII. 78. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025, en el área de influencia y en el área del proyecto.....189

Figura VII. 79. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025. 190

Figura VII. 80. Inundación por marea de tormenta en el área de influencia y el área del proyecto. Elaboración propia con datos del ANR (2026). 192

Figura VII. 81. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.....194

Figura VII. 82. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área del proyecto.....195

Figura VII. 83. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto. 196

Figura VII. 84. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.....197

Figura VII. 85. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.....198

Figura VII. 86. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.....199

Figura VII. 87. Anomalía por emisiones antropogénicas de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto. 200

Figura VII. 88. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.....201

Figura VII. 89. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto. 202

CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 90. Riesgo NATECH en el área de influencia. 204
Figura VII. 91. Fragilidad visual en el área del proyecto. 208
Figura VII. 92. Alternativa cero (A_0). 239
Figura VII. 93 Alternativa técnica 1 (AT1). 240
Figura VII. 94. Alternativa de sitio 2 (A_2). 242
Figura VII. 95. Alternativa de sitio 3 (A_{T3}). 243
Figura VII. 96. Alternativas de sitio. 268
Figura VII. 97. Alternativa de sitio 1 (A_1). 269
Figura VII. 98. Alternativa de sitio 2 (A_2). 270
Figura VII. 99. Alternativa 3 (A_3). 271
Figura VII. 100. Alternativa de sitio 4 (A_4). 272
Figura VII. 101. Alternativa de sitio 5 (A_5). 273

CONSULTA PÚBLICA

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ANR	Atlas Nacional de Riesgos
APREC	Atlas de Peligros y Riesgos en el Estado de Colima
ARM	Atlas de Riesgos de Manzanillo
ARCV	Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades Climáticas
ASIPONA	Administración del Sistema Portuario Nacional
BLEVE	*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion* (Explosión de vapor de líquido en ebullición)
CAG	Compatibilidad Ambiental Global
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CHIRPS	*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*
CIAP	Centro de Investigación Ambiental Portuario
CMD	Matriz de Evaluación Multidimensional
CMIP	*Coupled Model Intercomparison Project*
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONALEP	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
CONAPO	Consejo Nacional de Población

CONSULTA PÚBLICA

Abreviatura	Significado
CRETIB	Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, Biológico-infeccioso
CTD	*Conductivity, Temperature, Depth* (Conductividad, Temperatura, Profundidad)
DBO_5	Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
E_0, E_1, E_2	Escenario sin proyecto, con proyecto, con medidas
EM-DAT	*Emergency Events Database*
ERL	*Effects Range Low* (Nivel de alerta baja)
GEE	*Google Earth Engine*
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GNL	Gas Natural Licuado
GyA	Grasas y Aceites
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
IRDR	*Integrated Research on Disaster Risk*
ISO	*International Organization for Standardization*
KMS	Terminal de Gas Natural Licuado (empresa)
KPI	*Key Performance Indicators* (Indicadores Clave de Desempeño)

CONSULTA PÚBLICA

Abreviatura	Significado
MCA	Matriz de Compatibilidad Ambiental
MCG	Modelos de Circulación General
MDE	Modelo Digital de Elevación
MIA-R	Manifestación de Impacto Ambiental (modalidad Regional)
MM	Escala Modificada de Mercalli
MPCA	Matriz Ponderada de Compatibilidad Ambiental
Ms	Magnitud de ondas superficiales
Mw	Magnitud de momento
NATECH	*Natural Hazard Triggering Technological Disasters*
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
NIR	Infrarrojo cercano (*Near Infrared*)
NMP	Número Más Probable (para coliformes)
NOAA	*National Oceanic and Atmospheric Administration*
NOM	Norma Oficial Mexicana
OD	Oxígeno Disuelto
PAR-PMC	Proyecto Arquitectónico de redimensionamiento, actualización, adecuación y optimización conceptual del redimensionamiento de la infraestructura y equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán.
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PFFCC	Puente del ferrocarril

CONSULTA PÚBLICA

Abreviatura	Significado
PGA	*Peak Ground Acceleration* (Aceleración máxima del terreno)
PMDP	Plan Maestro de Desarrollo Portuario
RCP	*Representative Concentration Pathways*
RESCO	Red Sísmica de Colima
SAR	Sistema Ambiental Regional
SEMAR	Secretaría de Marina
SGM	Servicio Geológico Mexicano
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SNIB	Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad
SRTM	*Shuttle Radar Topography Mission*
SSN	Servicio Sismológico Nacional
SSP	*Shared Socioeconomic Pathways* (Trayectorias Socioeconómicas Compartidas)
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TAD	Terminal de Almacenamiento y Distribución
TEC	Terminal Especializada de Contenedores
UCOL	Universidad de Colima
UMP	Universidad Multitécnica Profesional
UPS	Unidades Prácticas de Salinidad
USDA	*United States Department of Agriculture*

CONSULTA PÚBLICA

Abreviatura	Significado
UTM	Universidad Tecnológica de Manzanillo
VEI	*Volcanic Explosivity Index* (Índice de Explosividad Volcánica)

CONSULTA PÚBLICA

CAPÍTULO VII PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO (E_0)

Alcances del escenario sin proyecto (E_0)

El presente apartado tiene por objeto describir y analizar la situación ambiental actual del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del sitio donde se pretende desarrollar el proyecto, bajo la premisa de no ejecutar el proyecto portuario. Este escenario constituye la línea base evolutiva contra la cual se compararán los escenarios con proyecto (E_1) y con medidas (E_2).

Los alcances específicos del escenario E_0 son:

Describir el estado actual de los componentes ambientales del SAR (medio físico abiótico, medio físico biótico y paisaje), con base en los trabajos de campo, monitoreos y modelaciones realizadas entre 2024 y 2026, así como en información histórica documentada desde 1986.

Analizar la evolución histórica del SAR a partir de imágenes satelitales y registros documentales (1986-2026), identificando las tendencias de cambio inducidas por factores antropogénicos (crecimiento urbano, expansión agrícola, salineras, infraestructura portuaria existente) y naturales (cambio climático, fenómenos hidrometeorológicos).

Proyectar las tendencias de cambio de cada componente ambiental a un horizonte de 20 años (2045), considerando:

1. Los escenarios de cambio climático del IPCC (SSP5-8.5, CMIP6) para temperatura, precipitación, nivel del mar, vientos y emisiones.
2. Las tendencias demográficas (CONAPO, 2024) para los municipios de Manzanillo y Armería.
3. Las tasas históricas de pérdida de cobertura vegetal, degradación del manglar y deterioro de la calidad del agua.

CONSULTA PÚBLICA

Identificar los componentes ambientales con mayor vulnerabilidad en el SAR bajo el escenario sin proyecto, entendiendo la vulnerabilidad como la susceptibilidad de un componente a sufrir daño ante la ocurrencia de fenómenos naturales o la presión antropogénica actual, suponiendo que dichas presiones continúan sin la ejecución del proyecto.

Establecer la base de comparación para evaluar, en los apartados VII.2 y VII.3, los efectos adicionales que introduciría el proyecto (E_1) y la eficacia de las medidas de mitigación (E_2).

VII.1.1 MEDIO FÍSICO ABIÓTICO

A continuación, se muestra la situación ambiental actual del área del proyecto y del SAR, la descripción del medio físico abiótico, así como el escenario sin proyecto por riesgos abióticos.

Evolución Histórica del Sistema Ambiental Regional

La Laguna de Cuyutlán ha experimentado transformaciones antropogénicas documentadas desde el siglo XVI. Según Reyes (1990), el área ha sido objeto de explotación económica continua por más de 400 años, principalmente asociada a la producción de sal. Condiciones Históricas Documentadas:

- Siglo XVI-XVII: Presencia de bosques densos de coyules (Acrocomia sp.) en margen norte, abundancia de fauna mayor (cocodrilos)
- Siglo XVIII-XIX: Intensificación de explotación salinera, primeros reportes de degradación ambiental
- Siglo XX: Industrialización (termoeléctrica), asolvamiento, pérdida documentada de cobertura vegetal original

El estado actual del SAR no representa condiciones "prístinas" sino el resultado de siglos de actividad humana. La línea base de 2025 refleja un ecosistema que ha evolucionado bajo presión antropogénica constante durante más de 400 años.[1]

Para la descripción del escenario ambiental sin proyecto, se consideran los cambios antropogénicos ocurridos en el SAR entre 1986 y 2026. En la Figura VII.1 se muestra el SAR en 1986. En esa fecha, los límites de la mancha urbana se señalan con puntos rojos; El puerto aún no se extendía hacia el oeste (punto amarillo); las vías del ferrocarril (punto morado) cruzaban por el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán; el espejo de la Laguna del Valle de las Garzas (punto verde) era más extenso; el puente y el canal de Tepalcates no existían (puntos rosa y azul); y había pocas salineras (punto negro), aún sin delimitar, en la Laguna de Cuyutlán.

[1] https://www.estudiosjalisciense.com/wp-content/uploads/2019/08/2-Cuyutlan-una-laguna-con-historia.pdf

CONSULTA PÚBLICA

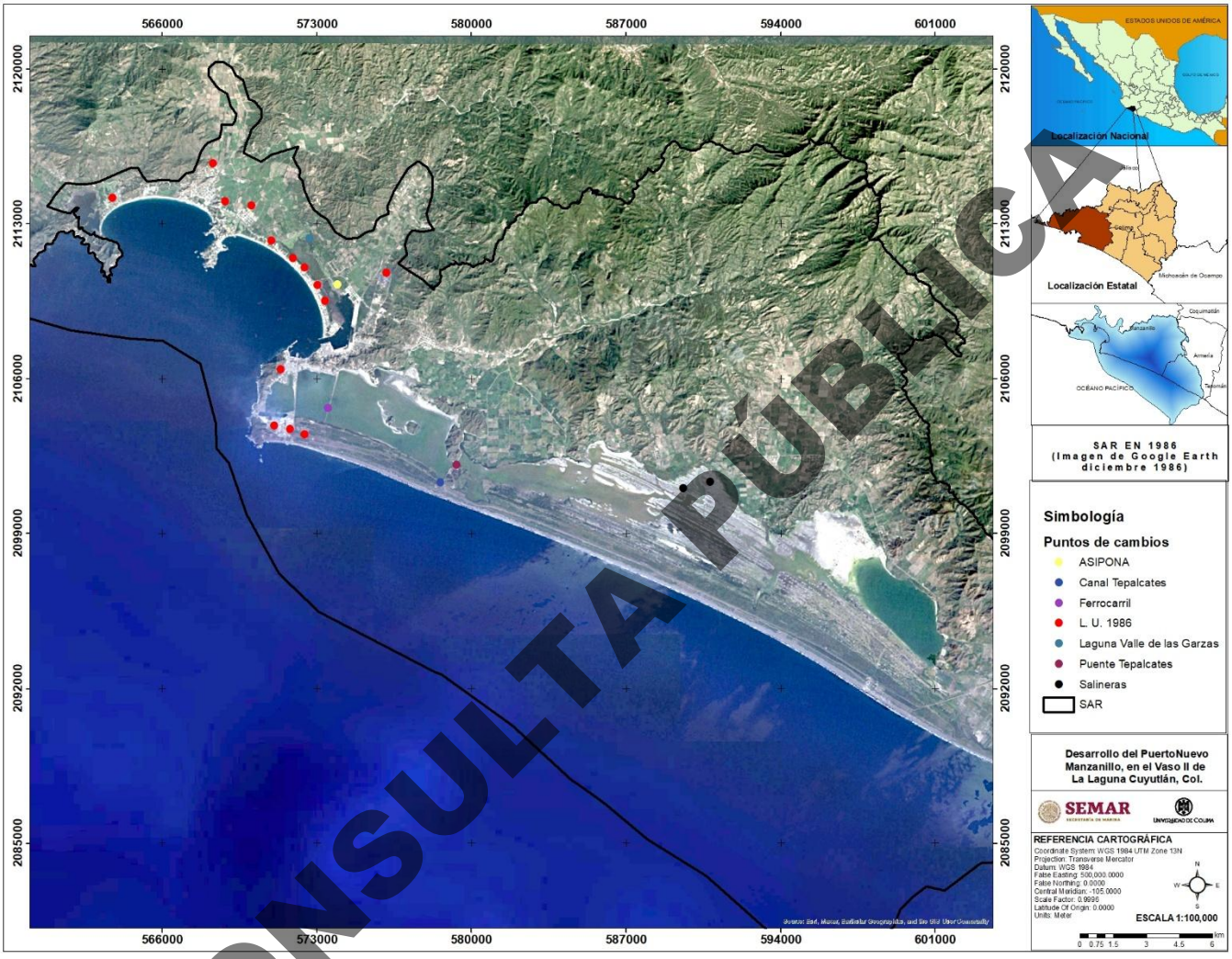


Figura VII. 1. SAR en 1986 (Imagen de Google Earth de diciembre de 1986.

CONSULTA PÚBLICA

En esa fecha, los límites de la mancha urbana se señalan con puntos rojos; El Puerto de San Pedrito aún no se extendía hacia el oeste (punto amarillo); las vías del ferrocarril (punto morado) cruzaban por el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán; el espejo de la Laguna del Valle de las Garzas (punto verde) era más extenso; el puente y el canal de Tepalcates no existían (puntos rosa y azul); y había pocas salineras (punto negro), aún sin delimitar, en la Laguna de Cuyutlán (Figura VII.2).



Figura VII.2. SAR en 1986 con acercamiento a puntos de interés. (Imagen de Google Earth de diciembre de 1986).

En la Figura VII. 3 se muestra el SAR en 2006. Su evolución en 20 años consistió en el crecimiento de la mancha urbana.

CONSULTA PÚBLICA

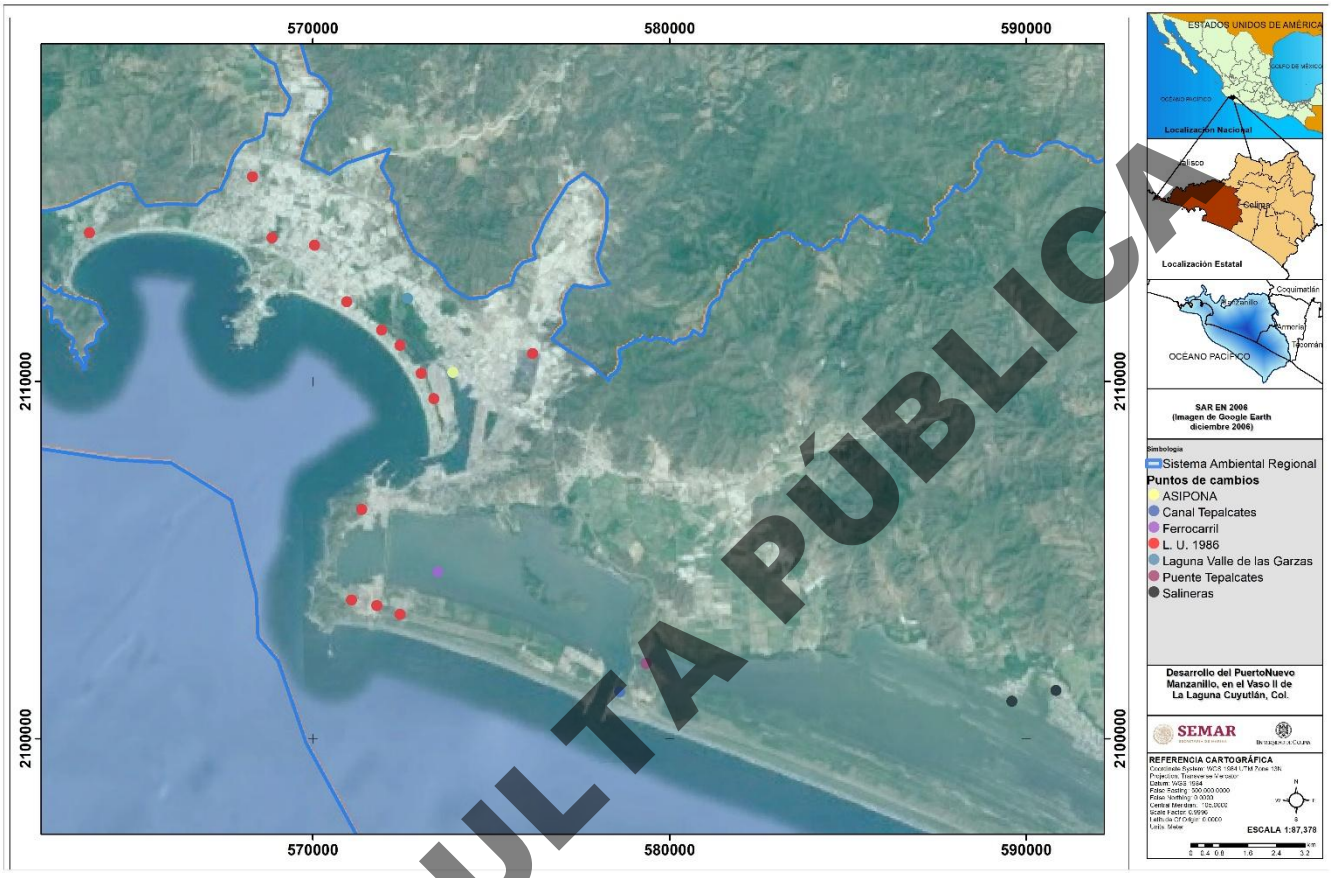


Figura VII. 3. SAR en 2006 (Imagen de Google Earth de diciembre de 2006).

Se indican los límites de la mancha urbana en 1986 con puntos rojos. ASIPONA se extiende un poco hacia el oeste (punto amarillo). Las vías del ferrocarril (punto morado) ya no están; antes cruzaban por el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. El espejo de la Laguna del Valle de las Garzas disminuye (punto verde). El puente y el canal de Tepalcates ya existen (puntos rosa y azul). Además, hay más salineras (punto negro) en la Laguna de Cuyutlán (Figura VII. 4).

CONSULTA PÚBLICA



Figura VII. 4. SAR en 2006 (Imagen de Google Earth de diciembre de 2006).

La construcción o modificación de la red carretera, así como el crecimiento de la mancha urbana hacia el norte del SAR, son actividades antropogénicas continuas en los últimos 11 años. En la Figura VII. 5 se muestra el cambio que ha sufrido el SAR por dichas actividades entre 2012 y 2024. Se observa hasta dónde llegaba la mancha urbana en 2013, con base en los AGEB (polígonos morados) del INEGI. También se aprecia la transformación de la red carretera construida o modificada en ese periodo: las líneas negras representan el periodo 2012-2016, las líneas naranjas 2017-2020 y las líneas rosas rodholita el 2021-2024.

CONSULTA PÚBLICA

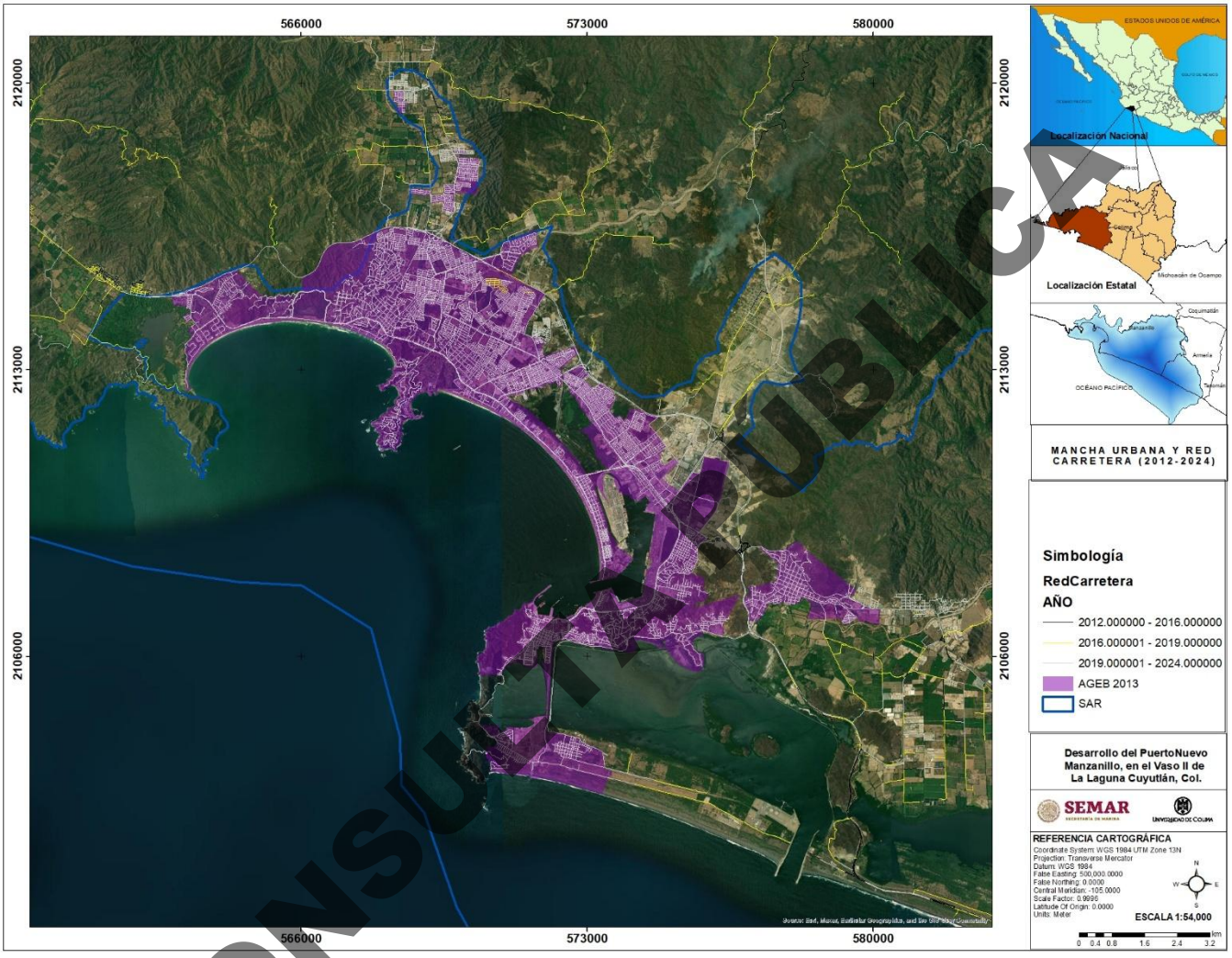


Figura VII. 5. Mancha urbana y red Carretera 2012-2024

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.1 Clima[2]

Según el mapa de Climas: 1902-2011 del INEGI 2020[3], en el SAR del proyecto existen 7 diferentes tipos de climas. En la Tabla VII.1 se muestran los tipos de climas y sus características, siendo el clima Aw0(w) el que presenta mayor cobertura dentro del SAR con el 28%, le sigue el clima BS1(h') w(w) con el 24.6%.

Tabla VII.1. Tipos de climas y sus características dentro del SAR.

Clima	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Régimen de lluvia	Porcentage de lluvia invernal	Temperatura media anual	Temperatura del mes mas frío	Superficie SAR	
									Km^2	%
Aw1(w)	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Humedad media	Verano	<5	>22°C	>18°C	36.78	3.7
BS1(h')w	Seco	Muy cálido de los secos	N/A	Semiseco	Verano	Entre 5 y 10.2	>22°C	>18°C	3.42	0.3
BS1(h')w(w)	Seco	Muy cálido de los secos	N/A	Semiseco	Verano	<5	>22°C	>18°C	245.39	24.6
A(C)w2(w)	Cálido	Semicálido de los	Subhúmedo	Más húmedo	Verano	<5	Entre 18 y 22°C	>18°C	1.38	0.1
Aw2(w)	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Más húmedo	Verano	<5	>22°C	>18°C	1.99	0.2
Aw0(w)	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Menos húmedo	Verano	<5	>22°C	>18°C	278.66	28.0
Aw0	Cálido	Cálido de los cálidos	Subhúmedo	Menos húmedo	Verano	Entre 5 y 10.2	>22°C	>18°C	1.68	0.2

La distribución espacial de los tipos de clima dentro del SAR se muestra en la Figura VII. 6.

CONSULTA PÚBLICA

[2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020. Climas: 1902-2011, escala de referencia 1:1 000 000, a una resolución de 8" x 8" (250 x 250 m aproximadamente).

[3] Los parámetros de clima, temperatura y precipitación fueron calculados con datos de 1991 a 2020 de la estación meteorológica de la CONAGUA número 6018, Manzanillo (OBS). Los parámetros de vientos, presión y humedad relativa se obtuvieron de datos de MERRA-2 del periodo 1981-2022, desde el sitio NASA POWER. https://power.larc.nasa.gov/. Consultado el 15 de febrero 2026.

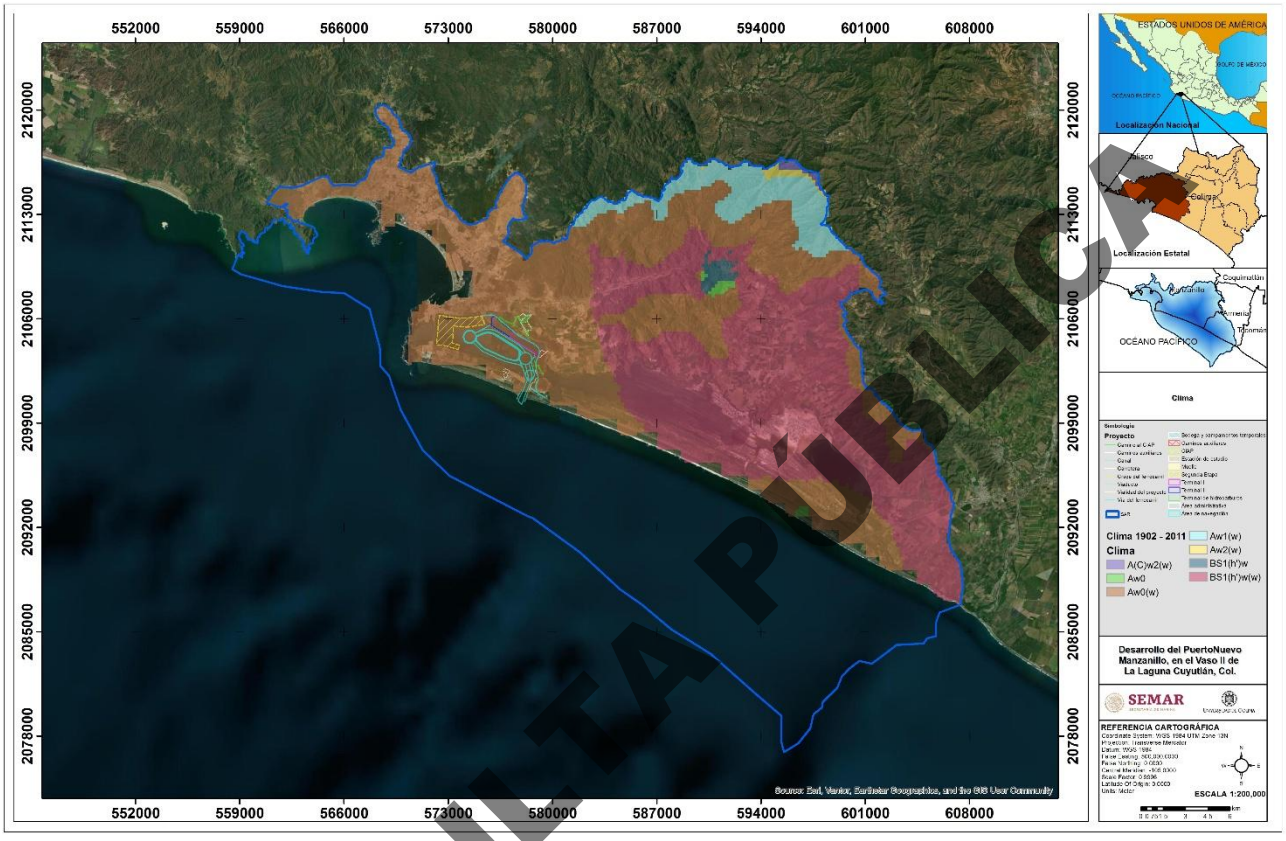


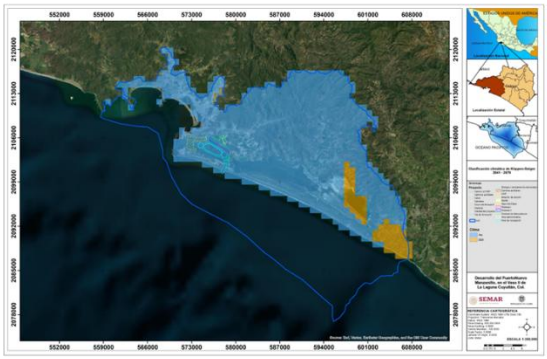
Figura VII. 6. Tipos de Climas dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

En el área del proyecto el clima es Aw0(w) (Cálido subhúmedo) con lluvias en verano entre los meses de mayo a octubre, y menos del 5% de lluvias en invierno. La temperatura media anual es mayor a 22°C y la temperatura del mes más frío es mayor a 18°C.

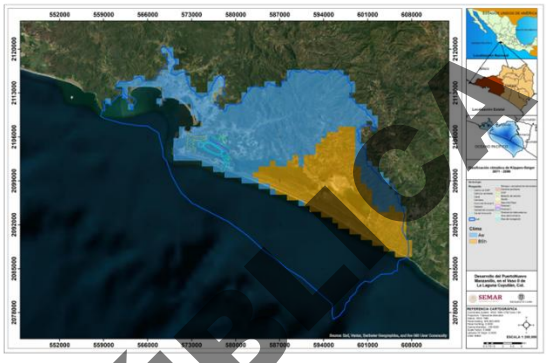
De acuerdo con la clasificación de Köppen – Geiger la distribución de climas en el SAR para diferentes periodos es Aw (Cálido/Clima de sabana, con temperatura media mensual del mes más frío mayor a 18°C y lluvias en verano) en color azul y BSh (Seco/Estepario cálido, con temperatura media anual es superior a 18ºC y precipitación total anual es menor que ese umbral, pero superior a la mitad de ese umbral), en color naranja (Figura VII. 7), donde la Figura VII. 7a representa la proyección del periodo 2041-2070 que muestra un gran cambio respecto al periodo (1902-2011, Figura VII. 7c), la Figura VII. 7b representa la proyección 2071-2099 y muestra un cambio mínimo en la distribución de climas respecto al actual (Figura VII. 7c).

CONSULTA PÚBLICA

Clasificación climática de Köppen-Geiger
2041-2070



Clasificación climática de Köppen-Geiger
2011-2099



Clasificación climática de Köppen-Geiger
1902-2011

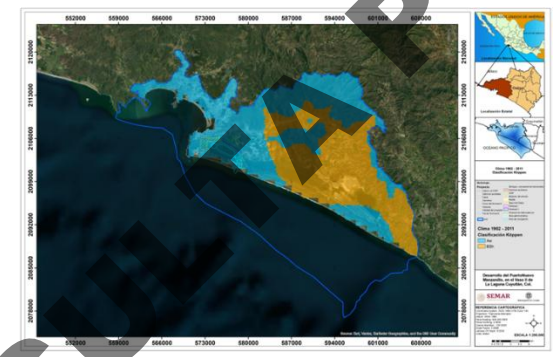


Figura VII. 7. Proyecciones de la Clasificación climática de Köppen-Geiger para los periodos 2041-2070 (a), 2071-2099 (b) según el escenario SSP2-8.5 del CMIP6 y para el periodo 1902-2011 del INEGI (c). Elaboración propia con datos de Beck *et al.* (2023)[4] y datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

En el SAR, la temperatura promedio oscila entre 21.6 y 26.9 °C (Figura VII. 8). Los meses con temperatura mínima son de enero a abril, mientras que la temperatura mínima fluctúa entre 19.6 y 24.83°C (Figura VII. 9) y la temperatura máxima va de 23.1 a 28.8 °C (Figura VII. 10) los meses de máxima temperatura son de junio a septiembre.

En el área del proyecto la temperatura promedio oscila entre 26.1 y 26.9 °C (Figura VII. 8) mientras que la temperatura mínima fluctúa entre 24.1 y 24.83°C (Figura VII. 9) y la temperatura máxima va de 28.1 a 28.8 °C (Figura VII. 10).

[4] Beck, HE, McVicar, TR, Vergopolan, N. *et al* (2023). Mapas de Köppen-Geiger de alta resolución (1 km) para 1901-2099 basados en proyecciones CMIP6 restringidas. Sci Data 10, 724.

CONSULTA PÚBLICA

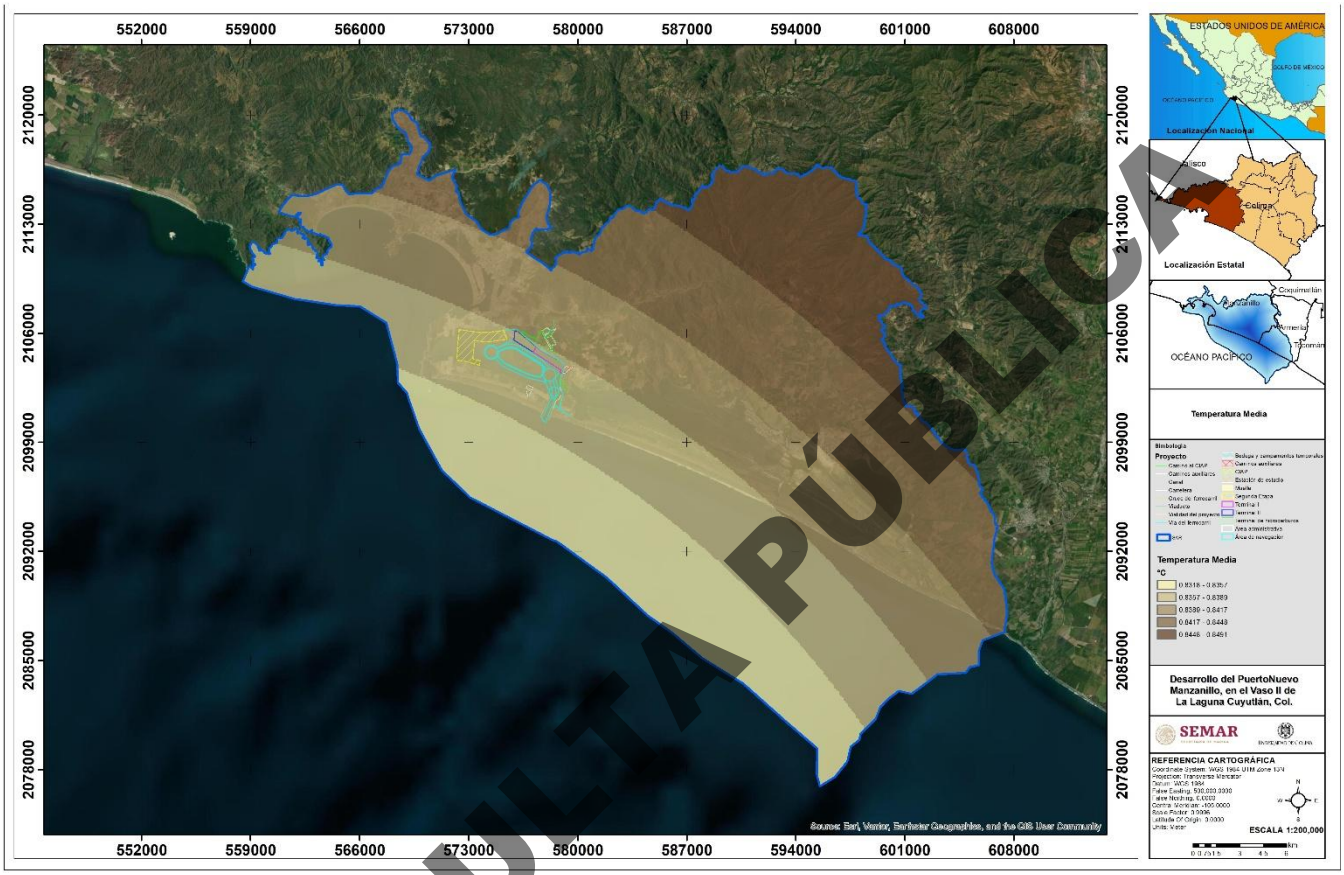


Figura VII. 8. Temperatura media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

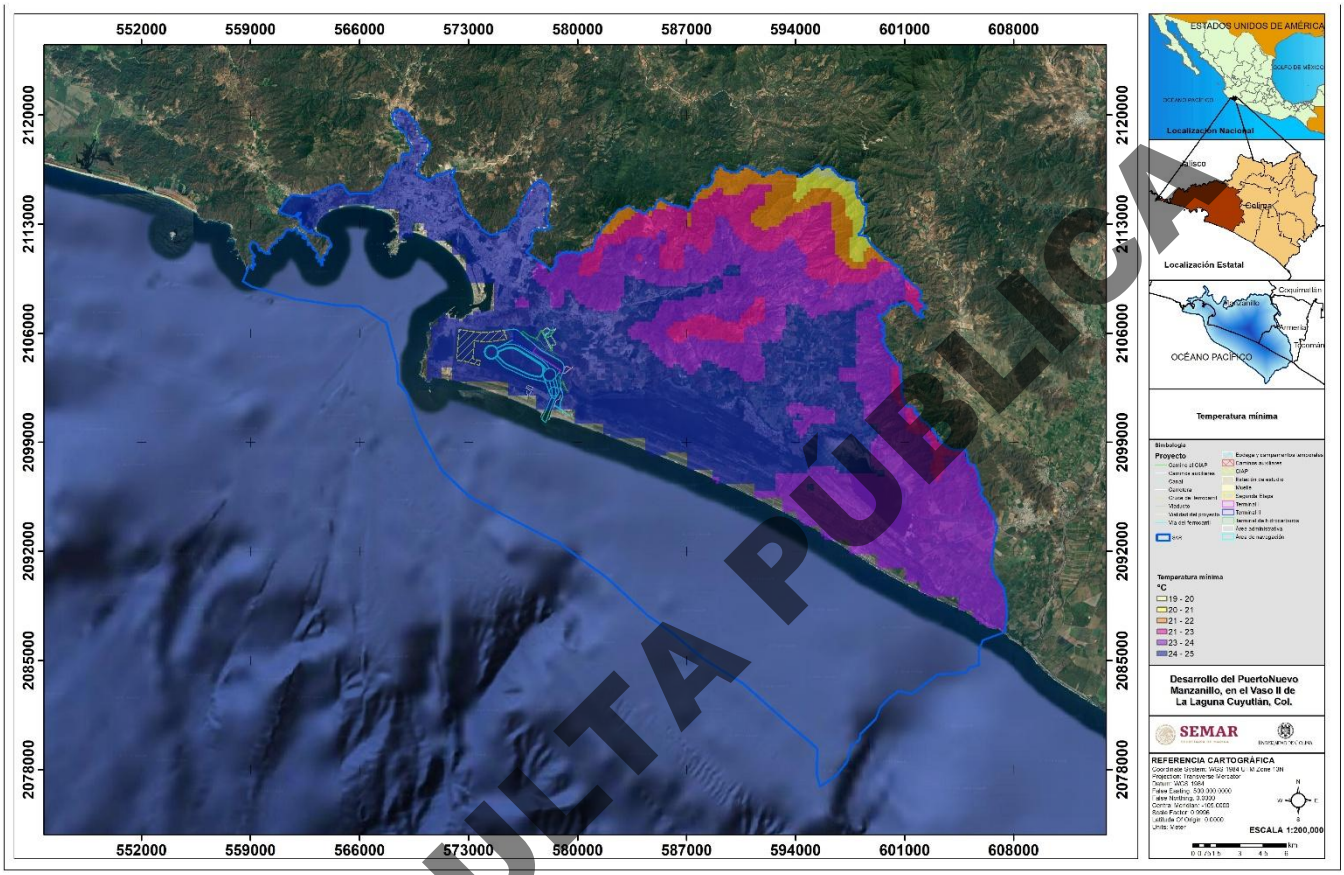


Figura VII. 9. Temperatura mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

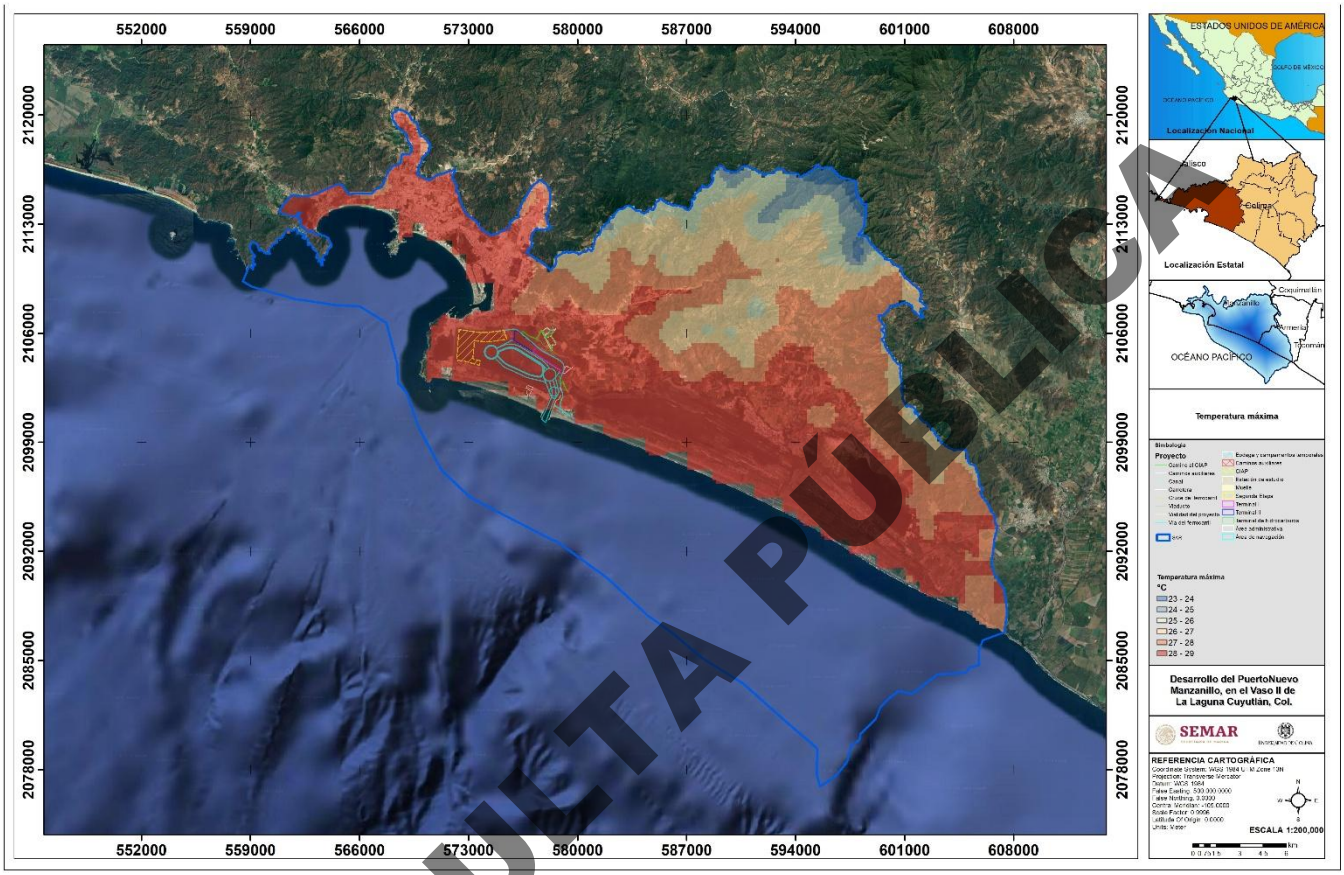


Figura VII. 10. Temperatura máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

En el SAR la época de lluvias es en verano, la precipitación promedio oscila entre 705 y 1276 mm (Figura VII. 11), mientras que la precipitación mínima fluctúa entre 0 y 2 mm (Figura VII. 12). Los meses de menor precipitación son marzo y abril, la precipitación máxima va de 179 a 331 mm (Figura VII. 13), el mes con mayor precipitación es septiembre.

En el área del proyecto la precipitación promedio oscila entre 801 y 1000 mm (Figura VII. 11), mientras que la precipitación mínima fluctúa entre 0 y 1 mm (Figura VII. 12) y la precipitación máxima va de 245 a 267 mm (Figura VII. 13).

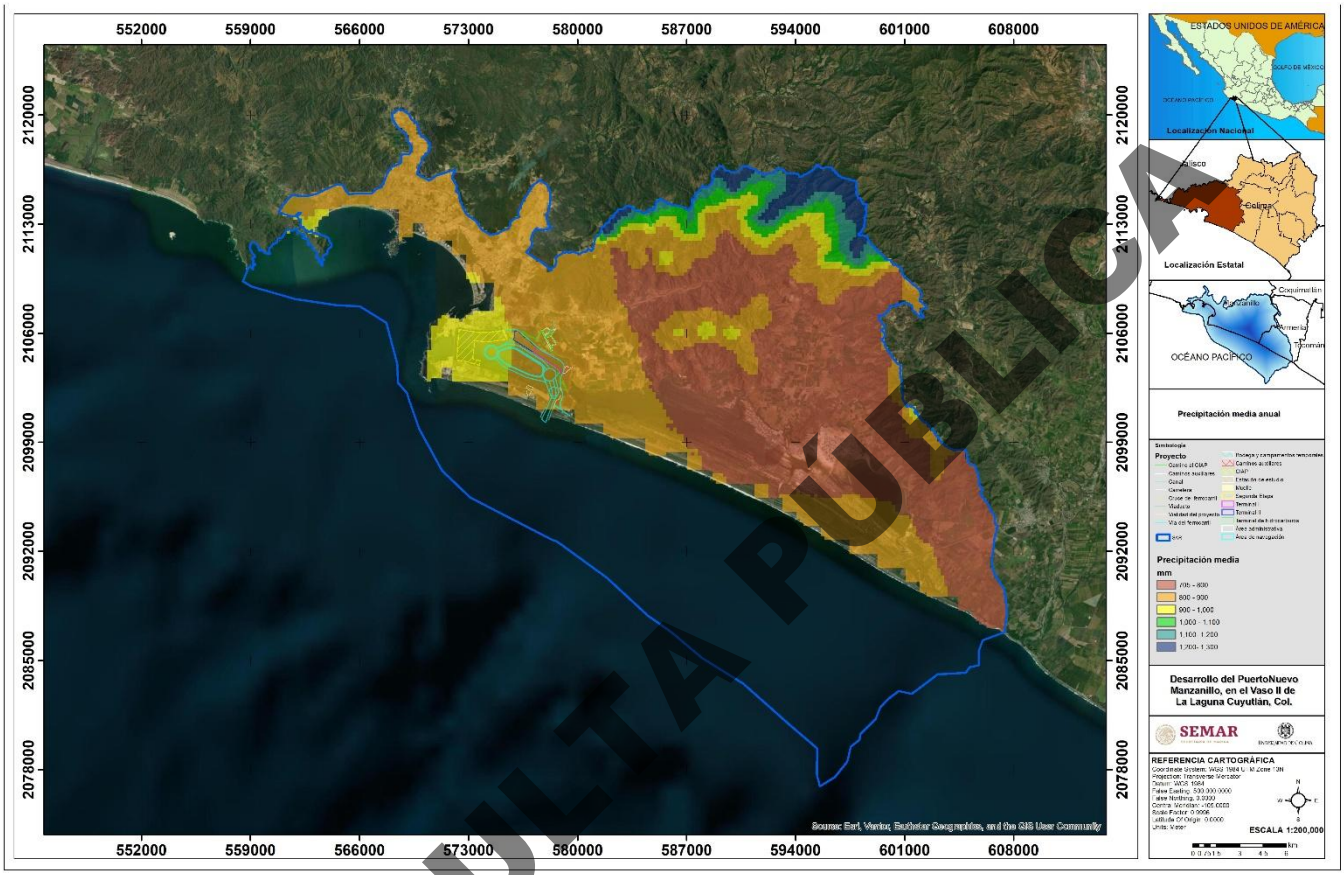


Figura VII. 11. Precipitación media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

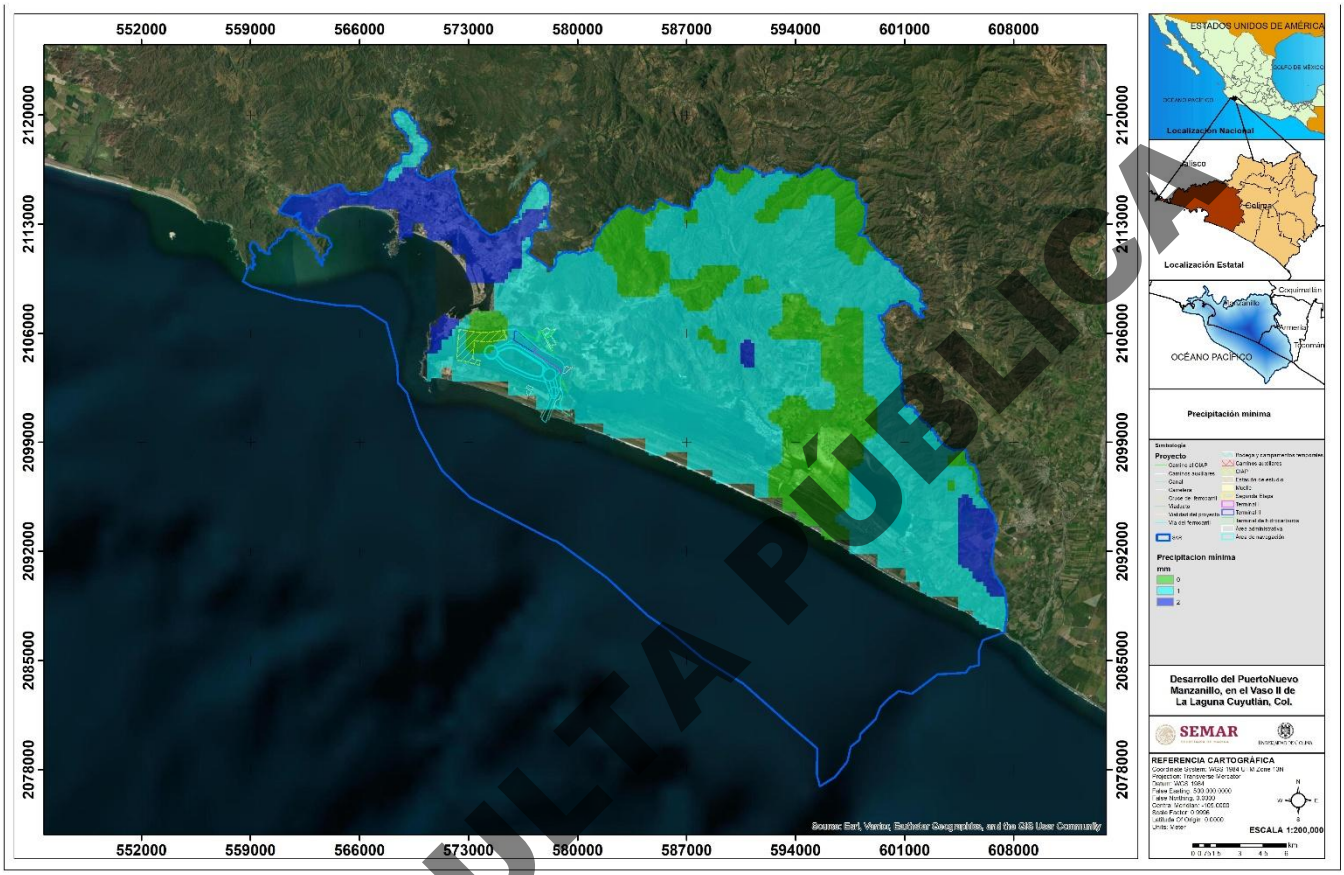


Figura VII. 12. Precipitación mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA

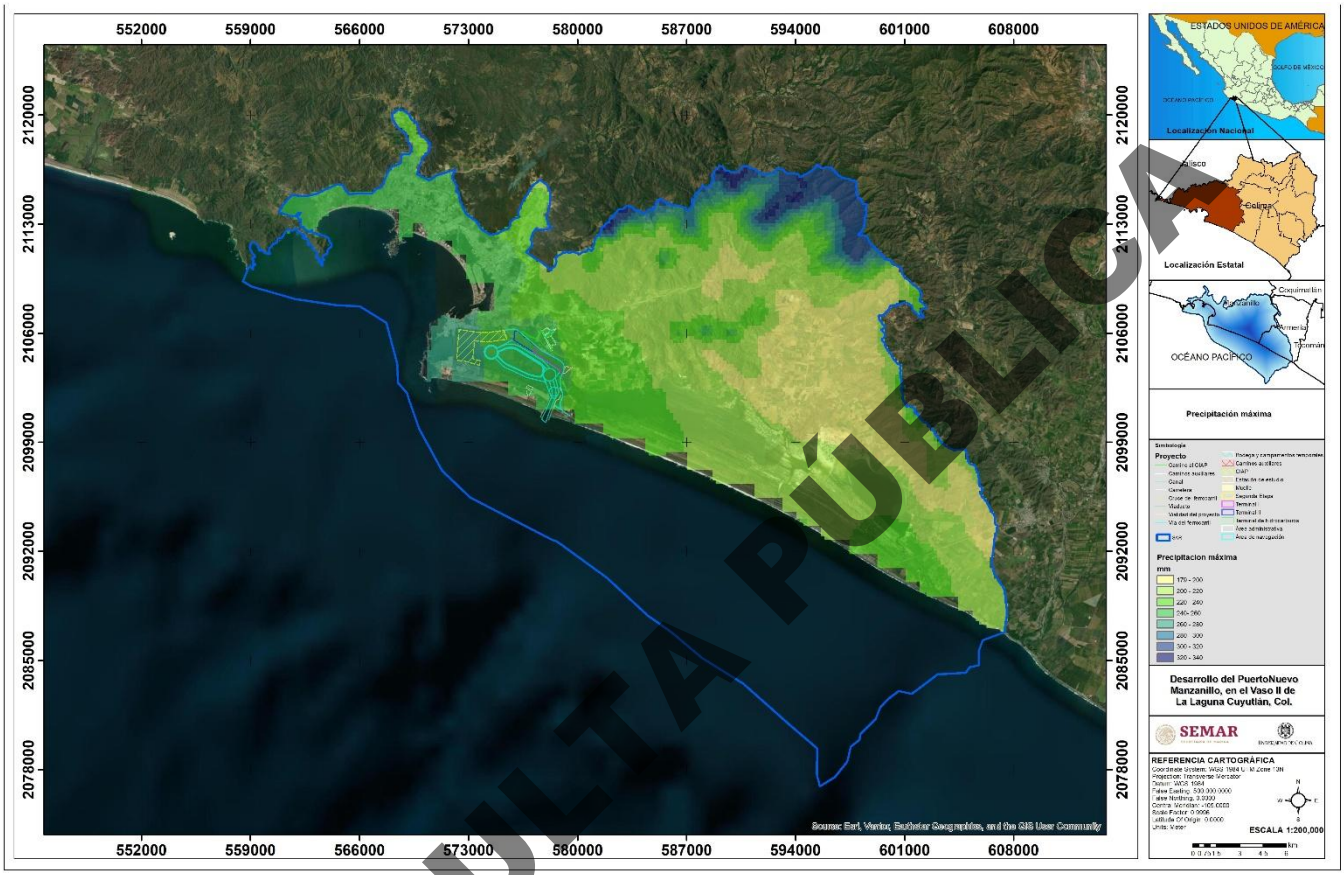


Figura VII. 13. Precipitación máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

La oscilación térmica anual en el SAR y zona del proyecto es Isotermal, lo que representa una variación menor de 5°C, manteniendo temperaturas uniformes durante todo el año.

Los vientos promedio mensuales, a 10 metros de altura, oscilan alrededor de los 3 m/s. El viento dominante proviene del OSO-O seguido del O-ONO. Las frecuencias cruzadas de velocidad y dirección de los rangos de velocidad menores a 2 m/s representan un 0.4% de los datos. Las velocidades entre 2 y 2.5 m/s representan un 27.18% del total de datos, con direcciones del O-ONO (30%) y del ONO-NO (24%). Los vientos entre 2.5 y 3 m/s representan un 51.19% del total de datos, con direcciones del OSO-O (29%) y del O-ONO (21%). Los vientos entre 3 y 3.5 m/s representan un 19.44% del total de datos, con direcciones del OSO-O (28.6%) y del O-ONO (22.4%). Las velocidades mayores representan el 1.79% de los datos.

CONSULTA PÚBLICA

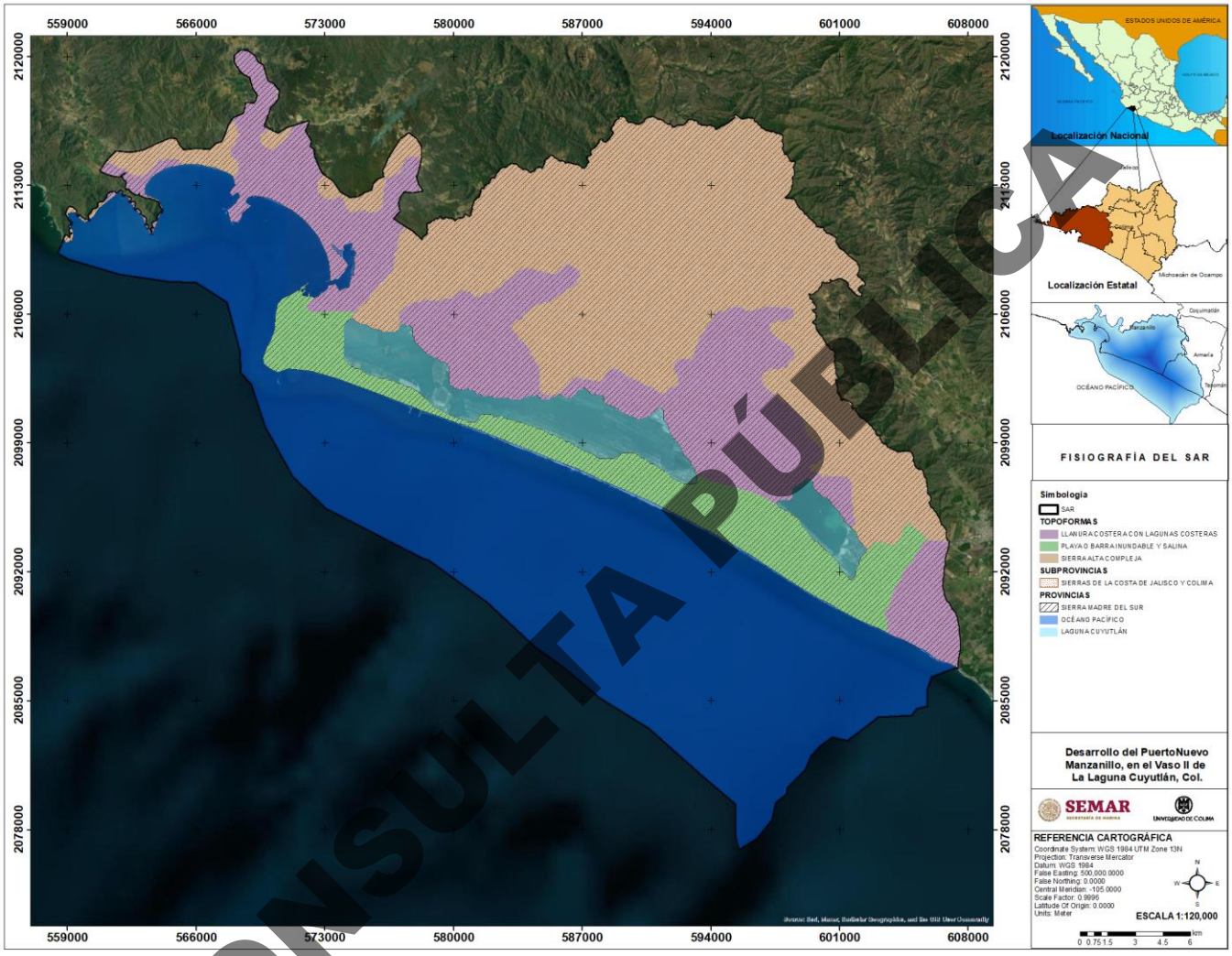
En la presión diaria en la región, se observa la variabilidad de los valores diarios de presión en kPa, así como su tendencia y su media móvil, donde se aprecian valores que oscilan, en general, entre los 97.5 y 99 kPa.

En la humedad relativa diaria se observa la variabilidad de los valores diarios de humedad en % a 2 m de altura, así como su tendencia y su media móvil, donde se aprecian valores que oscilan, en general, entre 50 y 90%.

VII.1.1.2 Fisiografía

El SAR se encuentra dentro de la Provincia Sierra Madre del Sur, dentro de las subprovincias de las Sierras de la costa de Jalisco y Colima. El 88% del SAR forma parte de la subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco y Michoacán, y el 12% ubicado al noreste, forma parte de Cordillera Costera del Sur (Figura VII. 14). La fisiografía del SAR está formada por sierra alta compleja, playa o barra inundable y salina, y en su mayor parte es llanura costera con lagunas costeras. El área del proyecto se encuentra en la llanura costera dentro de la Laguna de Cuyutlán, en el Vaso II, conformado con dos islas al centro.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 14. Fisiografía del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO)[5].

[5] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

VII.1.1.3 **Geología**

La geología de la región es compleja debido a la interacción de diferentes procesos tectónicos y volcánicos a lo largo de su historia, dominada por la presencia de rocas ígneas, tanto intrusivas como extrusivas y sedimentos marinos, situada en una zona tectónicamente activa debido a la interacción entre la placa de Cocos y la Placa Norteamericana. La Geología del SAR es mostrada en la Figura VII. 15 (Mapa elaborado con datos de INEGI 2026). En la geología del SAR los tipos predominantes están constituidos por un 16% de roca ígnea intrusiva tipo granito, 10% roca ígnea extrusiva tipo volcanoclástico, 2% son tipo rocas volcanosedimientarias, 17% son rocas aluviales, 7% es lacustre y el resto corresponde al cuerpo de agua. La Laguna de Cuyutlán se encuentra en la porción suroccidental del estado de colima, depósitos volcanosedimentarios y rocas sedimentarias calcáreas como caliza y dolomías, que tiene dimensiones masivas, rocas ígneas intrusivas destacando el cuerpo intrusivo denominado batolito de manzanillo el cual presenta granodioritas y granito aflorando en superficie, tobas andesíticas a intermedias, brecha volcánica acida y derrames andesíticos.

CONSULTA PÚBLICA

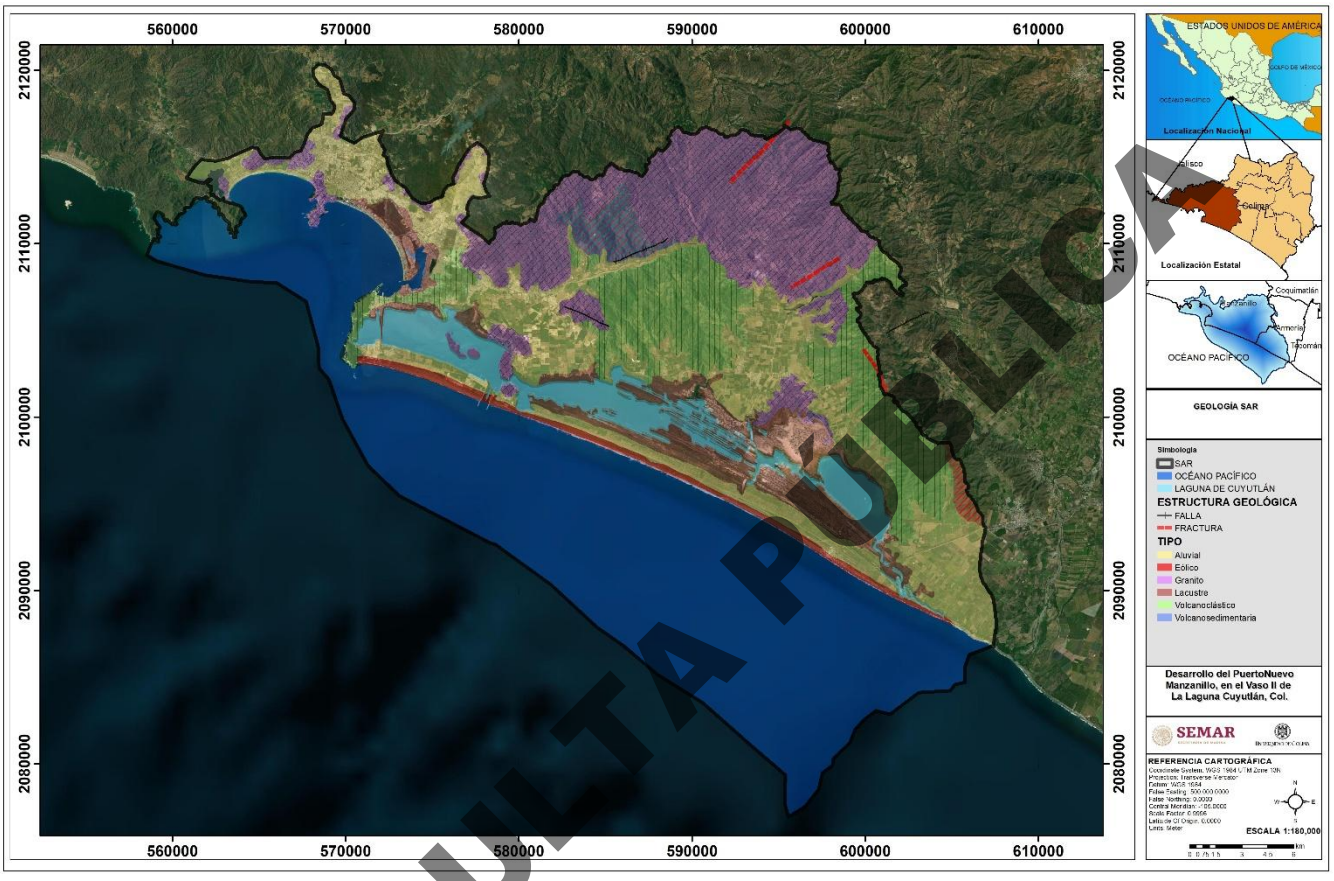


Figura VII. 15. Geología del SAR. Fuente INEGI 2026.

En el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, donde se desarrollará el proyecto, la litología existente en la zona noreste del proyecto se localiza un depósito de Granito-Granodiorita (KsTpaGr-Gd), que también se extiende a la isla Grande (Cocodrilo I) la Isla Cocodrilo II, y a la margen derecha del canal de Tepalcates; también se encuentran depósitos litorales (Qho(li)) en la zona norte y sur, y Aluvial (Qho(al)) en la zona noroeste (Figura VII. 16).

CONSULTA PÚBLICA

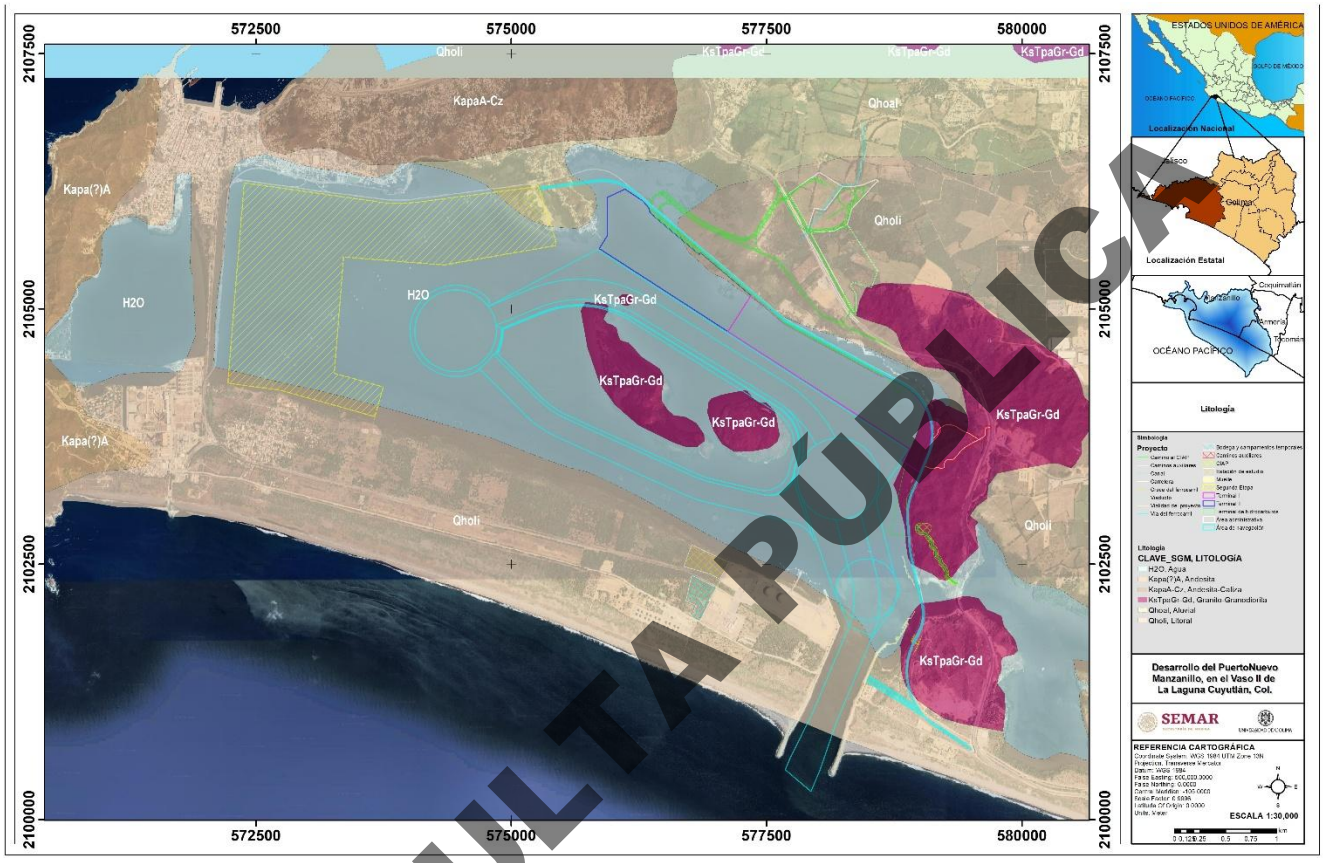


Figura VII. 16. Litología en el área del proyecto. Fuente SGM.[6]

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.4 Edafología

La permeabilidad del suelo varía de baja a media alta, en donde hay suelo con material no consolidado con permeabilidad alta (a), material consolidado con permeabilidad baja (b), material consolidado con permeabilidad baja (B), material no consolidado con permeabilidad baja media (bm), material no consolidado permeabilidad media (m), material consolidado con permeabilidad media (M), material no consolidado con permeabilidad media alta (ma), material consolidado con permeabilidad media alta (MA). La distribución de la permeabilidad del suelo es mostrada en Figura VII. 17.

[6] Servicio Geológico Mexicano (SGM) (2025). Continúo Nacional de Geología de la República Mexicana escala 1:250,000.

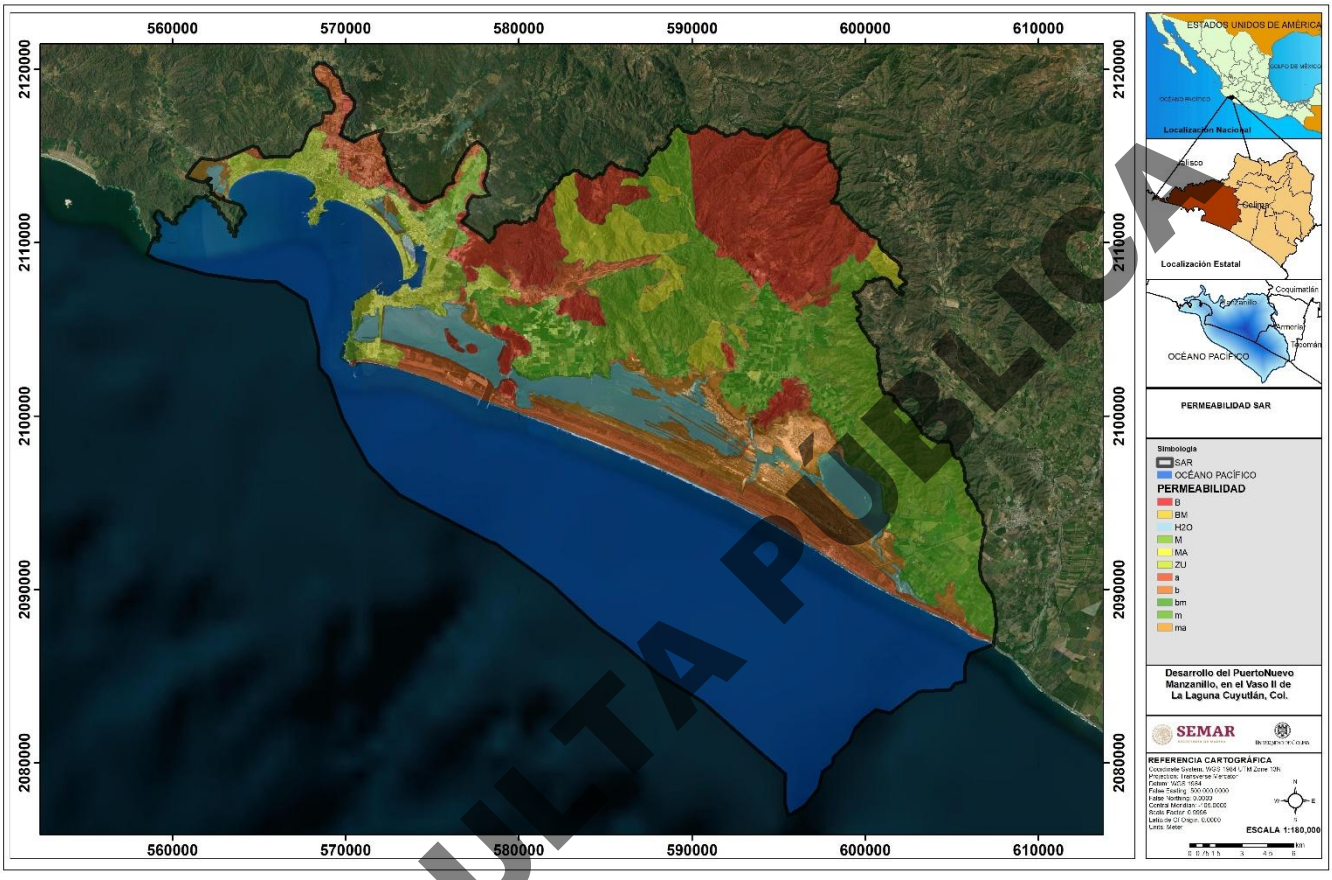


Figura VII. 17. Permeabilidad del suelo en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI).[7]

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.5 Hidrología

La distribución de los acuíferos que forman parte del SAR es la siguiente:

Acuífero Venustiano Carranza

El acuífero Venustiano Carranza ocupa el 40.7%. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, es catalogado por CONAGUA como un acuífero de tipo libre constituido por materiales granulares que forman depósitos aluviales, con un espesor variable de entre 80 a 120 m, de norte a sur respectivamente. La recarga de este acuífero es generada

[7] https://www.inegi.org.mx/temas/geologia/

por los escurrimientos existentes en las sierras que envuelven la zona y de los arroyos del Salto y Agua Blanca, así como de la precipitación en el valle. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 37.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 17.0 hm³/año. El volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a 17,750,750 m³ anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de 2.249250 hm³/año, lo que indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de 2,249,250 m³ anuales.

Acuífero Colomo

El acuífero Colomo ocupa el 35.9%. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, el Colomo es catalogado como de tipo libre, formado principalmente por depósitos aluviales, conformados por gravas y arenas de diferente tipo, con un espesor variable, de norte a sur, de 80 a 120 m, y por rocas ígneas intrusivas impermeables. La recarga principal de este acuífero proviene de los escurrimientos de las sierras que lo rodean, del arroyo las Juntas y de la precipitación en el valle. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 43.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 18.0 hm³/año. El volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a 18,662,527 m³ anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de 6.337473 hm³/año, lo que indica la existencia de volumen disponible para nuevas concesiones.

Acuífero Jalipa-Tapeixtles

El acuífero Jalipa-Tapeixtles ocupa el 11.6% de superficie en el SAR. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, el acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico, con condiciones locales de semiconfinamiento asociadas a la presencia de lentes lacustres. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 10.8 hm³ anuales, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 3.0 hm³ anuales. El volumen de extracción de aguas subterráneas asciende a 9,158,491 m³ anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de -1.358491 hm³/año, lo que indica la inexistencia de volumen disponible para nuevas concesiones y la presencia de un déficit anual del orden de 1,358,491 m³.

Acuífero Armería-Tecomán-Periquillos

El acuífero Armería-Tecomán-Periquillos ocupa el 10.6%. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, el drenaje principal está constituido por corrientes que fluyen desde las zonas montañosas hacia el Océano Pacífico. El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 230.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 20.0 hm³/año. El volumen de

CONSULTA PÚBLICA

extracción de aguas asciende a 211,097,459 m³/año. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de -1.097459 hm³/año, lo que indica la inexistencia de volumen disponible para nuevas concesiones y la presencia de un déficit anual del orden de 1.1 hm³.

Los acuíferos anteriores son representativos de la zona, ya que interactúan directamente con la Laguna de Cuyutlán en cada uno de sus vasos.

Acuífero Santiago-Salagua

El acuífero Santiago-Salagua ocupa el 6.1% del SAR. Según datos de CONAGUA (2024) mostrados en el estudio hidrogeológico, es de tipo libre, ya que no existe confinamiento de los materiales granulares, los cuales están formados por sedimentos aluviales del Reciente: grava, arenas, arcillas, boleos y conglomerados que en conjunto presentan una gran permeabilidad hidráulica que facilita la infiltración vertical de los volúmenes precipitados en el área.

Acuífero La Central-Peña Blanca

El acuífero La Central-Peña Blanca ocupa el 5.7%, con estado actual de disponibilidad y subexplotado, y el acuífero de Minatitlán ocupa el 0.01%, también con estado actual de disponibilidad y subexplotado.

Según el estudio hidrogeológico, el aporte de los acuíferos a la Laguna de Cuyutlán es el siguiente: para el vaso II drenan del acuífero Colomo 0.52 m³/s, y para el vaso III, 0.21 m³/s. Del acuífero Venustiano Carranza, hacia el vaso III el gasto es de 0.45 m³/s y hacia el vaso IV es de 0.42 m³/s.

Dentro del SAR se encuentra la Laguna de Cuyutlán, que es un sistema lagunar costero segmentado en cuatro secciones denominadas vaso I, vaso II, vaso III y vaso IV, separados por infraestructura humana que condiciona el flujo de agua interno. Los acuíferos, cauces, microcuencas y sistema lagunar se muestran en la Figura VII. 18.

CONSULTA PÚBLICA

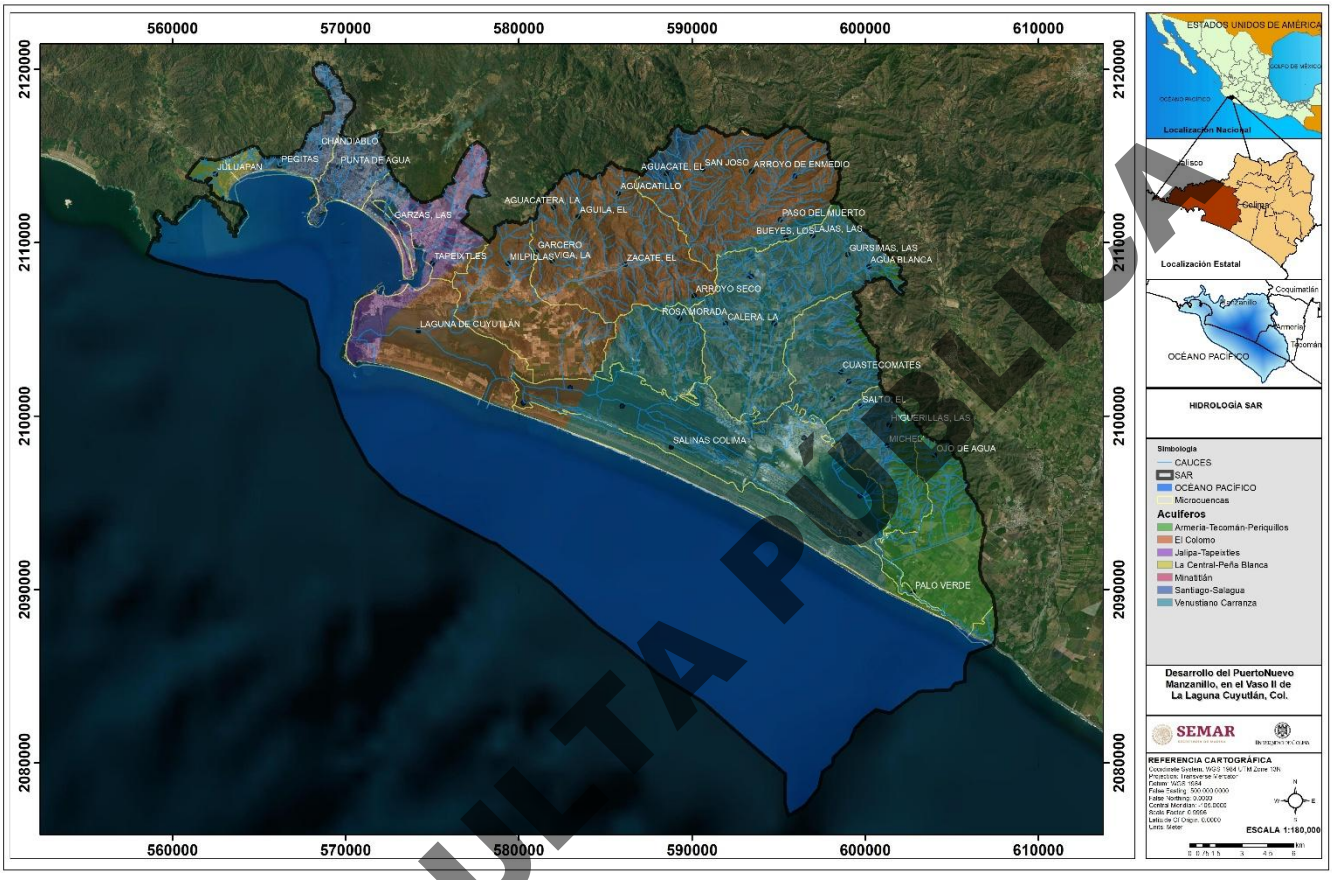


Figura VII. 18. Cauces, microcuencas y acuíferos en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO).[8]

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.6 **Medio Físico Marino**

Batimetría

La batimetría obtenida en 2025-2026[9] en la Laguna de Cuyutlán es la siguiente:

El Vaso I presenta la menor área y volumen dentro de la Laguna de Cuyutlán. Su profundidad media es de aproximadamente 1.16 m, lo que favorece una alta interacción con la atmósfera (evaporación) y rápida respuesta a forzamientos externos.

[8] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
[9] Obtenida del Capítulo IV de esta MIA-R, apartado Medio Físico.

Desde el punto de vista hidrodinámico, este vaso está fuertemente influenciado por su conexión directa con el océano Pacífico a través del Canal Ventanas, lo que genera un intercambio de agua de mar significativo y una renovación continua de agua

El Vaso II constituye el vaso central e hidrodinámico del sistema lagunar, ya que concentra aproximadamente el 48% del volumen total de la Laguna y el ingreso de agua por el canal Tepalcates es el principal de agua a todo el sistema. Su mayor extensión superficial y profundidad media ligeramente superior (1.68 m) a los demás vasos le confieren una mayor capacidad de almacenamiento y amortiguamiento hidrodinámico.

Este vaso recibe influencia directa tanto del intercambio de marea (directa por el canal Tepalcates y de manera indirecta a través del Vaso I) como de los flujos provenientes del interior de la cuenca, de la cuenca El Colomo y del arroyo Zacate en época de lluvias, por lo que su circulación es más compleja.

El Vaso III representa un compartimento intermedio tanto en términos de volumen como de dinámica hidrodinámica. Su profundidad media de 1.34 m y su posición dentro del sistema lo convierten en un vaso con intercambio muy restringido respecto a los vasos más cercanos al mar.

El flujo de agua hacia este vaso depende principalmente del intercambio con el Vaso II, lo que implica una reducción en las velocidades de corriente, mayor tiempo de residencia y mayor estabilidad hidráulica relativa.

El Vaso IV es el compartimento más confinado del sistema lagunar, con un volumen significativo, pero con el menor grado de intercambio hidráulico, debido a que la zona de intercambio con el vaso III está controlado de forma antropogénica, a través de un canal que se cierra artificialmente. Su profundidad media de 1.38 m, gracias a una zona profunda al interior. Su limitada conexión con los vasos que tienen ingreso de agua de mar genera condiciones de baja energía hidráulica. En la zona más oriente de la laguna, el Vaso IV tiene conexión hidráulica con el estero Palo Verde, que, debido al cierre temporal de la compuerta entre el Vaso III y IV, genera intercambios intermitentes de agua salada y dulce en la zona de conexión.

Este vaso presenta las menores velocidades de flujo, el mayor tiempo de residencia y alta susceptibilidad a procesos de acumulación y evaporación, por lo que existen grandes acumulaciones de sales y posibles procesos de eutrofización.

CONSULTA PÚBLICA

Marea[10]

La dinámica de mareas en el área de estudio corresponde a un régimen semidiurno mixto, caracterizado por la ocurrencia de dos mareas altas y dos mareas bajas diarias con amplitudes desiguales. El comportamiento del nivel presenta oscilaciones periódicas propias del régimen mareal, con un rango de marea entre 1,5 y 1,8 m, lo que clasifica al sistema como mesomareal bajo. La amplitud de los ciclos mareales evidencia la interacción entre los componentes lunar y solar, generando desigualdad entre pleamares y bajamares consecutivas. Este comportamiento constituye el principal forzamiento del sistema en la Laguna Cuyutlán.

Patrones de circulación

En la Laguna de Cuyutlán, el agua marina entra durante la marea alta y fluye con gradientes pronunciados, impulsando el flujo dentro de la laguna en dirección suroeste-noreste (SO-NE) en el área de entrada. Durante las salidas (vaciantes), la dirección del agua que abandona la laguna se invierte, alejándose de esta debido al descenso de la marea. Así se establece un ciclo de circulación controlado por las mareas, donde tanto la dirección del flujo como su intensidad pueden fluctuar en el tiempo. Este comportamiento refleja una dependencia mareal del sistema.

Circulación durante el ingreso de agua de mar

La circulación presenta gradientes hidráulicos bien definidos en las zonas de conexión, con velocidades que van desde los 0.17 a 0.20 m/s. Estos valores disminuyen progresivamente hacia los vasos interiores, donde las velocidades son del orden de 0.01 a 0.03 m/s, evidenciando una pérdida significativa de energía hidrodinámica.

El patrón de niveles de agua muestra que la zona de conexión en el Vaso II actúa como un control hidráulico, limitando la transmisión del forzamiento mareal hacia los vasos III y IV, donde se observan niveles más homogéneos y de menor magnitud, característicos de zonas de baja energía hidrodinámica y aumento en los tiempos de residencia.

El análisis de gastos muestra una concentración del flujo en la zona de conexión del Vaso II. Este comportamiento indica una canalización del flujo a través de una sección reducida, generando mayores magnitudes locales de velocidad.

[10] Capítulo IV de esta MIA-R, apartado Medio Físico.

CONSULTA PÚBLICA

Circulación durante la salida de agua de mar (baja mar)

El sistema lagunar presenta un patrón de drenaje bien definido, caracterizado por niveles más altos en los vasos interiores y una disminución progresiva hacia la zona de conexión marina. Este gradiente hidráulico favorece el flujo de salida, especialmente en los Vasos I y II, permitiendo una evacuación eficiente del agua almacenada. En los vasos interiores, el flujo está restringido por la geometría de las zonas interconectadas, lo que genera un gradiente más suave y una menor movilidad del agua.

El análisis del gasto muestra una distribución relativamente uniforme en todo el sistema lagunar, con la salida por el canal Tepalcates como principal zona de drenaje, lo que indica un patrón bien distribuido y eficiente en el Vaso II. En los vasos interiores, el flujo mantiene una distribución homogénea, sin evidenciar trayectorias preferenciales ni zonas de baja intensidad de flujo.

Simulaciones para temporada de lluvias

En la condición de temporada de lluvias para el escenario sin proyecto, la distribución del nivel del agua muestra un patrón claramente influenciado por los aportes continentales al inicio de los eventos de escurrimiento, principalmente del Arroyo Zacate. Se observa un incremento significativo del nivel en la zona de entrada del arroyo hacia el Vaso II, generando un gradiente hidráulico dirigido principalmente hacia el mar, distribuyéndose en el norte y centro del vaso II. La propagación de este forzamiento es limitada, ya que los vasos interiores presentan variaciones mínimas en el nivel del agua, lo que sugiere una disipación rápida de la energía y una distribución poco eficiente del flujo a lo largo del sistema lagunar, debido a la amplia superficie de los vasos, el poco aporte de las cuencas secundarias y la concentración. Sin embargo, para el fondo del Vaso III y IV el aporte de agua de escorrentía es muy importante ya que ayuda a controlar el aumento de salinidad debido a la evaporación y modifica los tiempos de intercambio y renovación de agua

El nivel en la zona de descarga aumentará en función de la duración de los eventos de escorrentía y gasto. El incremento en el nivel es poco perceptible para la zona del arroyo Zacate (menor a 0.30 m) y en la zona de cultivo (menor a 5 cm), ya que el agua se distribuye en un área amplia redirigida por los pequeños canales. En particular, en Zacate, el aumento es de unos pocos centímetros para gastos menores a los 50 m^3/s y de 30 a 90 cm para eventos mayores a 150 m^3/s como el simulado.

El análisis gasto muestra una distribución relativamente uniforme del transporte a lo largo del sistema lagunar, lo que indica una adecuada propagación del escurrimiento hacia el mar, principalmente en el Vaso II. En la zona de entrada se observan variaciones locales en la intensidad del flujo, asociadas a procesos de mezcla y redistribución, sin que se genere una canalización dominante, únicamente en la zona donde se descarga el Arroyo Zacate.

CONSULTA PÚBLICA

Tiempos de residencia

En la Laguna de Cuyutlán el tiempo de residencia está asociado a una alta renovación del agua en áreas con fuerte influencia mareal y buena conexión con el mar, lo que indica un eficiente intercambio hidráulico. Por el contrario, tiempos de residencia elevados reflejan un estado hidrodinámico de baja energía, donde el intercambio con el mar es limitado y predominan procesos de almacenamiento o alta evaporación.

Época de estiaje

En la Laguna de Cuyutlán los tiempos de arribo de agua de mar rondan de 0.3 – 3 días en las zonas de conexión (canales Tepalcates, Ventanas, Vaso I a Vaso II, Vaso II a Vaso III y conexión Vaso IV – Estero Palo Verde), mientras que en el Vaso III la velocidad de arribo va desde 3 hasta 33 días en el fondo del Vaso. En el Vaso IV el tiempo de arribo va desde 30 días. El tiempo de inicio del proceso de mezcla en la Laguna de Cuyutlán va de 0.3 a 86 días, siendo el centro del Vaso III el que registra el valor máximo y las zonas de conexiones de canales las que presentan el menor tiempo. En el intercambio total de agua los Vasos III y IV registran 100 días, mientras que el Vaso II 20 días, el Vaso I de 2-4 días (Tabla VII. 2).

Tabla VII. 2. Tiempo de arribo de agua de mar, inicio del proceso de mezcla e intercambio total de agua en la Laguna de Cuyutlán en época de estiaje.

	C. Tepalcates	C. Ventanas	C. Vaso I - Vaso II	Vaso II - Vaso III	Vaso IV - E. Palo Verde	Vaso I	Vaso II	Vaso III centro	Vaso IV
Tiempo primer arribo de agua de mar (Días)	0.3	0.3	<1	1 - 3	1	<1	1 - 3	3 - 33	30
Tiempo de inicio del proceso de mezcla (Días)	0.3	0.3	0.3	3	3	4-5	4-5	86	80
Tiempo de intercambio total de agua (Días)			2	15		2-4	20	100	100

Época de lluvias

CONSULTA PÚBLICA

En los canales de Tepalcates y Ventanas, el arribo de agua de mar coincide con el periodo de marea, con valores entre los 0.25 y 0.3 días, al igual que en temporada de secas. En el interior del Vaso I, el arribo es menor de un día, como se observó anteriormente. En el interior del Vaso II, los tiempos de arribo se mantienen. Para el Vaso III, en la zona de conexión el arribo ocurre en menos de un día, pero los tiempos son más rápidos al fondo del vaso, pasando de entre 33 y 34 días aproximadamente a entre 30 y 33 días, al igual que en el Vaso IV en su zona de intercambio.

Para el inicio del proceso de mezcla, se observan pocas diferencias en los Vasos I y II. Se mantienen los mismos tiempos: entre 0.5 días y 1 día para el Vaso I; 0.5 días para el canal Tepalcates; y entre 4 y 6 días para el interior del Vaso II. Las variaciones se observan al fondo del Vaso III y en el Vaso IV, pasando de rangos de 80 a 84 días a rangos de 77 a 80 días.

Transporte de sedimentos y erosión

La distribución de la concentración de sedimentos en suspensión (SSC) en la Laguna de Cuyutlán muestra un patrón espacial diferenciado, con predominio de concentraciones bajas en la mayor parte de la laguna, especialmente en los Vasos III y IV debido a las bajas velocidades. Aproximadamente el 60–70% del área presenta valores de 0.1 a 0.5 kg/m³, lo que indica condiciones favorables para la deposición de sedimentos finos, como ocurre en áreas alejadas de la influencia de los canales Ventanas y Tepalcates.

Al interior del Vaso I y II, se identifican SSC intermedios del orden de 0.5 a 0.9 kg/m³, asociadas a procesos activos de transporte. En la zona de interconexión entre el Vaso I al II y del Vaso II y III se presentan SSC cercanas a 1.0 kg/m³, lo que indica procesos localizados de resuspensión asociados a niveles de energía hidráulica variables.

El Vaso III y el Vaso IV presentan condiciones propicias para la acumulación de sedimentos debido a la falta de flujo continuo y a las bajas velocidades. Al fondo del Vaso IV se observan los valores máximos, ya que el sedimento no tiene salida hacia el mar y se acumula en la zona de mayor profundidad. Esta acumulación también genera azolvamiento entre canales y hacia el Estero Palo Verde.

La distribución del espesor de sedimentos en la condición base muestra un patrón heterogéneo, con predominio de acumulación en el Vaso III, de aproximadamente 0.05 m, lo que indica condiciones de baja energía y de retransporte dominante.

En el Vaso I, se identifican espesores intermedios del orden de 0.05 a 0.20 m, asociados a procesos de deposición moderada, producto de los sedimentos continentales. En el Vaso II se observan depósitos entre los 0.05 a los 0.40 m. Es la Zona más diferenciada debido a la influencia del Canal Tepalcates.

CONSULTA PÚBLICA

Este comportamiento indica la presencia de una zona de deposición preferencial, en los márgenes y en donde se encuentra el canal de navegación existente lo que se asociada a el transporte de sedimentos debido al canal y a la influencia del Arroyo Zacate.

Actualmente, la laguna ya presenta una zona activa de azolvamiento en condición base, que corresponde al fondo de los Vasos III y IV y está asociada a limitaciones en la conectividad hidráulica.

Los procesos hidrodinámicos que pueden generar erosión en la Laguna de Cuyutlán están más influenciados por la estructura geométrica del sistema que por la velocidad de flujo, ya que el bajo nivel y la amplia superficie de los vasos amortiguan la velocidad del agua. Esto resulta en regiones o secciones con energía concentrada que corresponden a zonas de conexión hidráulica, canales de navegación y caminos de flujo preferenciales, donde es posible generar erosión.

Los canales se encuentran en zonas donde la erosión está controlada. En el caso de la conexión entre el Vaso II y el Vaso III, la zona de intercambio se localiza sobre un macizo rocoso, lo que genera poca erosión sobre el lecho, permitiendo que el aumento de velocidades no socave el fondo de la conexión. Hacia el interior del Vaso III, los sedimentos y la corriente han generado un incremento en la profundidad debido a la erosión, que puede observarse en la batimetría; sin embargo, la energía de la corriente es rápidamente disipada por la geometría del Vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.7 **Calidad del agua**[11]

En la Laguna de Cuyutlán.

La variabilidad de los parámetros y su influencia con su posición geográfica, la profundidad y la variabilidad temporal, en conjunto muestran un sistema dinámico que al conjugarse de manera momentánea pueden generar situaciones de estrés desfavorables para los productores primarios o la base bacteriológica de la cual depende la base de la cadena trófica. Por esta situación, el porcentaje de mortalidad para expresar la toxicidad aguda es variable y más alto en zonas internas y someras de los distintos vasos lagunares, sin que se lleguen a presentar situaciones extremas que superen lo establecido en la norma ambiental (Ortega-Camacho y Cejudo-Espinosa, 2008).

Los resultados analizados permiten suponer que la columna de agua del sistema de la Laguna de Cuyutlán es distinta entre los vasos lagunares, estas diferencias se relacionan de manera directa con la influencia mareal, posición y profundidad de las

[11] Datos de la Universidad de Colima, Capítulo IV de esta MIA-R, apartado Calidad del agua.

estaciones de monitoreo, temporalidad o estacionalidad y la climatología local que se traducen en gradientes desde las zonas de mayor influencia marina y mayor dinámica/profundidad hacia las zonas internas con menor profundidad. En los Vasos I y II esta diferencia se hace más marcada conforme se penetra hacia la parte interna del Vaso III por su baja profundidad. El Vaso IV presenta condiciones particulares debido a su comunicación limitada con el resto del sistema y el nulo intercambio mareal que generan los valores y variabilidades más altas del sistema lagunar que lo hace casi un cuerpo de agua independiente del resto del sistema lagunar de no ser por su conectividad con el Estero Palo Verde, que es un sistema de agua dulce que a través de la alcantarilla que cruza la autopista entre Manzanillo y Colima, lo que genera una interdependencia importante.

En los Vasos I y II la influencia mareal se propaga con mayor intensidad a través de los canales de Ventanas y Tepalcates a través de los canales internos de comunicación, lo que genera diferencias significativas entre las estaciones de monitoreo de estos mismos Vasos. Las estaciones más cercanas a estas bocas registran los valores más parecidos a los marinos adyacentes, con temperaturas bajas y menos fluctuantes, y en general también bajas concentraciones de los distintos parámetros debido a la mezcla y dilución por influencia oceánica respecto a zonas internas de baja profundidad donde la influencia mareal resuspende material orgánico e inorgánico desde sedimentos que genera valores altos puntuales de Sólidos Suspendidos Totales (SST). En estas áreas internas ocurren valores altos de Salinidad y Temperatura, así como en altas concentraciones de Nutrientes inorgánicos disueltos, descensos en el oxígeno disuelto (OD) y valores de pH fluctuantes. El verano coincide con la época de lluvia (julio-octubre) cuando los escurrimientos continentales, la resuspensión mareal y la salida de agua desde el Vaso III generan incremento en los valores de los distintos parámetros, lo que es más notable en estaciones internas o alejadas de las bocas de los canales de Ventanas y Tepalcates como es el caso de la estación cercana al puente del ferrocarril o las estaciones internas del Vaso II donde se han registrado valores incluso más altos que en el Vaso IV durante los distintos años para SST, nutrientes y clorofila-a principalmente.

En el Vaso III, además de la influencia mareal cerca del canal de Tepalcates, los vientos locales son un factor importante en su parte interna pues al ser áreas someras se genera resuspensión de material desde el sedimento que se traduce en valores elevados de SST y de nutrientes inorgánicos disueltos, que en ocasiones se relacionan con valores altos de productividad primaria (expresada como Clorofila-*a*), cuando la penetración de luz en la columna de agua es la adecuada. Esta condición genera que el pH también presente amplias variaciones, ya que el material orgánico e inorgánico coloidal que queda suspendido modifica el pH. Por lo anterior, el OD es una de las variables que ha presentado inestabilidad a lo largo de los distintos periodos de monitoreo, sobre todo en la parte interna de este vaso en función de los SST y de la Clorofila-*a*, en especial en zonas internas y de baja profundidad donde la carga de material orgánico es alta y su degradación lo agota. Estas particularidades hacen que en la época de lluvia se presenten valores especialmente altos en los distintos parámetros debido al arrastre y aporte

CONSULTA PÚBLICA

continental y que hasta la actualidad se presente alta variabilidad entre las estaciones del mismo Vaso, incluso con la temperatura o salinidad debido a variaciones puntuales contrastantes entre estiaje y lluvia, sobre todo hacia el mes de junio donde las temperaturas llegan a los 38.2 °C y por evaporación se registran salinidades superiores a los 50 UPS que son aprovechadas por la actividad salinera antes de que lleguen las lluvias de verano.

El Vaso IV es distinto al resto debido a que funciona casi como un cuerpo aislado del resto del sistema lagunar con infiltraciones de agua dulce desde el manto freático incluso en época de estiaje que se ven alteradas por los escurrimientos continentales de verano (lluvias) desde las zonas agrícolas o ganaderas adyacentes que generan que este Vaso lagunar presente en la mayoría de los meses condiciones con elevada disponibilidad de Nutrientes inorgánicos disueltos, Clorofila-*a*, SST, amplias variaciones de OD y temperaturas altas. Lo anterior genera contrastes significativos entre estiaje y época de lluvia cuando su salinidad llega hasta las 2.1 UPS debido a su nulo recambio y altos escurrimientos continentales, es cuando el resto de los parámetros alcanza los valores más altos debido al alto tiempo de residencia donde además la climatología y viento local genera perturbaciones en su columna de agua con resuspensión de material orgánico desde sedimentos lo que genera remineralización del material orgánico y condiciones eutróficas sin embargo su cuerpos de agua se mantiene por la influencia desde el Estero Palo Verde que al ser un sistema eutrófico si bien, mantiene su espejo de agua, en época de verano mantienen las elevadas concentraciones de nutrientes y debido a su aislamiento por escaso recambio de agua y evaporación, el resto de parámetros llegan a valores máximos extremos.

Los valores de COT, P Tot, N Org Tot, DBO_5, DQO, GyA, CT, CF, *E. Coli*, E. fecales indican de origen antropogénico, los valores de COT, P Tot, N Org Tot, DBO_5, DQO, GyA, CT, CF, *E. Coli*, E. fecales indican que los valores se relacionan con el alto contenido de material orgánico de un sistema tropical eutrófico donde la circulación interna, la morfología, la profundidad y los escurrimientos continentales generan altas fluctuaciones relacionados también con tasas de evaporación, recambio de agua por baja incidencia mareal (mayor tiempo de residencia) hacia las partes internas del Vaso III y en el IV, con valores puntuales de pH de 7.59, que según el momento de la marea (flujo o reflujo) ocasionan valores altos de salinidad, temperatura, nutrientes y bajos valores de pH y OD. Lo anterior evidencia que el sistema se encuentra en evolución continua con una tendencia de normalidad que se altera en estaciones internas y someras debido a dinámica cuando se detectan valores altos debido a una gran resuspensión de sedimentos (Muhammand et al., 2022).

Del frente costero marino.

CONSULTA PÚBLICA

En distintos parámetros fisicoquímicos analizados como pH, salinidad, oxígeno disuelto, conductividad, SST, nutrientes, E. coli, E. fecales y cloro residual, no se aprecia una zona de influencia en el frente marino desde la laguna de Cuyutlán, incluso en las estaciones aledañas a la principal área de intercambio mareal que es el canal de Tepalcates, es decir, su influencia no se percibe a 1000 m después de su frente marino durante la época de estiaje en la cual se realizaron los monitoreos.

Parámetros como el COT, N Tot, P Tot, y sulfuros no muestran que el frente marino esté alterado por descargas continentales de algún tipo, muestran variaciones que pueden estar relacionadas con la dinámica costera en condiciones de estiaje, que corresponden a un sistema oligotrófico como ha sido clasificada esta zona del Pacífico central mexicano. En este sentido las concentraciones de clorofila-a corresponden a esta clasificación sin que se muestre evidencia de un enriquecimiento natural que puede generar un evento de surgencia y con ello la aparición de florecimientos algales nocivos que llevan a concentraciones de hasta 20.8 mg/m^3.

Para el caso de algunos iones metálicos sí presentaron puntualmente, en distintas estaciones y meses, valores que superaron el límite de la norma ambiental, como el caso del Cu (Febrero 2026 registró 20.1 mg/L) y el Cr tot (Febrero 2026 registró 2.01 mg/L), lo que podría estar relacionado con presencia de buques fondeados cerca de las áreas de la realización de monitoreo debido al recubrimiento de sus cascos con pintura antiincrustante que utilizan estos metales como sustancias que inhiben esta actividad biológica en su superficie.

De manera general los valores más altos se presentan en las estaciones cercanas a las bahías de Manzanillo y Santiago, esto puede estar relacionado con los aportes antropogénicos que pueden ser de manera indirecta a través de los arroyos Salagua o Santiago, incluso a través de la boca de la laguna de Juluapan o del puerto de Manzanillo, ya que a través de ellos de manera indirecta las actividades antropogénicas pueden generar estos incrementos debido a descargas o intercambio mareal.

Los perfiles CTD muestran que en las bahías de Santiago y Manzanillo la estratificación se presenta entre los 8 y 25 m de profundidad, mientras que en el frente de la barra de Cuyutlán ocurre entre los 15 y 35 m.

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.8 Calidad de los sedimentos

Los sedimentos superficiales fueron principalmente arcillo-limosos, franco arcillosos y arcillosos. El contenido de arcillas y limos en los tres sitios de muestreo fue mayor al 80%, mientras que el contenido de arenas estuvo entre 2 y 15% y el contenido de gravas fue menor al 8%.

En el sitio de estudio el primer estrato de suelo lacustre (hasta aproximadamente 5 m) está compuesto por arcilla gris con tonalidad rojiza, poco limo gris claro y consistencia blanda, además de presencia de lentes aislados de materia orgánica, con muy poca arena fina; más del 90% de estos sedimentos están compuestos por limos y arcillas. El siguiente sustrato (hasta aproximadamente los 10 m de profundidad) se compone principalmente de arenas finas (>50%), en algunas zonas todavía se identifica la presencia arcillas. Este estrato es considerado una zona de transición entre el material fino típico lacustre y material más grueso presente en estratos más profundos. En el sustrato más profundo analizado, entre 10 y 20 m de profundidad, se tiene arena fina gruesa gris, con muy poco material fino (<10%) en algunos sitios se identificaron fragmentos de conchas y lentes de materia orgánica aislados, además de una compacidad muy densa.

La distribución en la matriz sedimentaria del periodo diciembre de 2025 y febrero de 2026, evidenció una variabilidad espacial estadísticamente significativa entre las distintas zonas de monitoreo. Específicamente, analitos como Al, Ni, Pb, Mn, As, Cd, Cu, Hg, CN, Mg y Si presentaron diferencias significativas en sus concentraciones al comparar los distintos polígonos del sistema. A pesar de esta dinámica distributiva, los metales de alta preocupación toxicológica mantuvieron niveles estrictamente seguros en toda el área. El Pb registró concentraciones oscilantes entre 0.11 y 0.73 mg/kg, el Hg se mantuvo en un rango mínimo de 0.004 a 0.08 mg/kg, y el Cd mostró valores por debajo de los 0.66 mg/kg. Por su parte, el Zn y el Ni alcanzaron máximos de apenas 21.64 mg/kg y 4.46 mg/kg, respectivamente. El Cr total exhibió valores entre 9.69 y 32.40 mg/kg, mientras que la fracción de CrVI se cuantificó en un rango de 0.56 a 3.82 mg/kg, descartando riesgos de toxicidad. Los valores antes presentados cumplen con la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, enfocada en los usos de suelo más restrictivos (agrícola y residencial), ninguna muestra superó los Límites Máximos Permisibles. Esto establece que el área de estudio, que comprende el sistema de vasos, bahías y el frente adyacente, mantiene una estabilidad fisicoquímica libre de aportes antrópicos críticos durante el periodo analizado.

El Cu osciló en términos generales entre 16.22 y 47.26 mg/kg, superando de manera puntual el Nivel de Alerta Baja (ERL de 34 mg/kg) en diversas estaciones de los vasos y bahías. De forma análoga, el As presentó valores entre 3.20 y 11.85 mg/kg, superando su respectivo ERL (8.2 mg/kg) en sitios específicos. Sin embargo, estos rebases localizados, sumados a las diferencias espaciales significativas detectadas en los elementos evaluados, operan únicamente como indicadores de variabilidad respecto al fondo natural del sistema costero. Estas fluctuaciones responden a la hidrodinámica particular de cada zona, el tamaño de grano, las condiciones redox y la propia firma litológica del área, sin constituir un riesgo ecológico agudo.

Tras la evaluación de peligrosidad conforme a los criterios CRETIB aplicada a los sedimentos recolectados en 31 de las 33 estaciones de monitoreo durante el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026, se determinó la ausencia de propiedades de Reactividad (R), Explosividad (E) y Biológico-Infecciosas (B).

CONSULTA PÚBLICA

Sin embargo, se confirmó la presencia de características de Corrosividad (C) y Toxicidad (T) con variaciones espaciales y temporales a lo largo del trimestre evaluado, esto es mostrado en la Tabla VII. 3.

Tabla VII. 3. Presencia de Corrosividad y Toxicidad durante el periodo de diciembre 2025 a febrero de 2026 en las estaciones de monitoreo.

Estación	Corrosividad									Toxicidad								
	dic-25			ene-26			feb-26			dic-25			ene-26			feb-26		
	NB	NM	NA	NB	NM	NA	NB	NM	NA	LT	MT	T	LT	MT	T	LT	MT	T
E01	X			X				X		X			X			X		
E02	X			X				X		X			X			X		
E03	X			X				X		X			X			X		
E04	X				X			X		X			X			X		
E05	X			X				X		X			X			X		
E06	X			X				X			X		X			X		
E07	X			X				X		X			X			X		
E08	X			X			X			X			X			X		
E09	X				X		X				X			X		X		
E10	X			X			X				X		X			X		
E11		X			X		X				X			X		X		
E12	X				X			X			X			X		X		
E13		X			X			X			X			X		X		
E14			X			X		X			X				X	X		
E15			X			X	X				X				X	X		
E16			X			X	X					X		X		X		
E17			X			X	X					X		X		X		
E18			X			X	X					X		X		X		
E19			X			X			X			X		X			X	
E20			X			X			X			X		X			X	
E21		X			X				X			X		X			X	
E22		X											X					
E23		X											X					
E24		X			X				X			X		X			X	
E25		X				X			X			X		X			X	
E26		X				X			X			X		X			X	
E27			X			X			X	X			X				X	
E28		X			X				X	X			X				X	
E29		X			X				X			X	X				X	

CONSULTA PÚBLICA

Estación	Corrosividad									Toxicidad								
	dic-25			ene-26			feb-26			dic-25			ene-26			feb-26		
	NB	NM	NA	NB	NM	NA	NB	NM	NA	LT	MT	T	LT	MT	T	LT	MT	T
E30		X			X				X			X	X				X	
E31		X			X				X			X	X				X	
E32		X			X				X			X	X				X	
E33		X			X				X			X		X			X	

Donde:

NB = Nivel Bajo
NM = Nivel Moderado
NA = Nivel Alto
LT = Ligeramente Tóxico
MT = Moderadamente Tóxico
T = Tóxico

CONSULTA PÚBLICA

Resumen de la hidrología, medio físico marino, calidad del agua y calidad de los sedimentos del SAR (escenario E_0)

El sistema hidrológico de la Laguna de Cuyutlán y su entorno (SAR) es complejo y marcadamente heterogéneo. A continuación, se sintetizan los hallazgos más relevantes y sus implicaciones para el escenario sin proyecto.

Acuíferos

Se tienen dos en déficit y cinco con disponibilidad. Los acuíferos con disponibilidad negativa (déficit) son Jalipa-Tapeixtles (-1.36 hm³/año) y Armería-Tecomán-Periquillos (-1.10 hm³/año). Ambos ya están sobreexplotados, lo que afecta la recarga natural hacia la laguna y la disponibilidad de agua para usos locales.

Los acuíferos con disponibilidad positiva son Venustiano Carranza (2.25 hm³/año), Colomo (6.34 hm³/año) y otros tres con menor extensión. Representan una reserva hídrica aún aprovechable, aunque su conexión con la laguna es variable.

En el escenario E0, la extracción de agua subterránea seguirá presionando los acuíferos en déficit, mientras que los acuíferos con disponibilidad podrían sostener nuevos usos. La laguna recibe aportes subterráneos significativos (p.ej., 0.52 m³/s del acuífero Colomo hacia el Vaso II), por lo que el balance hídrico lagunar es sensible a la explotación de estos acuíferos.

Batimetría y dinámica lagunar

Se tienen cuatro vasos y cuatro comportamientos, en el que el Vaso II es el más relevante para el proyecto y también el más dinámico. Los Vasos III y IV son los más vulnerables a la eutrofización y al asolvamiento, tendencias que se acentuarán en el E0 por la falta de dragado y la reducción del intercambio hídrico.

Calidad del agua

Por lo que respecta al frente marino los parámetros fisicoquímicos son los normales para un sistema oligotrófico del Pacífico central mexicano. La influencia de la laguna no se detecta a 1 km de distancia. Sin embargo, sí se detectaron puntualmente Cu y Cr total por encima de la norma, posiblemente por pinturas antiincrustantes de buques fondeados. En el E0, esta fuente persiste sin control específico.

En los Vasos I y II la calidad es aceptable, con influencia mareal que diluye contaminantes. Se registran episodios de altos Sólidos Suspendidos Totales (SST) y nutrientes por resuspensión de sedimentos, especialmente en verano. Sin embargo, no hay evidencia de descargas residuales antropogénicas directas.

CONSULTA PÚBLICA

En los Vasos III y IV la calidad es deteriorada al presentarse altas concentraciones de nutrientes (N, P), clorofila-a, SST, y fluctuaciones de oxígeno disuelto (hipoxia ocasional). El Vaso IV es el más crítico con aguas casi dulces (salinidad de 2.1 UPS en lluvias), alta eutrofización, y tiempo de residencia extremo. En el E0, se espera un empeoramiento progresivo de estas condiciones.

Calidad de los sedimentos

Por lo que respecta a los sedimentos son predominantemente arcillo-limosos (>80 % finos). Las concentraciones de Pb, Hg, Cd, CrVI están por debajo de los límites de la NOM-147 (uso agrícola/residencial). Esto indica ausencia de contaminación industrial o minera significativa. Sin embargo, el Cu y el As superan localmente el nivel ERL (Effects Range Low) en varias estaciones, lo que sugiere enriquecimiento natural o aportes difusos (posiblemente por lixiviación de rocas ígneas o por actividad portuaria existente). Este nivel de alerta baja no implica toxicidad aguda, pero sí justifica monitoreo continuo.

La corrosividad y toxicidad en sedimentos (Tabla VII.5) se concentran en los Vasos II y III, con variación estacional (mayor en época de lluvias). No se detectaron propiedades de reactividad, explosividad o biológico-infecciosas.

Mareas, corrientes y transporte de sedimentos

Marea semidiurna (dos pleamares y dos bajamares), con componentes M_2 y S_2 dominantes. La marea se propaga con amplitudes decrecientes hacia el interior (Vasos III y IV).

Corrientes: Las velocidades máximas de hasta 161 cm/s en conexiones restringidas (PFFCC, Malecón). En el resto de la laguna, las velocidades son <20 cm/s. Las corrientes dominantes siguen la dirección del flujo y reflujo mareal (OSO-O).

Gastos: El flujo neto en los canales interiores es hacia el oeste (hacia el mar), con valores promedio de -12.95 a -33.18 m³/s. Esto confirma que el sistema lagunar es drenado principalmente por la marea, no por aportes continentales.

Tiempo de residencia de sedimentos: Máximo de 45 días en Vaso III, mínimo de <10 días cerca del Canal de Tepalcates. Las zonas de alta velocidad (canales estrechos) son sitios de resuspensión y erosión localizada.

Conclusión interpretativa para el E0

En el escenario sin proyecto, la Laguna de Cuyutlán es un sistema estresado pero funcional, con una marcada dualidad hidrológica. Las zonas con buena renovación (Vasos I y II, cercanas al mar) mantienen una calidad de agua aceptable, aunque con fluctuaciones estacionales.

CONSULTA PÚBLICA

Las zonas confinadas (Vasos III y IV) presentan síntomas de eutrofización, acumulación de sedimentos finos y deterioro progresivo. Esta tendencia podría agravarse en el E0 por el cambio climático si se presentaran mayor temperatura, alteración de lluvias, etc., y por la presión antropogénica continua (acuíferos sobreexplotados, escorrentía agrícola, crecimiento urbano).

Sin embargo, el sistema no muestra evidencias de contaminación tóxica aguda (metales pesados dentro de normas), pero sí señales de alerta temprana (Cu, As puntuales, corrosividad en sedimentos) que requieren monitoreo. La hidrodinámica actual depende críticamente de los canales de conexión (Ventanas, Tepalcates, Malecón), cuya modificación podría alterar significativamente el balance descrito.

VII.1.1.9 Escenarios de riesgos abióticos

El estudio de riesgos abióticos y bióticos está enfocado en definir los riesgos potenciales que representa el entorno natural para la estabilidad del proyecto y viceversa para identificar los peligros que podrían afectar las obras, o al entorno.

En este sentido, el riesgo depende de las condiciones específicas de un sitio en estudio, según su ubicación y de los fenómenos que pueden manifestarse con mayor o menor intensidad. Asimismo, las condiciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos de una región condicionan los niveles de riesgo a que está sometida.

Las amenazas de origen natural que han afectado en el pasado, y por lo tanto tienen el potencial de afectar un área geográfica, están caracterizados en dos vertientes: fenómenos Geológicos y fenómenos Hidrometeorológicos.

Para la realización de este apartado, la información de los peligros y riesgos ha sido tomada del Atlas de Peligros y Riesgos en el Estado de Colima 2015 (APREC), del Atlas de Riesgos de Manzanillo 2024 (ARM), del Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades Climáticas 2023 (ARCV) para Manzanillo; del Atlas Nacional de Riesgos y del sexto informe de evaluación del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

El análisis de riesgo en el sitio del proyecto permite señalar los escenarios de riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones, de tal manera que mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas del sitio sin proyecto

En este sentido, el riesgo ambiental será evaluado de acuerdo con la afectación de un fenómeno en el sitio sin proyecto. Para el análisis de los riesgos que podrían afectar el sitio sin proyecto son considerados aspectos abióticos como: sismos,

CONSULTA PÚBLICA

vulcanismo, tsunamis, deslizamientos, hundimientos; fenómenos hidrometeorológicos como ciclones tropicales, marea de tormenta, temperaturas máximas, ondas cálidas, erosión hídrica y cambio climático, y en este caso en particular, también se consideró la explosión por ductos. En riesgo bióticos se consideraron el peligro por flora y fauna que amenacen al ser humano.

Metodología

Para la evaluación de riesgos se utilizó una matriz de riesgo[12] (Figura VII. 19), la cual califica el riesgo con base en la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y las consecuencias que podría generar (Cardno, 2016). Esta herramienta permite clasificar cada peligro en función de dos criterios fundamentales: la Probabilidad de ocurrencia (qué tan frecuente puede presentarse el fenómeno), y la Consecuencia o impacto (la magnitud de los daños potenciales). La combinación de ambos criterios define el nivel de riesgo, facilitando la priorización de las amenazas y la toma de decisiones en materia de prevención y mitigación.

MATRIZ DE RIESGOS

PROBABILIDAD								
5	Muy probable							
4	Bastante probable							
3	Probable							
2	Poco probable							
1	Improbable							
BAJO	ALTO		No Importantes	Limitadas	Serias	Muy serias	Catastróficas	
MODERADO	MUY ALTO		A	B	C	D	E	
RIESGOS			CONSECUENCIAS					

Figura VII. 19. Análisis de riesgos.

La probabilidad de ocurrencia es calificada en una escala del 1 al 5, donde el valor 1 corresponde a una ocurrencia Improbable (menos de una vez en 1 000 años) 2 Poco probable (una vez cada 100 a 1 000 años) 3 Probable (Una vez cada 2 a 100 años) 4 Bastante probable (Una vez por año) y Muy probable (Más de una vez al año).

Las consecuencias se califican con letras de la **A a la E**, donde: **A**: corresponde a Consecuencias no importantes, **B**: a Consecuencias limitadas, **C**: Consecuencias serias, **D**: Consecuencias muy serias y **E**: Consecuencias catastróficas

Una vez determinados la probabilidad y el impacto esperado, se localiza la intersección en la matriz de riesgos, obteniendo un nivel de riesgo que puede ser **Bajo, Moderado, Alto o Extremo**. Este resultado permite identificar de manera sistemática los peligros que requieren mayor atención en el diseño, operación y medidas de mitigación del proyecto.

[12] Evaluación de Riesgos para el manejo de los productos Químicos y Desechos especiales en el Ecuador, 2016.

CONSULTA PÚBLICA

La evaluación del riesgo físico proporciona una visión clara de las amenazas potenciales para la estabilidad del proyecto y su área de influencia, así como su naturaleza y gravedad (TPM, 2017). Con esta información se definen las acciones preventivas y correctivas necesarias para garantizar la seguridad y la sostenibilidad ambiental.

Riesgo Sísmico

México está situado en una de las regiones sísmicamente más activas. La alta sismicidad en el país es atribuida principalmente a la interacción de las placas tectónicas de Norteamérica, la de Cocos, la de Rivera y la del Caribe además de las fallas locales y la tectónica de occidente. Con fines de diseño antisísmico y según datos de CFE, México se dividió en cuatro zonas sísmicas La zona A con sismicidad baja (aceleraciones del suelo mayores al 10% de g), la Zona B y C con sismicidad moderada a alta (con aceleración del suelo menor o igual al 70% de g) y la zona D con sismicidad muy alta (con aceleración del suelo mayor al 70% de g) (SGM, 2026).

El estado de Colima donde se ubica el SAR del proyecto está completamente dentro de la zona D, en la Figura VII. 20 es mostrado la regionalización sísmica de la zona, así como el marco tectónico de occidente.

CONSULTA PÚBLICA

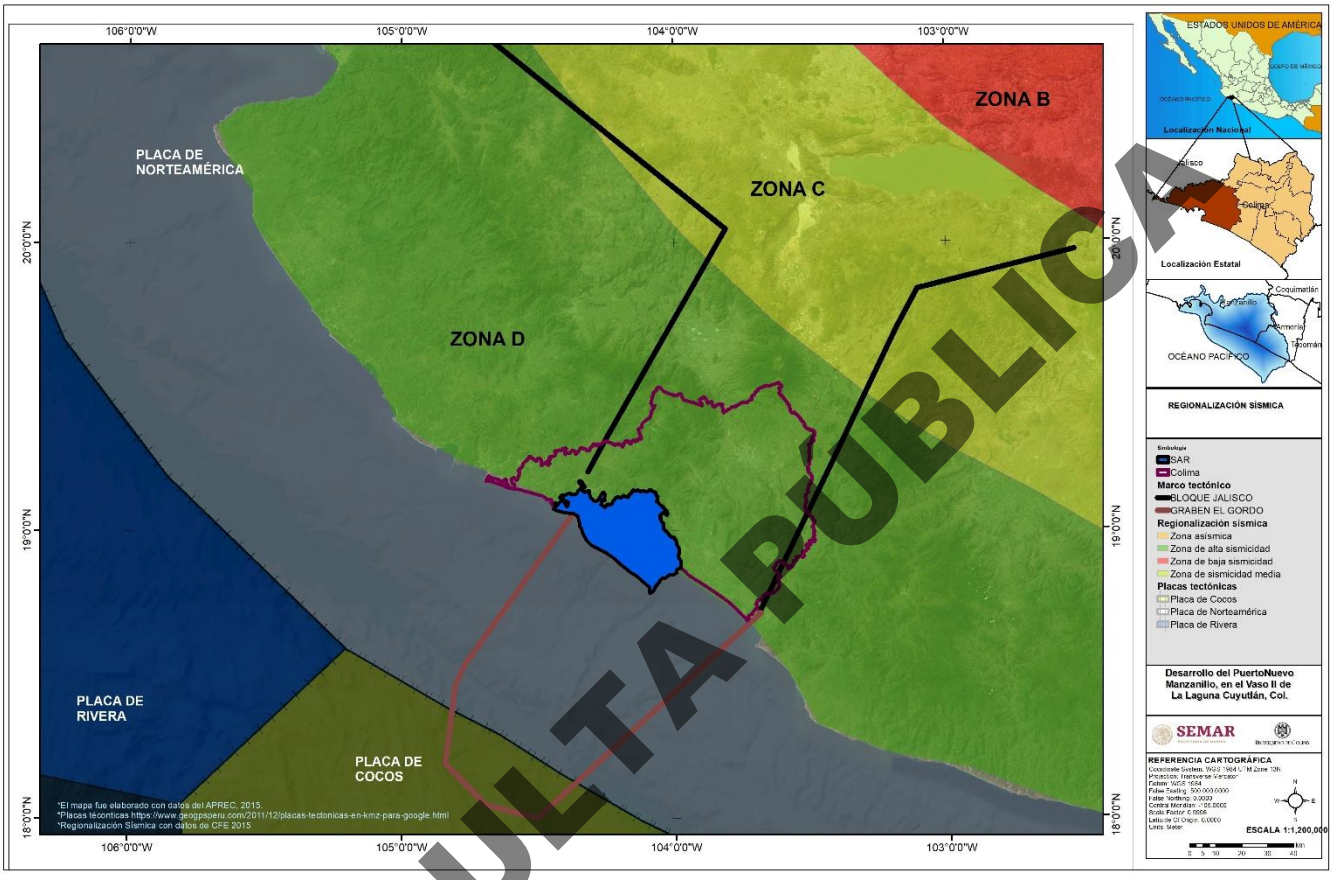


Figura VII. 20. Regionalización Sísmica (Mapa elaborados con datos de CFE 2015).

El Occidente de México representa una zona de tectónica compleja. Las placas oceánicas de Cocos y Rivera, separadas una de otra con el graben El Gordo, se hunden bajo la placa continental norteamericana a razón de 5 cm/año a lo largo de la trinchera Mesoamericana y forman la zona de subducción donde ocurren muchos eventos tectónicos, siendo más de 700 sismos con Mw≥4.5 en los últimos 125 años.

En la Figura VII. 21 se muestra el marco tectónico de la zona occidental de México formado por el Bloque Jalisco, Graben El Gordo, Trinchera Mesoamericana y las zonas de fractura de Rivera y Tamayo, así como los sismos ocurridos por el movimiento de estas placas desde 1900 y hasta el 28 de enero de 2026.

CONSULTA PÚBLICA

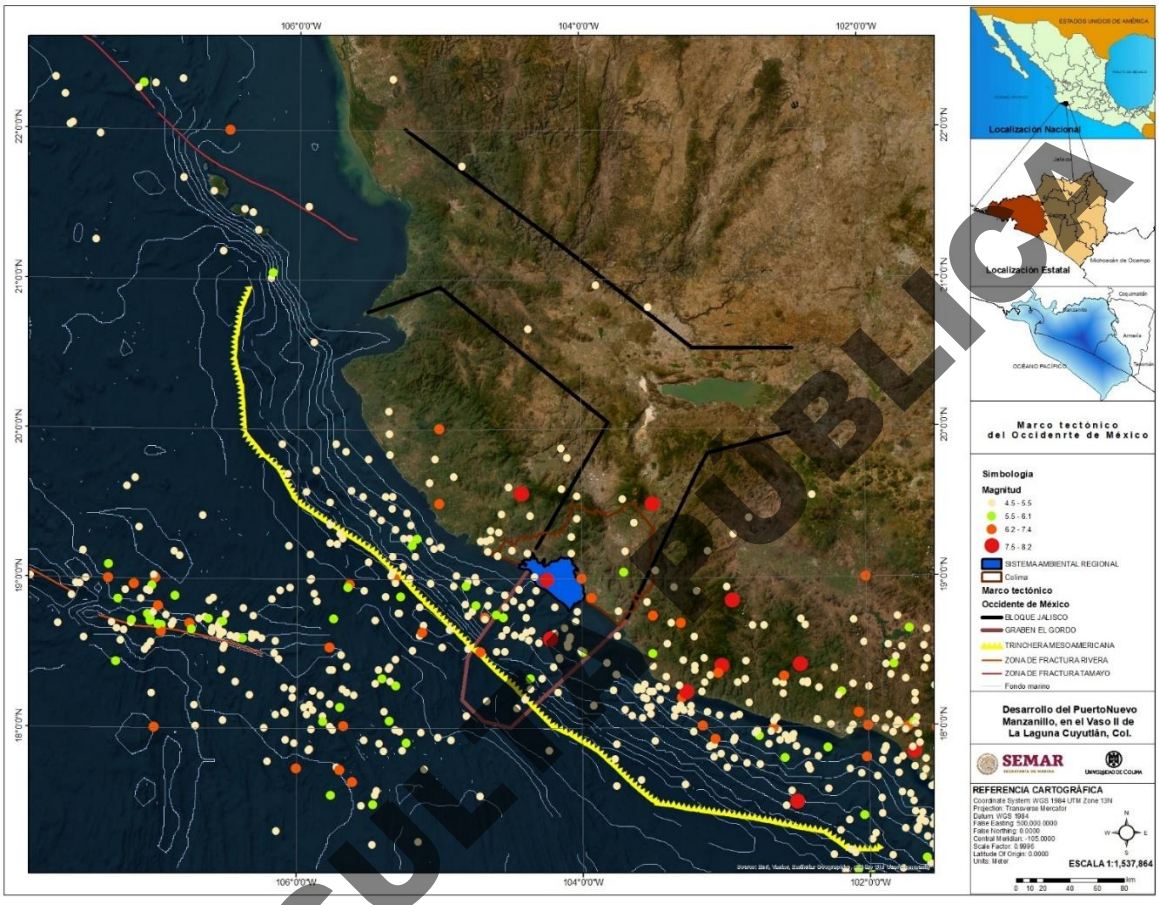


Figura VII. 21. Marco Tectónico del Occidente de México (Catálogo de sismos del SSN)13.

Durante el periodo 1900 - 2025 han ocurrido 10 sismos de magnitud Mw≥7.5 en esta zona occidental y han afectado al estado de Colima, Michoacán y Jalisco. Según los datos del SSN un sismo ocurrió el 7 de junio de 1911 con una magnitud de 7.6 a una profundidad de 33 km, el epicentro fue 59 Km al suroeste de Lázaro Cárdenas, Michoacán. El 19 de septiembre de 2022 ocurrió un sismo con una magnitud de 7.7, a una profundidad de 12.1 km, el epicentro fue 61 km al sur de Coalcomán Michoacán. Los datos de los 10 sismos son mostrados en la Tabla VII. 4.

CONSULTA PÚBLICA

[13] http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

Tabla VII. 4. Sismos ocurridos en la zona occidental de México durante el periodo 1900-2025.

No.	Fecha (aaaa mm dd)	Latitud (N)	Longitud (O)	M	Profundidad (km)	Localización
1	1911 06 11	17.5°	-102.5°	7.6	33	59 km al SUROESTE de CD LÁZARO CÁRDENAS, MICH.
2	1932 06 03	19.57°	-104.42°	8.2	33	4 km al SURESTE de CASIMIRO CASTILLO, JAL.
3	1932 06 18	19.5°	-103.5°	7.8	33	14 km al SUROESTE de TUXPAN, JAL.
4	1941 04 15	18.85°	-102.94°	7.6	33	25 km al NORESTE de COALCOMÁN, MICH.
5	1973 01 30	18.412°	-103.019°	7.6	24	43 km al SURESTE de COALCOMÁN, MICH.
6	1985 09 19	18.419°	-102.468°	8.1	15	45 km al NOROESTE de LA MIRA, MICH
7	1985 09 20	17.828°	-101.681°	7.6	17	25 km al NOROESTE de ZIHUATANEJO, GRO.
8	1995 10 09	18.993°	-104.245°	8	25	10 km al SURESTE de MANZANILLO, COL
9	2003 01 21	18.6°	-104.22°	7.6	9	46 km al SUROESTE de CD DE ARMERIA, COL.
10	2022 09 19	18.2377°	-103.269°	7.7	12.1	61 km al SUR de COALCOMAN, MICH.

Según datos de los últimos 125 años en el occidente de México, tenemos dos zonas generadoras de sismos:

- **Zona generadora I**: La zona de subducción de las Placas Riveras y Cocos debajo de la placa de Norteamérica genera sismos con magnitud M_W 8.0 y Ms 8.0. El periodo de recurrencia para sismos de esta magnitud es de 25 a 30 años (APREC, 2015). Los sismos importantes que han ocurrido por esta actividad son: el 15 de abril de 1941 (sismo No. 4), el sismo del 30 de enero de 1973 (No. 5), el sismo del 19 de septiembre de 1985 (No. 6) mostrados en la Tabla VII. 5.
- **Zona generadora II**: Actividad sísmica generada por las fallas corticales del Bloque Jalisco; en esta zona se han generado sismos de entre 0 y 35 km de profundidad con magnitud ≥ 4.0 registrados por la Red Sísmica de Colima (RESCO) durante 1988-2000. El máximo evento fue registrado el 6 de marzo de 2000 con la magnitud Ms 4.7 (M_W 5.3). El periodo de recurrencia para sismos con M > 7 es de 256 años (APREC, 2015).

Efectos macrosísmicos de los terremotos 1995 y 2003.

Según estudios sobre los terremotos del 9 de octubre de 1995 y del 21 de enero de 2003 (APREC, 2015) (No. 8 y 9 de la Tabla VII.5) demuestran que la fuente del terremoto de 1995 se desarrolló a la dirección de convergencia entre las placas de Rivera y norteamericana a lo largo de la costa, mientras que la fuente del terremoto de 2003, originado dentro de la zona del graben el Gordo (EGG) que separa las placas de Rivera y Cocos, se desarrolló a lo largo del límite de placas Rivera-Cocos y normalmente a las estructuras de la zona de subducción y a la costa.

CONSULTA PÚBLICA

La gran diferencia en las direcciones de ruptura en las fuentes de los dos terremotos fue una razón para la diferencia en los daños producidos por estos sismos en el estado de Colima.

Esta diferencia fue mostrada por los estudios de los efectos macrosísmicos realizados en los estados de Colima, Jalisco y Michoacán (Zobin & Ventura-Ramírez, 1998; Zobin & Pizano Silva, 2007).

Para el terremoto del 19 de octubre de 1995 con M_W= 8.0, hubo tres zonas de intensidad MM[14] de VI-VII, V y IV. El evento se caracterizó por asimetría de la zona de máxima intensidad, alargada en la dirección noroeste de acuerdo con la posición del epicentro (Figura VII. 22).

CONSULTA PÚBLICA

[14] Escala Modificada de Mercalli.

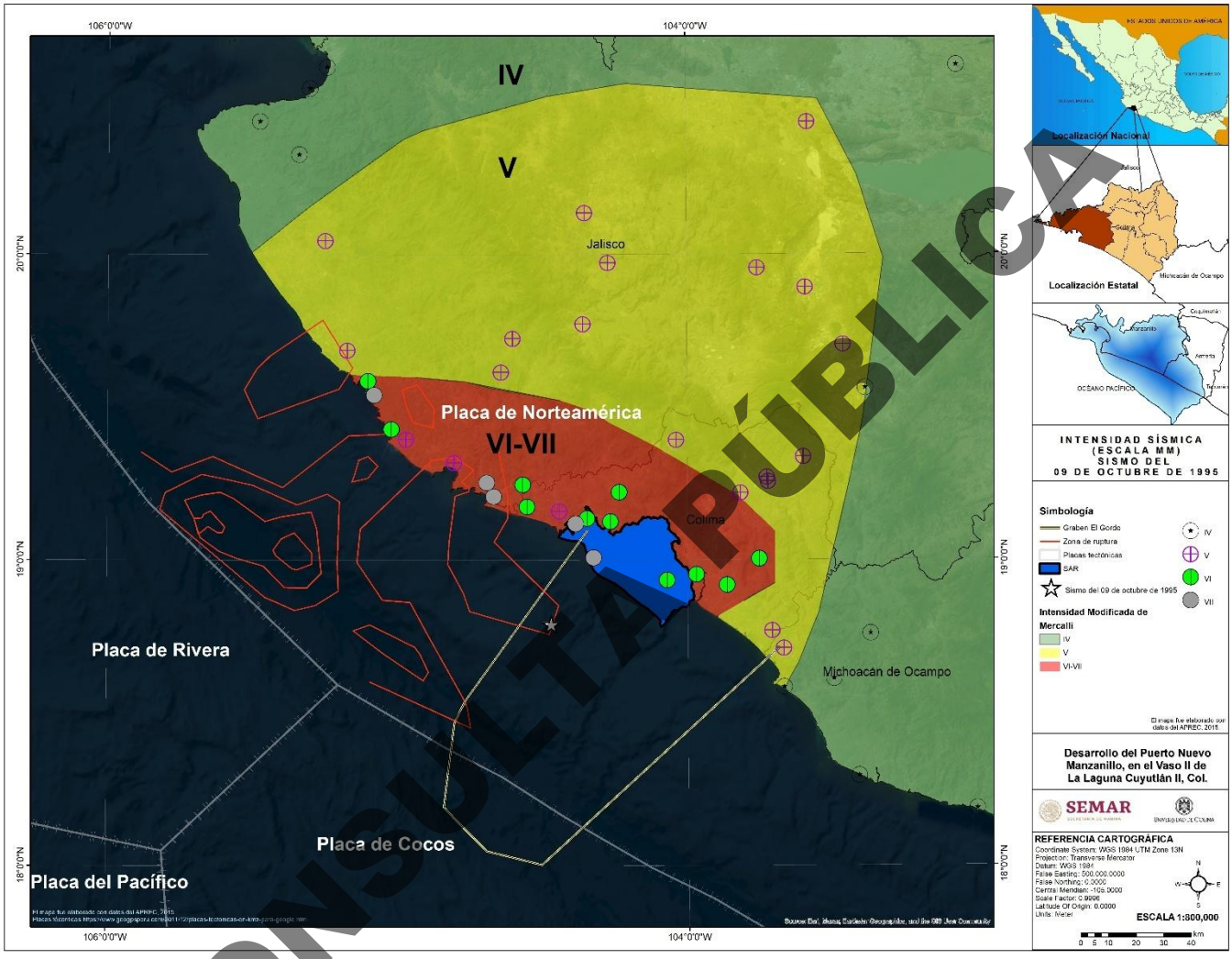


Figura VII. 22. Sismo del 09 de octubre de 1995. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015)

CONSULTA PÚBLICA

Para el terremoto del 21 de enero del 2003, cuatro zonas de igual intensidad se distinguen para intensidades MM de IV, V, VI, y VII. La zona de máxima intensidad se alarga en la dirección noroeste, normalmente a la trinchera y la costa. Las isosistas que separan las zonas de intensidades MM de V-VI y IV-V también se caracterizan por esta tendencia. La distribución de intensidades en ambos lados del epicentro es simétrica (Figura VII. 23).

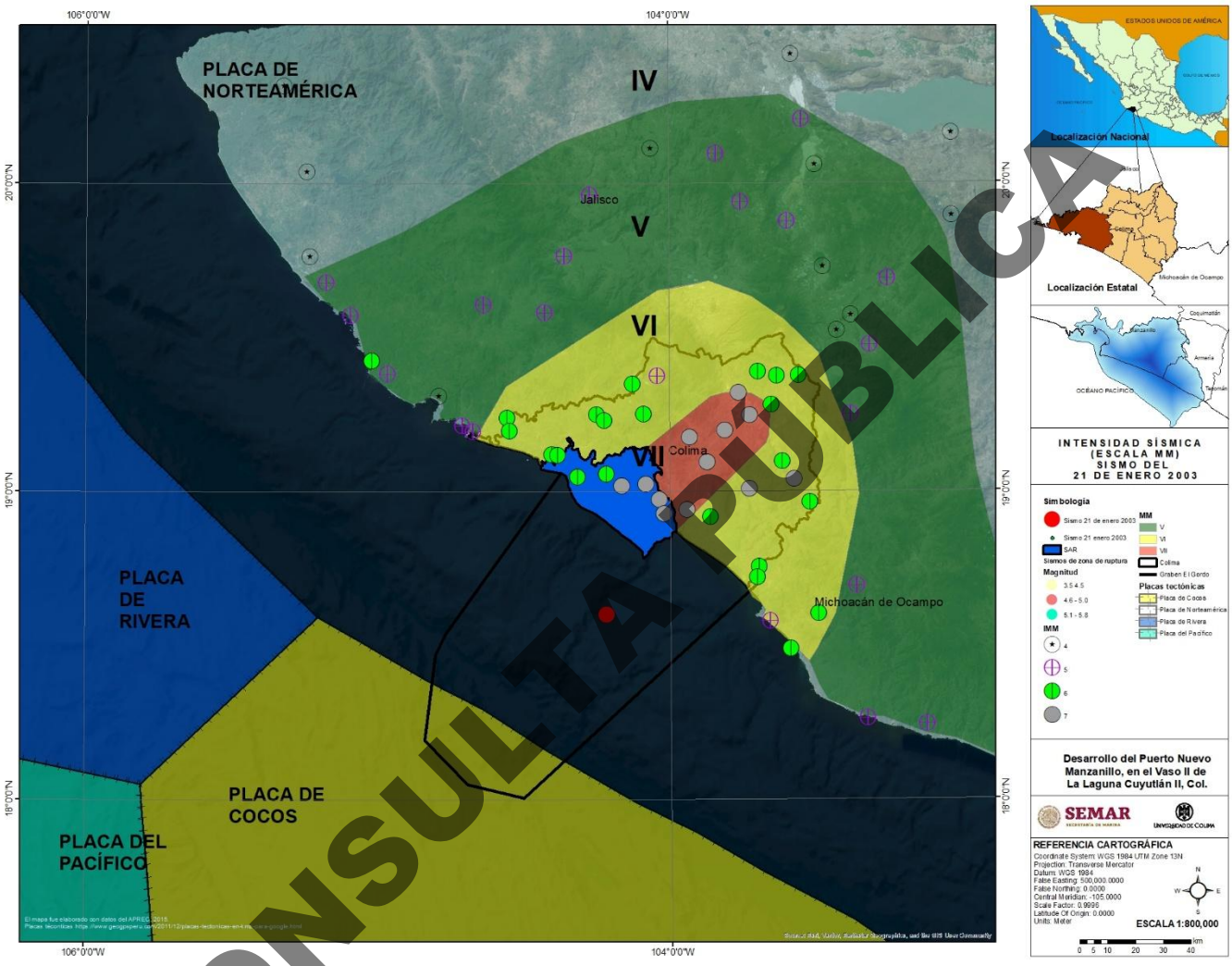


Figura VII. 23. Sismo del 21 de enero del 2003 (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

CONSULTA PÚBLICA

Zonificación de peligro sísmico

El peligro sísmico se expresa en términos de la tasa de excedencia de valores dados de intensidad sísmica. La tasa de excedencia de una intensidad sísmica se define como el número medio de veces, por unidad de tiempo, en que el valor de esa intensidad sísmica es excedido. El parámetro más frecuentemente usado para definir la intensidad del movimiento sísmico es la aceleración máxima del terreno (PGA, *Peak Ground Acceleration*) expresada en gales (cm/s^2) o en porcentaje respecto a la aceleración de la gravedad (% *g*). Para el estado de Colima se ha calculado una PGA para terreno firme (periodo propio de

vibración T=0 s) por medio del programa CRISIS99, utilizando el Modelo de Poisson. El mapa de iso-aceleraciones es mostrado en la Figura VII. 24 donde se observa que la aceleración máxima del terreno para el estado de Colima es de 171 a 244 cm/s^2 (17.4-24.9 % de g) para un periodo de recurrencia de 100 años. En el sitio del proyecto la aceleración máxima del terreno podría llegar hasta los 244 cm/s^2.

CONSULTA PÚBLICA

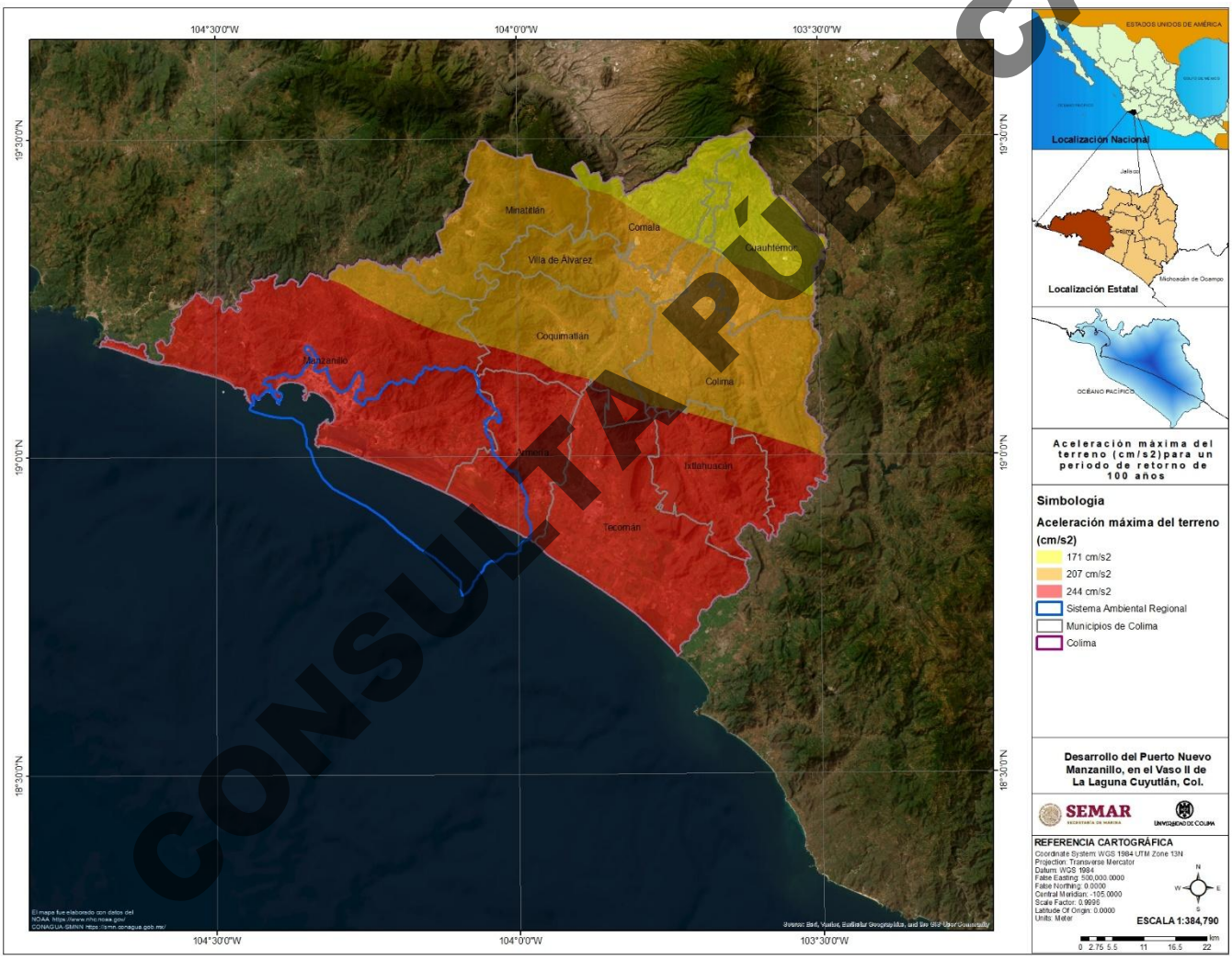
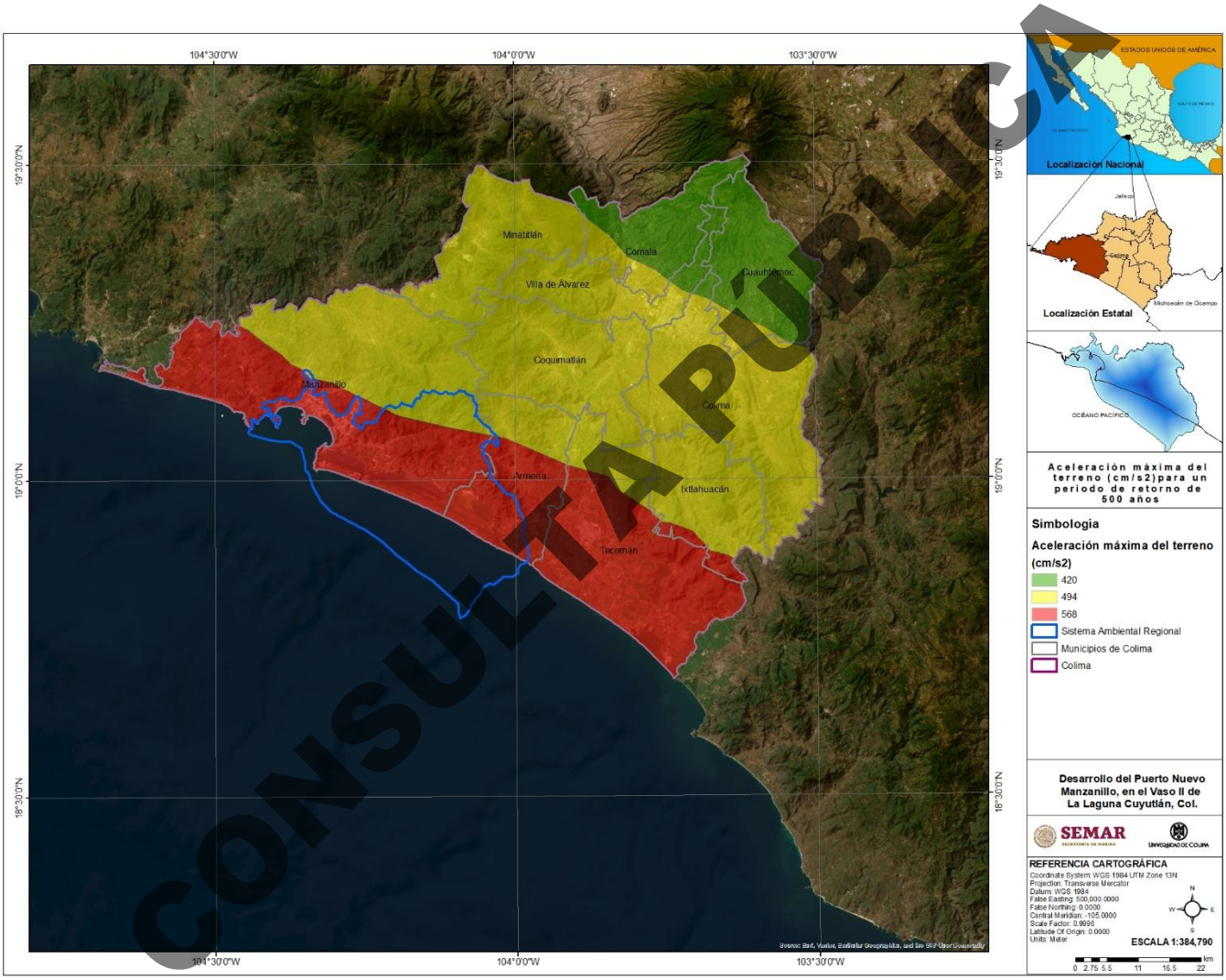


Figura VII. 24.Mapa de aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 100 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

El mapa de iso-aceleraciones es mostrado en la Figura VII. 25 donde se observa que la aceleración máxima del terreno para el estado de Colima es de 420-568 cm/s^2 (42.8-57.9% de g) para un periodo de recurrencia de 500 años. En el sitio del proyecto la aceleración máxima del terreno podría variar entre 494 hasta 568 cm/s^2.



CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 25. Mapa de aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 500 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

De acuerdo con la Guía Básica de CENAPRED (2006) para los tipos constructivos que predominan en nuestro país, los daños son considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de *g* (aceleración de la gravedad terrestre, igual a 9.81 m/s^2) equivalente a 1.47 m/s^2. Según estos resultados el periodo de retorno para aceleraciones del terreno mayores

a 0.15 *g* para Manzanillo es de 21 años y para Armería 25 años. En la región de occidente, un sismo de M>7.0 puede producir aceleraciones mayores a 0.15 *g*.

Según datos del APREC (2015) el peligro sísmico en términos de intensidad máxima para terremotos con magnitud Ms=8.0, generados por las rupturas a lo largo de la trinchera Mesoamericana, puede tener tres zonas de intensidad máxima esperada de VI a VIII MM. Los valores corresponden al terreno de suelos intermedios y viviendas de tipo intermedio. En el SAR del proyecto por la ocurrencia de un sismo con estas características la Intensidad máxima esperadas sería de VIII (Figura VII. 26).

CONSULTA PÚBLICA

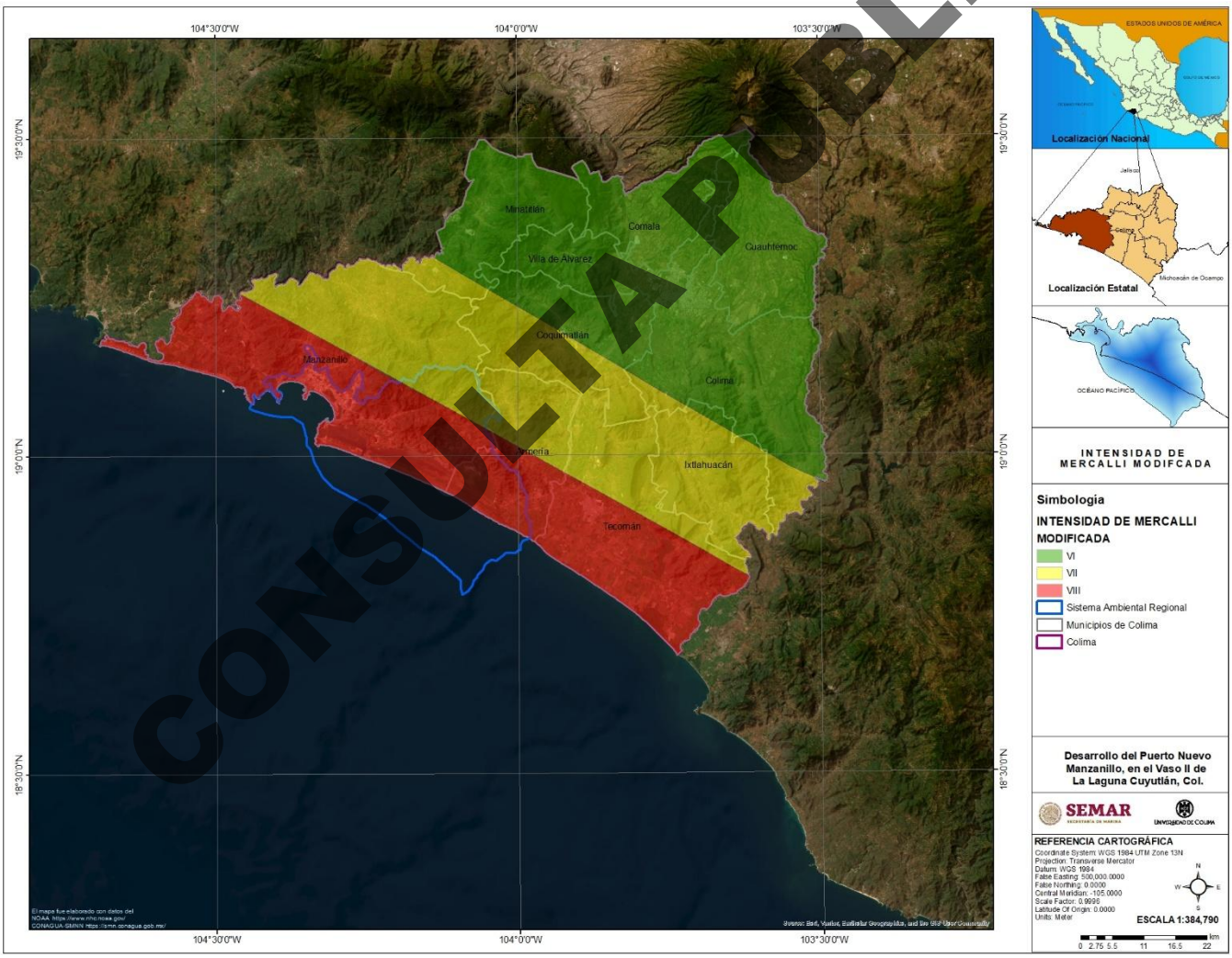


Figura VII. 26. Mapa de zonificación de peligro sísmico según la intensidad máxima esperada para un sismo con Ms= 8.0, Escala MM. (Elaboración propia con datos con datos del APREC, 2015)

En resumen, en el SAR donde se ubicará el proyecto, pueden ocurrir sismos con magnitud M_W 8.0 y M_S 8.0 (en la trinchera mesoamericana) con un periodo de recurrencia de 25 a 30 años, con intensidad máxima MM esperada de VIII (Las construcciones sufren daño moderado). El periodo de retorno para aceleraciones mayores a 0.15 *g* es entre 21 a 25 años según datos de CENAPRED (2006).

Usando la matriz de riesgos se puede esperar que en la zona del SAR la probabilidad de riesgo por sismos es ***Probable*** (10 a 100 años) y puede tener consecuencias ***Catastróficas***, por lo tanto, el riesgo por sismo es:

3E Riesgo Alto



Riesgo Volcánico

En la Figura VII. 27, se muestra la distribución de los volcanes activos en México. La zona de mayor importancia por volcanes es el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) que se extiende por casi todo lo ancho del país e incluye los grandes estratovolcanes como el Citlaltépetl, Popocatépetl, Nevado de Toluca, La Malinche, Iztaccíhuatl, y Volcán de Fuego de Colima. Más del 50% de la población del país vive en esta zona con un cierto riesgo ante una erupción. En la Figura VII. 27 también se encuentran los campos monogenéticos (corresponden a los volcanes que hacen erupción solo una vez). Los puntos verdes son campos volcánicos y los azules estratovolcanes o domos.[15]

CONSULTA PÚBLICA

[15] APREC, 2015.

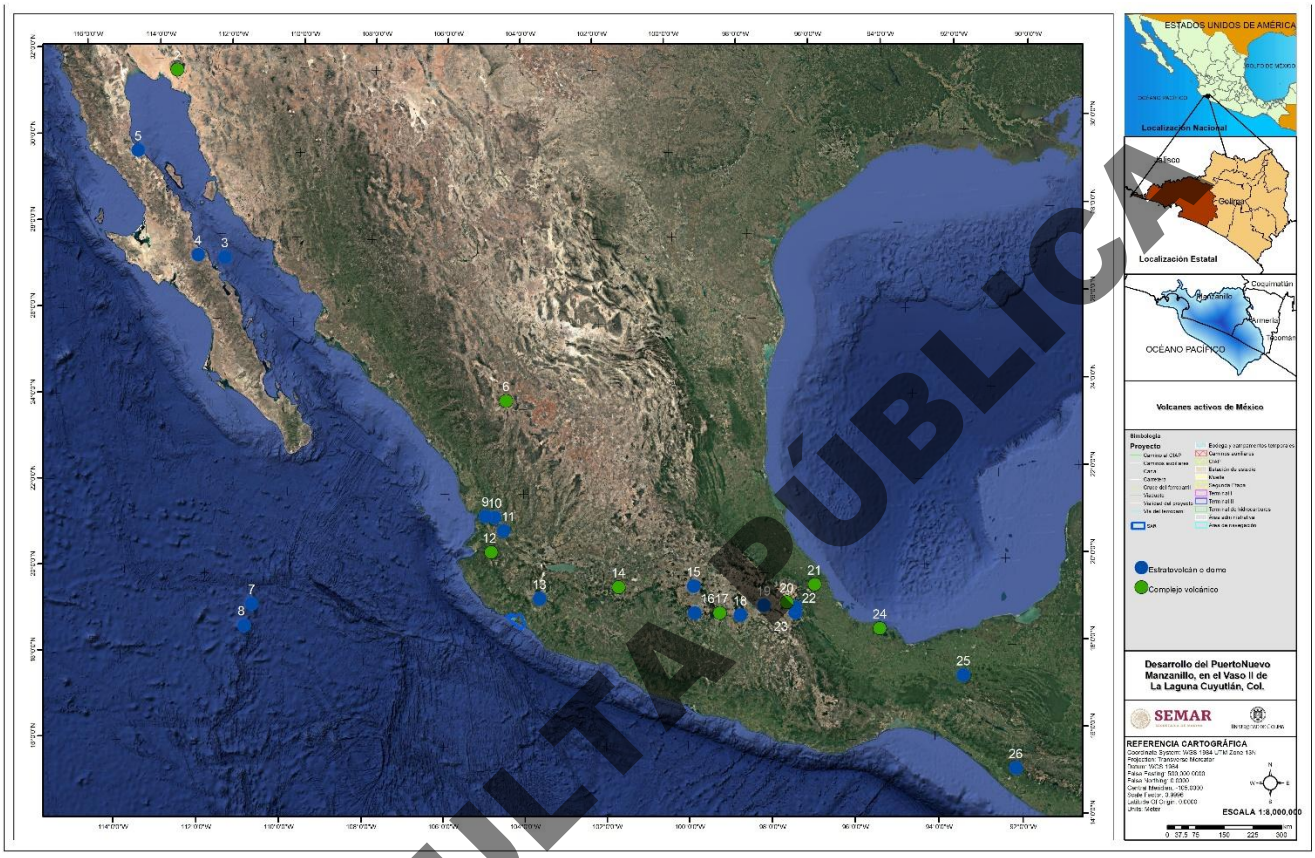


Figura VII. 27. Volcanes activos de México, CVT: Cinturón Mexicano Volcánico (Trans-Mexican Volcanic Belt).

El Volcán de Fuego de Colima se encuentra a una distancia aproximada de 85 km del área del proyecto. Según las estimaciones realizadas en el APREC (2015) en el área del proyecto puede haber caída de tefra.

En el estudio señalado se modelaron dos tipos de escenarios para la caída de tefra:

- **Escenario de Una Erupción (OES: One Eruptive Scenario)** que está formado con base en un planteamiento semi-propabilístico que compila la probabilidad de alcanzar un umbral peligroso de acumulación de tefra con vientos variables, y donde los parámetros eruptivos son definidos de manera determinística. Este método es muy útil para evaluar los posibles impactos de una erupción conocida y estudiada.

CONSULTA PÚBLICA

- **Escenario de Rango de Erupción (ERS: Eruption Range Scenario).** Este tipo de escenario describe la probabilidad de alcanzar una acumulación de tefra determinada basado en la distribución estadística tanto de los perfiles de viento como de los parámetros eruptivos.

Por lo que se muestra el área del proyecto con cada uno de los escenarios:

Caída de Tefra 1 kg/m² Erupción Subpliniana (1913) (OES) - VEI 4-5.

Una erupción Subpliniana consiste en un evento moderado a grande que se caracteriza por la formación de una columna eruptiva menor a 20 km de altura, la que inyecta piroclastos (fragmentos sólidos de material volcánico expulsado a través de la columna eruptiva y arrojado al aire) a la atmósfera y se dispersan por el viento. En este escenario la probabilidad de la caída de tefra en el SAR oscila entre 0.01 y 0.3, lo que resulta ser Bajo (Figura VII. 28).

CONSULTA PÚBLICA

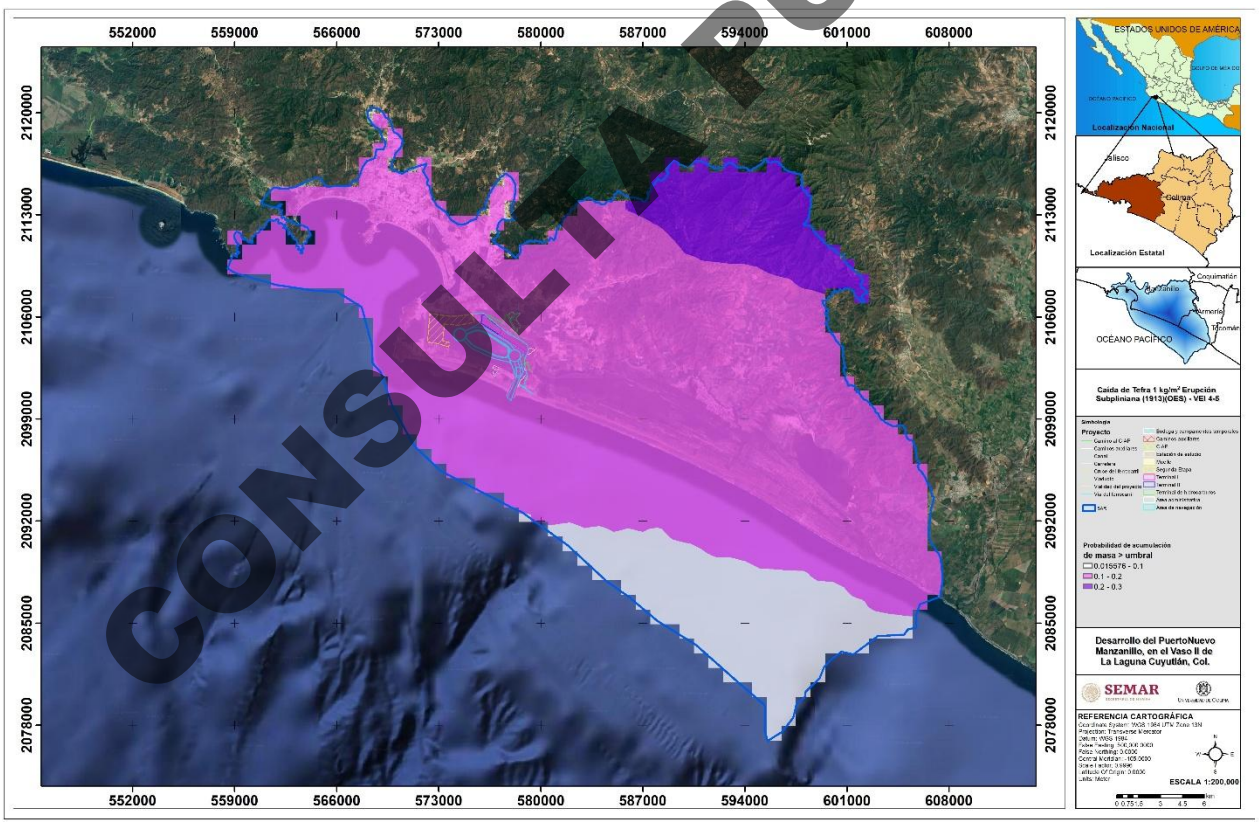


Figura VII. 28. Caída de Tefra 1 kg/m² Erupción Subpliniana (Tipo 1913) (OES) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015.

Erupción Pliniana (1913 ERS) - VEI 4-5.

Las erupciones Plinianas están marcadas por columnas de desechos volcánicos y gases calientes expulsados a más de 25 km de altura hacia la estratosfera, la segunda capa de la atmósfera de la Tierra. Las características clave son la expulsión de una gran cantidad de piedra pómez y erupciones continúas impulsadas por gases muy potentes. En este escenario la probabilidad de la caída de tefra en el SAR oscila entre 0.06 y 0.1, lo que resulta ser Alta (Figura VII. 29).

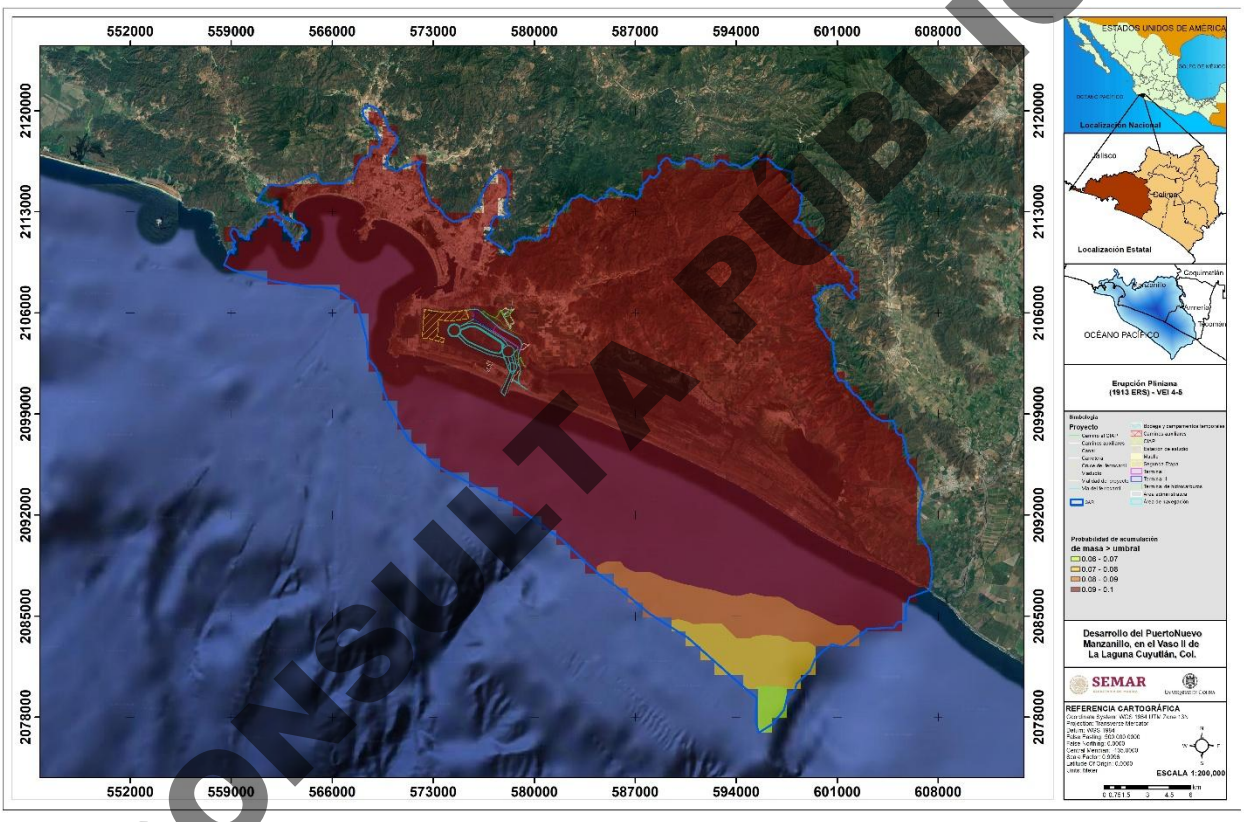


Figura VII. 29. Erupción Pliniana (1913 ERS) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015.

Según los registros de erupciones del Volcán de Fuego de Colima, erupciones parecidas a la de 1913 ocurren al menos cada 100 años, por lo tanto, se considera como **Poco Probable** que ocurra un evento de esa magnitud y las consecuencias pueden ser **No importantes**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

2A Riesgo Bajo

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo de Tsunami

Un tsunami (del japonés TSU: puerto o bahía, NAMI: ola) es una ola o serie de olas que se producen en una masa de agua al ser empujada violentamente por una fuerza que la desplaza verticalmente. Por lo general, están asociadas con los terremotos que ocurren en el fondo del océano o cerca de él.

Según la información histórica, se tiene el arribo de 60 tsunamis a la costa occidental de México en los últimos 250 años. Los tsunamis de origen lejano han tenido en promedio olas de 2.5 m. de altura, mientras que los de origen local han tenido en promedio olas de 5 m y excepcionalmente hasta 10 m de altura, causando pérdida de vidas y bienes con la consecuente destrucción de comunidades.

En la historia reciente se tiene conocimiento de la ocurrencia de tsunamis tan destructivos como los de Chile de 1960 y del 2010; el de Alaska de 1964; el de Sumatra en 2004 y el de Japón en 2011. Con lo cual, no podemos descartar la posibilidad de que tsunamis como estos puedan ocurrir en la costa del Pacífico Mexicano. De hecho, existen evidencias de que en 1787 ocurrió un gran terremoto de magnitud 8.4 en San Sixto, Oaxaca, que generó un tsunami local sumamente destructivo, así como los tsunamis ocurridos en Colima durante la serie sísmica de junio de 1932 (3, 18 y 22 de junio).

Tsunamis locales

Dentro del análisis de ocurrencia de tsunamis de consideración que pudieron haber incidido en el área del proyecto tenemos los siguientes**:**

- 13 de noviembre de 1816. Según las referencias, luego de 8 días de actividad sísmica, ocurrió un sismo que minutos después levantó una ola que invadió la zona costera del valle de Tecomán e inutilizó por más de 9 años las salinas de “El Real de San Pantaleón”, actualmente municipio de Tecomán.
- 7 de abril de 1845. Un sismo se sintió en la costa frente a Acapulco, en Guerrero. Se manifestó inicialmente con ligeras oscilaciones, aumentando gradualmente su intensidad, el cual se sintió en los estados de Guerrero, Michoacán, Puebla, Hidalgo, Guanajuato, Colima, Veracruz, San Luis Potosí, Querétaro, Jalisco, Oaxaca y la Ciudad de México. Minutos después de la sacudida, en Acapulco el mar se retiró para luego azotar la oleada contra la playa.
- 3 de junio de 1932. El sismo de magnitud Ms=8.2 se localizó cerca de las costas de Colima y Jalisco. Se sintió a las 4:43 hora local en el estado de Colima. Este sismo fue el de mayor magnitud ocurrido hasta entonces en México durante el pasado siglo. El tsunami generado por el sismo impactó a Manzanillo, Cuyutlán, en Colima, Barra de Navidad, Jalisco y San Blas en Nayarit.

CONSULTA PÚBLICA

- 22 de junio de 1932. El 22 de junio de 1932, un sismo (M=6.9) sacudió al estado de Colima nuevamente. El epicentro se localizó a unos 85 km. al suroeste de la desembocadura del río Armería, generando una ola de aproximadamente 10 metros de altura que golpeó a todo el litoral colimense, afectando principalmente a la población de Cuyutlán, en la que causó más de 100 muertos.
- 30 de enero de 1973. El sismo de magnitud Ms=7.5 se localizó aproximadamente a 110 km. al sur del volcán de Colima y 160 km. al sureste de Manzanillo (latitud, 18.4°N y longitud 103.2°W). El tsunami generado por el sismo fue registrado en cinco de las estaciones mareográficas del Pacífico mexicano: registrándose con mayor intensidad en Manzanillo: la altura de la ola inicial midió 0.30 m. y la altura máxima fue de 1.13 m. También fue registrado en Hilo, Hawái, con una altura máxima de 0.22 m.
- 14 de marzo de 1979. El sismo de magnitud Ms=7.6 ocurrió cerca del pueblo de Petatlán, Guerrero (latitud 17.3°N y longitud 101.3°W). El tsunami asociado al sismo fue registrado en las estaciones mareográficas de Acapulco, Guerrero y Manzanillo, Colima.
- 19 de septiembre de 1985. El sismo de magnitud Ms=8.1 ocurrió en el segmento de subducción de la Fosa Mesoamericana conocida como brecha de Michoacán, su epicentro se localizó en latitud 18.14°N y longitud 102.71°W. El tsunami fue registrado en Lázaro Cárdenas y Playa Azul, en Michoacán; Ixtapa-Zihuatanejo y Acapulco, en Guerrero; y Manzanillo, Colima.
- 9 de octubre de 1995. Sismo de magnitud Ms=8.0 localizado en (latitud 18.74°N y longitud 104.67°W) dejó 49 muertos y 1,000 damnificados. Afectó las costas de Jalisco y Colima a lo largo de 120 km de costas del Pacífico, desde bahía de Tenacatita en Jalisco hasta Manzanillo, Colima. La amplitud máxima fue de 4.5 m y la evidencia de este crecimiento de agua se localizó a 40 km al sureste y 80 km al noreste de Manzanillo. El tsunami se presentó cuando el mar dejó expuesto 300 m de suelo marino, después entró como marea alta tierra adentro, alcanzando una altura de entre 2 y 4 m.
- 21 de enero del 2003. Sismo de magnitud Ms=7.6, localizado en (latitud 18.6°N y longitud 104.22°W) frente a las costas de Cuyutlán, Colima, con una duración de 50 segundos a 10 km de profundidad. Se produjo un tsunami pequeño que golpeó las costas de Colima entre 6 y 12 minutos después del sismo (UNIVERSIDAD DE COLIMA, 2015).

Magnitud de un Tsunami

La magnitud de un tsunami según Wiegel combina varias escalas que relacionan la altura de la ola H (metros), la cota máxima de inundación R (m s.n.m.) y la descripción de los daños (IMSS, 2019).

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 5. Escala de grados de tsunami según Inamura y Lida transcrita por Wiegel.

Grado de un Tsunami (M)	Altura de la ola H (metros)	Cota máxima de inundación R (m s.n.m.)	Descripción de los daños
0	1-2	1.0-1.5	No produce daños
1	2-5	2.0-3.0	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados
2	5-10	4.0-6.0	Hombres, barcos y casas son barridos
3	10-20	8.0-12.0	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa
4	>30	16.0-24.0	Daños extendidos sobre más de 500 Km a lo largo de la línea costera

En el SAR se distribuyeron las cotas de elevación para ver la cota máxima de inundación según la Tabla VII. 5, y se elaboró un mapa mostrado en la Figura VII. 30. Donde se muestra que el SAR puede ser afectado por tsunami de grado 2, con olas que pueden alcanzar hasta los 10 m de altura y una cota de inundación de 4.0 a 6.0 m, provocando que personas, barcos y casas sean alcanzados.

CONSULTA PÚBLICA

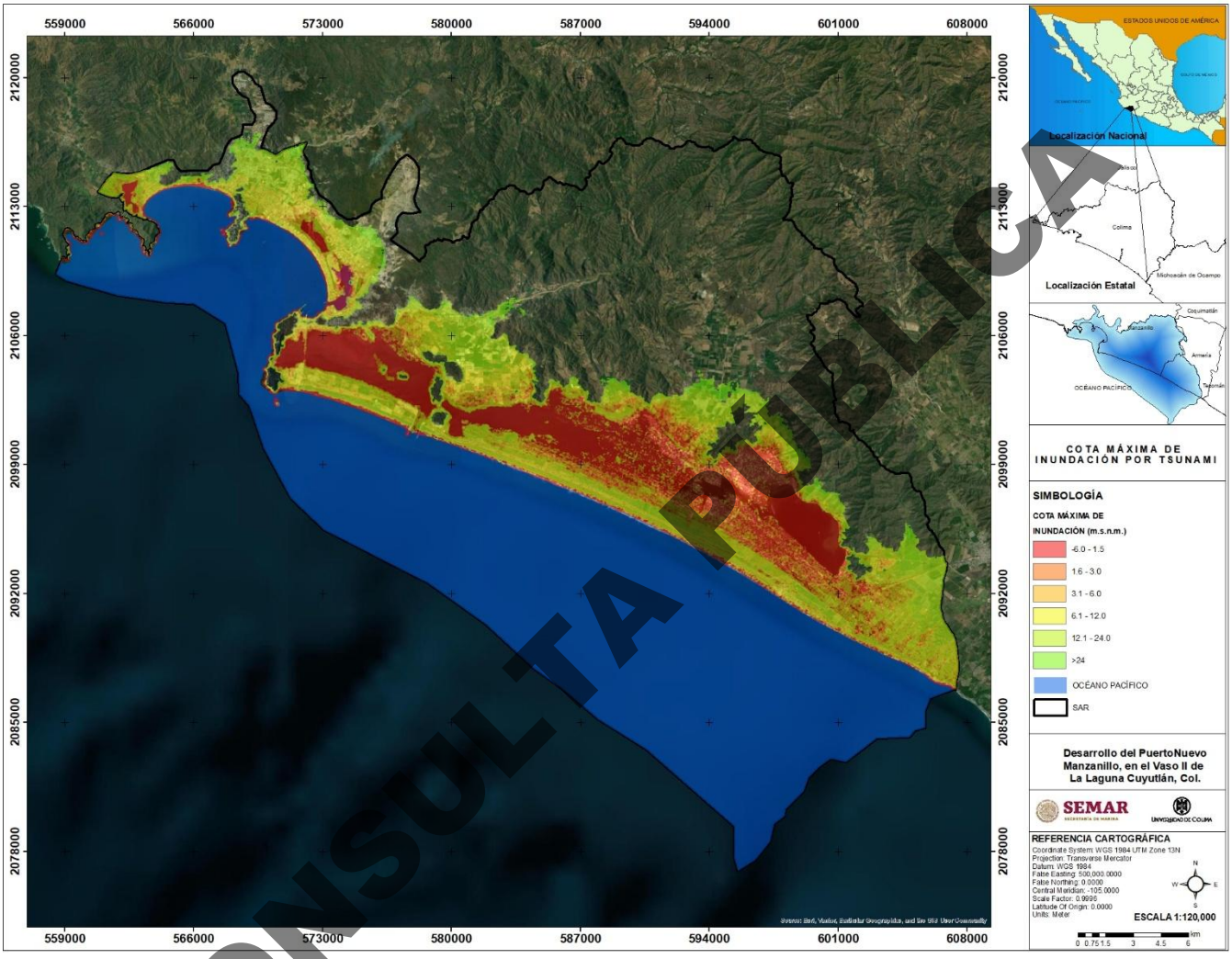


Figura VII. 30. Cota máxima de inundación por Tsunami en el SAR.

Según los registros de tsunamis locales, estos pueden ocurrir al menos cada 10 años, por lo que se considera **Probable** que ocurra un evento en la costa de Manzanillo y las consecuencias pueden ser **Muy serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3D Riesgo Moderado

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo por Deslizamiento

Uno de los fenómenos naturales más destructivos en nuestro planeta es la inestabilidad de las laderas, lo cual representa una de las mayores amenazas para la vida, infraestructura y bienes de una sociedad. Especialmente en los periodos de lluvias y actividad sísmica se escuchan noticias sobre este fenómeno en el que se incluyen: derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos de masa.

Los deslizamientos de tierra producto de la inestabilidad de laderas, constituyen uno de los principales peligros geológicos en zonas de relieve pronunciado y elevada precipitación pluvial. En el estado de Colima, la combinación de pendientes accidentadas, suelos inestables, actividad sísmica y lluvias intensas favorece la ocurrencia de estos eventos, los cuales representan un riesgo significativo para la infraestructura y la población.

Mediante las capacidades de procesamiento geoespacial de Google Earth Engine (GEE) para cuantificar y mapear la susceptibilidad a deslizamientos a partir de datos de teledetección y análisis topográfico multitemporal.

El índice de susceptibilidad utilizado se fundamenta en la relación física entre dos factores condicionantes principales:

Pendiente del terreno

La pendiente (β) es el factor topográfico más determinante en la estabilidad de taludes. A mayor pendiente, mayor es la componente tangencial de la gravedad sobre el material del suelo, reduciendo la resistencia al corte y aumentando la probabilidad de falla. Se derivan las siguientes variables a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) SRTM a 30 m de resolución:

- Pendiente en grados (°) mediante ee.Terrain.slope()
- Aspecto o dirección de la máxima pendiente mediante ee.Terrain.aspect()
- Elevación absoluta del terreno

Cobertura vegetal (NDVI)

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) actúa como indicador indirecto de la estabilidad del suelo. La vegetación densa contribuye a la cohesión del suelo mediante sistemas radiculares, reduce la erosión superficial y regula la infiltración del agua. Un NDVI bajo indica suelo desnudo o degradado, condición que incrementa la susceptibilidad a deslizamientos.

CONSULTA PÚBLICA

El NDVI se calcula a partir de imágenes Sentinel-2 SR Harmonized (COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED) con resolución espacial de 10 m:

NDVI = (NIR − Rojo) / (NIR + Rojo) = (B8 − B4) / (B8 + B4)

Donde B8 corresponde a la banda infrarroja cercana (842 nm) y B4 a la banda roja (665 nm) del sensor Sentinel-2. El valor resultante varía entre −1 y +1, donde valores cercanos a 1 indican vegetación densa y saludable.

Tabla VII. 6. Datos y fuentes de información.

Variable	Fuente / Dataset GEE	Resolución	Aplicación
NDVI anual	COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED Colección 2015-2025	10 m	Factor de cobertura vegetal / susceptibilidad
Pendiente y aspecto	USGS/SRTMGL1_003	30 m	Factor topográfico de inestabilidad
Elevación	USGS/SRTMGL1_003	30 m	Contexto altitudinal del área
Precipitación anual	UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY	~5.5 km	Factor detonante de deslizamientos
Área de interés (ROI)	Shapefile local (EPSG:32613)	Variable	Delimitación del área de análisis

CONSULTA PÚBLICA

Metodología de cálculo

El procesamiento se organiza en ocho pasos secuenciales ejecutados en GEE:

Paso 1 — Definición del área de estudio

El área de análisis se define a partir de un Shapefile de la zona de estudio. Se verifica la existencia del archivo, reproyecta automáticamente la geometría a WGS84 (EPSG:4326) si es necesario —dado que GEE requiere esta proyección para operaciones de filtro y reducción—, y disuelve los polígonos individuales en una geometría unificada mediante la función dissolve() de GeoPandas. Si no se localiza el Shapefile, se utiliza un rectángulo por defecto.

Paso 2 — Cálculo del NDVI anual (serie de 10 años)

Para cada año del período de análisis se construye una composición mediana anual de imágenes Sentinel-2 SR Harmonized con nubosidad inferior al 20 %. La composición mediana es robusta frente a la contaminación residual por nubes y sombras. De cada composición se extrae el NDVI mediante la diferencia normalizada de las bandas B8 (NIR) y B4 (Rojo).

Se reportan estadísticas anuales de NDVI (media, mínimo, máximo y desviación estándar), así como el número de escenas procesadas por año. En caso de no encontrar imágenes con la nubosidad establecida, el umbral se amplía progresivamente hasta un máximo del 50 %.

Paso 3 — Análisis de tendencia temporal (Sen's Slope)

Para detectar cambios significativos en la cobertura vegetal a lo largo del período de análisis, se aplica el estimador de pendiente de Sen (Sen's Slope), un método de regresión no paramétrica robusto ante valores atípicos. El cálculo se implementa mediante ee.Reducer.sensSlope() en GEE, utilizando una banda de tiempo t expresada en años transcurridos desde el inicio del período.

El resultado es un mapa de tendencia de NDVI en unidades de ΔNDVI/año, donde valores positivos indican recuperación de la cobertura vegetal y, por lo tanto, una posible reducción de la susceptibilidad; mientras que valores negativos señalan degradación progresiva y mayor vulnerabilidad.

Paso 4 — Derivación topográfica (SRTM 30 m)

A partir del Modelo Digital de Elevación SRTM (USGS/SRTMGL1_003) con resolución espacial de 30 m se calculan:

- Pendiente (°) mediante ee.Terrain.slope() — eje principal del índice de susceptibilidad
- Aspecto (°) mediante ee.Terrain.aspect() — dirección de la máxima pendiente
- Elevación (m s.n.m.) — contexto altitudinal del área de estudio

Paso 5 — Índice de susceptibilidad a deslizamientos

El índice de susceptibilidad integra los factores topográficos y de cobertura vegetal en una expresión matemática directa:

$S = \text{Pendiente}(°) \times |\,NDVI - 1\,|$

$\text{Factor de vegetación} = |\,NDVI - 1\,| \in [0, 1]$

$S_{norm} = S / 30 \rightarrow \text{clamp}\,(0, 1)$

CONSULTA PÚBLICA

El factor de vegetación |NDVI − 1| toma valores cercanos a 1 cuando el NDVI es bajo (suelo desnudo o degradado) y valores cercanos a 0 cuando el NDVI es alto (vegetación densa). De esta forma, la susceptibilidad aumenta simultáneamente con la pendiente y con la degradación de la cobertura vegetal.

La normalización por 30° corresponde al valor máximo de pendiente considerado representativo de la zona costera de Cuyutlán. El resultado final S_norm varía en el rango continuo [0, 1] y puede ser reclasificado en niveles cualitativos según la tabla siguiente:

Tabla VII. 7. Clases de índice de susceptibilidad.

Nivel	Rango S_norm	Color en mapa	Interpretación
Muy bajo	0.00 – 0.20	Verde oscuro	Terreno plano con vegetación densa; mínimo riesgo
Bajo	0.20 – 0.40	Verde claro	Pendientes moderadas con buena cobertura vegetal
Medio	0.40 – 0.60	Amarillo	Pendientes moderadas-altas con vegetación parcial
Alto	0.60 – 0.80	Naranja	Pendientes pronunciadas con cobertura vegetal degradada
Muy alto	0.80 – 1.00	Rojo	Pendientes muy pronunciadas y suelo desnudo; máximo riesgo

CONSULTA PÚBLICA

Paso 6 — Análisis de precipitación CHIRPS (factor detonante)

La precipitación es el principal factor detonante de deslizamientos en zonas tropicales y subtropicales. Se procesa la colección CHIRPS Daily (UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY) con resolución espacial de ~5.5 km para generar:

- Precipitación anual acumulada para cada año del período de análisis
- Precipitación total acumulada del período completo de 10 años
- Serie temporal anual exportada a CSV para análisis estadístico externo

Aunque la precipitación no está integrada directamente en la fórmula de susceptibilidad del índice S, sus estadísticas anuales se incluyen en reporte CSV como contexto hidrológico del área y se visualizan como capa independiente algebra de mapa.

Resultados

Mediante el uso de la aplicación de Google Earth Engine para calcular la susceptibilidad a deslizamientos en 2025 se obtuvo la siguiente distribución en el SAR: 99.372 % Muy bajo; 0.626% susceptibilidad Baja y el 0.002% susceptibilidad Media (Figura VII. 31).

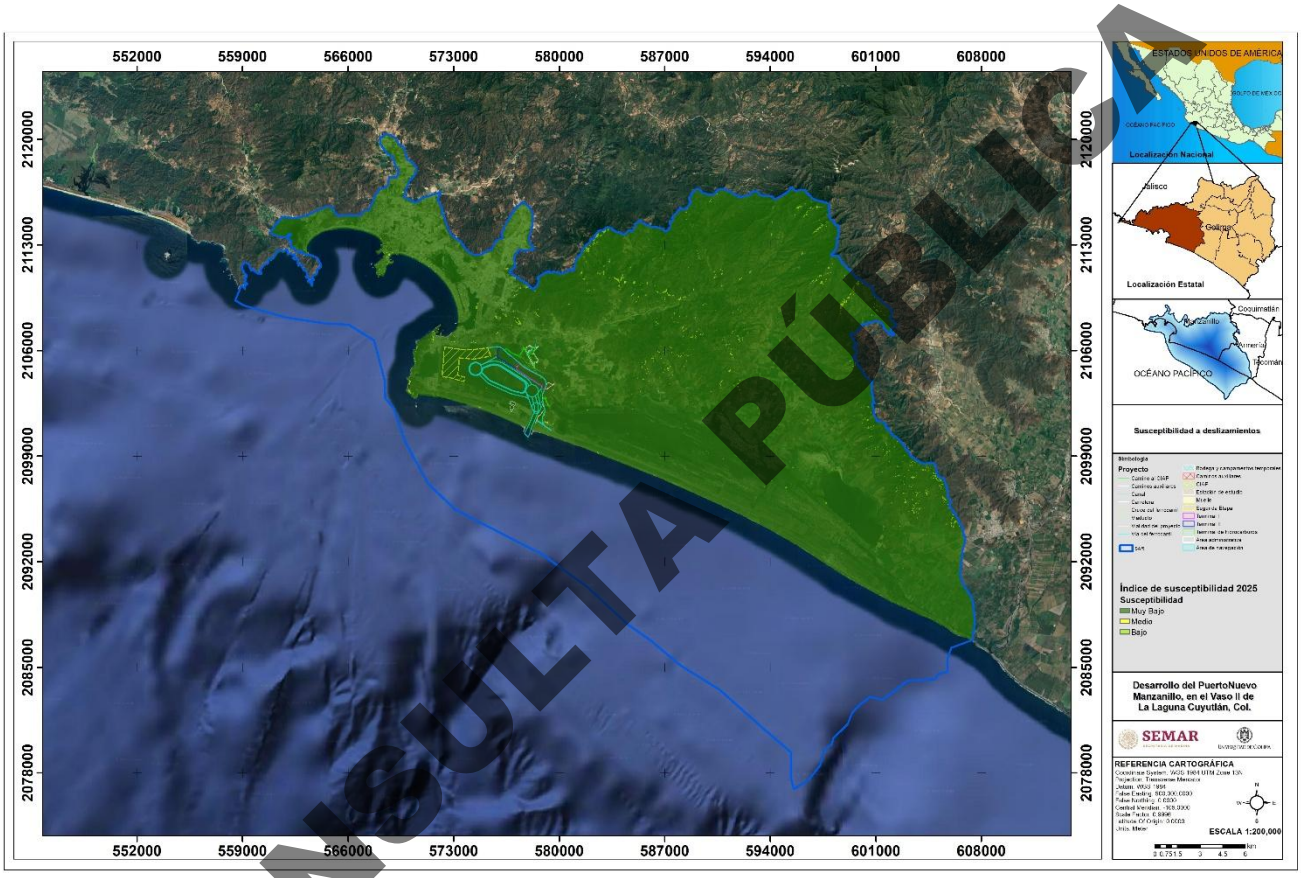


Figura VII. 31. Susceptibilidad a deslizamientos en el SAR.

Según los registros de precipitación y sismicidad en el SAR, se considera **Bastante probable** un evento de deslizamiento de laderas ya que puede ocurrir al menos una vez al año y las consecuencias pueden ser **No importantes**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

4A Riesgo Bajo

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo por Erosión hídrica

La erosión hídrica es aquella erosión del terreno que se produce debido al paso del agua ya sea por gotas de lluvia o por escurrimiento superficial. Esta agua en movimiento va retirando material de la tierra, es decir que produce la erosión del suelo y lo va desgastando poco a poco y luego deposita este material aguas abajo. El material arrastrado puede comprender desde finas partículas arenosas hasta rocas de gran tamaño.

La erodabilidad del suelo corresponde a los efectos colectivos de la susceptibilidad del suelo al desprendimiento y la transportabilidad de sedimentos, así como la cantidad y tasa de escorrentía bajo una erosividad de lluvia dada (Shabani *et al*., 2014). La distribución de erodabilidad en el SAR se muestra en la Figura VII. 32. Según la clasificación de los grados de erodabilidad (USDA,1962) el SAR es muy poco erodable debido a que los valores son <0.0775 ton ha h / MJ mm ha.

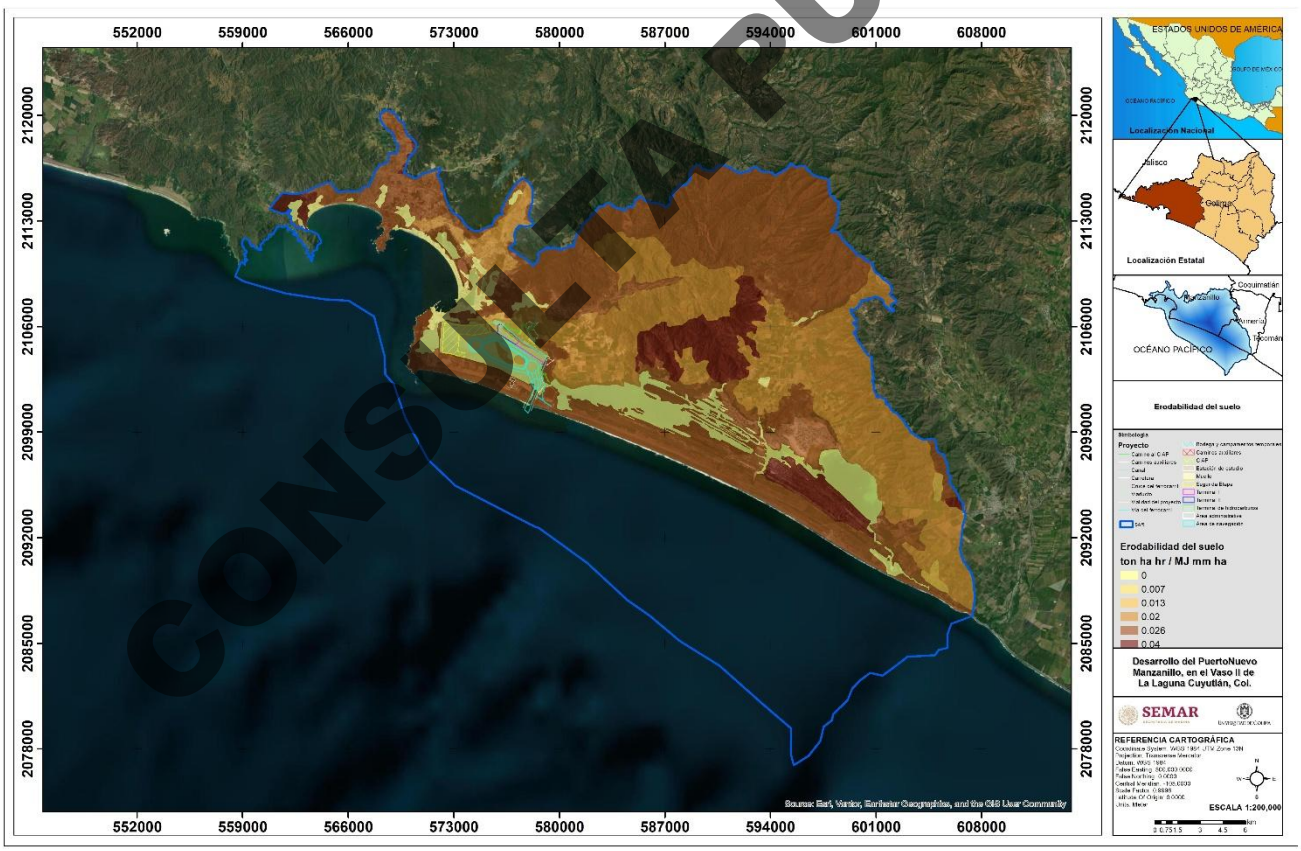


Figura VII. 32. Erodabilidad del suelo en el SAR. Fuente APREC, 2015.

CONSULTA PÚBLICA

En el SAR el 27.7 % del área tiene una erosión hídrica anual nula, mientras que el 17.4% es muy baja y baja, el 24% es erosión leve, el 5% moderada y 3.1 muy alta y extrema (Figura VII. 33). En la Tabla VII. 8 se muestra la clasificación de erosión según la pérdida de suelo.

Tabla VII. 8. Clasificación de la erosión según la pérdida de suelo.[16]

Pérdida de suelo (t/ha año)	Clasificación Erosión	Interpretación
0	Nula	Zonas no susceptibles al proceso erosivo, como puedan ser espacios urbanos, carreteras, embalses, etc.
0 - 5	Muy Baja	Zonas con niveles de erosión muy bajos y pérdidas de suelo tolerables. No hay erosión neta.
5 - 10	Baja	Zonas con niveles de erosión bajos y pérdidas de suelo que pueden ser tolerables. Probablemente no hay erosión neta.
10 - 25	Leve	Zonas con procesos erosivos leves. Existe erosión, aunque no es apreciable a simple vista.
25 - 50	Moderada	Zonas con procesos erosivos moderados. Existe erosión, aunque puede no ser apreciable a simple vista.
50 - 100	Alta	Zonas con procesos erosivos graves. Existe erosión y es apreciable a simple vista.
100 - 200	Muy Alta	Zonas con procesos erosivos muy graves. Existe erosión y es manifiesta a simple vista.
Más - 200	Extrema	Zonas con procesos erosivos extremos. Existe erosión y es evidente a simple vista.

CONSULTA PÚBLICA

[16] Adaptación de la Clasificación del Gobierno Vasco, Euskadi, Industria, Transición Energética y Sostenibilidad (2017). Mapa del grado de erosión hídrica de los suelos. En https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/informe_estudio/mapa-del-grado-de-erosion-hidrica-de-los-suelos-memoria/

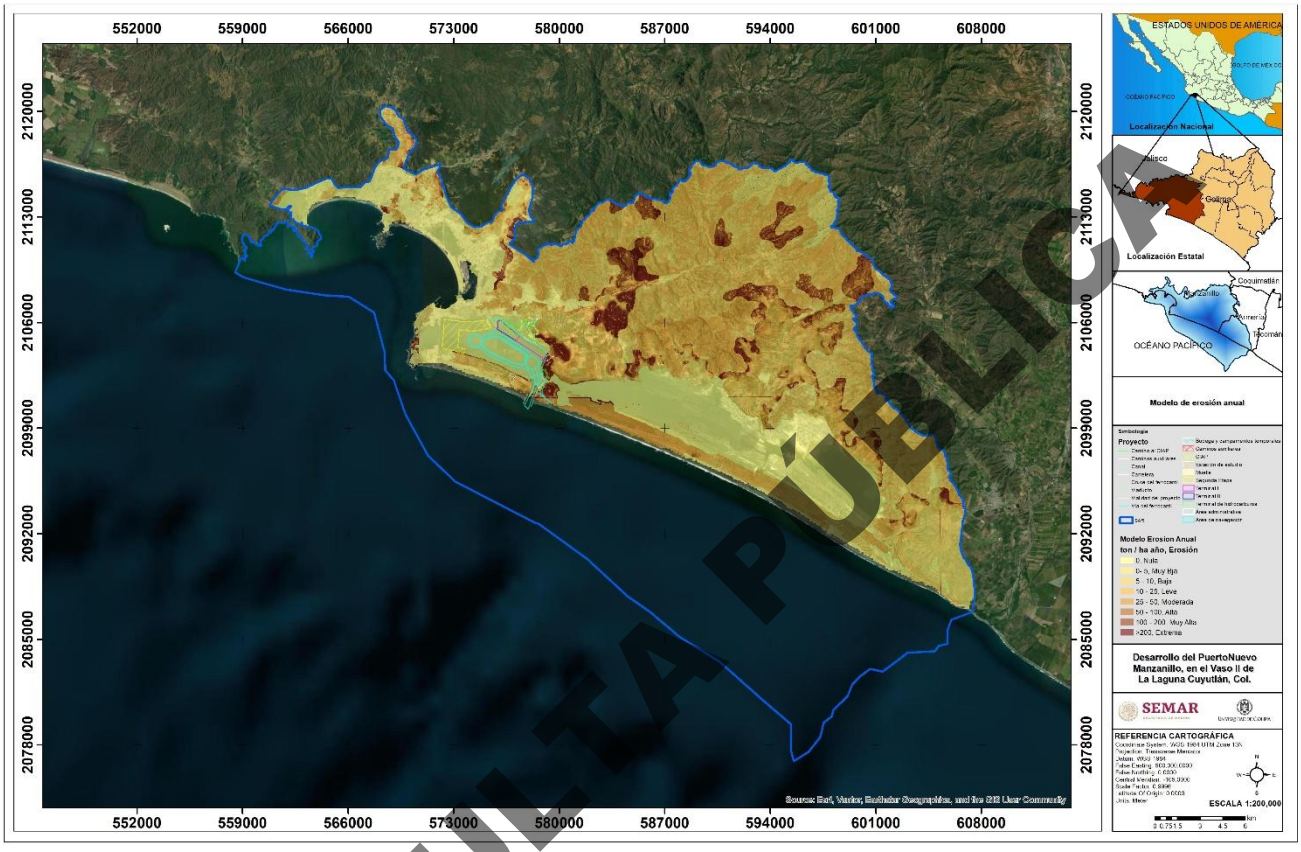


Figura VII. 33. Erosión del suelo anual en el SAR. Fuente APREC, 2015.

Con base a que el 86.5 del SAR la erosión oscila entre leve a nula, se considera como **Poco probable** la erosión hídrica en el SAR y las consecuencias pueden ser **No importantes**. En la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

2A Riesgo Bajo

Riesgo por Explosión de ductos

Con base en la información del ARM (2024) en el SAR el riesgo por explosión de ductos va de **Bajo a Alto** (Figura VII. 34).

CONSULTA PÚBLICA

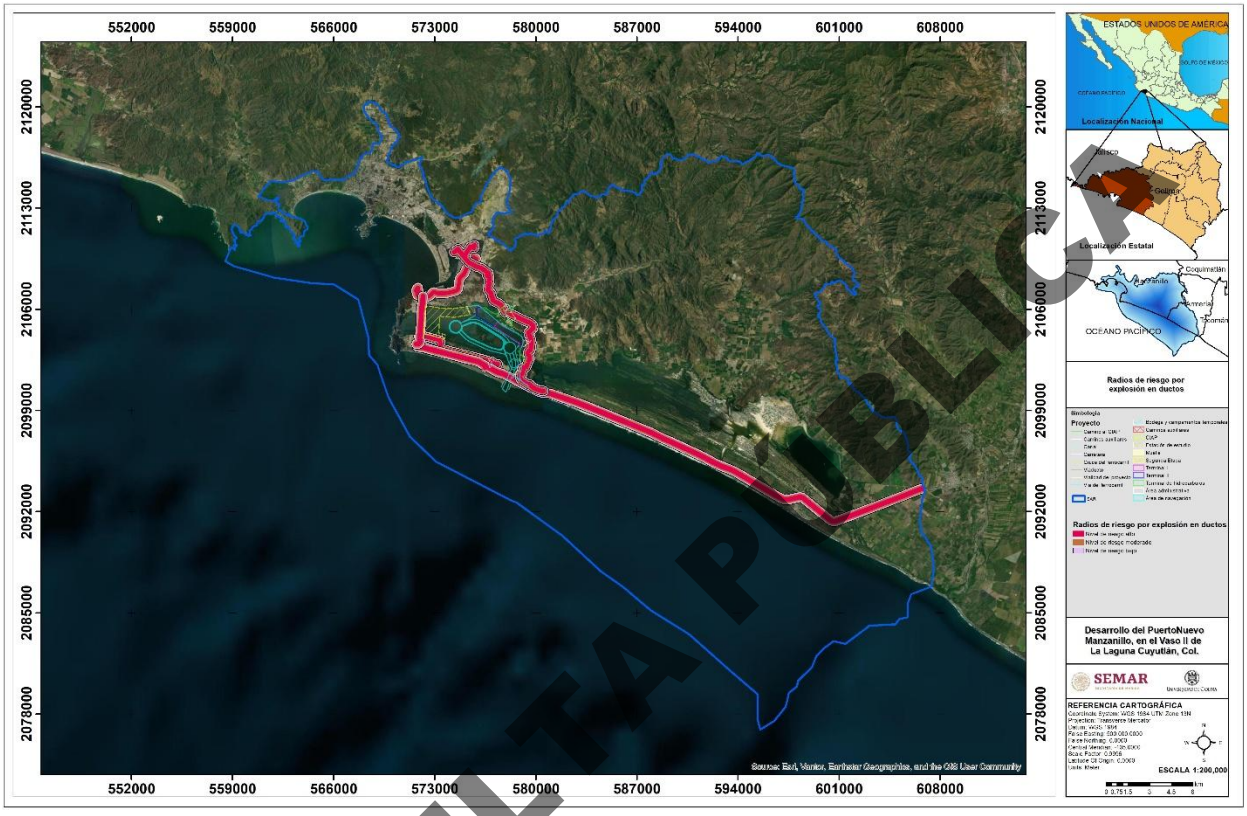


Figura VII. 34. Radios de riesgo por explosión en ductos. Fuente ARM, 2024.

Con base en la información de los registros es **Poco probable** la explosión de ductos en el SAR y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

2B Riesgo Bajo

Escenario de Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto

Con base en la información del APREC (2015) en el SAR los radios potenciales de afectación del gasoducto por sobrepresión van de 324 m (0.07 Kg/cm^2) a 533m (0.035 Kg/cm^2) y radiación térmica entre 488 m (5.0 kW/m^2) y 828 m (1.4 kW/m^2) (Figura VII. 35). Donde se verían afectadas las localidades de Campos, el Edén y parcialmente Cuyutlán; mientras que en infraestructura serían afectadas la red carretera de Campos a las escolleras de la Autopista Colima – Manzanillo y la Caseta

CONSULTA PÚBLICA

de Cuyutlán. Industrialmente se verían afectados CFE RRC III Manzanillo, Zeta Gas y KMS, y en negocios de palapas serían afectadas las del Edén, por lo que el peligro es **Alto**.

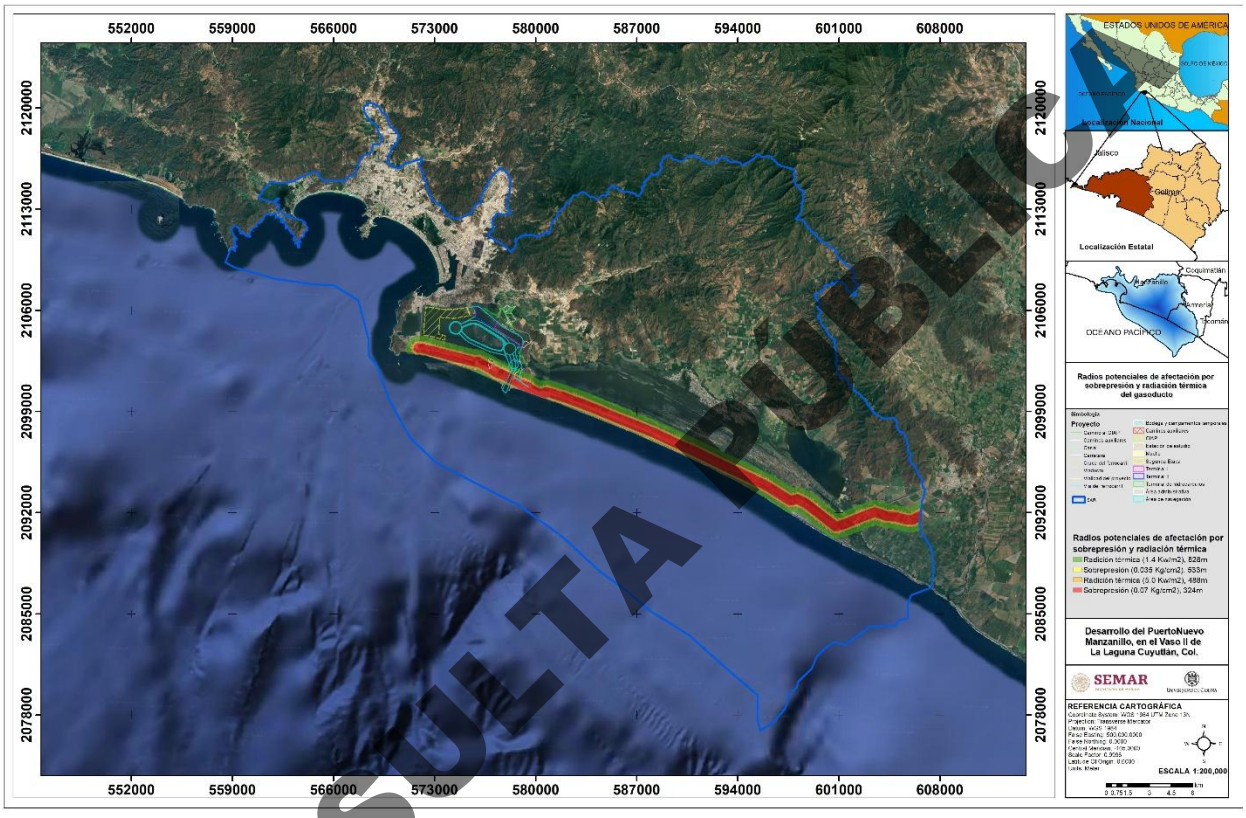


Figura VII. 35. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto. Fuente APREC, 2015.

Con base en la información de los registros es **Probable** la afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto en el SAR y las consecuencias pueden ser **Muy Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3D Riesgo Moderado

CONSULTA PÚBLICA

Escenario de Fireball para la terminal KMS de GNL

El almacenamiento de líquidos y vapores inflamables en recipientes cerrados puede provocar fallas catastróficas durante un incendio. Las explosiones de recipientes, seguidas a menudo por *Fireballs*, pueden ocurrir con sustancias inflamables. Si el material inflamable se almacena como gas licuado a presión, una falla del recipiente puede desencadenar un BLEVE (es el acrónimo inglés de "*boiling liquid expanding vapour explosion*" o explosión de vapores que se expanden al hervir el líquido) que convierte la energía térmica en una onda de presión. La ruptura de un recipiente de gas comprimido también puede generar una onda de presión.

Una liberación repentina de energía debido a una falla en un recipiente comprimido resultará en daños asociados con la onda de presión y el impacto de proyectiles desplazados por la explosión. En el caso de un recipiente lleno con un gas o líquido inflamable, la ignición repentina del material puede resultar en un *Fireball* que viaja hacia arriba mientras arde. Este *Fireball* puede causar daños adicionales debido a la radiación térmica asociada. Normalmente, las ondas de presión que produce un BLEVE son reducidas y solo causan daños en el entorno cercano al lugar donde ocurre el fenómeno. Por eso, la mayoría de las veces, los escenarios que implican BLEVE´s se modelan como *Fireballs*, ya que las consecuencias son más graves. Un BLEVE tiene involucrados 3 fenómenos si la sustancia es inflamable, (1- *Fireball*, 2- Sobrepresión y 3 – Proyectiles), o dos fenómenos si no es inflamable (1 – Sobrepresión y 2 – Proyectiles). Por lo tanto, un BLEVE puede formar un *Fireball*, pero un *Fireball* no necesariamente surge de un BLEVE.[17]

Con base en la información del ARM (2024) en este escenario de posible liberación de gas natural por ducto, resultó un amplio rango de afectación. La primera zona desde el origen del accidente se extiende hasta los 2,205.82 m con una radiación de 37.50 kW/m^2. La zona anaranjada, de menor peligro que la anterior, va desde los 2,206 m hasta los 2,363.01 m, con radiación de 12.50 kW/m^2. Y por último la zona de amortiguamiento llega hasta los 2,992.48 m. Este amplio radio afectaría a las industrias de los alrededores como CFE RRC III Manzanillo, Zeta Gas. También alcanzaría hacia el norte la carretera Morelia – Jiquilpan. Además, hacia el este en la zona de El Edén, el peligro por *Fireball* es **Alto** (Figura VII. 36).

CONSULTA PÚBLICA

[17] https://tekplanner.com/2024/03/11/bleves-y-fireballs/

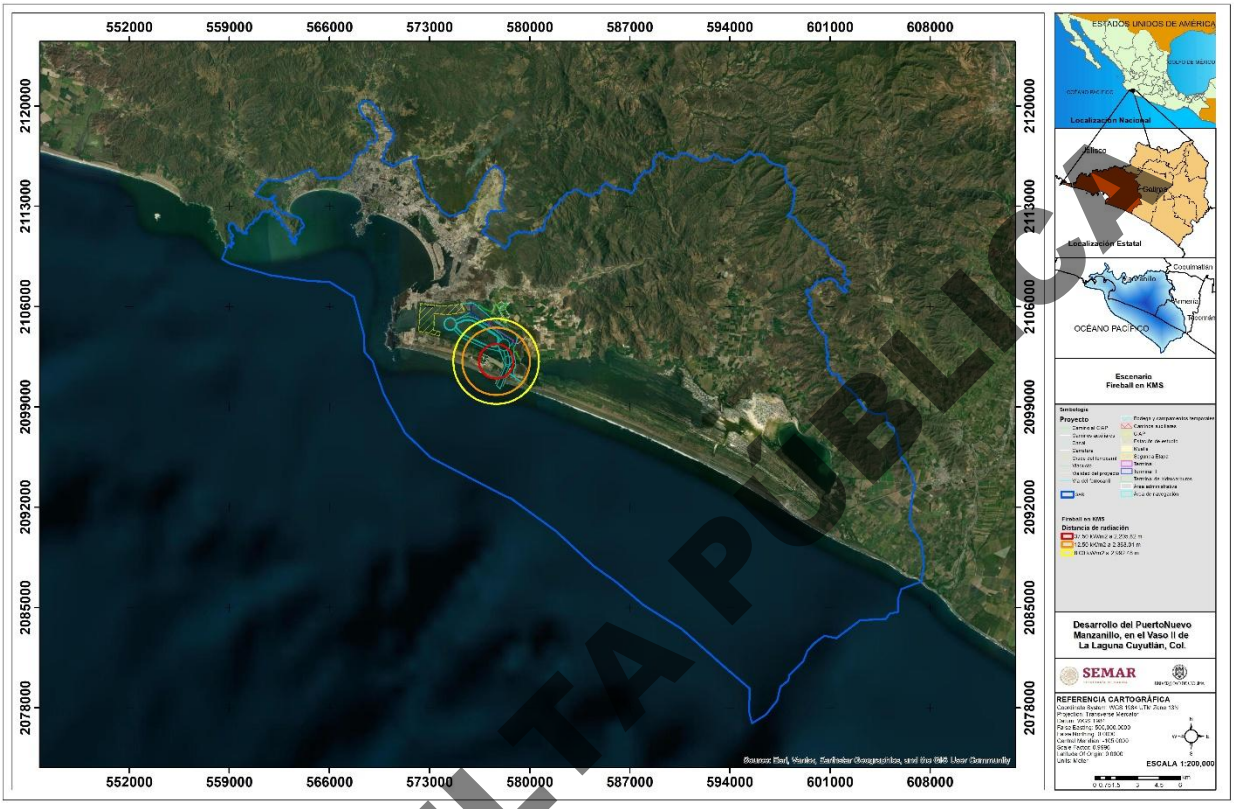


Figura VII. 36. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS. Fuente ARM, 2024.

Los registros señalan que es **Probable** un incidente de *Fireball* en el SAR y las consecuencias pueden ser **Catastróficas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3E Riesgo Alto

Escenario de Fireball para la terminal Zeta Gas

Según el ARM (2024) en este escenario de posible liberación de gas tiene un amplio radio de afectación, en el SAR podría afectar un radio máximo de 1292.79 metros a partir de la terminal Zeta Gas con una radiación de 1.50 kW/m^2 que es la zona amortiguamiento. El peligro por *Fireball* es **Medio a Alto** (Figura VII. 37).

CONSULTA PÚBLICA

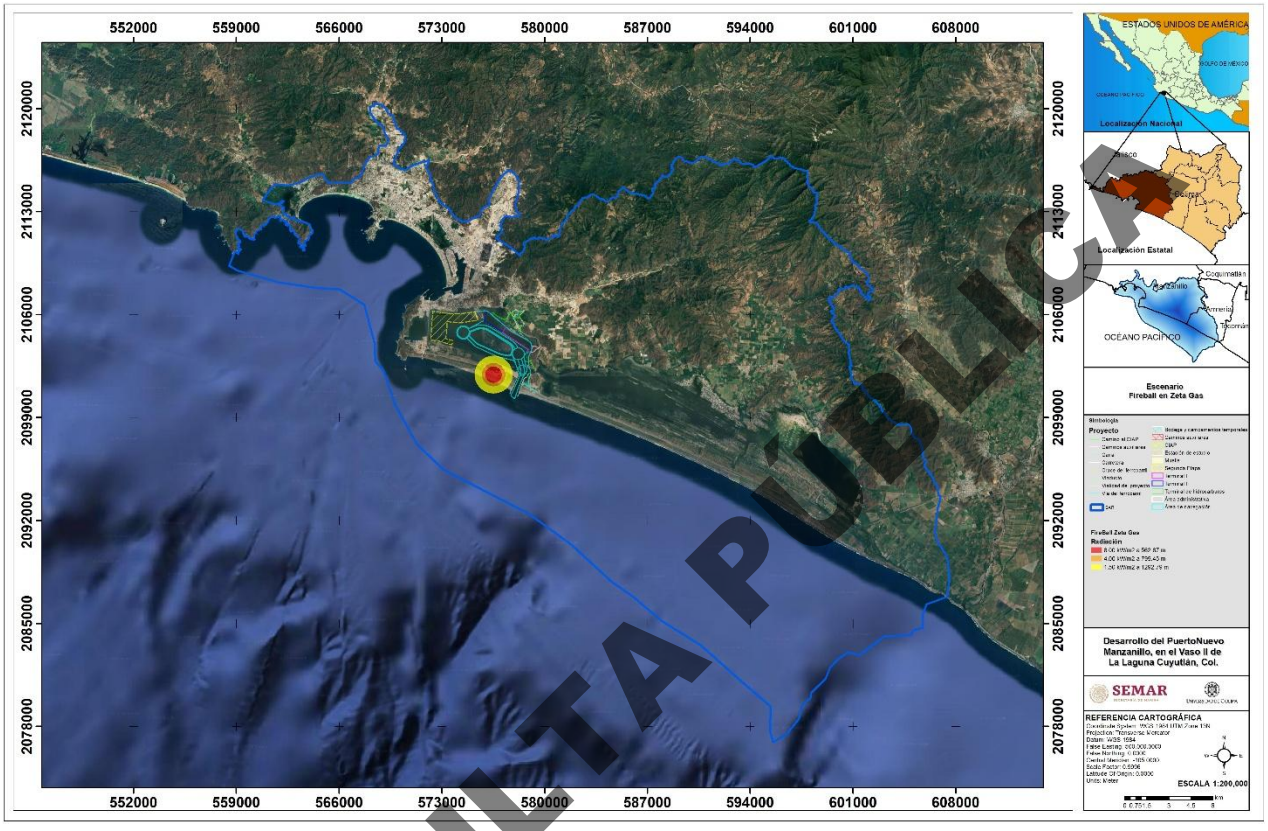


Figura VII. 37. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas. Fuente ARM, 2024.

Según los registros en el SAR es **Probable** un incidente de *Fireball* en el SAR y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3C Riesgo Moderado

Riesgo por Hundimientos

La subsidencia se define como el hundimiento progresivo de una porción de la superficie terrestre por causas diversas; puede afectar todo tipo de terrenos, producto de cambios tensionales inducidos en el terreno por procesos naturales y/o antropogénicos (Tomás *et al*., 2009).

CONSULTA PÚBLICA

Con base a la metodología multicriterio de Baysa Payabyab[18] y la aplicación de Google Earth Engine, la susceptibilidad por hundimiento en el periodo 2016- 2025 en el SAR se representa de la siguiente manera: 18.4% Baja (zonas menos susceptibles al hundimiento del terreno); 61% Media – baja; 16.4% Media – alta y 4.2% Alta (zonas más susceptibles al hundimiento) (Figura VII. 38).

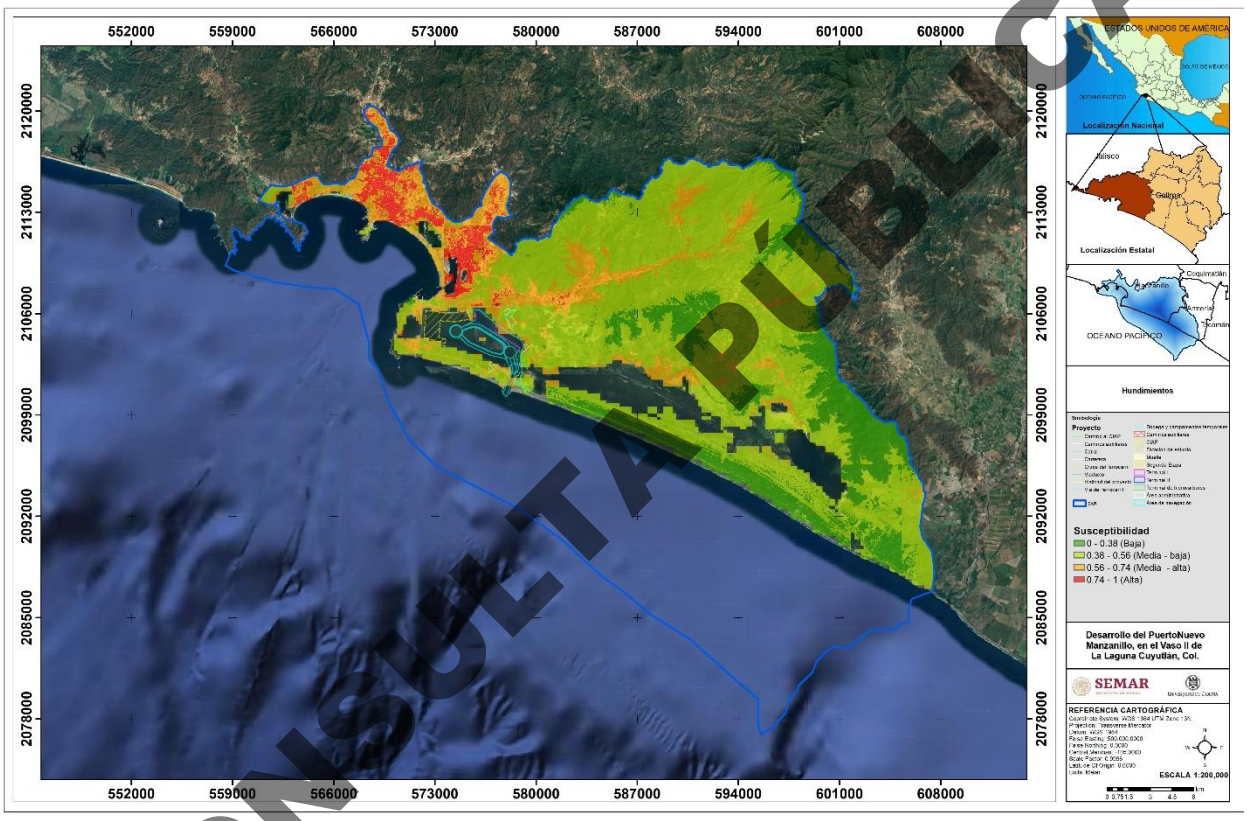


Figura VII. 38. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025.

Es **Poco probable** que se registre un evento de este tipo, ya que no se tienen registros históricos de hundimientos en el área del SAR, sin embargo, en caso de presentarse, las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

2C Riesgo Bajo

[18] Baysa Payabyab Ronald Mathew (2022). Detecting land subsidence using multicriteria decision analysis and machine learning in Skøyen, Oslo.

CONSULTA PÚBLICA

Riesgos Hidrometeorológicos

Riesgo por Ciclones tropicales

En las costas mexicanas cada año se producen distintos fenómenos hidrometeorológicos, los cuales dejan grandes rastros de su afectación. Particularmente las tormentas tropicales han afectado al estado de Colima y han sido registradas por distintas fuentes. A los huracanes los distinguen múltiples particularidades, como las enormes cantidades de agua desplazada, la velocidad de sus vientos y la trayectoria que cursan (Capurro Filograsso, 2001; OPS, 2000).

En tierra, la precipitación de la lluvia se incrementa en gran medida y en muy poco tiempo origina inundaciones, aumento en el cauce de los ríos y flujos de material rocoso. En el mar, los vientos y oleajes crean la marea de tormenta, que produce alteraciones notables en las playas. Cada huracán sigue una trayectoria de acuerdo con las condiciones meteorológicas que encuentra a su paso por la región ciclógena en que se genera. Las regiones ciclógenas son lugares que, por sus características climatológicas, sin excepción, año con año forman ciclones y huracanes. Frente a las costas de los estados de Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Colima, se encuentra una de las ocho zonas más importantes en el mundo, y la primera de las cuatro regiones ciclógenas que afectan a las costas de nuestro país (APREC, 2015).

Durante el siglo XXI, diversos eventos meteorológicos que han impactado al estado de Colima. En estos 25 años se han registrado 42 huracanes, 33 tormentas tropicales y 4 depresiones tropicales (Tabla VII. 9).

Tabla VII. 9. Ciclones tropicales que afectaron el estado de Colima durante el periodo 2000- 2025.

Fecha y nombre del evento hidrometeorológico	Eventos reportados por cada año
2000 junio 20 Huracán Carlotta 2000 septiembre 10 Huracán Lane 2000 septiembre 20 Tormenta tropical Norman	3
2001 mayo 30 Huracán Adolph 2001 septiembre 21 Huracán Juliete	2
2002 septiembre 1 Huracán Hernán 2002 septiembre 26 Tormenta tropical Julio 2002 octubre 24 Huracán Kenna	3
2003 octubre 6 Huracán Olaf	1
2004 agosto 4 Huracán Frank0 2004 septiembre 14 Huracán Javier	2
2005 agosto 22 Huracán Hillary	1

CONSULTA PÚBLICA

Fecha y nombre del evento hidrometeorológico	Eventos reportados por cada año
2006 julio 25 Tormenta tropical Emilia 2006 septiembre 1 Huracán John 2006 septiembre 16 Huracán Lane 2006 octubre 15 Depresión tropical Norman	4
2007 octubre 19 Tormenta tropical Kiko	1
2008 octubre 11 Tormenta tropical Odile	1
2009 junio 23 Tormenta tropical Andrés	1
2010 agosto 26 Huracán Frank	1
2011 junio 9 Huracán Adrián 2011 junio 21 Huracán Beatriz 2011 julio 9 Huracán Calvin 2011 agosto 18 Tormenta tropical Greg 2011 octubre 12 Huracán Jova	5
2012 mayo 21 Huracán Bud 2012 septiembre 12 Tormenta tropical Kristy	2
2013 julio 4 Huracán Erik 2013 agosto 28 Tormenta tropical Juliette 2013 septiembre 5 Tormenta tropical Lorena 2013 septiembre 13 Huracán Manuel	4
2014 agosto 22 Huracán Marie 2014 septiembre 2 Huracán Norbert 2014 septiembre 10 Huracán Odile	3
2015 octubre 23 Huracán Patricia	1
2016 julio 22 Tormenta tropical Frank 2016 agosto 6 Tormenta tropical Javier 2016 septiembre 6 Huracán Newton	3
2017 agosto 7 Depresión tropical Javier 2017 agosto 11 Tormenta tropical Jova 2017 agosto 29 Depresión tropical Lidia 2017 septiembre 7 Huracán Newton 2017 septiembre 23 Tormenta tropical Pilar 2017 octubre 22 Tormenta tropical Vicente	4
2018 agosto 6 Tormenta tropical Ileana	1
2019 septiembre 19 Tormenta Tropical Lorena 2019 septiembre 28 Tormenta Tropical Narda 2019 octubre 20 Tormenta Tropical Priscilla	3
2020 julio 8 Tormenta tropical Cristina 2020 agosto 9 huracán Elida	3

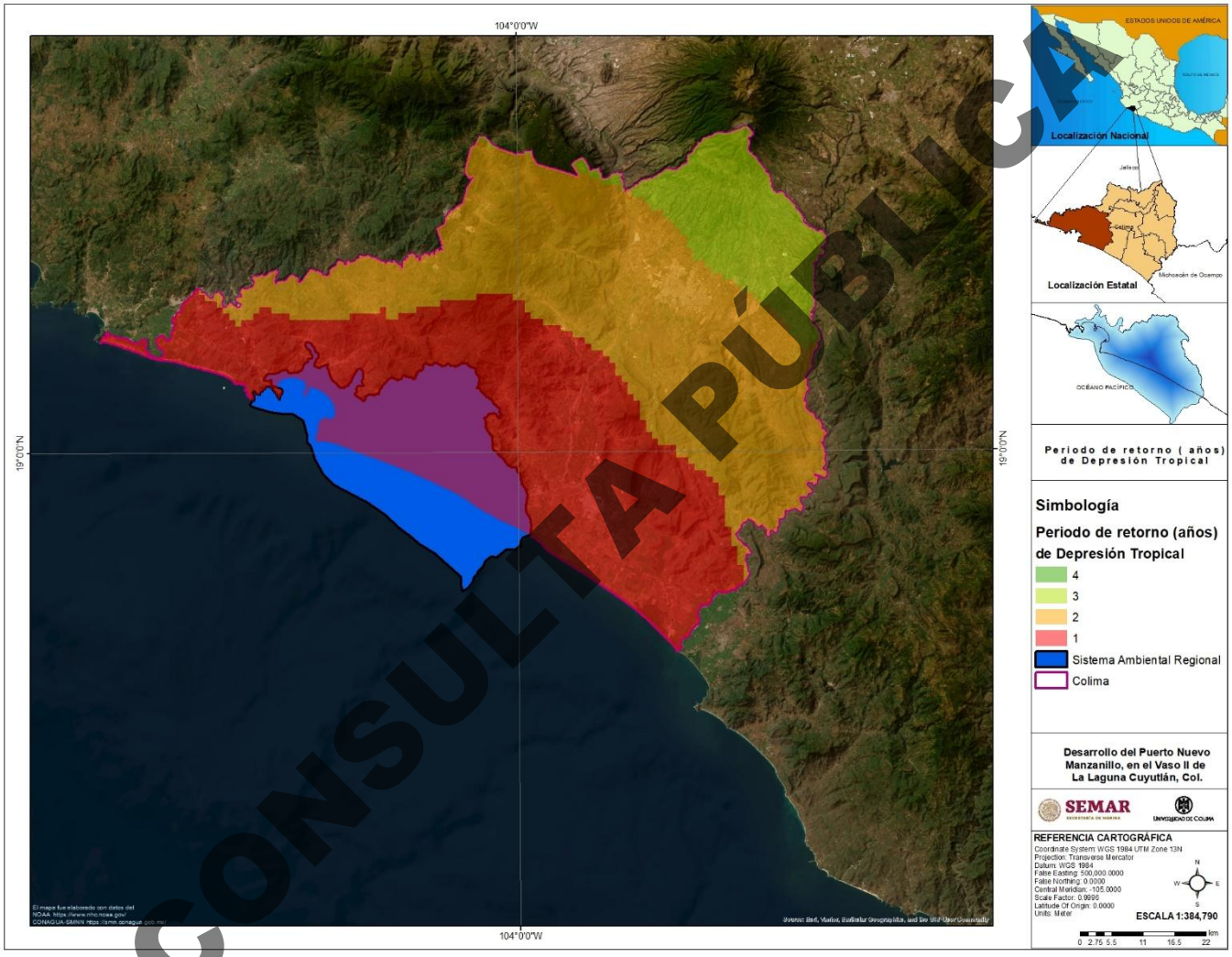
CONSULTA PÚBLICA

Fecha y nombre del evento hidrometeorológico	Eventos reportados por cada año
2020 2020 septiembre 6 Tormenta Tropical Julio	
2021 junio 19 Tormenta tropical Dolores 2021 julio 17 Tormenta tropical Guillermo 2021 agosto 1 Tormenta tropical Ignacio 2021 agosto 7 Tormenta tropical Kevin 2021 agosto 12 Huracán Linda 2021 agosto 28 Huracán Nora 2021 octubre 10 Huracán Rick	10
2022 junio 16 Huracán Blas 2022 junio 22 Tormenta tropical Celia 2022 julio 5 Huracán Bonnie 2022 julio 17 Huracán Estela 2022 agosto 31 Tormenta Tropical Javier 2022 septiembre 5 Huracán Kay	6
2023 junio 23 Huracán Adrián 2023 junio 30 Huracán Beatriz 2023 agosto 17 Huracán Hillary 2023 octubre 10 Huracán Lidia	4
2024 septiembre 12 Tormenta tropical Ileana 2024 septiembre 25 Huracán John 2024 octubre 22 Huracán Cristy	3
2025 28-31 de mayo tormenta tropical Alvin 2025 8-10 de junio Huracán Barbara 2025 8- 11 de junio tormenta tropical Cosme 2025 12-15 de junio tormenta tropical Dalia	4
Total	**80 eventos**
Con información del APREC 2015; NOAA; CENAPRED; SMN.	
* La fecha corresponde al día de inicio del fenómeno, según lo reportó la fuente; y en la mayoría de los casos, el registro corresponde al momento en que se percibieron sus efectos e impactos en algún lugar del estado de Colima	

CONSULTA PÚBLICA

Una manera de determinar el peligro por ciclones tropicales es calculando la probabilidad de impacto en el territorio para cada tipo de evento hidrometeorológico. Según datos del APREC 2015, el estado de Colima tiene probabilidad de ser impactado o afectado por este tipo de fenómenos. Para depresiones tropicales los municipios de Manzanillo y Armería, y por lo tanto el

SAR. La probabilidad de impacto es del 31 al 40 %, representando un peligro bajo y se tiene una recurrencia de 1 año. El mapa de periodo de retorno de Tormenta tropical es mostrado en Figura VII. 39.



CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 39. Periodo de retorno de Depresión Tropical. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

Para tormenta tropical, la probabilidad de impacto es del 37 al 40 %, representando un peligro bajo y con una recurrencia de 2 a 3 años. El mapa de periodo de retorno de Tormenta tropical es mostrado en la Figura VII. 40.

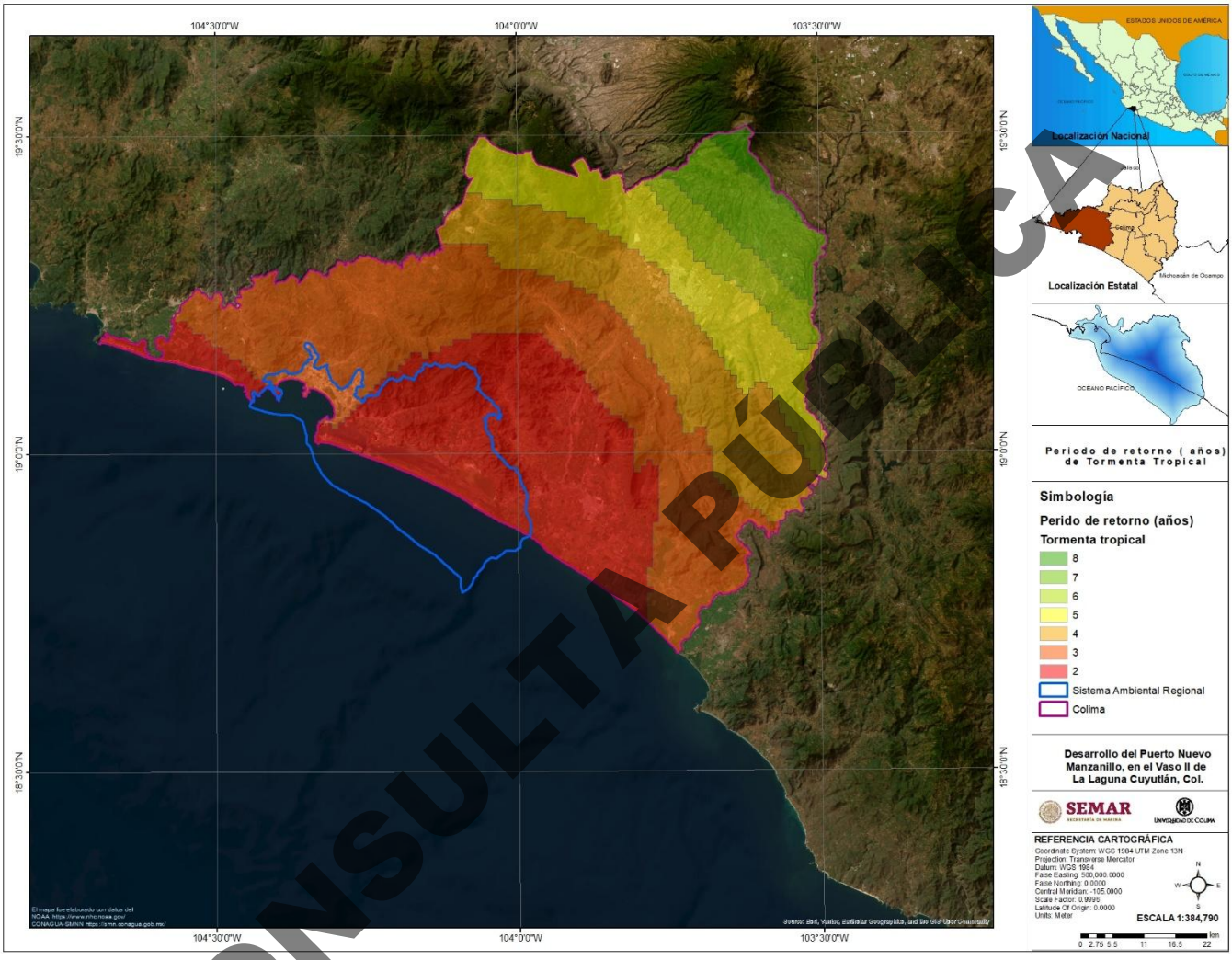


Figura VII. 40. Periodo de retorno de Tormenta Tropical (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

Para Huracán categoría 1 la probabilidad de impacto es del 12 al 21 %, representando un peligro bajo, con una recurrencia de 5 a 9 años. El mapa de periodo de retorno de Huracán Categoría 1 es mostrado en la Figura VII. 41.

CONSULTA PÚBLICA

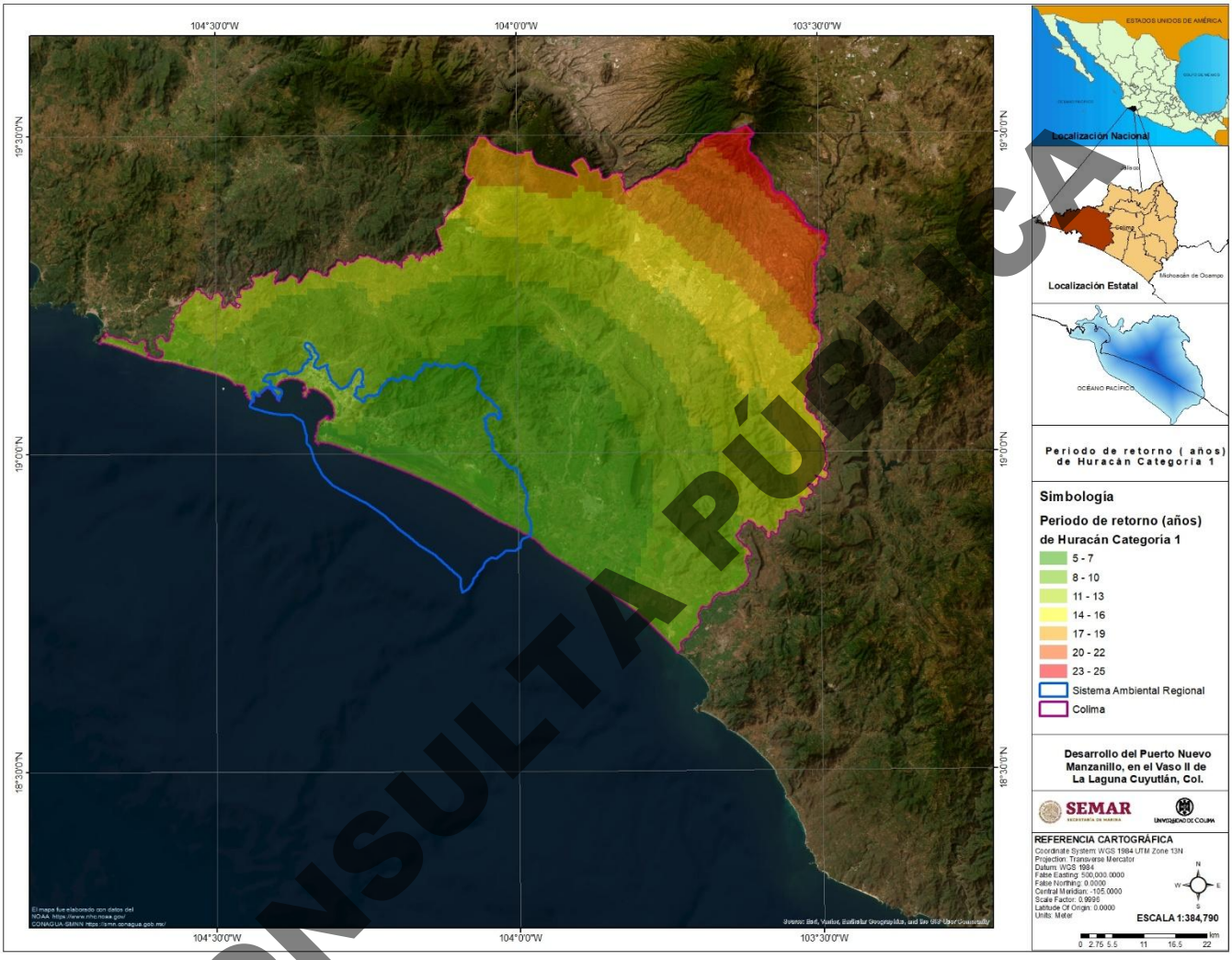


Figura VII. 41. Periodo de retorno de Huracán Categoría 1.

Para Huracán categoría 2 la probabilidad de impacto es del 1 %, representando un peligro bajo y se tiene una recurrencia de 16 a 19 años. El mapa de periodo de retorno de Huracán categoría 2 es mostrado en la Figura VII. 42.

CONSULTA PÚBLICA

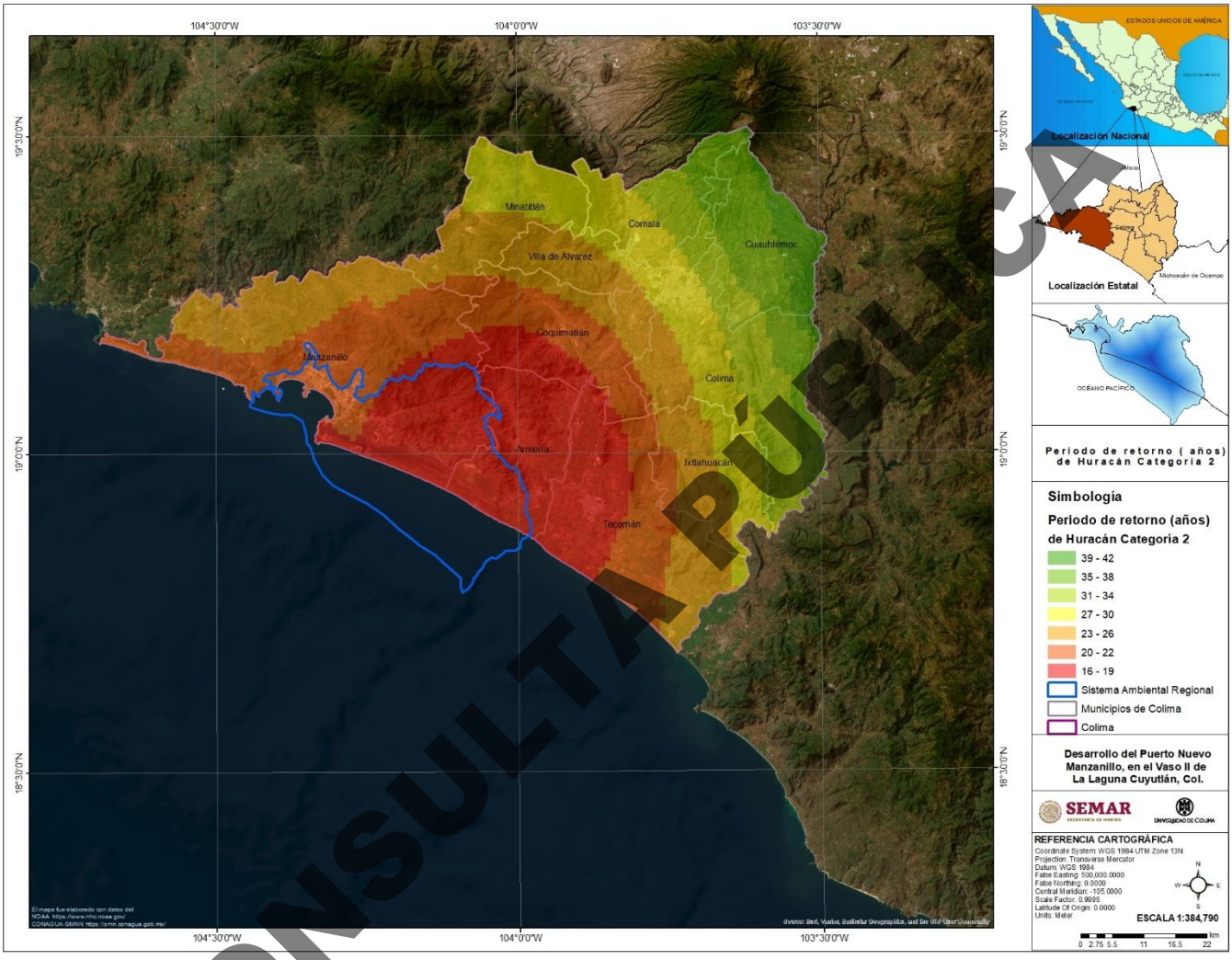


Figura VII. 42. Periodo de retorno de Huracán Categoría 2.

Para Huracán categoría 3 se tiene una recurrencia de 16 a 25 años. El mapa de periodo de retorno de Huracán categoría 3 es mostrado en la Figura VII. 43.

CONSULTA PÚBLICA

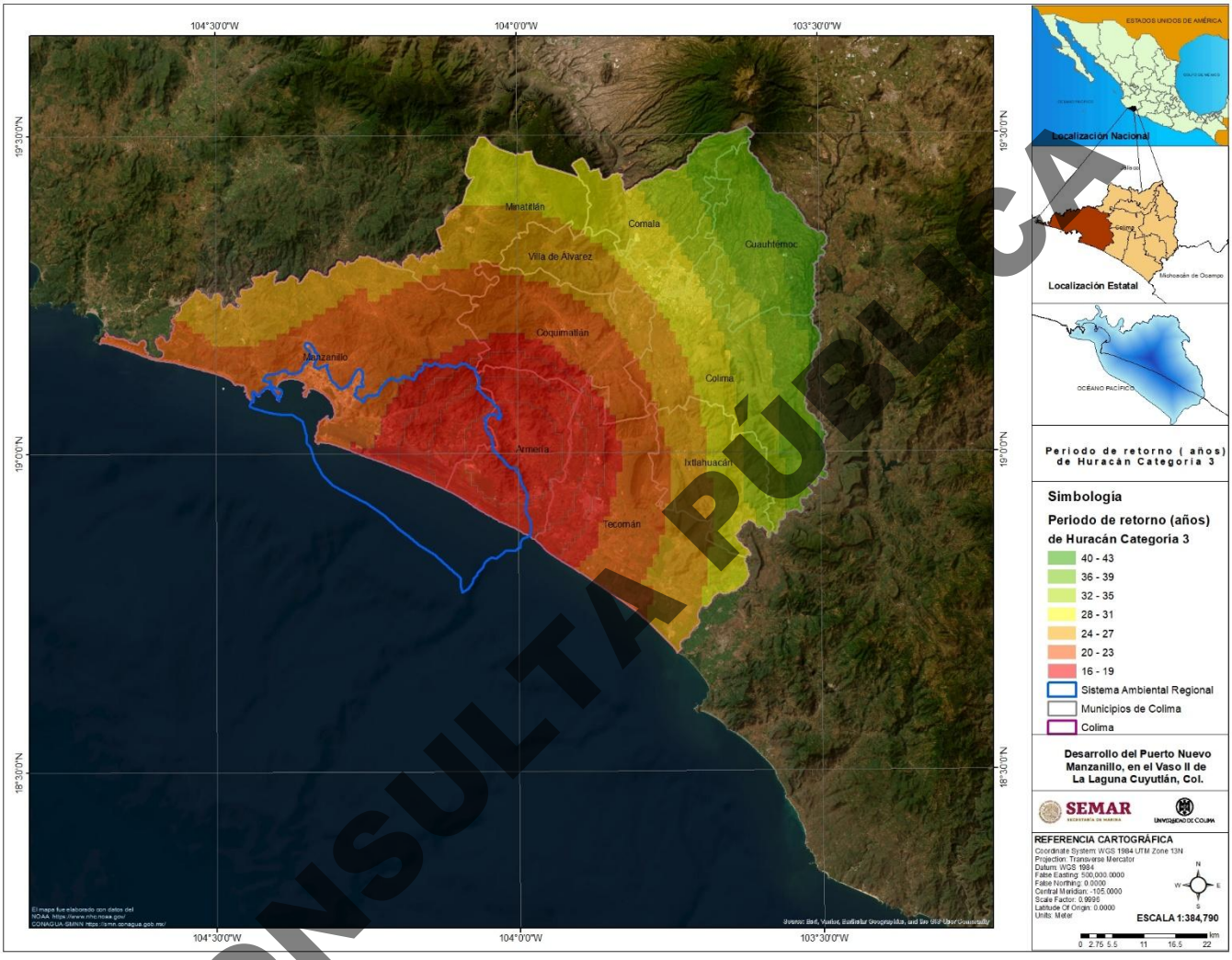


Figura VII. 43. Periodo de retorno de Huracán Categoría 3.

Para Huracán categoría 4 se tiene una recurrencia de 56-66 años. El mapa de periodo de retorno de Huracán categoría 4 es mostrado en la Figura VII. 44.

CONSULTA PÚBLICA

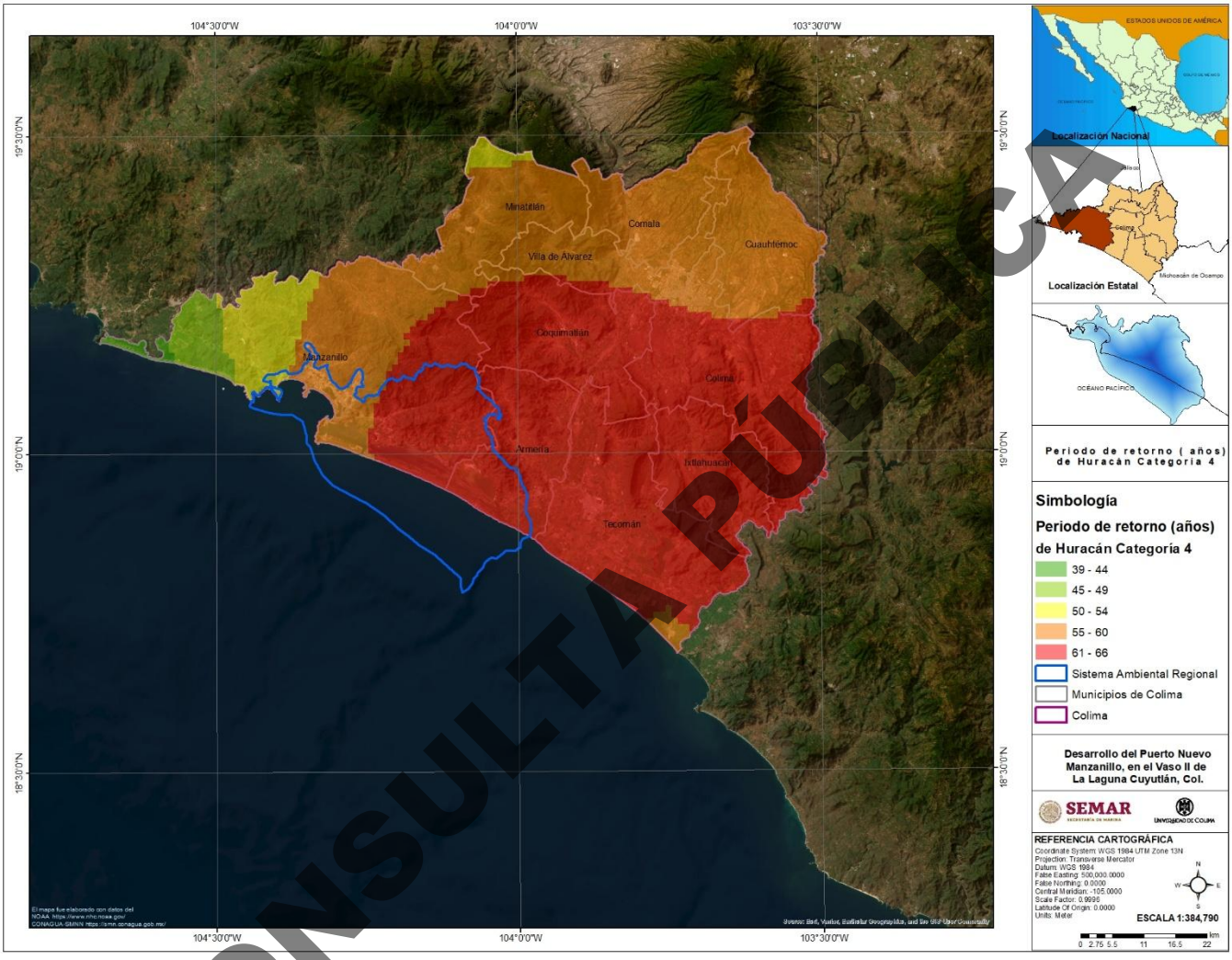


Figura VII. 44. Periodo de retorno de Huracán Categoría 4.

Para Huracán categoría 5 se tiene una recurrencia de 65 años. El mapa de periodo de retorno de Huracán categoría 5 es mostrado en la Figura VII. 45.

CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 45

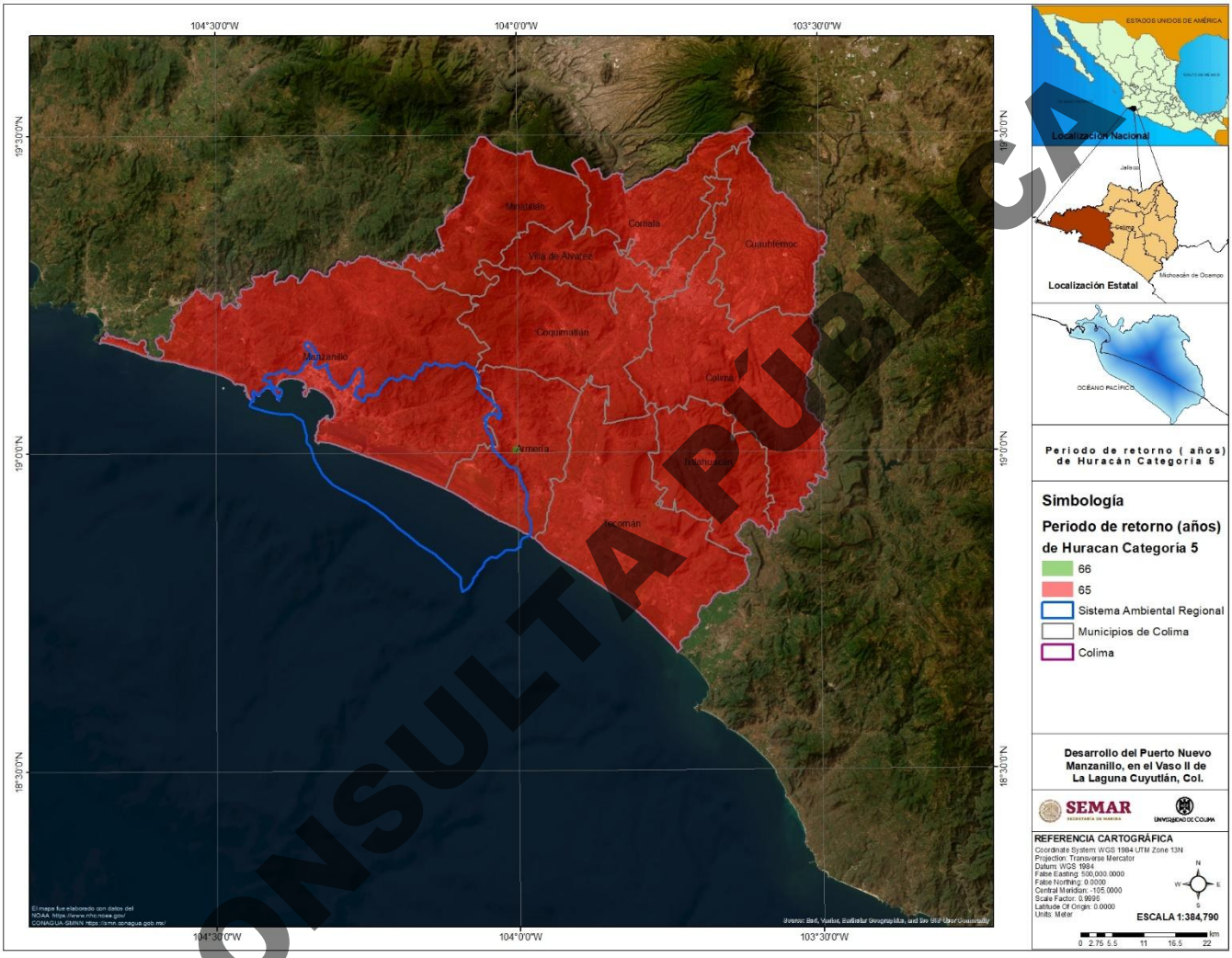


Figura VII. 45. Periodo de retorno de Huracán Categoría 5.

Las trayectorias de ciclones tropicales que han afectado el Este del Pacífico desde 1965 a 2025 son mostrados en la Figura VII. 46. De estos eventos 10 han cruzado por el territorio colimense y 3 trayectorias han cruzado por el SAR.

CONSULTA PÚBLICA

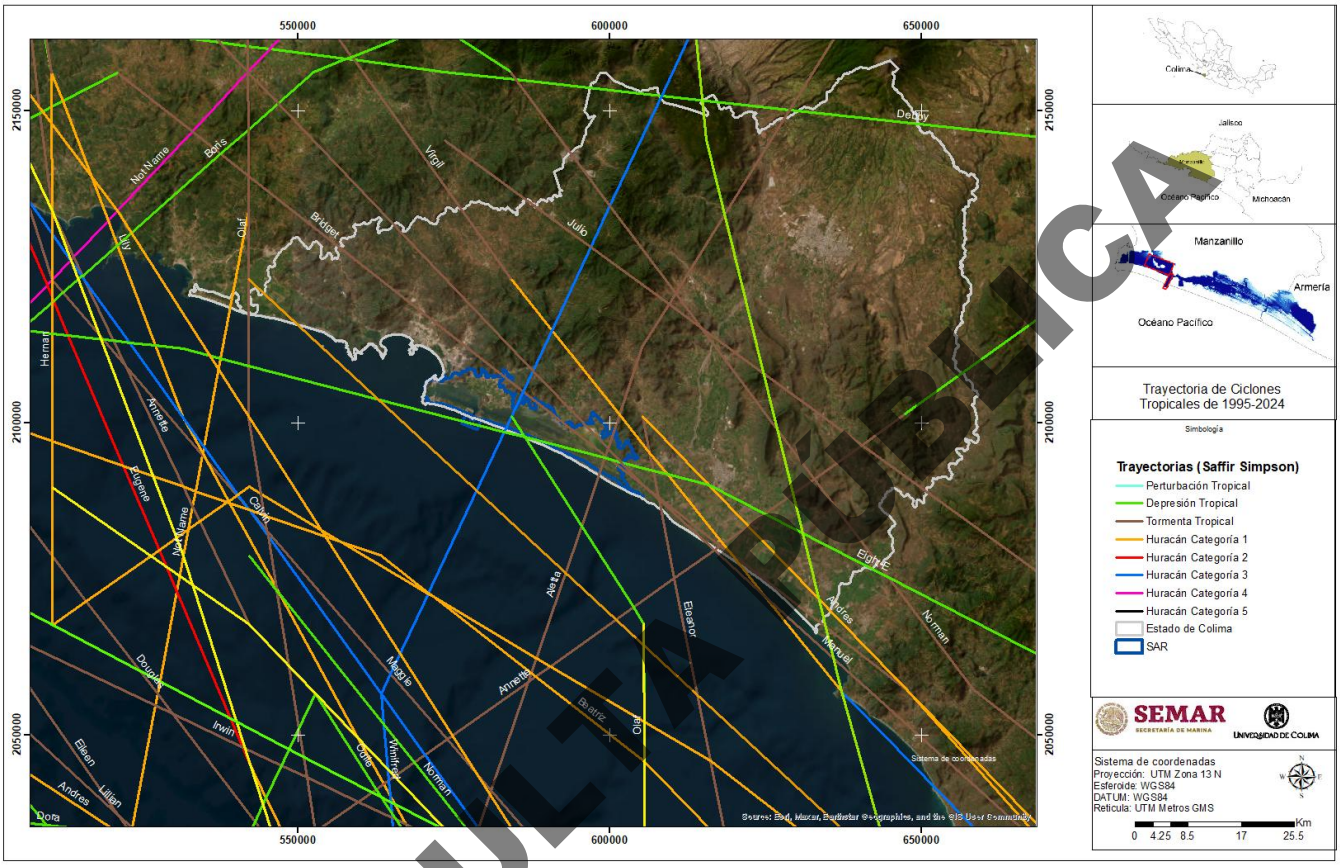


Figura VII. 46. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025.

El estado de Colima ha sufrido afectaciones por este tipo de fenómeno. En el caso de Huracán Categoría 1 las consecuencias pueden ser muy serias y tener una recurrencia de 2 a 3 años en el SAR. Por lo tanto, el Riesgo es:

3C Riesgo Moderado

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo por Marea de tormenta

En el caso particular de los ciclones tropicales, éstos provocan un ascenso mayor al habitual del nivel medio del mar, lo que origina la entrada de agua marina a las zonas bajas que colindan con el océano y pueden ocasionar inundaciones. Este levantamiento de la superficie del mar se debe, principalmente, a los vientos de los ciclones tropicales y se le denomina marea de tormenta.[19]

El viento que sopla en la superficie del mar también genera oleaje. Cuanto más grande es su magnitud, la extensión del área donde actúa y el tiempo que dura su acción, resultan ser mayores las olas. Cuando la marea de tormenta es grande, el mar suele tener olas altas y en estos casos, se incrementa notablemente el efecto destructor de ellas, ya que pueden impactar sobre construcciones costeras y viviendas. La combinación de la marea de tormenta grande y el oleaje alto también puede destruir instalaciones portuarias, romper obras de defensa costera, hundir embarcaciones o erosionar las playas. Este último, puede socavar la zona de apoyo de los cimientos de los edificios y otras clases de estructuras localizadas encima de ellas, lo que podría ocasionar su falla.

La altura máxima de marea de tormenta sería de 6.1 metros ocasionado por un huracán categoría 4, con una probabilidad de ocurrencia de 0.1 y un periodo de retorno estimado de 68 años (Tabla VII. 10).[20] Los resultados de la modelación de marea de tormenta se encuentran dentro de los valores de la siguiente tabla.

Tabla VII. 10. Marea de tormenta según el tipo de fenómeno. Datos CENAPRED, 2019.

Fenómeno	Altura (m)	Probabilidad de ocurrencia	Periodo de retorno
Depresión tropical	ND	0.2	7
Tormenta tropical	3.4 - 3.5	0.4	9
Huracán Cat.1	3.7	0.2	17
Huracán Cat.2	4.5	0.1	34
Huracán Cat.3	5.2	0	68
Huracán Cat.4	6.1	0.1	68
Huracán Cat.5	0	0	0

CONSULTA PÚBLICA

[19] APREC (2015).
[20] CENAPRED, 2019. Marea de Tormenta "Método simplificado y una cercanía de la trayectoria al municipio de 10 km".

En la Figura VII. 47 se muestran las curvas de nivel hasta 6.1 metros que es la altura máxima estimada de marea de tormenta dentro del SAR.

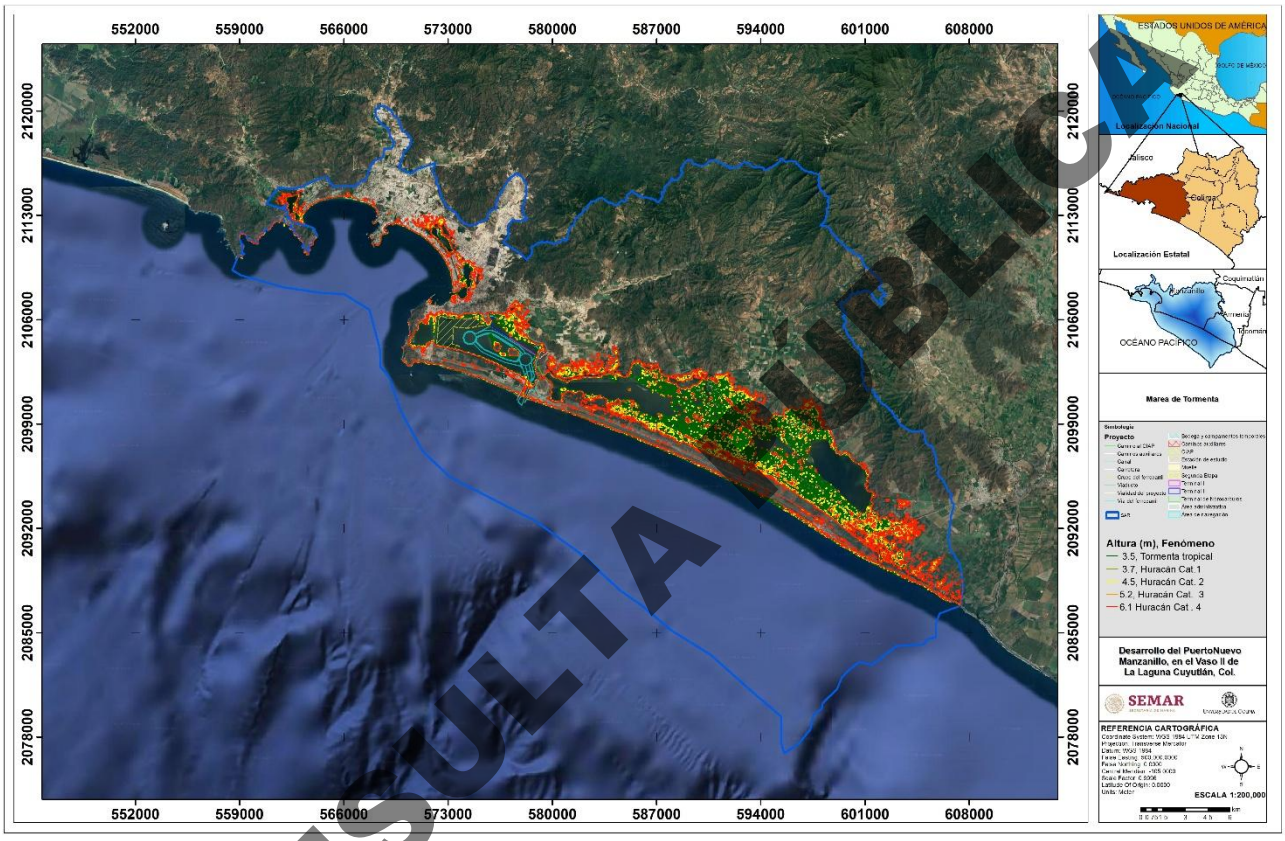


Figura VII. 47. Inundación por marea de tormenta. Elaboración propia con datos del ANR (2026).

Según los registros de ciclones tropicales en el SAR resulta **Muy probable** un evento de marea de tormenta ya que puede ocurrir más de una vez al año y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

5C Riesgo Alto

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo por Temperaturas máximas

Según datos del APREC (2015) la temperatura máxima en el SAR para un periodo de retorno de 50 años oscila entre los 35°C a los 40 °C (Figura VII. 48, Tabla VII. 11).

Tabla VII. 11. Temperatura máxima en el área del proyecto para diferentes periodos de retorno. Fuente APREC, 2015.

Periodo de retorno	Temperatura máxima °C
2 años	30-38
5 años	33-38
10 años	33-38
25 años	34-39
50 años	34-40

CONSULTA PÚBLICA

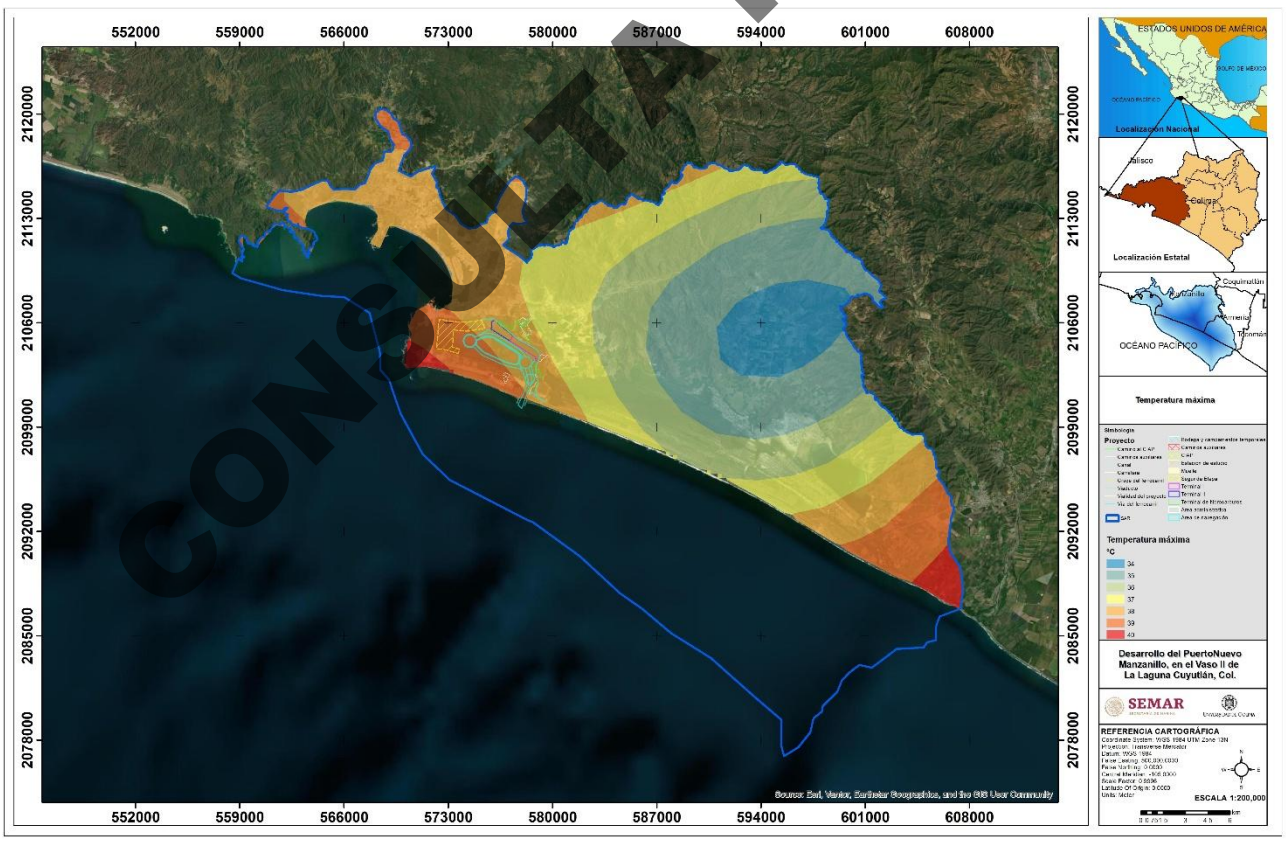


Figura VII. 48. Temperatura máxima para un periodo de retorno de 50 años en el SAR. Fuente APREC, 2015

Según los registros en el SAR es **Probable** que se registren temperaturas máximas y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo 

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo por Ondas cálidas

El calor excesivo es una amenaza que incrementa riesgos en la salud pública, por cada grado centígrado por encima de un cierto nivel, los fallecimientos pueden aumentar entre el 2 y 5%.

Las olas de calor intenso y prolongado elevan los riesgos, principalmente en las personas de edad avanzada, los enfermos crónicos, la población socialmente aislada, aquéllas que trabajan en ambientes expuestos y la población infantil son los grupos más vulnerables.

Según la Organización Meteorológica Mundial (1993) la ola de calor es un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy cálido, sobre una zona extensa que suele durar unos días e, incluso, semanas. Kunkel *et al*., (1999) la definen cuando la temperatura máxima supera cierto umbral durante cuatro días consecutivos.

En México, Jáuregui (2009) delimita a la onda de calor como la ocurrencia de tres o más días con temperaturas que exceden ciertos umbrales, los cuales varían geográficamente, por ejemplo, para el caso de la Ciudad de México se adopta el umbral de 30°C, sin embargo, en Mexicali y Hermosillo, la temperatura debe exceder los 40°C. En ambos casos, los mayores eventos ocurren entre marzo a julio. De manera similar, Vidal y Ortiz (2010) indican que una onda cálida está determinada por un período de tres o más días cuando la temperatura excede cierto umbral, que para el caso de México sería 26°C, debido a que es el límite de la temperatura entre los climas templados y cálidos. Por su parte, Herrera-Alanís (2012) señala que una onda de calor se presenta cuando la temperatura máxima y mínima sobrepasa el percentil 90 en al menos dos días consecutivos.

Las ondas de calor son ocasionadas por temperaturas muy altas, que se presentan por la llegada de masas de aire tropical continental a latitudes medias. Estas ondas ocurren con mayor frecuencia durante los meses de mayo a julio.

Según el ARM (2024) en el SAR los valores promedio oscilan entre los 33.4°C a los 37.3°C (Figura VII. 49), por lo que el peligro por onda cálida se encuentra de **Medio a Alto** (Tabla VII. 12).

Tabla VII. 12. Niveles de severidad de temperatura máximas. Fuente ARM,2024.

Temperatura °C	Peligro
26 - 29.9	Bajo
30 - 33.9	Medio
34 - 39.9	Alto
>=40	Muy Alto

CONSULTA PÚBLICA

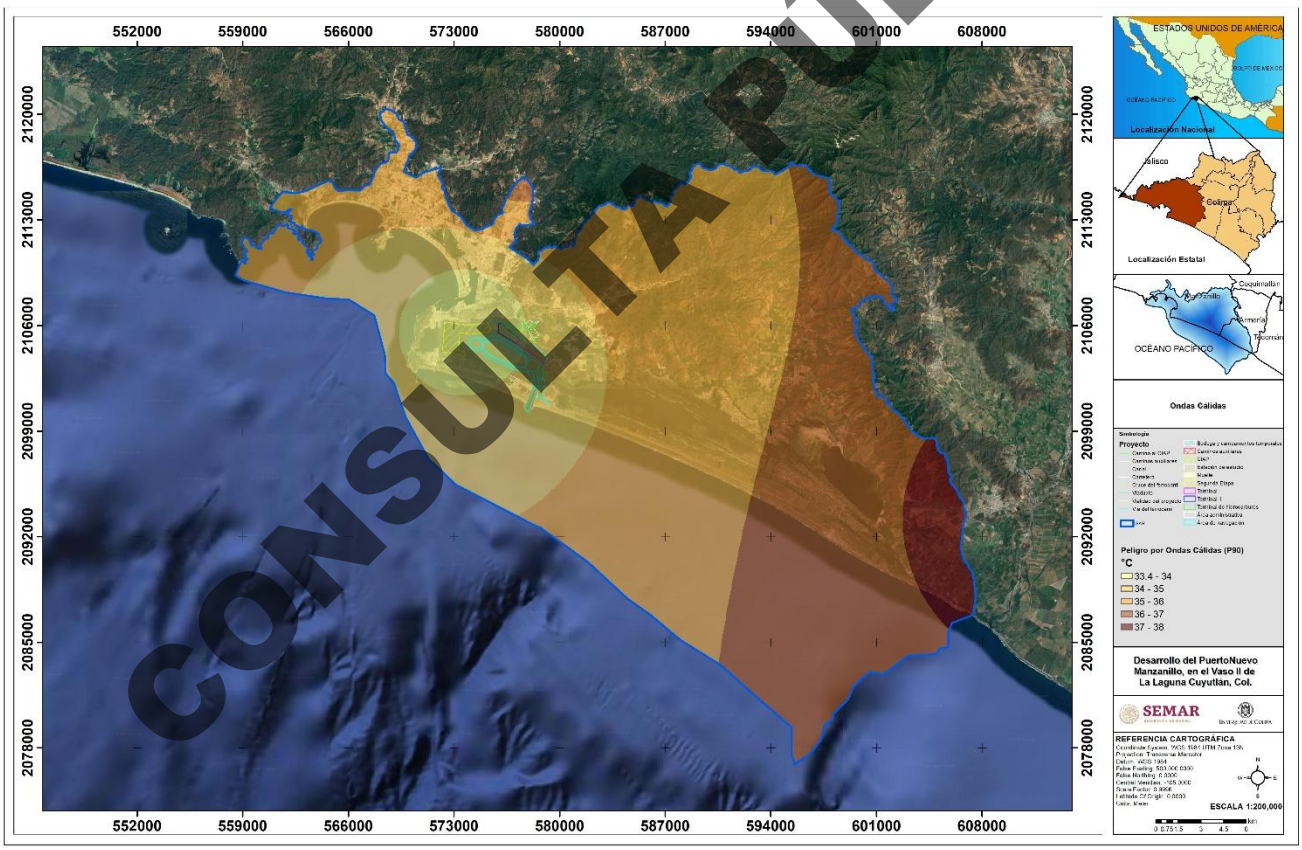


Figura VII. 49. Peligro por ondas cálidas. Fuente ARM, 2024.

Según los registros en el SAR se considera **Muy probable** que se registren ondas de cálidas y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

5B Riesgo Moderado

Riesgo por Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad, que se manifiestan en un resplandor breve, además de un ruido seco o estruendo. Las tormentas se asocian a nubes convectivas y suelen acompañarse de precipitación en forma de chubasco de lluvia, hielo e incluso de nieves. El tiempo de duración de las tormentas eléctricas va de una a dos horas, son locales y por lo general se reducen a unas decenas de kilómetros cuadrados (CENAPRED 2021).

La densidad de rayos se obtuvo de la Red Mundial de Localización de Rayos (WWLLN), del programa Climatología Global de Rayos (WGLC) y series temporales 2010-2024[21], en el SAR se utilizaron datos del periodo de lluvias Mayo – Noviembre donde el valor mínimo fue 1.8 rayos, el máximo 3.29 rayos y la media 2.69 rayos. Se interpolaron los datos y como resultado se muestra la Figura VII. 50 con distribución de rayos en el SAR.

CONSULTA PÚBLICA

[21] Kaplan, JO (2025). Red Mundial de Localización de Rayos (WWLLN), Climatología Global de Rayos (WGLC) y series temporales (v2025.0.0) [Conjunto de datos]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15215319

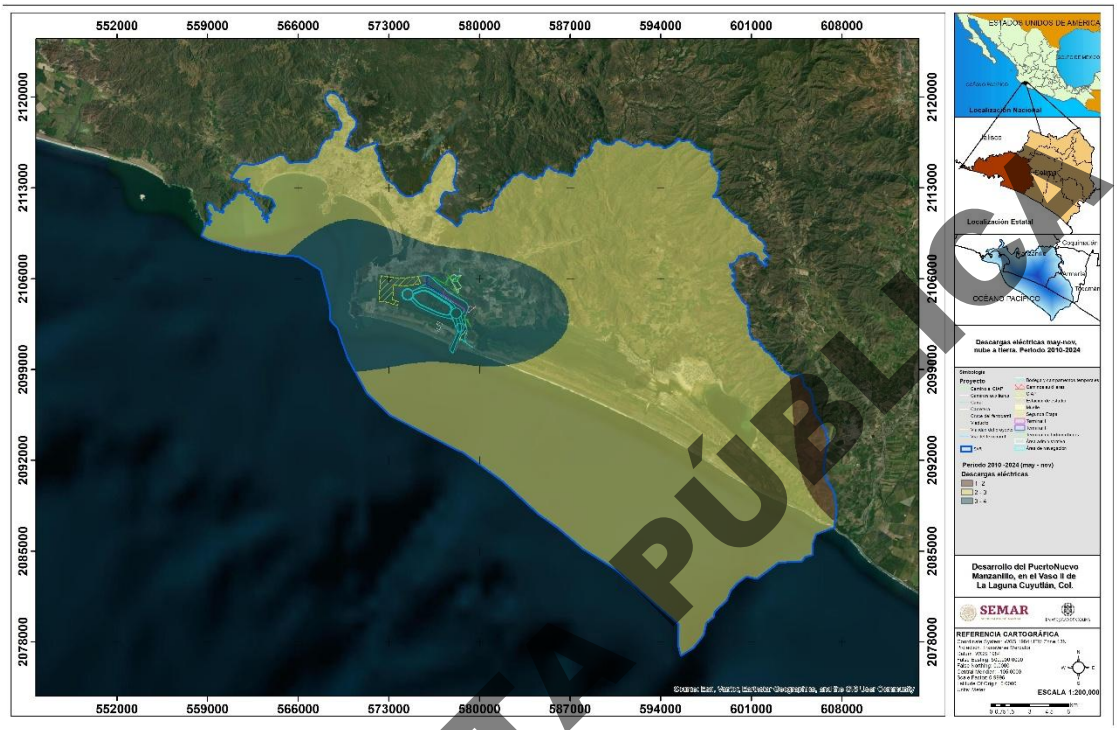


Figura VII. 50. Descargas eléctricas mayo-noviembre, nube a tierra. Periodo 2010-2024. Elaboración propia con datos de Kaplan, JO (2025).

Según Jaramillo A., Domínguez C. (2024)[22] el riesgo de muerte por rayos en el municipio de Manzanillo es Muy Alto, y en el municipio de Armería el riesgo es Medio (Figura VII. 51).

CONSULTA PÚBLICA

[22] Jaramillo A., Domínguez C. (2024). Mapping lightning risk in Mexico: integrating natural Hazard and social vulnerability Weather, Clim Soc, 16 (3), pp. 563-574, 10.1175/WCAS-D-23-0151.1

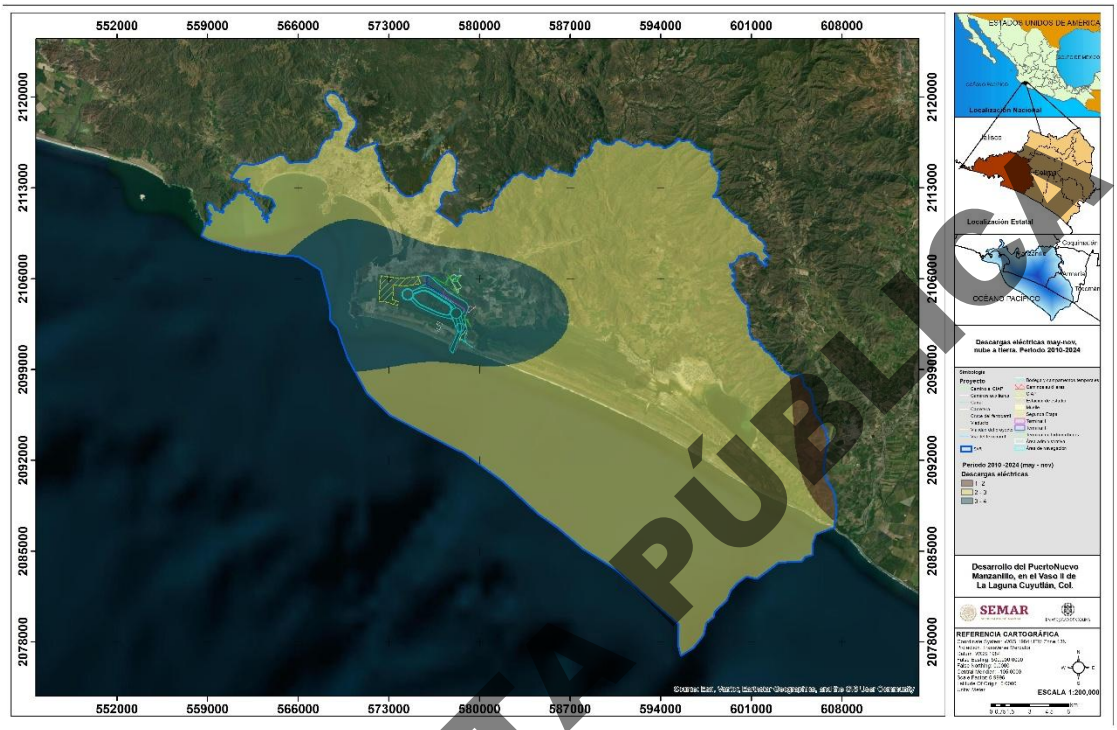


Figura VII. 51. Riesgo de muertes por rayo en el SAR. Elaboración propia con datos de Jaramillo A., Domínguez C. (2024)

Es **Muy probable** que en el SAR que se registren tormentas eléctricas en temporada de lluvias y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

5B Riesgo Moderado

CONSULTA PÚBLICA

Riesgos por Cambio climático[23, 24]

Históricamente, se han utilizado escenarios de cambios globales futuros para poder estimar los efectos potenciales del incremento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y sus consecuencias en el incremento de la temperatura. En el sexto informe de evaluación del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) se planteó el uso de escenarios denominados Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP por sus siglas en inglés) que buscan incorporar las dimensiones del cambio social esperado que podrían afectar tanto los niveles de emisiones como la mitigación y la adaptación al cambio climático (Escoto *et al*., 2017). Los SSP se combinaron con los RCP (*Representative Concentration Pathways*) para cubrir el aspecto tanto ambiental, como social que pueden afectar el clima en un futuro.[25]

Los Modelos de Circulación General (MCG) simulan el clima pasado y el observado en diferentes resoluciones espaciales, pero también pueden forzar al sistema con mayores concentraciones de GEI para simular los posibles futuros climáticos. Un esfuerzo internacional para compilar y comparar los resultados de cada MCG lo realiza el Proyecto de Inter- comparación de Modelos (CMIP, por sus siglas en inglés).

En este apartado analizaron y procesaron los modelos MCG CMIP6 con escenarios SSP5-8.5 utilizados a corto plazo (2021-2040) con línea base 1995-2014. Ya que todo el proceso constructivo e inicio de operaciones del proyecto se llevarán a cabo en este periodo.

Temperatura

En el estado de Colima, en el corto plazo el incremento de temperatura es de 0.9°C a 1.1°C[26], en el SAR del proyecto oscila entre 0.8318 a 0.8491 °C (Figura VII. 52), el cambio es menor a lo registrado para todo el estado.

CONSULTA PÚBLICA

[23] Gutiérrez, JM, RG Jones, GT Narisma, LM Alves, M. Amjad, IV Gorodetskaya, M. Grose, NAB Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, LO Mearns, SH Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk y J.-H. Yoon, 2021: Atlas. En: Cambio climático 2021: la base científica física. Contribución del Grupo de trabajo I al sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, *et al*. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., págs. 1927–2058, doi:10.1017/9781009157896.021. Atlas interactivo disponible en http://interactive-a las.ipcc.ch/

[24] Iturbide, M., Fernández, J., Gutiérrez, JM *et al*. Implementación de los principios FAIR en el IPCC: el repositorio Atlas WGI AR6. Sci Data 9, 629 (2022). https://doi.org/10.1038/s41597-022-01739-y

[25] Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A.I., Sánchez-Torres G., Vargas-Castilleja, R.C., Báez-Vásquez, J. & Conde-Álvarez, A.C (2022). Breve Guía para la Selección, Descarga y Aplicación de Escenarios de Cambio Climático para México. De acuerdo con los últimos escenarios del IPCC. UACh-UNAM-BUAP-UAT-ISF-México, A.C. 98 p. http://cirenam.chapingo.mx/cambio-climatico/folletos/

[26] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) 2024, Diagnóstico climático del Estado de Colima. Una herramienta para hacer frente al cambio climático y las problemáticas socioambientales.

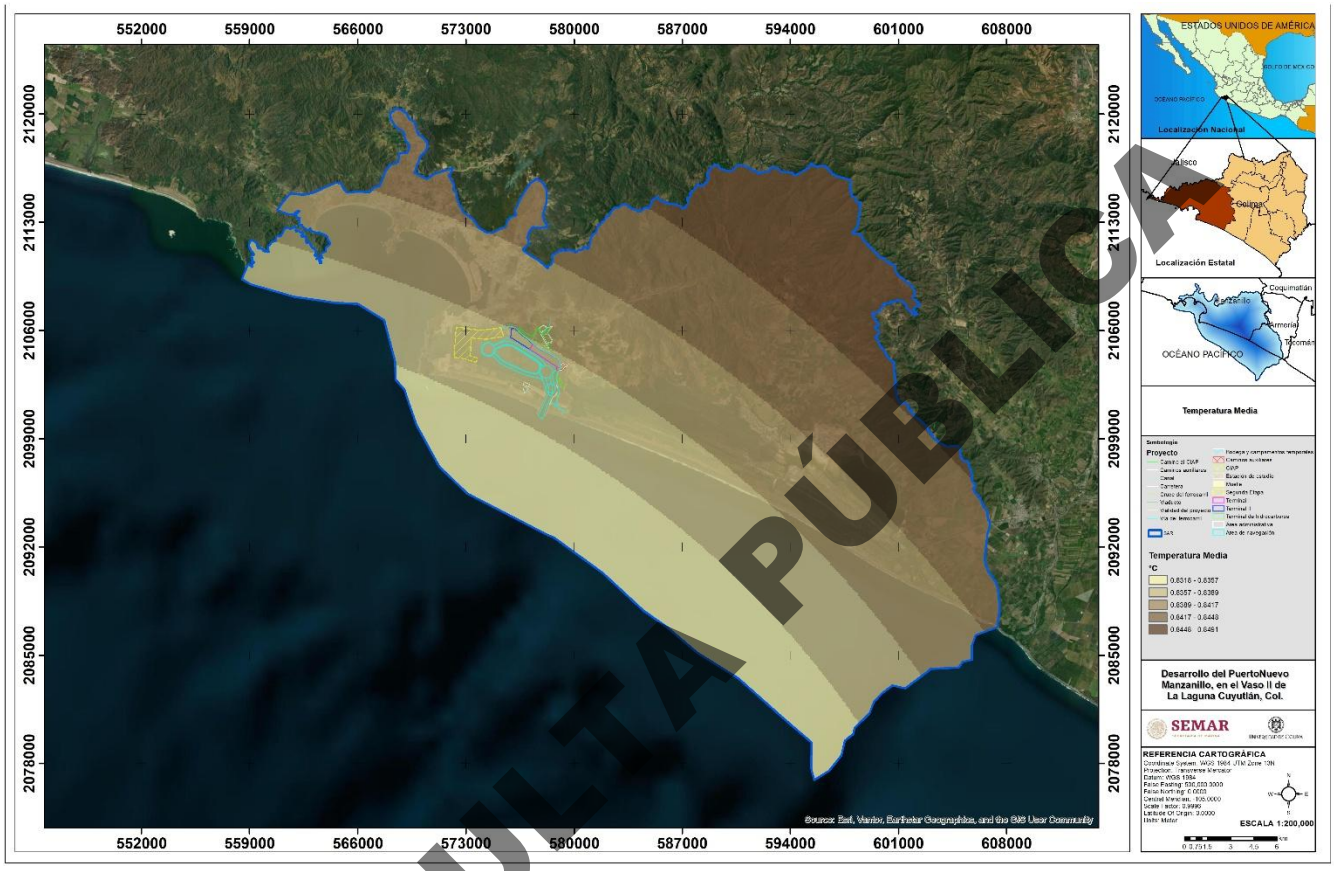


Figura VII. 52. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

Con base en el escenario de cambio climático por temperatura media en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que el aumento de temperatura se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3C Riesgo Moderado

CONSULTA PÚBLICA

Precipitación

En el estado de Colima, en el corto plazo, el cambio de la precipitación oscila entre 1.3 y -2.4% [27], mientras que en el SAR del proyecto fluctúa entre 0.8001 y 0.8300 % (Figura VII. 53). El porcentaje de cambio está por debajo de lo registrado para todo el estado de Colima.

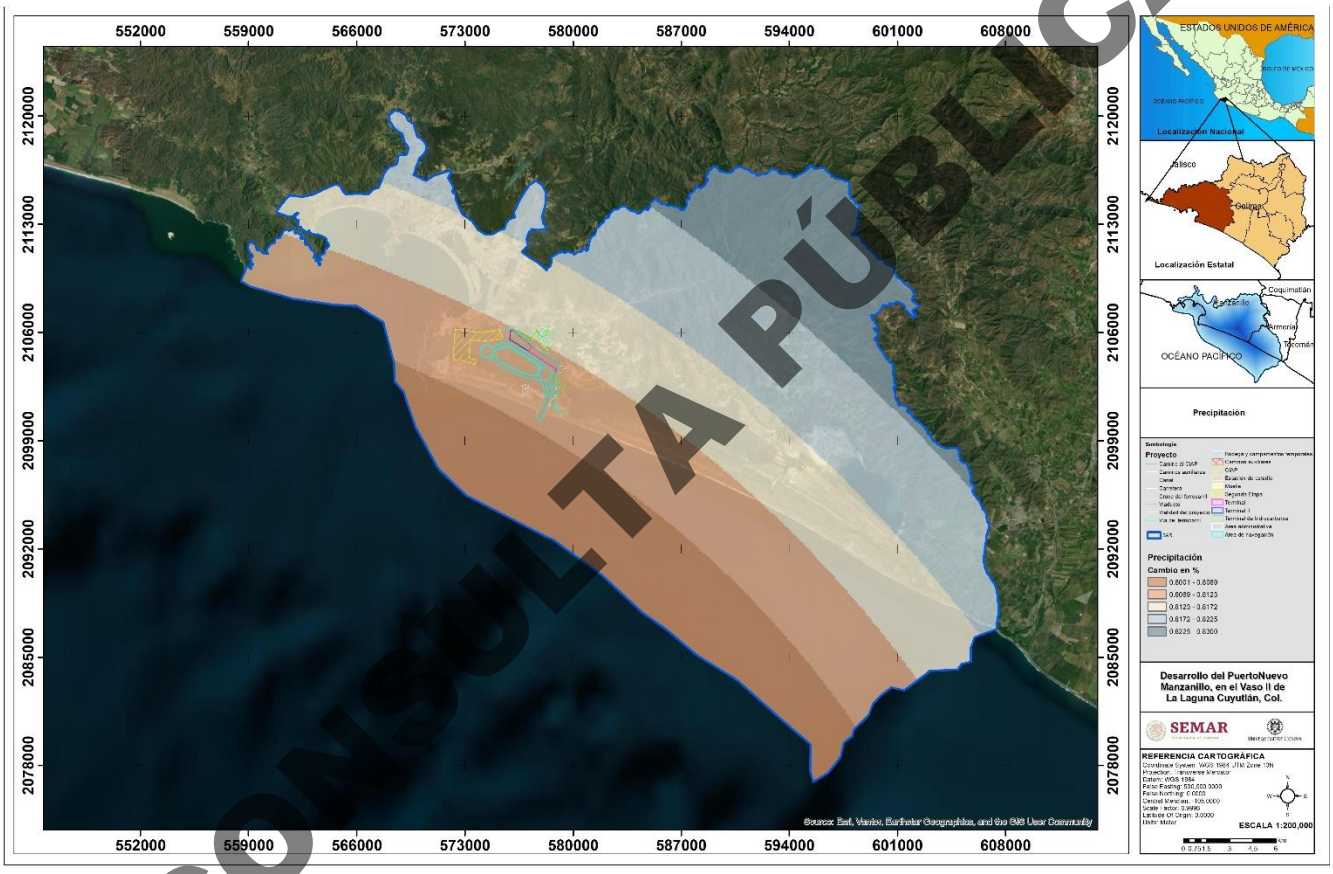


Figura VII. 53. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

El escenario de cambio climático por precipitación total en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que el aumento de la precipitación se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

[27] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) 2024, Diagnóstico climático del Estado de Colima. Una herramienta para hacer frente al cambio climático y las problemáticas socioambientales.

CONSULTA PÚBLICA

3B Riesgo Bajo

Precipitación máxima en un día

A corto plazo el cambio de la precipitación máxima en un día en el SAR del proyecto es oscila entre -2.3147 a -2.5766 % (Figura VII. 54).

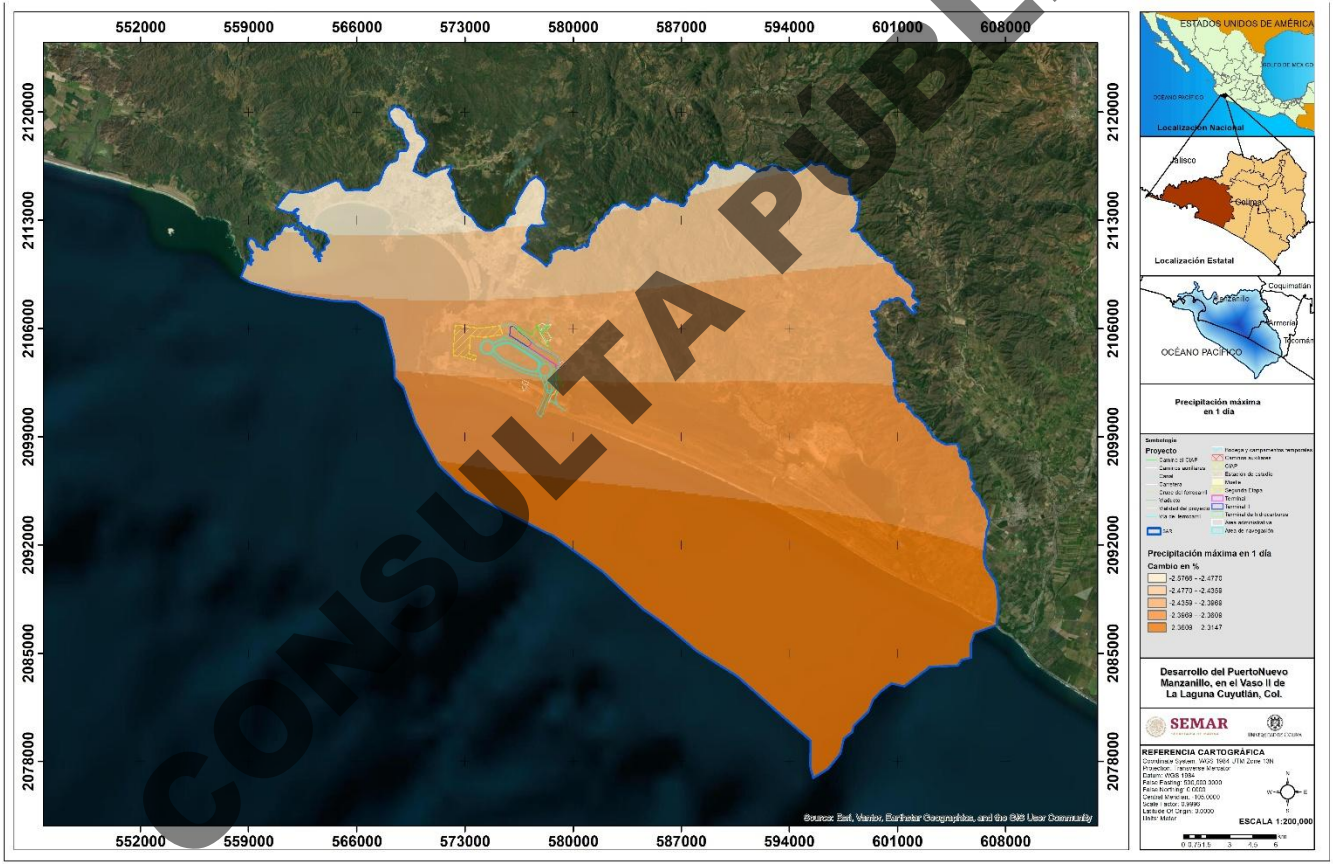


Figura VII. 54. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

El escenario de cambio climático por precipitación máxima en un día en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que la disminución de la precipitación se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

CONSULTA PÚBLICA

3B Riesgo Bajo

Máximo de días consecutivos secos

A corto plazo el máximo de días consecutivos secos en el SAR del proyecto oscila entre -2.5524 a -3.3305 días (Figura VII. 55).

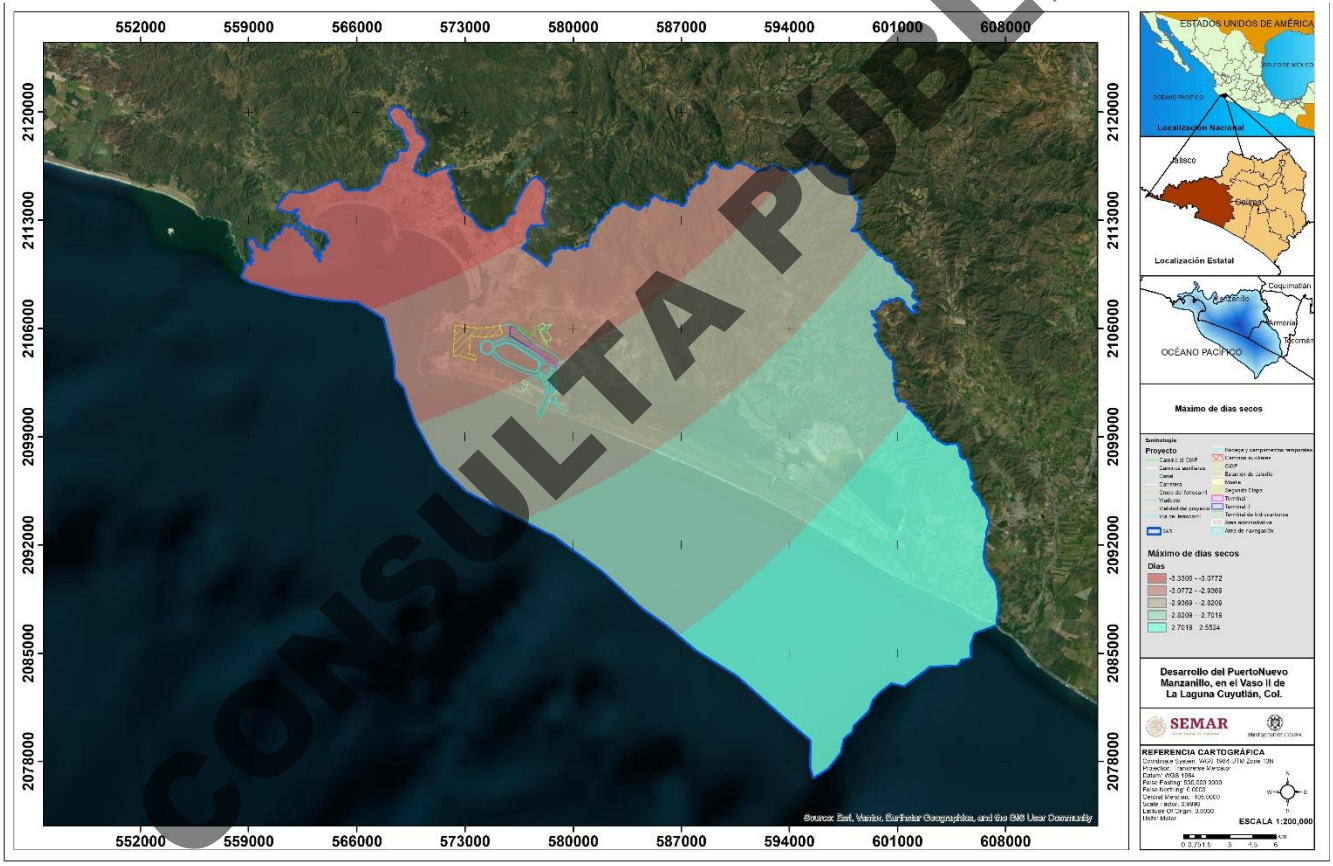


Figura VII. 55. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

CONSULTA PÚBLICA

Con base en la información consultada, el escenario de cambio climático máximo de días consecutivos secos en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que la disminución se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Vientos fuertes

A corto plazo el cambio por vientos fuertes en el SAR del proyecto fluctúa entre -0.8575 y -1.0456 % (Figura VII. 56).

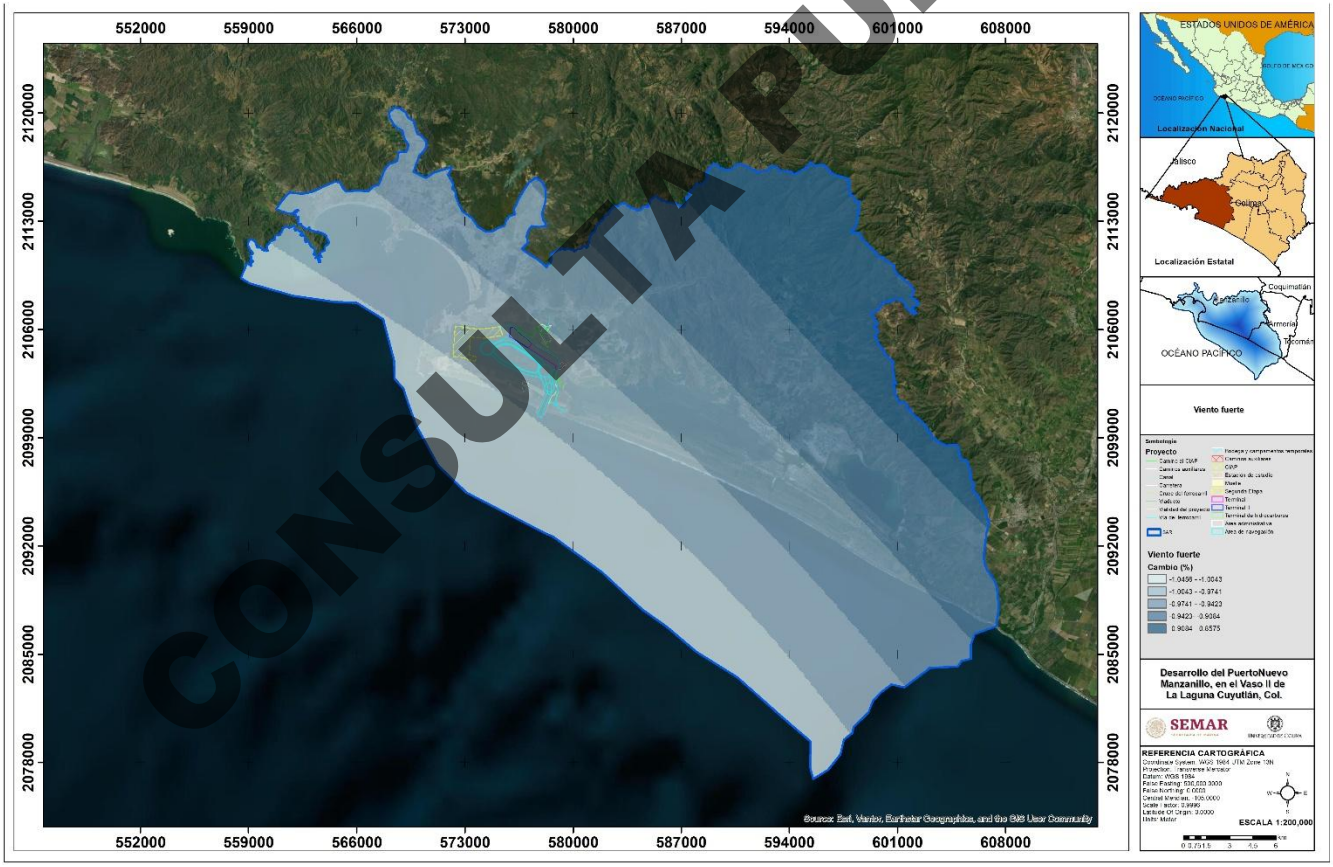


Figura VII. 56. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

CONSULTA PÚBLICA

Según el escenario de cambio climático por vientos fuertes en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que la disminución de los vientos se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo 

Aumento del nivel del mar

Las variaciones a corto plazo generalmente ocurren a diario e incluyen olas, mareas o inundaciones específicas, como las asociadas con el derretimiento de la nieve en invierno, huracanes u otras tormentas costeras.

Según el INECC (2024), la zona costera de Colima ha tenido un aumento del nivel del mar de 4.2 cm en 26 años (1993-2019).

En el estado de Colima, en el corto plazo el cambio del aumento del nivel del mar oscila entre 0.206 y 0.24 m [28], en el SAR del proyecto fluctúa entre 0.0486 y 0.0940 m (Figura VII. 57).

CONSULTA PÚBLICA

[28] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) 2024, Diagnóstico climático del Estado de Colima. Una herramienta para hacer frente al cambio climático y las problemáticas socioambientales.

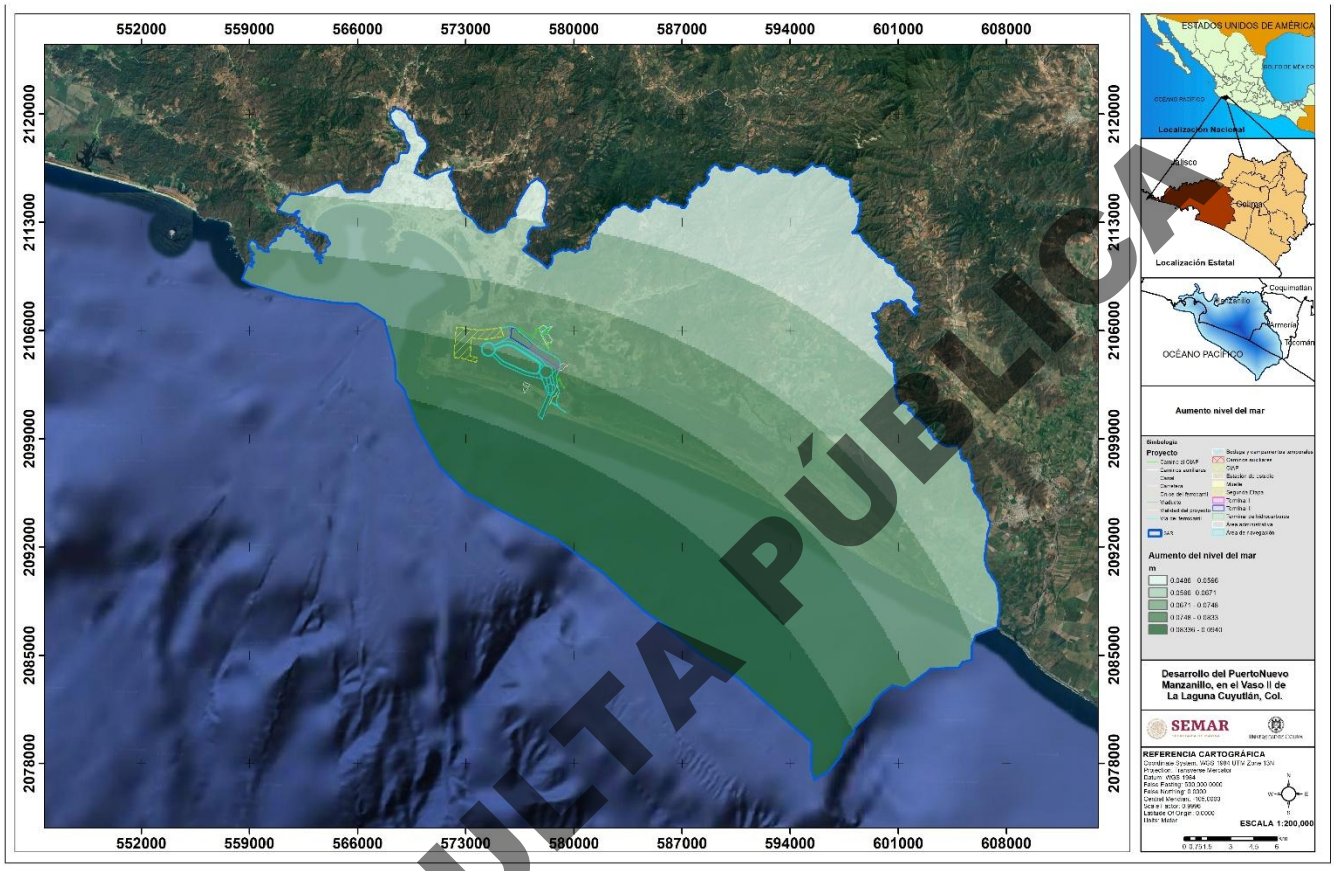


Figura VII. 57. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

Según el escenario de cambio climático por aumento del nivel del mar en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que el aumento del nivel del mar se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

CONSULTA PÚBLICA

Emisiones antropogénicas CO_2

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero originado en parte por la quema de combustibles de carbono desde la Revolución Industrial, lo que ha provocado el aumento en su concentración en la atmósfera, lo que se relaciona directamente con el calentamiento global y la acidificación de los océanos.

El IPCC (2023) considera que existe una probabilidad de más del 50% de que el aumento de la temperatura global alcance o supere los 1,5 °C entre 2021 y 2040 en todos los escenarios estudiados y en un camino de altas emisiones, específicamente, el mundo puede alcanzar este umbral incluso antes, entre 2018 y 2037.[29]

La generación de energía, los edificios, la industria y el transporte son responsables de cerca del 80% de las emisiones globales.

A corto plazo el cambio por emisiones antropogénicas en el SAR del proyecto es de 0.0306 a 0.0390 kg/m^2 en un año (Figura VII. 58). En el área del proyecto en cambio oscila entre 0.0257 y 0.0464 kg/m^2 en un año.

CONSULTA PÚBLICA

[29] World Resources Institute, 2023. 10 grandes conclusiones del informe del IPCC de 2023 sobre el cambio climático en https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings.

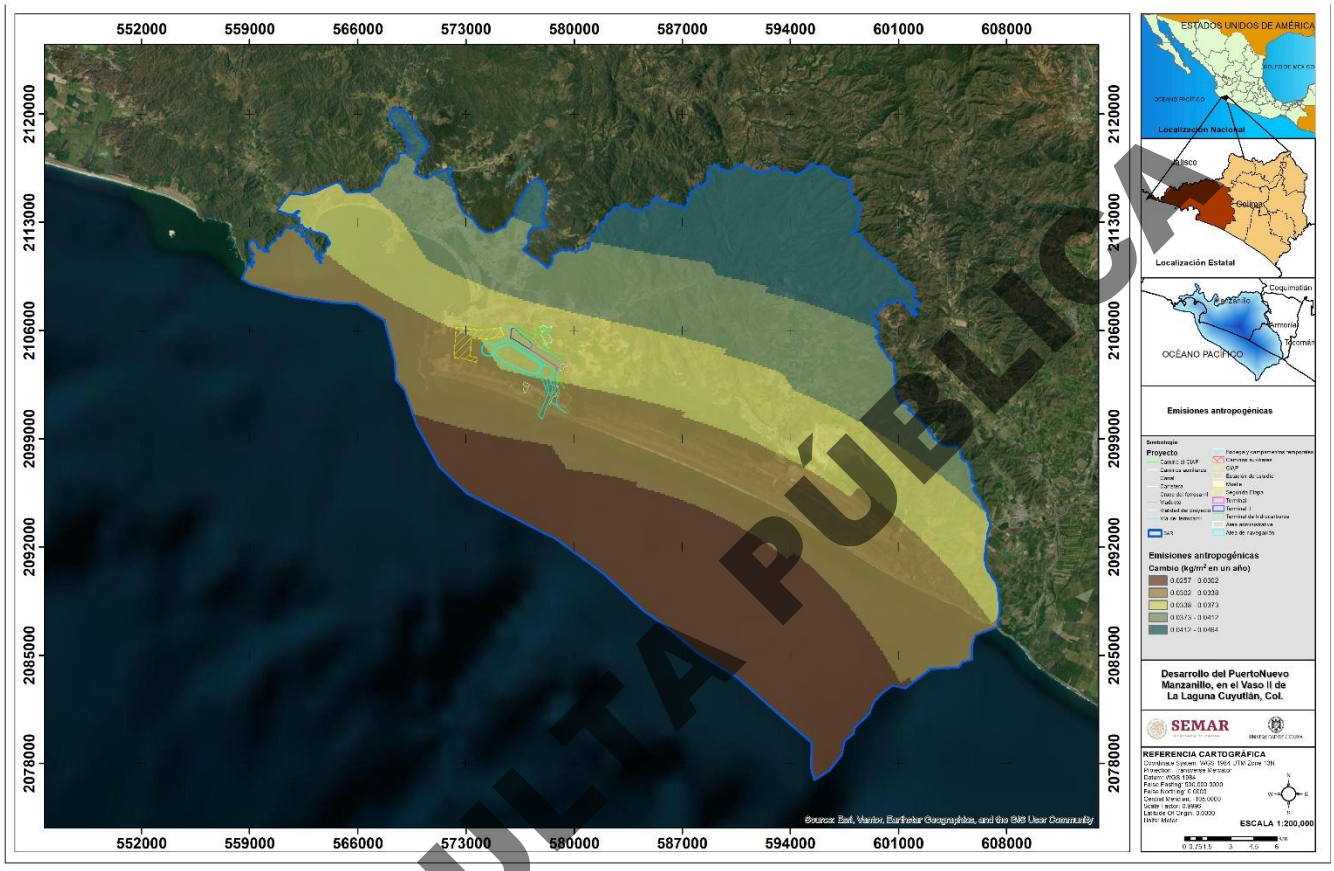


Figura VII. 58. Anomalía por emisiones antropogénicas de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

CONSULTA PÚBLICA

En el escenario de cambio climático por emisiones antropogénicas en el SAR del proyecto resulta como **Probable**, ya que el aumento de emisiones se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Ozono superficial

El ozono troposférico y, en particular, el ozono superficial, constituye el principal contaminante fotoquímico. Este se origina principalmente en áreas urbanas a partir de diversas fuentes de emisión, como los automóviles y la industria.

En el corto plazo, el cambio en la concentración de ozono superficial dentro del SAR (Sistema Ambiental Regional) del proyecto se estima en un rango de -6.9410 a -7.2550 ppb (Figura VII. 59).

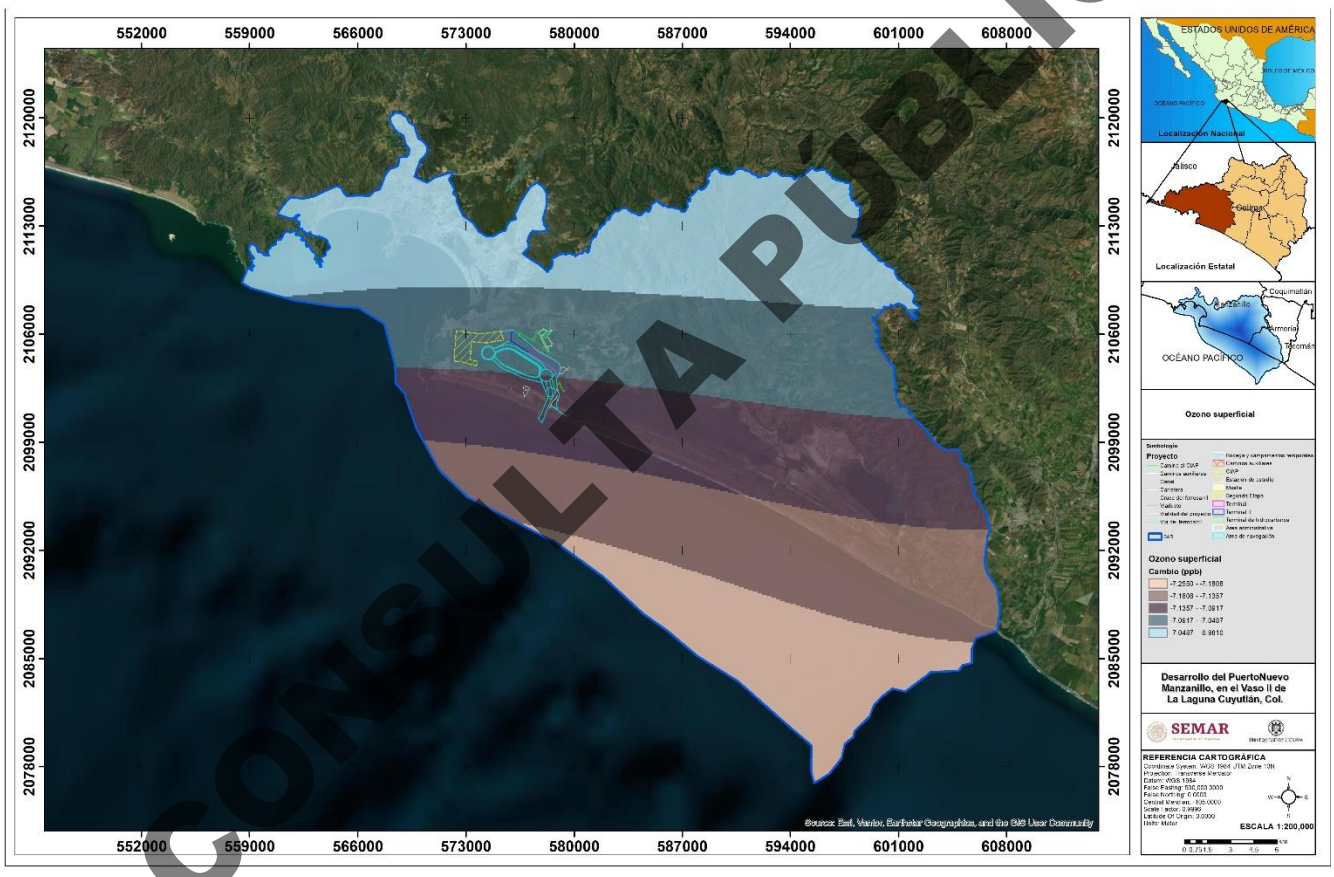


Figura VII. 59. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

Según el escenario de cambio climático por ozono superficial en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que la disminución de los gases se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

CONSULTA PÚBLICA

3B Riesgo Bajo

Densidad de población

De acuerdo con las proyecciones de población de la CONAPO (2024)[30] para el municipio de Manzanillo, en el periodo de 1990 a 2040, se estima que el crecimiento poblacional entre 2026 y 2040 será del 6.5%, lo que equivale a 13,328 habitantes. En contraste, para el municipio de Armería, en el mismo periodo (2026-2040), se proyecta un decremento del 7.8%, es decir, una reducción de 2,131 habitantes (Figura VII. 60).

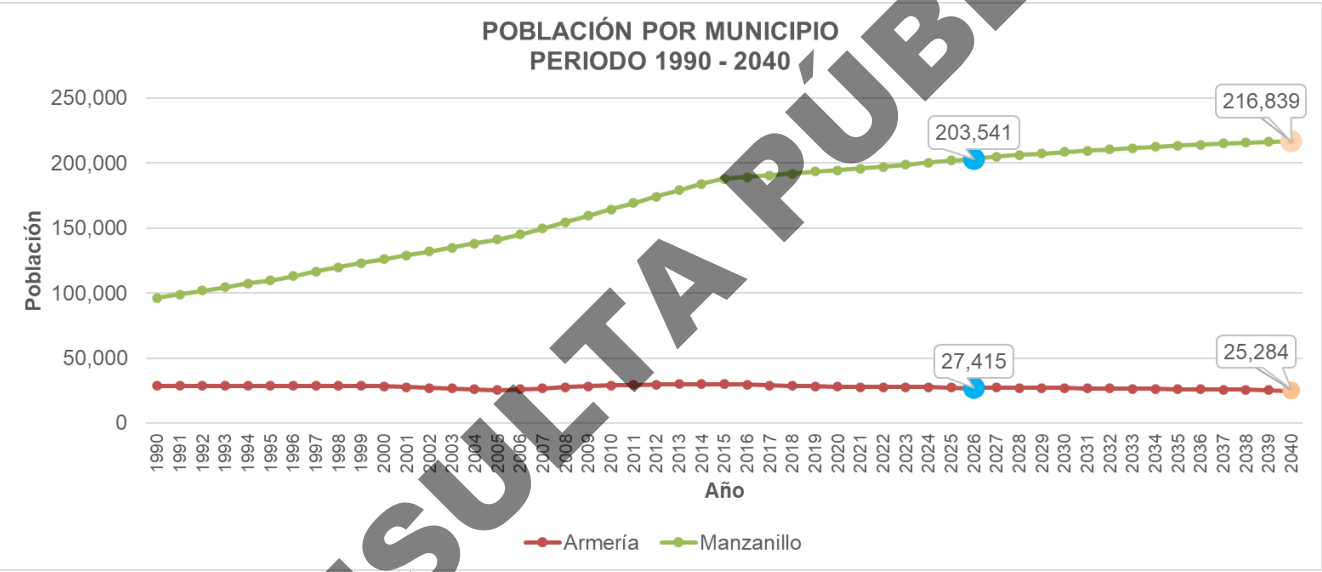


Figura VII. 60. Población por municipio de 1990 a 2040.

El cambio climático a corto plazo por densidad de población en el SAR es de 0.8738 a 2.8107 personas/km^2 (Figura VII. 61).

CONSULTA PÚBLICA

[30] Gobierno de México, Consejo Nacional de Población (CONAPO) 2024. Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios 1990-2040.

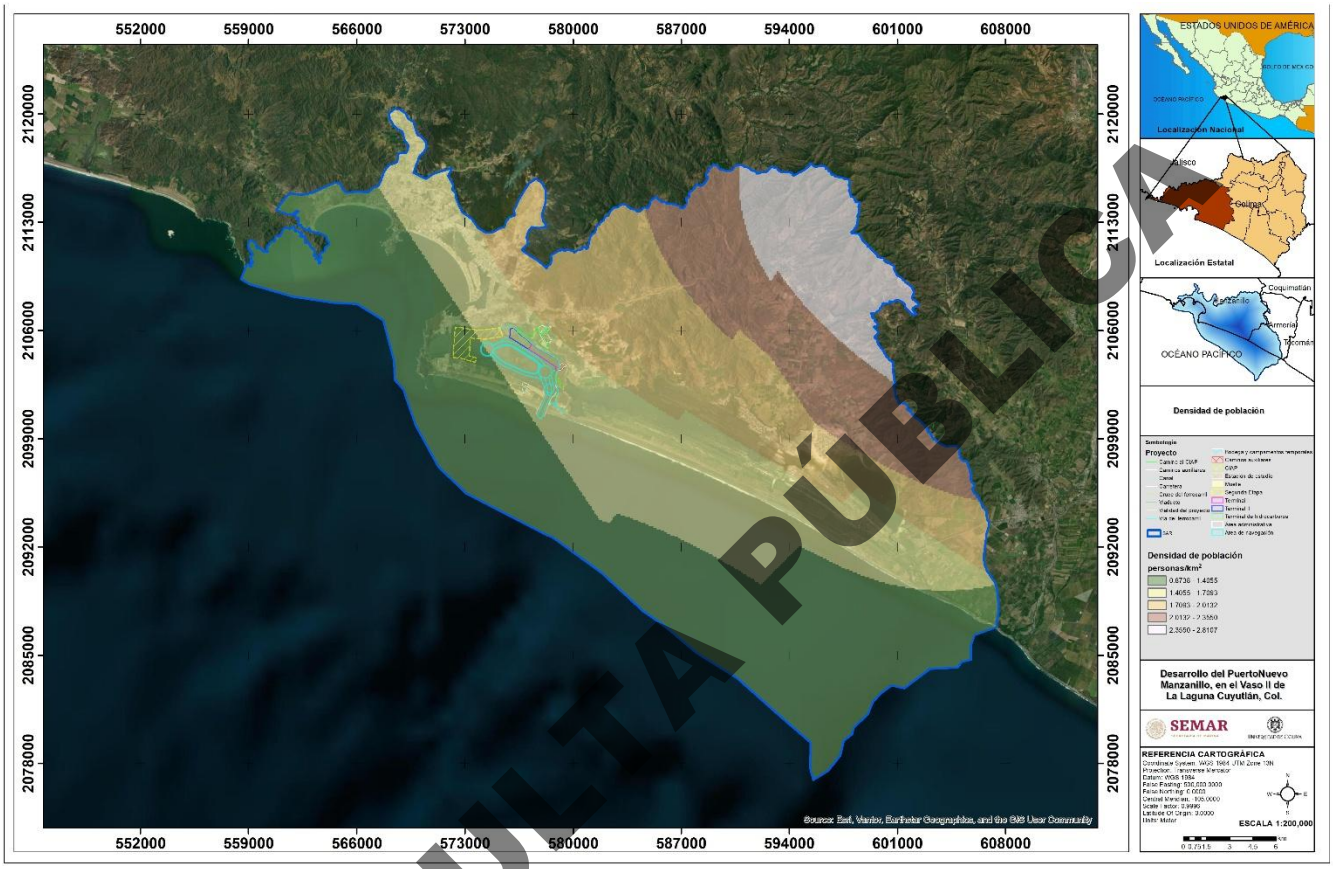


Figura VII. 61. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

Según el escenario de cambio climático por densidad de población en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que el aumento se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

CONSULTA PÚBLICA

En la Tabla VII. 13 se presenta un resumen de la información sobre la calificación del riesgo en el SAR del proyecto por fenómenos de origen natural. Los fenómenos con mayor probabilidad de ocurrir y de causar consecuencias graves en el SAR del proyecto son los sismos, los ciclones tropicales y la inundación por marea de tormenta; por lo tanto, el riesgo para estos fenómenos es Alto. Los peligros volcánicos, hundimientos y deslizamientos son poco probables en el SAR del proyecto, por tanto, el riesgo es Bajo.

Tabla VII. 13 Riesgo por fenómenos naturales en el SAR del proyecto

Fenómenos identificados	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Hundimientos	Poco probable y consecuencias Serias	Bajo 2C	
Inundación por Marea de tormenta	Muy probable y consecuencias Serias	Alto 5C	
Peligro Volcánico	Poco probable y consecuencias No importantes	Bajo 2A	
Susceptibilidad por Tsunami (Elevación)	Poco probable y consecuencias Muy Serias	Moderado 3D	
Erosión hídrica	Poco probable y consecuencias No importantes	Bajo 2A	
Sismos	Probable y consecuencias Catastróficas	Alto 3E	
Deslizamiento	Bastante probable y consecuencias No importantes	Bajo 4A	
Ciclones tropicales (Huracán categoría 1)	Probable y consecuencias Serias	Moderado 3C	
Temperaturas máximas (Periodo de retorno 50 años)	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo 3B	
Ondas cálidas	Muy probable y consecuencias Limitadas	Moderado 5B	
Tormentas eléctricas	Muy probable y consecuencias Limitadas	Moderado 5B	

CONSULTA PÚBLICA

En los fenómenos químicos, los escenarios *Fireball* son los que tendrían mayor afectación en el SAR del proyecto, con consecuencias catastróficas en el escenario de KMS y un riesgo Alto (Tabla VII. 14).

Tabla VII. 14. Riesgo por fenómenos químicos en el SAR del proyecto

Fenómenos identificados	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Explosión de ductos	Poco probable y consecuencias Limitadas	Bajo 2B	
Escenario de *Fireball* para la terminal KMS de GNL	Probable y consecuencias Catastróficas	Alto 3E	
Escenario de *Fireball* para la terminal Zeta Gas	Probable y consecuencias Serias	Moderado 3C	

El resumen de riesgo en el SAR del proyecto por cambio climático es mostrado en la Tabla VII. 15. En el SAR del proyecto a corto plazo (aproximadamente 20 años) puede aumentar la temperatura 0.8°C por lo que se tiene un riesgo Moderado.

A corto plazo la precipitación puede aumentar 0.83%, la precipitación máxima en 24 horas disminuirá 2.5766%, el nivel del mar puede aumentar 0.0940 m. Por días consecutivos secos puede disminuir en 3.3305 días, vientos fuertes el cambio disminuirá en 1.0456%. A corto plazo el cambio por emisiones antropogénicas máximas en el SAR del proyecto es de 0.0464 kg/m^2 en un año y el cambio de ozono superficial es de -7.2550 ppb. El cambio de la densidad de población máxima en el SAR sería de 2.8107 personas/km^2. El escenario de cambio climático en el SAR del proyecto es **Probable**, ya que la podría ocurrir en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Por lo tanto, el riesgo por cambio en el sitio del proyecto es **Bajo**.

Tabla VII. 15. Riesgo por cambio climático en el SAR del proyecto.

Fenómenos identificados cambio climático	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Temperatura media	Probable y consecuencias Serias	Moderado 3C	
Precipitación	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo 3B	
Precipitación máxima en un día	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	

CONSULTA PÚBLICA

Fenómenos identificados cambio climático	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
		3B	
Máximo de días consecutivos secos	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Vientos fuertes	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Aumento del nivel del mar	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Emisiones antropogénicas CO_2	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Ozono superficial	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Densidad de población	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo NATECH

El cambio climático y las modificaciones antropogénicas del entorno natural han alterado el medio ambiente, incrementando la probabilidad de que ocurra un evento de origen natural en el corto plazo. En proyectos de gran escala que implican el manejo de materiales industriales y químicos, es necesario analizar detalladamente su manipulación para reducir los posibles riesgos. Derivado de lo anterior, existe incertidumbre sobre la ocurrencia de un accidente debido a la afluencia del personal involucrado —gobierno y contratistas— en la construcción de la infraestructura y en la adecuación del terreno necesaria para el funcionamiento de las instalaciones en beneficio de la sociedad.

De igual manera, en cualquier lugar existe la probabilidad de que ocurra un evento o fenómeno natural que detenga el avance de la construcción, debido al cambio climático global. Por ello, es fundamental analizar todos los factores involucrados: fenómeno natural, infraestructura, terreno, gobierno y sociedad, para identificar la existencia de un riesgo.

En este sentido, existe una metodología denominada **NATECH** (acrónimo de *Natural Hazard Triggering Technological Disasters*), que se refiere a los peligros naturales que desencadenan desastres tecnológicos (Krausmann et al., 2017; Showalter & Myers, 1994). Se describe como aquellos accidentes tecnológicos o industriales provocados por eventos naturales como terremotos, inundaciones, huracanes, tsunamis u otros fenómenos naturales, los cuales tienen una baja probabilidad de ocurrencia, pero una alta consecuencia en la zona de construcción. Existen también otras amenazas, como fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, socio-naturales, amenazas múltiples y transversales (Suárez et al., 2024), basadas en la clasificación de seis tipos de desastres y en la descripción de los riesgos de desastres del IRDR (*Integrated Research on Disaster Risk*), reportada por EM-DAT (*Emergency Events Database*): geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos, biológicos y extraterrestres, como lo muestra la Figura VII. 62.

CONSULTA PÚBLICA



Figura VII. 62. Clasificación, subgrupos y tipos de peligros Naturales descrita por IRDR. Fuente: EM-DAT 2025. [31]

La gestión del riesgo NATECH se fundamenta en la norma ISO 31000:2018 e incluye la identificación de amenazas de origen natural, equipos críticos y análisis de consecuencias. Como se muestra en la Figura VII. 63.

CONSULTA PÚBLICA

[31] https://doc.emdat .be/docs/data-structure-and-content/disaster-classification-system/

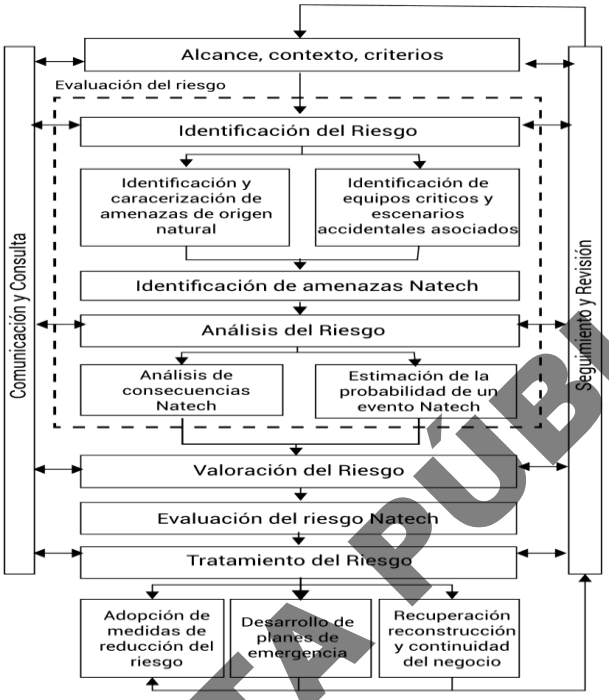


Figura VII. 63. Gestión del riesgo NATECH, fundamentada en la ISO 31000:2018. Adaptado de: (Necci & Krausmann, 2022)

Las características principales de un evento NATECH son: Generación de escenarios múltiples y simultáneos, Daño/destrucción de barreras y sistemas de seguridad, Liberación de materiales peligrosos, Perturbación y daño a líneas de suministro necesarias, para la prevención y mitigación de accidentes, Eventos secundarios: incendios, explosiones, contaminación o nubes tóxicas, Afectación a grandes extensiones del territorio. (Suarez & Niño, 2024). La descripción de los grupos de eventos NATECH, su fenómeno asociado y el evento tecnológico NATECH están listados en la Tabla VII. 16 y Tabla VII. 17.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 16. Descripción de Desastres Naturales. Fuente: EM-DAT 2025.[32]

Desastres Naturales			
Clasificación	**Tipo de Fenómeno**	**Subtipo de Fenómeno**	**Evento tecnológico NATECH**
Biológico	Epidemia	Enfermedad infecciosa (general)	Paro operativo por ausentismo masivo en industria crítica
		Enfermedad fúngica	Contaminación de sistemas de ventilación industrial
		Enfermedad parasitaria	Bajo rendimiento laboral en operaciones críticas
		Enfermedad priónica	Riesgo biológico en laboratorios de investigación
		Enfermedad viral	Fuga en laboratorio de alta contención
	Infestación	Infestación de saltamontes	Obstrucción de tomas de aire de sistemas de refrigeración
		Infestación (general)	Daño en cableado eléctrico por roedores
		Infestación de langostas	Obstrucción de sistemas de enfriamiento industrial
		Infestación de gusanos	Deterioro de materiales orgánicos en instalaciones
Climatológico	Sequía	Sequía	Falta de agua para refrigeración industrial
	Inundación por desbordamiento de un lago glacial	Inundación por desbordamiento de un lago glacial	Hundimiento por extracción de agua, rotura de tuberías
	Incendio forestal	Incendio forestal	Alcanza planta de gas/refinería, explosión
		Incendio forestal (general)	Humo afecta operación aeroportuaria
		Incendio terrestre (matorrales, arbustos, pastos)	Propagación a subestación eléctrica, apagón
		Incendio forestal (general)	Pérdida de corredores de fibra óptica
Extraterrestre	Impacto	Explosión en el aire	Onda de choque daña instalaciones industriales

CONSULTA PÚBLICA

[32] https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/disaster-classification-system/

		Colisión	Daño directo a instalación nuclear
	Clima espacial	Partículas energéticas	Falla en electrónica de satélites y sistemas críticos
		Tormenta geomagnética	Falla masiva de transformadores, apagón continental
		Perturbación de radio	Pérdida de comunicaciones con instalaciones remotas
		Onda de choque	Daño estructural a tanques de combustible
Geofísico	Terremoto	Movimiento de tierra	Rotura de tuberías enterradas
		Sismos	Rotura de tanques de combustible, incendio / explosión
		Sismos	Colapso de estructura industrial con productos tóxicos
		Tsunami	Inundación de planta química costera
	Movimiento de masas (seco)	Avalancha (seca)	Sepultamiento de infraestructura energética
		Deslizamiento de tierra (seco)	Sepultamiento de gasoducto, fuga / explosión
		Desprendimiento de rocas (seco)	Impacto en infraestructura eléctrica
		Hundimiento repentino (seco)	Colapso de red de alcantarillado industrial
	Actividad volcánica	Caída de ceniza	Cortocircuito en subestaciones eléctricas, apagón
		Lahar	Arrastre de depósitos industriales a zonas habitadas
		flujo de lava	Impacto directo en planta de almacenamiento de químicos
		flujo piroclástico	Destrucción total de infraestructura tecnológica
		Actividad volcánica (General)	Falla de telecomunicaciones por acumulación de ceniza
Hidrológico	Inundación	Inundación costera	Anegamiento de subestaciones portuarias
		Inundación repentina	Arrastre de bidones químicos a ríos

CONSULTA PÚBLICA

		Inundación (General)	Falla de diques de relaves mineros
		Inundación por atasco de hielo	Daño estructural a puentes con tuberías
		Inundación fluvial	Inundación de plantas químicas ribereñas
	Movimiento de masas (húmedo)	Avalancha (húmeda)	Destrucción de torres eléctricas
		Deslizamiento de tierra (húmedo)	Sepultamiento de tuberías de gas
		Avalancha de lodo	Arrastre de instalaciones industriales
		Caída de rocas (húmeda)	Impacto en infraestructura vial con peligrosos
		Hundimiento repentino (húmedo)	Colapso de tanques subterráneos
	Acción de las olas	Ola gigante	Impacto en terminal portuaria de combustibles
		Seiche	Oscilación afecta tanques en lagos industriales
Meteorológico	Temperatura extrema	Ola de frío	Congelamiento de tuberías industriales
		Ola de calor	Falla en transformadores eléctricos
		Condiciones invernales severas	Colapso de techos industriales por nieve
	Niebla	Niebla	Accidente carretero con materiales peligrosos
	Tormenta	Ventisca/Tormenta de invierno	Aislamiento de plantas críticas sin acceso
		Tornados	Caída de torres eléctricas
		Tormenta extra tropical	Daño estructural a instalaciones costeras
		Granizo	Daño en paneles solares y telemetría
		Relámpagos/Tormentas eléctricas	Impacto en tanques GLP, explosión
		Tormenta de arena y polvo	Falla en sistemas mecánicos y eléctricos
		Clima severo	Múltiples afectaciones a infraestructura
		Tormenta (General)	Caída de líneas eléctricas

CONSULTA PÚBLICA

		Marejada ciclónica	Inundación de instalaciones portuarias
		Tornado	Colapso de infraestructura industrial
		Ciclón tropical	Destrucción de naves con materiales peligrosos

Tabla VII. 17. Descripción de Desastres Tecnológicos. Fuente: EM-DAT 2025.[33]

Desastres Tecnológicos			
Clasificación	**Tipo de Fenómeno**	**Subtipo de Fenómeno**	**Evento Tecnológico NATECH**
Accidente industrial	Múltiples amenazas naturales	Derrame químico	Derrame químico
		Colapso (Industrial)	Colapso (Industrial)
		Explosión (industrial)	Explosión (industrial)
		Fuego (Industrial)	Fuego (Industrial)
		Fuga de gas	Fuga de gas
		Accidente de trabajo (General)	Accidente de trabajo (General)
		Derrame de petróleo	Derrame de petróleo
		Envenenamiento	Envenenamiento
		Radiación	Radiación
Accidente misceláneo	Múltiples amenazas naturales	Colapso (Varios)	Colapso (Varios)
		Explosión (Varios)	Explosión (Varios)
		Fuego (Varios)	Fuego (Varios)
		Accidente misceláneo (General)	Accidente misceláneo (General)
Transporte	Tormentas, niebla, granizo, viento	Aire	Accidente aéreo
	Deslizamiento, inundación, sismo	Vías ferroviarias	Accidente ferroviario
	Niebla, inundación, granizo, hielo	Camino	Accidente carretero
	Tormenta, ola gigante, huracán	Agua	Accidente marítimo

CONSULTA PÚBLICA

[33] https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/disaster-classification-system/

Basado en esta clasificación (Cruz & Suarez-Paba, 2019) mencionan solamente cuatro grupos de eventos naturales con riesgo 1) amenazas geológicas, 2) amenazas hidrometeorológicas, 3) amenazas socio-naturales y 4) amenazas múltiples y transversales. Ver Tabla VII. 18.

Tabla VII. 18. Clasificación de amenazas que desencadenan eventos NATECH. Adaptado de: (Cruz & Suarez-Paba, 2019)

Grupo	Fenómeno Natural
Amenazas geológicas	Erupción Volcánica
	Tsunami
	Tormentas
Amenazas hidrometeorológicas	Ciclones
	Granizadas
	Vendavales
	Rayos
	Temperaturas extremas
Amenazas socio-naturales	Inundaciones
	Movimientos en masa
	Avenidas torrenciales
Amenazas múltiples y transversales	

El análisis del riesgo NATECH es fundamental para planificar la infraestructura necesaria orientada a la mitigación de desastres tecnológicos, así como para diseñar planes de emergencia que contemplen los diferentes escenarios posibles. Esto contribuye significativamente a mejorar la toma de decisiones a futuro. La Figura VII. 64 muestra la dinámica accidental de un evento NATECH.

CONSULTA PÚBLICA

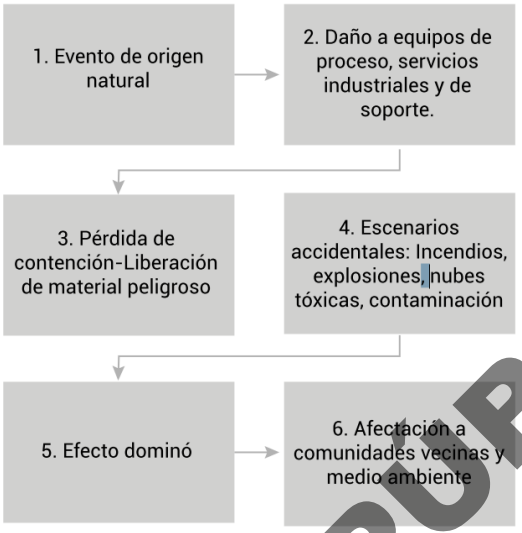


Figura VII. 64. Dinámica accidental de los eventos NATECH. (Suarez & Niño, 2024)

Cruz (2013) se refiere 5 puntos importantes: dos tipos de gestión del riesgo en el establecimiento y en el territorio (infraestructura, organización y gestión, riesgo de gobernanza y riesgo de comunicación, ambientes externos), la gobernanza del riesgo, la divulgación y la comunicación del riesgo; esto implica las áreas afectadas basado en los accidentes posibles. Otro punto para considerar es el cambio climático y cómo afectarían estas condiciones a la infraestructura, a los sistemas de seguridad mitigación y respuesta. La Figura VII. 65, muestra esta correlación.

CONSULTA PÚBLICA

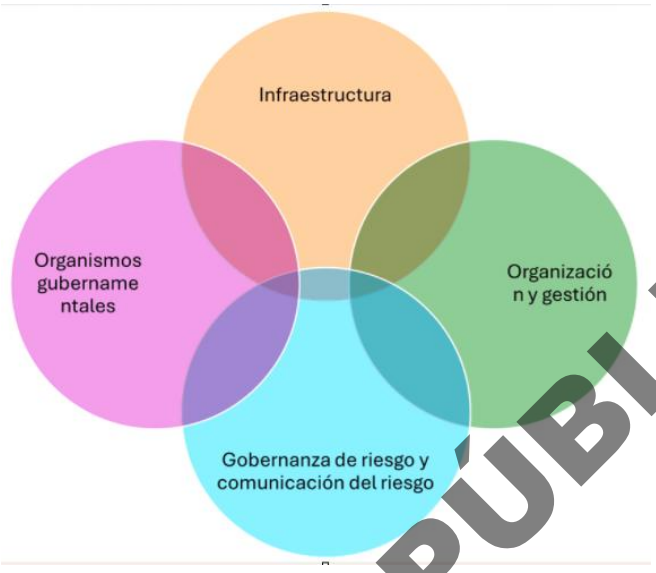


Figura VII. 65. Elementos fundamentales para considerar en el marco de gestión del riesgo NATECH: Adaptado del Marco NATECH RateME (Suarez-Paba & Cruz, 2022)

En un plan de gestión del riesgo, es fundamental establecer una comunicación efectiva entre las dependencias gubernamentales y las empresas ante la posible ocurrencia de un evento NATECH. Este tipo de eventos puede originarse por un mal diseño de las construcciones o por la falta de información dirigida a la población.

Hoyos (2024) señala que el cambio climático actúa como un detonante de eventos naturales como tormentas e inundaciones. En zonas industriales, esta situación incrementa el riesgo de desastres tecnológicos. Por ello, recomienda mejorar la infraestructura frente a eventos naturales de tipo sísmico, así como fortalecer la capacidad de respuesta de la gobernanza, tal como se ilustra en la Figura VII. 66.

CONSULTA PÚBLICA



Figura VII. 66. Eventos NATECH (Silva, 2024)

Silva (2024) señala que este tipo de riesgos deben evaluarse considerando tanto la capacidad de daño causado como la fuente u origen del evento. En este sentido, se distinguen dos grandes tipos de eventos: los geofísicos (fallas geológicas, terremotos, tsunamis) y los hidrometeorológicos (ciclones, inundaciones, tormentas), así como la forma en que la población se recupera frente a ellos. Por ello, Silva recomienda implementar acciones de sensibilización y capacitación de la población ante el riesgo NATECH.

Por su parte, Cruz (2013) aborda los riesgos tecnológicos, específicamente aquellos relacionados con petróleo, gas y accidentes químicos. El autor destaca la necesidad de utilizar la normativa vigente para identificar vacíos en la aplicación de medidas frente a riesgos de origen natural que puedan afectar la infraestructura y el territorio. Asimismo, recomienda aplicar el marco legal existente a este tipo de eventos, los cuales no suelen ser considerados explícitamente en la actualidad.

Un punto crucial para este tipo de eventos es la urbanización e industrialización en zonas de riesgo, ya que la forma en que se construyen las edificaciones y el tipo de mitigación implementada influyen directamente en una mayor probabilidad de ocurrencia de eventos NATECH. Por lo tanto, es necesario analizar los peligros naturales potenciales, su impacto en la población y la manera en que la gobernanza gestiona el riesgo, lo cual requiere una coordinación efectiva entre todas las dependencias involucradas.

Una adecuada planeación y coordinación entre la gobernanza y la población permitirá reducir significativamente el riesgo NATECH.

Según Giacomarra (2018), los accidentes NATECH ocurren cuando un fenómeno natural desencadena un accidente tecnológico. El autor señala que la falta de herramientas para evaluar y prevenir este tipo de eventos, así como las deficiencias

CONSULTA PÚBLICA

en su gestión desde la gobernanza, representan un reto importante. Uno de los principales problemas es que, ante la ocurrencia simultánea de un fenómeno natural y un accidente tecnológico, la respuesta coordinada de las autoridades para mitigar ambos no es plenamente efectiva. A pesar de la incertidumbre sobre cuándo podrían ocurrir estos eventos, resulta fundamental atender esta carencia, ya que su eventual materialización podría provocar la interrupción de servicios públicos esenciales como agua, energía y comunicaciones, afectando gravemente a la población.

Los eventos NATECH constituyen fenómenos en cascada o de tipo "efecto dominó", es decir, se propagan o incrementan sus efectos hacia otras áreas. Esto genera un riesgo territorial significativo y, en términos de infraestructura, puede afectar tanto a equipos como a instalaciones cercanas, produciendo consecuencias crecientes o acumulativas. Ante esta situación, se recomienda adoptar un enfoque multidisciplinario para la reducción del riesgo, que permita enfrentar el peligro natural sin comprometer la integridad de la infraestructura, su operatividad, el entorno natural, ni la funcionalidad de las medidas de mitigación existentes.

VII.1.1.1.1. Metodología

Para elaborar una matriz de riesgos enfocada en eventos NATECH, es necesario analizar, en primer lugar, cómo se determina la puntuación de las probabilidades y el impacto de cada posible riesgo dentro de la matriz. Posteriormente, se debe examinar la clasificación y los tipos de fenómenos que describe el enfoque NATECH, con el fin de ponderar cada uno de los rubros de dicha clasificación y así construir una matriz adaptada a este tipo de riesgos.

Un punto adicional consiste en el análisis de datos sobre riesgos NATECH, específicamente de desastres naturales y tecnológicos. Para ello, existe una base de datos publicada de acceso abierto: el *Emergency Events Database* (EM-DAT, 2025). Esta base contiene registros desde 1900, con un incremento notable a partir del año 2000 hasta 2025, abarcando 13 años de registro continuo. Incluye información de los cinco continentes: Asia, América, África, Europa y Oceanía.

En EM-DAT se clasifican los desastres naturales en Geofísicos, Hidrológicos y Meteorológicos, mientras que los desastres tecnológicos se dividen en Accidente Industrial y Accidente de Transporte. La descripción de los tipos de fenómenos incluye, para los naturales: sismos o temblores, inundaciones, tormentas y actividad volcánica; para los tecnológicos: explosión industrial, derrame químico, accidente ferroviario y accidente carretero. En adelante, esta base se mencionará como EM-DAT.

Se realizará un análisis de la base de datos considerando únicamente los registros de desastres ocurridos en la región de Occidente de México (estados de Colima, Jalisco y Michoacán), con un enfoque particular en el estado de Colima y el municipio

CONSULTA PÚBLICA

de Manzanillo. Con base en esta información, se procederá a construir una matriz de riesgos adaptada a las condiciones locales.

VII.1.1.1.2. Matriz de riesgo

Uno de los aspectos fundamentales es la conceptualización del riesgo, entendida como la base para tomar decisiones adecuadas frente a posibles eventos y para definir las estrategias de mitigación. Una matriz de riesgo permite representar gráficamente el proceso de identificar, analizar, evaluar y priorizar los riesgos potenciales asociados a cualquier tipo de desastre natural.

Dado que los eventos naturales implican incertidumbre y una probabilidad no determinista sobre su ocurrencia, es fundamental contar con un plan de contingencia que oriente la toma de decisiones ante las consecuencias derivadas de la materialización de un evento.

Para construir una matriz de riesgos es necesario considerar dos criterios fundamentales: el primero es la probabilidad y el segundo es el impacto. El análisis de ambos criterios permite expresar el nivel de riesgo. En este caso, se definen cinco escalas para la probabilidad, como se describe en la Tabla VII. 19 y cinco escalas para el impacto Tabla VII. 20. Adicionalmente, se utiliza una tabla de colores para la clasificación del impacto, presentada en la Tabla VII. 21. A partir de lo anterior, el riesgo se calcula aplicando la fórmula propuesta por el CENAPRED.[34]

$$\text{Riesgo} = (\text{Probabilidad} \times \text{Impacto})$$

Tabla VII. 19. Descripción de Probabilidades para evaluación de riesgos. Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. [35]

Valor	Probabilidad	Descripción
1	Muy baja	Casi nunca ocurre
2	Baja	Poco probable
3	Media	Puede ocurrir
4	Alta	Ocurre frecuentemente
5	Muy alta	Ocurre casi siempre

CONSULTA PÚBLICA

[34] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/605696/TEMA_2_GESTION_INTEGRAL_DEL_RIESGO.pdf
[35] http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html

Tabla VII. 20. Descripción de Impacto para evaluación de riesgos. Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. [36]

Valor	Impacto	Descripción
5	Crítico/ Catastrófico	Proyecto puede fallar/ Paralización total
4	Alto	Impacta costos/ Pérdida de capacidad
3	Moderado	Afecta tiempos/ Retraso significativo
2	Bajo	Retraso leve/ Afecta tareas no críticas
1	Insignificante	Sin afectación

Tabla VII. 21. Descripción de Colores de Impacto para evaluación de riesgos. Fuente: Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos. [37]

Color	Zona	Rango (Pxl)
Verde	Bajo	1-5
Amarillo	Medio	6-14
Naranja	Alto	15-19
Rojo	Extremo	20-25

Utilizando estas tres tablas Tabla VII. 19, Tabla VII. 20 y Tabla VII. 21, obtendríamos una matriz de 5x5 donde calculamos el valor de cada intersección para definir los colores representativos de acción o prioridad descritos en la Tabla VII. 22.

Tabla VII. 22. Descripción de Valores Impacto/Probabilidad para evaluación de riesgos. Fuente: Gestión integral del riesgo de desastres, 2026, Centro Nacional de prevención de Desastres. [38]

Impacto/Probabilidad	Muy baja (1)	Baja (2)	Media (3)	Alta (4)	Muy alta (5)
Crítico/ Catastrófico (5)	5	10	15	20	25
Alto (4)	4	8	12	16	20
Moderado (3)	3	6	9	12	15
Bajo (2)	2	4	6	8	10
Insignificante (1)	1	2	3	4	5

CONSULTA PÚBLICA

[36] https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257
[37] http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html
[38] https://www.gob.mx/cenapred

Basándose en la matriz de riesgos (Cardno, 2016), la cual califica el riesgo con base en la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y las consecuencias que podría generar, y con base en las tablas Tabla VII. 19, Tabla VII. 20, Tabla VII. 21 y Tabla VII. 22, se creó la matriz de valores calculados, la Tabla VII. 23, similar a la que usa el CENAPRED (Fuente: Gestión integral del riesgo de desastres, 2026, Centro Nacional de prevención de Desastres.[39]

Tabla VII. 23. Descripción de valores y colores para evaluación de riesgos.

Riesgos		***Probabilidad***				
		Muy baja (1)	**Baja (2)**	**Media (3)**	**Alta (4)**	**Muy alta (5)**
Impacto	*Crítico/ Catastrófico (5)*	5	10	15	20	25
	Alto (4)	4	8	12	16	20
	Moderado (3)	3	6	9	12	15
	Bajo (2)	2	4	6	8	10
	Insignificante (1)	1	2	3	4	5

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.1.3. Matriz de riesgo NATECH

El análisis de los riesgos NATECH —eventos naturales y tecnológicos— se realizó a través de la matriz de riesgos, considerando el peligro, la vulnerabilidad y la exposición asociados, así como la probabilidad y la incertidumbre del impacto que podría tener un desastre natural o tecnológico.

Girgin, Necci, Krausmann et al. (2019) señalan que es posible identificar posibles escenarios utilizando la matriz de riesgos, la cual opera con cierto grado de incertidumbre correlacionada con los eventos naturales y tecnológicos. En este contexto, la gestión del riesgo actúa como un denominador común en la toma de decisiones que involucra a todos los organismos competentes, tal como se ilustra en la Figura VII. 65.

No obstante, en el caso específico de los riesgos NATECH, una matriz de riesgo convencional no resulta plenamente aplicable, ya que este tipo de matriz representa únicamente la severidad, consecuencia o nivel de daño de un evento que podría ocurrir. Por tal motivo, es necesario ampliar el alcance de la matriz de riesgos, incorporando las categorías o tipos de fenómenos descritos por el enfoque NATECH.

[39] https://www.gob.mx/cenapred/

Asimismo, resulta imprescindible evaluar los desastres y sus consecuencias, así como el efecto dominó que se genera cuando un desastre natural desencadena uno o más desastres tecnológicos. Por lo tanto, es fundamental verificar los posibles fenómenos a ocurrir con base en la clasificación NATECH descritos en las tablas Tabla VII. 16 y Tabla VII. 17.

Los criterios de evaluación, la ponderación y la descripción de cada uno de los desastres deben ser analizados desde el punto de vista de la vulnerabilidad de la infraestructura tecnológica frente al fenómeno natural ocurrido, sin perder la originalidad de una matriz de riesgos convencional. Bajo estas condiciones, se crearon diferentes tablas bajo el concepto de riesgo NATECH.

Las categorías de los eventos NATECH tienen una capacidad de daño tecnológico como sigue:

Categoría	Capacidad de Daño Tecnológico
Geológicos	Daño estructural severo, rotura de tuberías subterráneas.
Hidrológicos	Desplazamiento de equipos, contaminación por escorrentía.
Meteorológicos	Daño por viento, impactos de proyectiles, ignición por rayos.
Climatológicos	Sobrepresión en equipos, falta de agua para procesos.
Biológicos	Abandono de instalaciones, fallos en bioprocesos.
Extraterrestres	Fallos en sistemas de control y pérdida de suministro eléctrico.

Por consiguiente, se creó la Tabla VII. 24 para describir el riesgo de cada clasificación NATECH, de la siguiente forma: la Figura VII. 62 con la Tabla VII. 16, de igual manera se creó la Tabla VII. 25 para describir la frecuencia de ocurrencia, utilizando Figura VII. 62 con la Tabla VII. 17. En las cuales se describen la clasificación del riesgo, la frecuencia en términos de probabilidad, el impacto o consecuencia, el riesgo asignado y la justificación.

Tabla VII. 24. Descripción de riesgo de la clasificación de los desastres desencadenados por causas de origen natural y tecnológico.

Clasificación del Peligro NATECH	Frecuencia (Probabilidad)	Impacto / Consecuencia Tecnológico	Riesgo Asignado	Justificación
Meteorológicos	Alta	Media/Alta (Rayos/Vientos, Incendios/Vuelcos)	ALTO	Por su alta recurrencia anual en zonas industriales.
Hidrológicos	Media	Alta (Inundaciones, Dispersión de tóxicos)	ALTO	Las inundaciones son la causa de accidentes NATECH.

CONSULTA PÚBLICA

Geológicos (Sismos)	Baja	Muy Alta (Colapso estructural)	ALTO	Aunque ocurren poco, pueden destruir toda la planta a la vez.
Climatológicos	Media	Media (Sequía / Calor, Sobrepresión de tanques)	MEDIO	Afectan la operatividad, pero rara vez causan fallos inesperados.
Biológicos	Baja	Media (Pandemias, Falta de personal/Parada)	BAJO / MEDIO	El daño es indirecto; se debe al abandono de la vigilancia.
Extraterrestres	Muy Baja	Alta (Tormenta Solar, Apagón / Pérdida de control)	BAJO	La probabilidad de un evento es mínima.

Tabla VII. 25. Descripción de riesgo de los tipos de fenómenos desencadenados por causas de origen natural y tecnológicos

Clasificación NATECH / Fenómeno Natural	Frecuencia / Ocurrencia (Probabilidad)	Impacto / Consecuencia Tecnológico	Riesgo Asignado	Justificación
Biológico / Enfermedades (Infecciosa, fúngica, parasitaria, priónica, viral)	Baja	Medio	Medio	La pérdida de personal calificado impide ejecutar protocolos de parada segura y mantenimiento crítico. No dañan la infraestructura, pero causan la pérdida de personal crítico, impidiendo operaciones seguras o paradas de emergencia controladas Pérdida de personal operativo; riesgo de paradas de planta no programadas. No dañan equipos, pero la pérdida de personal clave impide operar sistemas críticos.
Biológico / Infestaciones (Saltamontes, langostas, gusanos, general)	Baja	Bajo	Bajo	Obstrucción física de tomas de aire y filtros en sistemas de enfriamiento y generadores. Pueden obstruir sistemas de ventilación o tomas de aire, pero rara vez provocan una pérdida de contención química masiva Obstrucción de tomas de aire y

CONSULTA PÚBLICA

				sistemas de refrigeración externos. Impacto operativo menor; obstrucción de filtros o sistemas de ventilación
Climatológico / Sequía	Media	Medio	Medio	Estrés térmico por falta de agua de proceso; riesgo de reacciones descontroladas en reactores. Reduce la disponibilidad de agua de enfriamiento para procesos térmicos, aumentando el riesgo de sobrecalentamiento y explosión Falta de agua de enfriamiento; aumento de temperatura en procesos críticos. Evento lento que compromete el enfriamiento de procesos, elevando temperaturas internas
Climatológico / Incendio forestal / Terrestre / General	Media	Alto	Alto	El calor radiante externo eleva la presión de tanques confinados, provocando alivios de emergencia o explosiones. El calor radiante puede causar la explosión por expansión de vapores (BLEVE) en tanques de almacenamiento cercanos a zonas vegetales Calor radiante provoca explosiones por sobrepresión El calor radiante provoca la explosión de tanques de combustible (BLEVE).
Extraterrestre / Eventos Espaciales (Explosión aire, colisión, partículas, tormenta geomagnética, radio, onda choque)	Muy Baja	Alto	Bajo	Inducción de corrientes que queman transformadores y bloquean señales de control digital (SCADA). Pueden colapsar la red eléctrica externa y sistemas de comunicación, pero la probabilidad de un evento que anule los sistemas de respaldo es remota.

CONSULTA PÚBLICA

				Daño a satélites y red eléctrica; pérdida de control digital de la planta. Capaces de apagar redes eléctricas, pero su frecuencia histórica es mínima
Geofísico / Sismos - Movimiento de tierra	Baja/Media	Muy Alto	Alto	Rotura de cimientos y tuberías subterráneas; daño masivo a la integridad mecánica de recipientes a presión. Provocan daños estructurales simultáneos en múltiples unidades, rotura de tuberías subterráneas y fallos en sistemas de contención Colapso estructural, rotura de tanques y tuberías de sustancias tóxicas. Destrucción de cimientos y rotura simultánea de tuberías químicas
Hidrológico / Tsunami - Ola gigante - Seiche	Muy Baja	Muy Alto	Alto	Fuerza de arrastre masiva que desplaza equipos pesados; contaminación química extensa por dispersión acuática. Combinan impacto físico masivo con inundación, arrastrando tanques de almacenamiento y dispersando contaminantes a gran escala. Impacto de masa de agua y escombros; dispersión masiva de químicos. Gran fuerza de arrastre que desplaza tanques y contamina cuerpos de agua.
Geofísico / Deslizamientos / Avalancha / Rocas / Hundimiento (Seco)	Baja	Medio	Medio	Impacto mecánico directo sobre estructuras; aislamiento físico de la planta para brigadas de emergencia. Son eventos localizados que pueden destruir cimientos o sepultar válvulas críticas, dificultando el acceso para

CONSULTA PÚBLICA

				brigadas de emergencia Daño localizado en infraestructura; enterramiento de válvulas críticas. Impacto localizado; riesgo de sepultamiento de infraestructuras críticas
Geofísico / Actividad Volcánica (Ceniza, lahar, lava, piroclástico)	Muy Baja	Alto	Alto	La ceniza abrasiva destruye motores de respaldo; el peso de la ceniza colapsa techos de almacenes químicos. La ceniza colapsa techos y obstruye filtros de motores; los flujos de lava destruyen cualquier instalación a su paso. La ceniza abrasiva destruye motores; la lava consume toda la instalación. El peso colapsa techos de naves industriales
Hidrológico / Inundación (Lago glacial, costera, repentina, fluvial, atasco hielo, general)	Alta	Alto	Alto	El empuje hidrostático causa la flotación de tanques y el agua genera reacciones violentas con sustancias hidrorreactivas. Flotación de tanques, cortocircuitos y contaminación de acuíferos. Causa n.º 1 de NATECH Provoca cortocircuitos y flotación de tanques de almacenamiento
Hidrológico / Deslizamientos / Avalancha / Lodo / Hundimiento (Húmedo)	Media	Medio	Medio	La saturación de suelos causa la inclinación de tanques, provocando puntos de tensión y grietas en soldaduras. Es la causa NATECH #1. El agua provoca flotación de tanques, cortocircuitos eléctricos y reacciones químicas violentas con el agua Desplazamiento de cimientos por saturación de suelos; daño a tuberías. Impacto localizado; riesgo de

CONSULTA PÚBLICA

				sepultamiento de infraestructuras críticas
Climatológico / Ola de calor	Media/Alta	Medio	Medio	Incremento de la volatilidad de líquidos inflamables y posible fallo de sellos mecánicos por dilatación térmica. Aumenta la presión interna de los recipientes de gases licuados, elevando el riesgo de fugas a través de válvulas de alivio. Aumento de presión interna en contenedores; fugas por válvulas de alivio. Aumento peligroso de presión en tanques de gases y mayor volatilidad de líquidos.
Climatológico / Ola de frío / Hielo / Cond. Invernales / Ventisca	Media	Medio	Medio	Fragilización de metales (ductilidad-transición); bloqueo de válvulas de alivio por acumulación de hielo. Causa el congelamiento de tuberías e instrumentos de medición, provocando lecturas falsas y posibles rupturas por presión. Congelamiento de instrumentos y fractura de metales por fragilidad. El hielo bloquea válvulas de seguridad y revienta tuberías por expansión
Meteorológico / Niebla	Alta	Bajo	Bajo	Afectan la logística y visibilidad, pero difícilmente causan una falla de integridad mecánica en equipos industriales. Dificulta la visibilidad para respuesta a emergencias y logística. Riesgo logístico y de visibilidad; daño estructural insignificante en plantas.
Meteorológico /	Media/Alta	Medio	Medio	Vibraciones estructurales y fatiga de materiales; ingreso de

CONSULTA PÚBLICA

Tormentas (Derecho, extratropical, severo, general, arena/polvo, viento)				partículas en sistemas de lubricación críticos. Los vientos extremos y los proyectiles voladores pueden perforar tanques de químicos o derribar torres de destilación. Erosión de materiales, fallos eléctricos y daños a cubiertas ligeras. Los vientos y proyectiles pueden perforar contenedores de sustancias peligrosas
Meteorológico / Granizo	Alta	Bajo	Bajo	Daño a sensores ópticos y de instrumentación expuesta; reducción de visibilidad en operaciones de riesgo. Afectan la logística y visibilidad, pero difícilmente causan una falla de integridad mecánica en equipos industriales. Daño a sensores expuestos; riesgo físico para personal en exterior. Riesgo logístico y de visibilidad; daño estructural insignificante en plantas.
Meteorológico / Relámpagos / Tormentas eléctricas	Alta	Alto	Alto	Fuente de ignición directa; provoca picos de tensión que anulan los sistemas de seguridad intrínseca. Son la fuente de ignición más común en la industria. Pueden provocar incendios inmediatos en tanques de almacenamiento de combustible. Fuente de ignición más común; incendios directos en venteos y tanques. Principal fuente externa de ignición para incendios y explosiones industriales
Meteorológico / Ciclón tropical /	Media	Muy Alto	Alto	Los vientos generan proyectiles (misiles) que perforan tanques; la marejada provoca inundación

CONSULTA PÚBLICA

Huracán / Tornado / Marejada				corrosiva en electrónica. Los vientos extremos generan proyectiles que perforan tanques; la presión eólica colapsa estructuras altas (torres); y la marejada causa inundaciones salinas que corroen equipos y provocan cortocircuitos masivos. Proyectiles por viento perforan tanques; destrucción por presión eólica.
Múltiples-Peligros / Múltiples amenazas naturales	Baja	Muy Alto	Muy alto	Cascada de eventos (ej. Sismo que causa Tsunami e Incendio); anulación de todos los sistemas de redundancia. El riesgo es máximo debido a la confluencia de fallos: por ejemplo, un sismo que rompe tuberías seguido de un incendio. Fallos en cascada que superan cualquier capacidad de respuesta interna. La combinación de fallos (ej. Sismo + Incendio) colapsa la respuesta de emergencia

CONSULTA PÚBLICA

Las **Tabla VII. 26** y **Tabla VII. 27** muestran la probabilidad en términos de valor, la probabilidad con valores cualitativos, frecuencia estimada y una descripción de cada valor. Se crearon diferentes valores de probabilidad y ocurrencia o frecuencias estimada debido al enfoque que debe tomar el riesgo NATECH, por una parte, en años y el otro en valores cualitativos para tener dos enfoques en la toma de decisiones en caso de un evento NATECH.

Tabla VII. 26. Descripción de valores y descripción por ocurrencia del evento. Fuente: Guía metodológica de (PNUMA-DTIE, 2003)

Valor	Probabilidad	Frecuencia estimada	Descripción
1	Muy baja	> 100 años	Evento extremadamente raro, casi imposible en la vida útil de la instalación
2	Baja	50 - 100 años	Evento poco probable, podría ocurrir en condiciones excepcionales

3	Media	10 - 50 años	Evento posible, ha ocurrido en contextos similares
4	Alta	2 - 10 años	Evento probable, puede ocurrir varias veces en la vida de la instalación
5	Muy alta	< 2 años	Evento frecuente, ocurre regularmente

Tabla VII. 27. Descripción de valores y probabilidad por ocurrencia del evento. Fuente: Guía metodológica de (PNUMA-DTIE, 2003).

Valor	Probabilidad	Frecuencia estimada	Descripción
1	Improbable	Más de 1 vez cada 1000 años	Evento extremadamente raro, casi imposible en la vida útil de la instalación
2	Poco probable	Más de 1 cada 100 años	Evento poco probable, podría ocurrir en condiciones excepcionales
3	Probable	Más de una cada 10 años	Evento posible, ha ocurrido en contextos similares
4	Muy Probable	Más de una vez al año	Evento probable, puede ocurrir varias veces en la vida de la instalación
5	Altamente probable	Más de una vez al mes	Evento frecuente, ocurre regularmente

De igual manera que las **Tabla VII. 22** y **Tabla VII. 23** se debe construir una tabla que identifique la probabilidad, la frecuencia estimada y el riesgo, con los calificativos cualitativos basados en las tablas Tabla VII. 16 y Tabla VII. 17, se creó la Tabla **VII. 28** donde se describe la clasificación del riesgo, la probabilidad en términos de valor los cuales son de 1 a 5: Bajo=1, Medio=3, Alto=4, Muy Alto=5, la frecuencia estimada en términos cualitativos, el riesgo asignado (P x I), basado en la **Tabla VII. 26** y una justificación.

Tabla VII. 28. Descripción de valores de probabilidad, frecuencia en años, riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales.

Clasificación NATECH / Fenómeno Natural	Probabilidad (Valor)	Frecuencia Estimada	Riesgo (P x I)	Justificación Técnica
Biológico / Enfermedades (Infecciosa, fúngica,	2	50 - 100 años	6 (Medio)	La pérdida de personal calificado impide ejecutar protocolos de parada segura y mantenimiento crítico.

CONSULTA PÚBLICA

parasitaria, priónica, viral)				
Biológico / Infestaciones (Saltamontes, langostas, gusanos, general)	2	50 - 100 años	4 (Bajo)	Obstrucción física de tomas de aire y filtros en sistemas de enfriamiento y generadores.
Climatológico / Sequía	3	10 - 50 años	9 (Medio)	Estrés térmico por falta de agua de proceso; riesgo de reacciones descontroladas en reactores.
Climatológico / Incendio forestal / Terrestre / General	3	10 - 50 años	12 (Alto)	El calor radiante externo eleva la presión de tanques confinados, provocando alivios o explosiones.
Extraterrestre / Eventos Espaciales (Explosión aire, colisión, partículas, tormenta geomagnética, radio, onda choque)	1	> 100 años	4 (Bajo)	Inducción de corrientes que queman transformadores y bloquean señales de control digital (SCADA).
Geofísico / Sismos - Movimiento de tierra	2	50 - 100 años	10 (Alto)	Rotura de cimientos y tuberías subterráneas; daño masivo a la integridad de recipientes a presión.
Hidrológico / Tsunami - Ola gigante - Seiche	1	> 100 años	5 (Alto)	Fuerza de arrastre masiva que desplaza equipos pesados; contaminación química por dispersión acuática.
Geofísico / Deslizamientos / Avalancha /	2	50 - 100 años	6 (Medio)	Impacto mecánico directo sobre estructuras; aislamiento físico de la planta para brigadas.

CONSULTA PÚBLICA

Rocas / Hundimiento (Seco)				
Geofísico / Actividad Volcánica (Ceniza, lahar, lava, piroclástico)	1	> 100 años	4 (Alto)	La ceniza abrasiva destruye motores; el peso de la ceniza colapsa techos de almacenes químicos.
Hidrológico / Inundación (Lago glacial, costera, repentina, fluvial, atasco hielo, general)	3	2 - 10 años	20 (Muy Alto)	El empuje hidrostático causa flotación de tanques y el agua genera reacciones con sustancias hidrorreactivas.
Hidrológico / Deslizamientos / Avalancha / Lodo / Hundimiento (Húmedo)	3	10 - 50 años	9 (Medio)	La saturación de suelos causa inclinación de tanques, provocando puntos de tensión y grietas.
Climatológico / Ola de calor	4	2 - 10 años	12 (Medio)	Incremento de la volatilidad de líquidos inflamables y posible fallo de sellos por dilatación térmica.
Climatológico / Ola de frío / Hielo / Cond. Invernales / Ventisca	3	10 - 50 años	9 (Medio)	Fragilización de metales (ductilidad); bloqueo de válvulas de alivio por acumulación de hielo.
Meteorológico / Niebla	5	< 2 años	5 (Bajo)	Daño a sensores ópticos y reducción de visibilidad en operaciones de alto riesgo.
Meteorológico / Tormentas (Derecho, extratropical, severo,	4	2 - 10 años	12 (Medio)	Vibraciones estructurales y fatiga; ingreso de partículas en sistemas de lubricación críticos.

CONSULTA PÚBLICA

general, arena/polvo, viento)				
Meteorológico / Granizo	5	< 2 años	5 (Bajo)	Daño a sensores ópticos y reducción de visibilidad en operaciones de alto riesgo.
Meteorológico / Relámpagos / Tormentas eléctricas	5	< 2 años	20 (Alto)	Fuente de ignición directa; provoca picos de tensión que anulan sistemas de seguridad intrínseca.
Meteorológico / Ciclón tropical / Huracán / Tornado / Marejada	4	2 - 10 años	20 (Alto)	Los vientos extremos generan proyectiles que perforan tanques de almacenamiento; las cargas de presión colapsan estructuras altas (torres); y la marejada provoca inundación corrosiva que anula sistemas electrónicos de control y potencia.
Múltiples-Peligro / Múltiples amenazas naturales	2	50 - 100 años	25 (Muy Alto)	Cascada de eventos (ej. Sismo que causa Incendio); anulación de sistemas de redundancia.

CONSULTA PÚBLICA

De igual manera que la Tabla VII. 28, se creó la Tabla VII. 29 se describe la clasificación NATECH, la probabilidad en términos de valor los cuales son de 1 a 5: Muy Bajo=1, Bajo=2, Medio=3, Alto=4, Muy Alto=5, la frecuencia estimada en términos cualitativos: Improbable=1, Poco probable=2, Probable=3, Muy Probable=4 y Altamente Probable utilizando la Tabla VII. 27, el riesgo asignado (P x I) y una justificación.

Tabla VII. 29. Descripción de valores de probabilidad, frecuencia en términos cualitativos, riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales.

Clasificación NATECH / Fenómeno Natural	Probabilidad (Valor)	Frecuencia Estimada	Riesgo (P x I)	Justificación Técnica
Biológico / Enfermedades (Infecciosa, fúngica, parasitaria, priónica, viral)	2	Poco probable	6 (Medio)	La pérdida de personal calificado impide ejecutar protocolos de parada segura y mantenimiento crítico.

Biológico / Infestaciones (Saltamontes, langostas, gusanos, general)	2	Poco probable	4 (Bajo)	Obstrucción física de tomas de aire y filtros en sistemas de enfriamiento y generadores.
Climatológico / Sequía	3	Probable	9 (Medio)	Estrés térmico por falta de agua de proceso; riesgo de reacciones descontroladas en reactores.
Climatológico / Incendio forestal / Terrestre / General	3	Probable	12 (Alto)	El calor radiante externo eleva la presión de tanques confinados, provocando alivios o explosiones.
Extraterrestre / Eventos Espaciales (Explosión aire, colisión, partículas, tormenta geomagnética, radio, onda choque)	1	Improbable	4 (Bajo)	Inducción de corrientes que queman transformadores y bloquean señales de control digital (SCADA).
Geofísico / Sismos - Movimiento de tierra	2	Poco probable	10 (Alto)	Rotura de cimientos y tuberías subterráneas; daño masivo a la integridad de recipientes a presión.
Hidrológico / Tsunami - Ola gigante - Seiche	1	Improbable	5 (Alto)	Fuerza de arrastre masiva que desplaza equipos pesados; contaminación química por dispersión acuática.
Geofísico / Deslizamientos / Avalancha / Rocas / Hundimiento (Seco)	2	Poco probable	6 (Medio)	Impacto mecánico directo sobre estructuras; aislamiento físico de la planta para brigadas.
Geofísico / Actividad Volcánica (Ceniza, lahar, lava, piroclástico)	1	Improbable	4 (Alto)	La ceniza abrasiva destruye motores; el peso de la ceniza colapsa techos de almacenes químicos.
Hidrológico / Inundación (Lago glacial, costera, repentina, fluvial, atasco hielo, general)	3	Muy Probable	20 (Muy Alto)	El empuje hidrostático causa flotación de tanques y el agua genera reacciones con sustancias hidrorreactivas.
Hidrológico / Deslizamientos / Avalancha / Lodo / Hundimiento (Húmedo)	3	Probable	9 (Medio)	La saturación de suelos causa inclinación de tanques, provocando puntos de tensión y grietas.
Climatológico / Ola de calor	4	Muy Probable	12 (Medio)	Incremento de la volatilidad de líquidos inflamables y posible fallo de sellos por dilatación térmica.

CONSULTA PÚBLICA

Climatológico / Ola de frío / Hielo / Cond. Invernales / Ventisca	3	Probable	9 (Medio)	Fragilización de metales (ductilidad); bloqueo de válvulas de alivio por acumulación de hielo.
Meteorológico / Niebla	5	Altamente Probable	5 (Bajo)	Daño a sensores ópticos y reducción de visibilidad en operaciones de alto riesgo.
Meteorológico / Tormentas (Derecho, extratropical, severo, general, arena/polvo, viento)	4	Muy Probable	12 (Medio)	Vibraciones estructurales y fatiga; ingreso de partículas en sistemas de lubricación críticos.
Meteorológico / Granizo	5	Altamente Probable	5 (Bajo)	Daño a sensores ópticos y reducción de visibilidad en operaciones de alto riesgo.
Meteorológico / Relámpagos / Tormentas eléctricas	5	Altamente Probable	20 (Alto)	Fuente de ignición directa; provoca picos de tensión que anulan sistemas de seguridad intrínseca.
Meteorológico / Ciclón tropical / Huracán / Tornado / Marejada	4	Muy Probable	20 (Alto)	Los vientos extremos generan proyectiles que perforan tanques de almacenamiento; las cargas de presión colapsan estructuras altas (torres); y la marejada provoca inundación corrosiva que anula sistemas electrónicos de control y potencia.
Múltiples-Peligro / Múltiples amenazas naturales	2	Poco probable	25 (Muy Alto)	Cascada de eventos (ej. Sismo que causa Incendio); anulación de sistemas de redundancia.

Con la descripción de la Tabla VII. 28 y la Tabla VII. 29, cambiaron los valores de riesgo para la elaboración de una matriz de valores NATECH por lo que es necesario reestructura la Tabla VII. 21, los colores de impacto y rango de probabilidad e impacto y la Tabla VII. 23, la probabilidad, los colores y valores de impacto, creando la Tabla VII. 30, como Nueva descripción de Colores de impacto y rango NATECH y la Tabla VII. 31, la nueva descripción de valores y colores NATECH.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 30. Nueva descripción de Colores de Impacto para evaluación de riesgos NATECH.

Color	Zona	Rango (Pxl)
Verde	Bajo	1-5
Amarillo	Medio	6-9
Naranja	Alto	10-15
Rojo	Extremo	16-25

Tabla VII. 31. Nueva Descripción de valores y colores para evaluación de riesgos.

	Riesgos	*Probabilidad*				
		Muy baja (1)	**Baja (2)**	**Media (3)**	**Alta (4)**	**Muy alta (5)**
Impacto	*Crítico/ Catastrófico (5)*	5	10	15	20	25
	Alto (4)	4	8	12	16	20
	Moderado (3)	3	6	9	12	15
	Bajo (2)	2	4	6	8	10
	Insignificante (1)	1	2	3	4	5

CONSULTA PÚBLICA

Con la Tabla VII. 28, Tabla VII. 30 y Tabla VII. 31, se construyó la matriz de riesgo NATECH, en términos de probabilidad o frecuencia en años y el Impacto del riesgo (Frecuencia vs. Impacto). Se clasificaron los valores de probabilidad en años de la siguiente manera: Muy baja (1), Baja / (2), Media (3), Alta (4), Muy alta (5), resultando la Tabla VII. 32. Con la Tabla VII. 29, Tabla VII. 30 y Tabla VII. 31, se clasificaron los valores de probabilidad en términos cualitativos de la siguiente manera: 5 (Altamente Probable), 4 (Muy Probable), 3 (Probable), 2 (Poco Probable), 1 (Improbable) resultando la Tabla VII. 33.

En las Tabla VII. 32 y Tabla VII. 33 muestran los eventos meteorológicos (Relámpagos, Inundaciones / Ciclón tropical / Huracán / Tornado) que obtuvieron una frecuencia alta y capaces de generar el inicio del desastre tecnológico.

Tabla VII. 32. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad en años, frecuencia y riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales.

		Impacto				
		Muy baja (1)	**Baja (2)**	**Media (3)**	**Alta (4)**	**Muy alta /(5)**
Frecuencia (años)	< 2 años (Muy Alta)	Granizo / Niebla				Relámpagos / Tormentas eléctricas
	2 - 10 años (Alta)			Ola de Calor / Tormentas	Ciclón tropical / Huracán / Tornado	Inundaciones
	10 - 50 años (Media)			Sequía / Lodo / Ola de Frío	Incendio Forestal	
	50 - 100 años (Baja)		Infestaciones	Enfermedades / Deslizamientos		Sismos / Multi-amenaza
	> 100 años (Muy Baja)	Eventos Espaciales			Actividad Volcanes	Tsunami / Ola Gigante

Tabla VII. 33. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad en términos cualitativos, frecuencia y riesgo para la clasificación NATECH y fenómenos naturales.

		Impacto				
		Muy baja (1)	**Baja (2)**	**Media (3)**	**Alta (4)**	**Muy alta /(5)**
Frecuencia (años)	5 (Altamente Probable)	Granizo / Niebla				Relámpagos / Tormentas eléctricas
	4 (Muy Probable)			Ola de Calor / Tormentas	Ciclón tropical / Huracán / Tornado	Inundaciones
	3 (Probable)			Sequía / Lodo / Tormentas / Ola de Frío	Incendio Forestal	
	2 (Poco Probable)		Infestaciones	Enfermedades / Deslizamientos		Sismos / Multi-amenaza
	1 (Improbable)	Eventos Espaciales			Actividad Volcanes	Tsunami / Ola Gigante

CONSULTA PÚBLICA

Considerando a la sociedad junto con el riesgo que pueda ocurrir una de las afectaciones principales es el daño a personas porque se debe considerar desde el punto de vista del riesgo NATECH, por lo que se creó la Tabla VII. 34 que especifica una

escala de peligros desde este punto de vista. Para esta Tabla VII. 34, se utilizaron los valores de probabilidad (1, 2, 3, 4 y 5), una probabilidad cualitativa, el daño a personas en términos de cantidad y el daño ambiental una descripción.

Tabla VII. 34. Escala de descripción de daños ambientales en términos de sociedad.

Valor	Probabilidad	Daño a personas	Daño ambiental
5	Altamente probable	>50 lesionados / >5 fallecidos	Daño irreversible, zona inhabitable
4	Muy probable	21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	Contaminación seria recuperable
3	Probable	6-20 lesionados / 1 fallecido	Fuga localizada controlable
2	Poco Probable	1-5 lesionados leves	Contenible en el sitio
1	Improbable	0 lesionados / fallecidos	Sin efecto

Por lo tanto y considerando la tabla anterior se crearon las Tabla VII. 35 y Tabla VII. 36, utilizando la Tabla VII. 16, Tabla VII. 17, la Tabla VII. 30, la Tabla VII. 31 y la Tabla VII. 34, que especifica, la probabilidad, la descripción de daños ambientales en términos de sociedad además de incorporar el riesgo calculado tomando como referencia la Tabla VII. 29, para integrar esta tabla se integra la clasificación NATECH y el fenómeno natural, la frecuencia de cada clasificación de desastres a las probabilidades (1,2, 3, 4 y 5), la descripción del daño a personas, el cálculo del riesgo donde el impacto se valora técnicamente en 1: Bajo, 3: Medio, 4: Alto, 5: Muy Alto y una justificación técnica, esto con el fin de comprender el comportamiento de la clasificación NATECH en términos de daños a la sociedad.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 35. Descripción de valores de probabilidad en años, frecuencia y riesgo para la clasificación de desastres naturales

Clasificación NATECH / Fenómeno Natural	Probabilidad (P)	Frecuencia Estimada en años	Daño Pers. (D) / Descrip. Daño	Riesgo (P x D) / Nivel Riesgo	Justificación Técnica (Daño Humano)
Biológico / Enfermedades (Infecciosa, fúngica, parasitaria, priónica, viral)	2	50 - 100 años	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	8 (Medio)	Contagio masivo en áreas confinadas; colapso de servicios médicos internos.
Biológico / Infestaciones (Saltamontes, langostas, gusanos, general)	2	50 - 100 años	1 / 0 lesionados / fallecidos	2 (Bajo)	Riesgo sanitario menor; afección principalmente a suministros y confort.
Climatológico / Sequía	3	10 - 50 años	1 / 0 lesionados / fallecidos	3 (Bajo)	Estrés hídrico; riesgo de deshidratación si fallan sistemas de potabilización.
Climatológico / Incendio forestal / Terrestre / General	3	10 - 50 años	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	12 (Alto)	Inhalación de humos tóxicos, quemaduras graves y atrapamiento por avance rápido.
Extraterrestre / Eventos Espaciales (Explosión aire, colisión, partículas, tormenta geomagnética, radio, onda choque)	1	> 100 años	1 / 0 lesionados / fallecidos.	1 (Bajo)	Interferencia en comunicaciones; no hay impacto físico directo sobre el personal.
Geofísico / Sismos - Movimiento de tierra	2	50 - 100 años	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos.	10 (Alto)	Aplastamiento por colapso estructural y atrapamiento en espacios confinados.
Hidrológico / Tsunami - Ola gigante - Seiche	1	> 100 años	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	5 (Bajo)	Ahogamiento masivo e impacto por escombros arrastrados a alta velocidad.

CONSULTA PÚBLICA

Geofísico / Deslizamientos / Avalancha / Rocas / Hundimiento (Seco)	2	50 - 100 años	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecidos	6 (Medio)	Sepultamiento y trauma por impacto de rocas o materiales sólidos.
Geofísico / Actividad Volcánica (Ceniza, lahar, lava, piroclástico)	1	> 100 años	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	4 (Bajo)	Asfixia por ceniza fina, quemaduras por gases y flujos piroclásticos.
Hidrológico / Inundación (Lago glacial, costera, repentina, fluvial, atasco hielo, general)	4	2 - 10 años	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecidos	12 (Alto)	Riesgo de ahogamiento, hipotermia y electrocución por contacto con agua.
Hidrológico / Deslizamientos / Avalancha / Lodo / Hundimiento (Húmedo)	3	10 - 50 años	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	12 (Alto)	Flujos de lodo de alta densidad que imposibilitan la evacuación a pie.
Climatológico / Ola de calor	4	2 - 10 años	3 / 6-20 lesionados. / 1 fallecidos	12 (Alto)	Golpes de calor fatales y agravamiento de patologías cardiorrespiratorias.
Climatológico / Ola de frío / Hielo / Cond. Invernales / Ventisca	3	10 - 50 años	2 / 1-5 lesionados leves	6 (Medio)	Hipotermia, congelación de extremidades y traumas por caídas en superficies.
Meteorológico / Niebla	5	< 2 años	2 / 1-5 lesionados leves	10 (Alto)	Accidentes de tránsito internos y colisiones por visibilidad crítica.
Meteorológico / Tormentas (Derecho, extratropical, severo, general, arena/polvo, viento)	4	2 - 10 años	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecidos	12 (Alto)	Traumas por caída de objetos, ramas y desprendimiento de estructuras ligeras.
Meteorológico / Granizo	5	< 2 años	1 / 0 lesionados / fallecidos	5 (Bajo)	Contusiones menores; riesgo de lesiones leves en personal expuesto.

CONSULTA PÚBLICA

Meteorológico / Relámpagos / Tormentas eléctricas	5 / < 2 años	3	6-20 lesionados / 1 fallecidos	15 (Alto)	Paro cardíaco inmediato y quemaduras de tercer grado por descarga eléctrica.
Meteorológico / Ciclón tropical / Huracán / Tornado / Marejada	4	2 - 10 años	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	20 (Extremo)	Catástrofe multiamenaza: Vientos, proyectiles e inundaciones simultáneas.
Múltiples-Peligro / Múltiples amenazas naturales	2	50 - 100 años	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	10 (Alto)	Caos operativo que impide el rescate y colapsa las rutas de evacuación.

Tabla VII. 36. Descripción de valores de probabilidad con valores cualitativos, frecuencia y riesgo para la clasificación de desastres naturales

Clasificación NATECH / Fenómeno Natural	Probabilidad (P)	Frecuencia Estimada en valores cualitativos	Daño Personas (D) / Descripción Daño	Riesgo (P x D)	Justificación Técnica (Daño Humano)
Biológico / Enfermedades (Infecciosa, fúngica, parasitaria, priónica, viral)	2	Poco probable	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	8 (Medio)	Contagio masivo en áreas confinadas; colapso de servicios médicos internos.
Biológico / Infestaciones (Saltamontes, langostas, gusanos, general)	2	Poco probable	1 / 0 lesionados / fallecidos	2 (Bajo)	Riesgo sanitario menor; afección principalmente a suministros y confort.
Climatológico / Sequía	3	Probable	1 / 0 lesionados / fallecidos	3 (Bajo)	Estrés hídrico; riesgo de deshidratación si fallan sistemas de potabilización.
Climatológico /	3	Probable	4 /	12 (Alto)	Inhalación de humos tóxicos, quemaduras

CONSULTA PÚBLICA

Incendio forestal / Terrestre / General			21-50 lesionados / 2-5 fallecidos		graves y atrapamiento por avance rápido.
Extraterrestre / Eventos Espaciales (Explosión aire, colisión, partículas, tormenta geomagnética, radio, onda choque)	1	Improbable	1 / 0 lesionados / fallecidos	1 (Bajo)	Interferencia en comunicaciones; no hay impacto físico directo sobre el personal.
Geofísico / Sismos - Movimiento de tierra	2	Poco probable	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	10 (Alto)	Aplastamiento por colapso estructural y atrapamiento en espacios confinados.
Hidrológico / Tsunami - Ola gigante - Seiche	1	Improbable	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	5 (Bajo)	Ahogamiento masivo e impacto por escombros arrastrados a alta velocidad.
Geofísico / Deslizamientos / Avalancha / Rocas / Hundimiento (Seco)	2	Poco probable	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecido	6 (Medio)	Sepultamiento y trauma por impacto de rocas o materiales sólidos.
Geofísico / Actividad Volcánica (Ceniza, lahar, lava, piroclástico)	1	Improbable	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	4 (Bajo)	Asfixia por ceniza fina, quemaduras por gases y flujos piroclásticos.
Hidrológico / Inundación (Lago glacial, costera, repentina, fluvial, atasco hielo, general)	3	Muy Probable	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecido	12 (Alto)	Riesgo de ahogamiento, hipotermia y electrocución por contacto con agua.
Hidrológico / Deslizamientos / Avalancha / Lodo /	3	Probable	4 / 21-50 lesionados / 2-5 fallecidos	12 (Alto)	Flujos de lodo de alta densidad que imposibilitan la evacuación a pie.

CONSULTA PÚBLICA

Hundimiento (Húmedo)					
Climatológico / Ola de calor	4	Muy Probable	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecido	12 (Alto)	Golpes de calor fatales y agravamiento de patologías cardiorrespiratorias.
Climatológico / Ola de frío / Hielo / Cond. Invernales / Ventisca	3	Probable	2 / 1-5 lesionados leves	6 (Medio)	Hipotermia, congelación de extremidades y traumas por caídas en superficies.
Meteorológico / Niebla	5	Altamente Probable	2 / 1-5 lesionados leves	10 (Alto)	Accidentes de tránsito internos y colisiones por visibilidad crítica.
Meteorológico / Tormentas (Derecho, extratropical, severo, general, arena/polvo, viento)	4	Muy Probable	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecido	12 (Alto)	Traumas por caída de objetos, ramas y desprendimiento de estructuras ligeras.
Meteorológico / Granizo	5	Altamente Probable	1 / 0 lesionados / fallecidos	5 (Bajo)	Contusiones menores; riesgo de lesiones leves en personal expuesto.
Meteorológico / Relámpagos / Tormentas eléctricas	5	Altamente Probable	3 / 6-20 lesionados / 1 fallecido	15 (Alto)	Paro cardíaco inmediato y quemaduras de tercer grado por descarga eléctrica.
Meteorológico / Ciclón tropical / Huracán / Tornado / Marejada	4	Muy Probable	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	20 (Extremo)	Catástrofe multiamenaza: Vientos, proyectiles e inundaciones simultáneas.
Múltiples-Peligro / Múltiples amenazas naturales	2	Poco probable	5 / >50 lesionados / >5 fallecidos	10 (Alto)	Caos operativo que impide el rescate y colapsa las rutas de evacuación.

CONSULTA PÚBLICA

Para construir la matriz de riesgo NATECH, la Tabla VII. **37** se consideró la población con términos de frecuencias valores en años, tomando como referencia la

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 35 y la Tabla VII. 38, la frecuencia en términos cualitativos, tomando como referencia la Tabla VII. 36, se utilizaron la Tabla VII. 30, las nuevas escalas de colores, la Tabla VII. 31 con una nueva asignación del riesgo utilizando la siguiente escala en términos de probabilidad de: 1 (Muy Bajo), 2(Bajo), 3(Medio), 4(Alto) y 5 (Muy Alto) respectivamente. En esta tabla se muestra la matriz de riesgos NATECH para la población, esta tabla expresa la ubicación dentro de la matriz de los fenómenos según su Probabilidad (P) y su Impacto (I). Bajo esta nueva métrica, los fenómenos de clase meteorológica (Ciclón y Huracán) se posicionan como las amenazas más críticas debido a su alta recurrencia combinada con su capacidad de detonar eventos críticos.

Tabla VII. 37. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad en años de la clasificación de desastres naturales y tecnológicos.

		Impacto				
		1 (Muy Bajo)	2 (Bajo)	3 (Medio)	4 (Alto)	5 (Muy Alto)
Probabilidad	< 2 años (Muy Alta)	Granizo	Niebla	Relámpagos		
	2 - 10 años (Alta)			Inundaciones / Ola Calor / Tormentas		Ciclón / Huracán
	10 - 50 años (Media)	Sequía	Ola de Frio		Incendio Forestal / Lodo	
	50 - 100 años (Baja)	Infestaciones		Deslizamientos	Enfermedades	Sismos / Multi-amenaza
	> 100 años (Muy Baja)	Eventos Espaciales			Actividad Volcánica	Tsunami

Tabla VII. 38. Matriz de riesgos NATECH con valores de probabilidad con valores cualitativos de la clasificación de desastres naturales y tecnológicos

		Impacto				
		1 (Muy Bajo)	2 (Bajo)	3 (Medio)	4 (Alto)	5 (Muy Alto)
Probabilidad	5 (Altamente Probable)	Granizo		Relámpagos		
	4 (Muy Probable)			Inundaciones / Ola Calor / Tormentas		Ciclón / Huracán
	3 (Probable)	Sequía	Ola de Frío		Incendio Forestal	
	2 (Poco Probable)	Infestaciones		Deslizamientos / Lodo /	Enfermedades	Sismos / Multi-amenaza

CONSULTA PÚBLICA

	1 (Improbable)	Eventos Espaciales			Volcanes	Tsunami

Las Tabla VII. **37** y Tabla VII. 38 muestran la planeación estructural basada en la probabilidad en años y la resiliencia basada en términos cualitativos. La Tabla VII. **37** se basa en la probabilidad en años y periodos de retorno medidos en décadas o siglos, su valor reside en la objetividad de los datos, permitiendo diseñar instalaciones capaces de resistir eventos de frecuencia Muy Baja (>100 años) pero de impacto catastrófico.

Por otro lado, la Tabla VII. 38 utiliza términos cualitativos como Altamente probable o Muy Probable (eventos que ocurren incluso mensualmente), esta matriz sensibiliza sobre peligros que, aunque no sean destructivos amenazan el entorno. Este enfoque cualitativo adquiere la relevancia necesaria para justificar protocolos de seguridad activa.

CONSULTA PÚBLICA

Descripción del Riesgo NATECH sin Proyecto (E0)

La Figura VII. 67 representa el riesgo NATECH en el área del SAR el cual se calculó mediante el uso de Tabla VII. 33 y la aplicación de Google Earth Engine (GEE), quedando de la siguiente manera: el 0.2% tiene un riesgo NATECH muy bajo, de color verde, el 51.5% tiene un riesgo NATECH Bajo, el 47.8% un riesgo NATECH medio, ambos de color amarillo y 0.6% un riesgo NATECH alto, de color naranja, en las zonas del puerto de Manzanillo, los vasos I y II.

Lo que representa el tipo de fenómeno que existe dentro de la zona de color naranja, ver Tabla VII. 32, que existe dentro del área de la zona de SAR de color rojo, corresponden a eventos como huracanes y ciclones, para el área de color naranja, corresponden a eventos como Sismos, múltiples amenazas, incendio forestal, avalancha de lodo, relámpagos, inundaciones, Ola de calor, tormentas y niebla, para la zona de color amarillo se tiene los tipos de eventos: ola de frio, Deslizamiento de rocas, Enfermedades virales, infecciosa, etc., y para la zona de color verde se tiene los tipos de eventos: Granizo, Niebla, sequia, Infestación en general, eventos espaciales, Actividad volcánica, Tsunami.

Por lo que un riesgo NATECH es valorado de mayor a menor por la clasificación del fenómeno, ver Tabla VII. 24, de la siguiente manera: hidrológicos, meteorológicos, geofísicos y biológicos, respectivamente según el orden de ocurrencia.

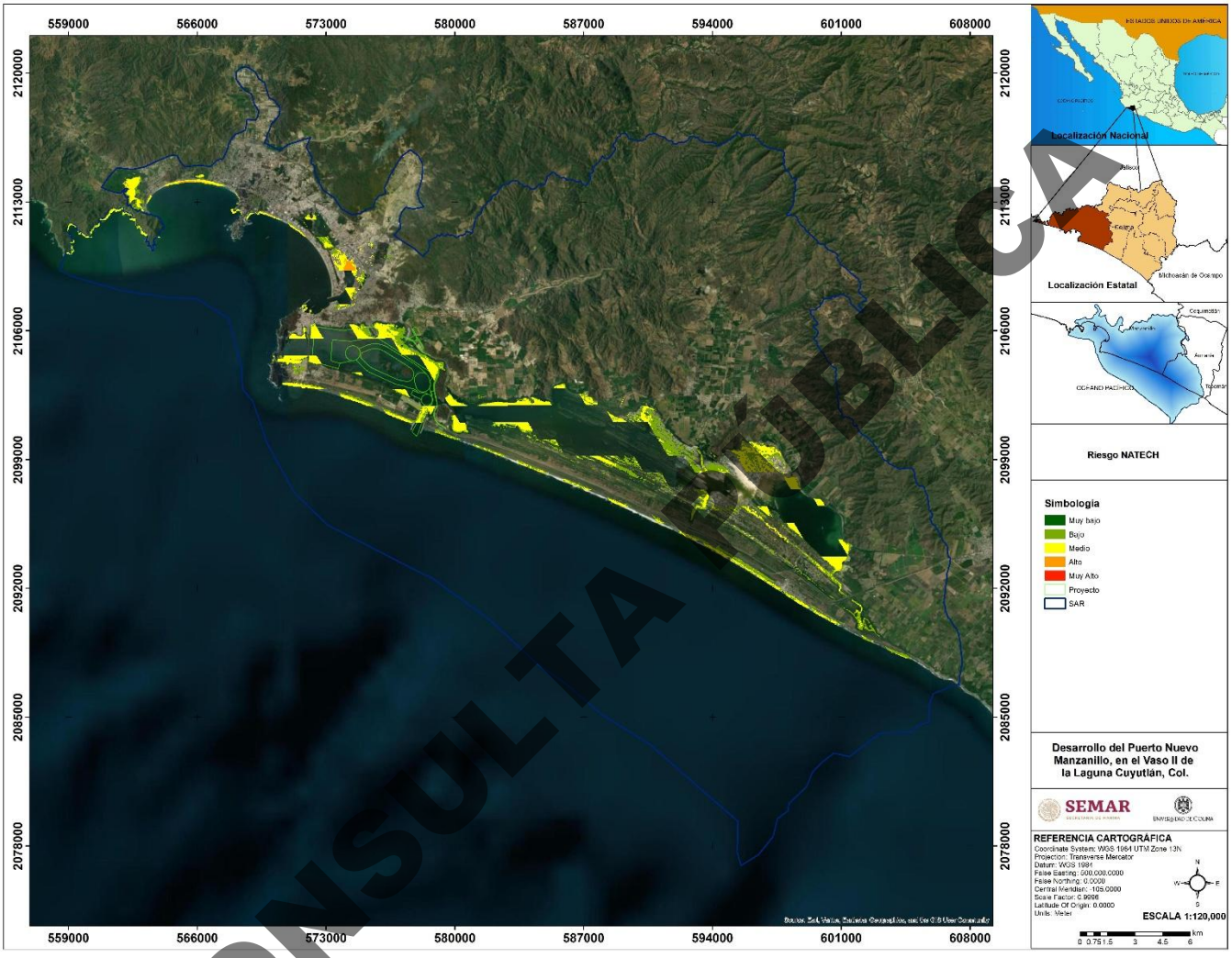


Figura VII. 67. Riesgo NATECH en el SAR.

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.1.10 Análisis de tendencias y síntesis de vulnerabilidad del escenario sin proyecto (E0)

A partir de la línea base presentada en los apartados anteriores, se presenta un análisis de tendencias (evolución observada y proyección hacia 2040) de los principales componentes ambientales del SAR, así como una síntesis de vulnerabilidad que identifica los elementos más críticos en el escenario sin proyecto. Este análisis es fundamental para contrastar posteriormente los escenarios con proyecto (E1) y con medidas (E2).

Análisis de tendencias en el E0

Clima

- Temperatura media anual: Los datos históricos (1902-2011) muestran un rango de 21.6-26.9 °C en el SAR, con tendencia creciente consistente con el calentamiento global. Las proyecciones para 2021-2040 (escenario SSP5-8.5, Figura VII.50) indican una anomalía positiva de +0.83 °C a +0.85 °C en el área del proyecto. La tendencia es consolidada al alza, con mayor probabilidad de olas de calor (Figura VII.47) y noches cálidas.
- Precipitación: La precipitación media anual (705-1276 mm) no muestra una tendencia clara en el registro histórico; sin embargo, las proyecciones (Figura VII.51) indican un ligero incremento (+0.8 % a corto plazo), acompañado de una disminución en la precipitación máxima diaria (-2.3 % a -2.6 %) y un acortamiento del máximo de días consecutivos secos (-2.6 a -3.3 días). Esto sugiere una tendencia hacia lluvias menos extremas en un solo día, pero con mayor concentración en eventos moderados.
- Vientos y humedad: No se observan tendencias significativas; el régimen de vientos dominantes (OSO-O) y la humedad relativa (50-90 %) se mantienen estables en las series históricas (1981-2022).

Hidrología y calidad del agua

- Batimetría y sedimentación: Los datos batimétricos de 2025-2026 muestran una profundidad media de 1.16 m (Vaso I) a 1.68 m (Vaso II). El análisis de series históricas (no mostrado en extenso, pero referenciado en la evolución histórica del SAR) indica una tendencia al asolvamiento en los Vasos III y IV, debido a la reducción del intercambio mareal y al aporte de sedimentos finos desde las cuencas agrícolas. Esta tendencia se acentuará en el E0 por la falta de dragado de mantenimiento.
- Calidad del agua: Los datos de 2024-2026 muestran una tendencia a la eutrofización en los Vasos III y IV, con incrementos estacionales de nutrientes (N, P), clorofila-a y Sólidos Suspendidos Totales, asociados a los escurrimientos de verano y al largo tiempo de residencia (hasta 45 días en Vaso III). En el Vaso II, la influencia mareal

CONSULTA PÚBLICA

mantiene una calidad aceptable, pero con episodios puntuales de hipoxia en zonas someras. La tendencia en el E0 es hacia una mayor heterogeneidad espacial: los vasos con conexión restringida (III y IV) seguirán degradándose, mientras que los vasos I y II se mantendrán dinámicos.

- Sedimentos: La presencia de metales como Cu y As supera puntualmente el Nivel de Alerta Baja (ERL), pero sin una tendencia creciente clara. La corrosividad y toxicidad (Tabla VII.5) se concentran en estaciones de los Vasos II y III, con una tendencia estacional (más acusada en época de lluvias). En el E0, se espera que estas condiciones se mantengan dentro de rangos naturales, sin evidencias de contaminación antropogénica aguda.

Paisaje y uso de suelo

- Cobertura vegetal: La comparación de imágenes satelitales (1986-2026) muestra una tendencia a la pérdida de manglar (actualmente 2.36 % del SAR) y de selva baja caducifolia, frente a un incremento de asentamientos humanos (9.1 % en 2026) y agricultura de riego (23.3 %). En el E0, esta tendencia continuará, impulsada por la presión urbana y turística, aunque sin la magnitud del proyecto.
- Fragilidad visual: El 73 % del SAR presenta fragilidad visual alta a muy alta (Figura VII.68), debido a la combinación de pendientes suaves, escasa vegetación de enmascaramiento y alta visibilidad desde miradores. La tendencia es hacia una mayor exposición visual de las intervenciones humanas (carreteras, asentamientos), aunque sin el impacto directo de una megaestructura portuaria.

Riesgos abióticos y NATECH

- Riesgo NATECH: La matriz de riesgo NATECH (Tablas VII.28-VII.33) y la Figura VII.65 muestran que, en el E0, el 47.5 % del SAR tiene riesgo NATECH medio (principalmente por inundaciones, sismos y ciclones) y el 0.6 % riesgo alto (zonas portuarias existentes y Vasos I-II). La tendencia es al incremento del riesgo hidrometeorológico por cambio climático (mayor frecuencia de tormentas intensas, marejadas) y al mantenimiento del riesgo sísmico (periodo de retorno de 25-30 años para sismos M > 8.0).
- Erosión: El 86.5 % del SAR tiene erosión nula a leve (Figura VII.31), sin tendencia a empeorar en el E0, salvo en zonas de laderas desprovistas de vegetación (0.002 % de susceptibilidad media a deslizamientos).

CONSULTA PÚBLICA

Síntesis de vulnerabilidad del E0

Se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de un componente ambiental a sufrir daño ante la ocurrencia de fenómenos naturales o la presión antropogénica actual, sin la ejecución del proyecto. A continuación, se clasifican los componentes del SAR según su nivel de vulnerabilidad en el escenario sin proyecto (E0), basándose en los datos presentados. (Tabla VII. 39)

Para la asignación de niveles de vulnerabilidad se utilizó una escala cualitativa basada en la combinación de: (1) exposición del componente al fenómeno, (2) sensibilidad intrínseca y (3) capacidad de recuperación.

Tabla VII. 39. Clasificación de los componentes del SAR según su nivel de vulnerabilidad en el escenario sin proyecto (E0).

Componente ambiental	Nivel de vulnerabilidad (E0)	Justificación (basada en el documento)
Calidad del agua en Vasos III y IV	Alta	Tiempo de residencia prolongado (>45 días), acumulación de nutrientes y sólidos suspendidos, episodios de hipoxia, escaso intercambio mareal. La tendencia a la eutrofización es progresiva.
Manglar y vegetación halófila	Alta	Superficie reducida (2.36 % y 5.65 % respectivamente), presión por crecimiento urbano y agrícola, sensibilidad a cambios en la salinidad y nivel del agua. En el E0, la pérdida continúa por causas antropogénicas externas al proyecto.
Paisaje con fragilidad visual alta/muy alta	Alta	El 73 % del SAR presenta fragilidad alta o muy alta (Figura VII.68). La cuenca visual es extensa (Figura VII.67) y cualquier modificación antrópica es fácilmente perceptible.
Población asentada en zonas inundables	Alta	Comunidades aledañas a los Vasos I y II presentan alta vulnerabilidad socioeconómica y exposición a marejadas (hasta 6.1 m) e inundaciones por ciclones tropicales. El riesgo por marea de tormenta ya es Alto (5C) en el E0.
Acuíferos Jalipa-Tapeixtles y Armería-Tecomán-Periquillos	Media-Alta	Ambos presentan déficit hídrico (disponibilidad negativa de -1.36 hm³/año y -1.10 hm³/año respectivamente). La

CONSULTA PÚBLICA

		sobreexplotación continuará en el E0, afectando la recarga de la laguna.
Fauna (especialmente ***Crocodylus acutus***)	Media	La población de cocodrilos en el Vaso II es significativa (72 individuos en 2026). En el E0, su hábitat no se modifica directamente, pero la presión por turismo y pesca ilegal puede incrementar la mortalidad. El riesgo por encuentro con humanos ya es Moderado (5B).
Calidad del agua en Vasos I y II	Media	Aceptable actualmente, pero con fluctuaciones estacionales de oxígeno disuelto y sólidos suspendidos. Vulnerabilidad media porque dependen del intercambio mareal, que podría alterarse por cambios en la línea de costa (sin proyecto, la tendencia es estable).
Riesgo sísmico y por tsunamis	Media	El peligro sísmico es Alto (3E) y el de tsunami es grado 2 (ola de 5-10 m). La vulnerabilidad es media porque las construcciones existentes en el SAR (viviendas, salineras, infraestructura) no están diseñadas para estos eventos.
Erosión hídrica	Baja	El 86.5 % del SAR tiene erosión nula o leve. La vulnerabilidad es baja, salvo en zonas puntuales de laderas sin vegetación.

Resultado del análisis de tendencias y vulnerabilidad del E0

En el escenario sin proyecto (E0), el SAR presenta una tendencia al deterioro gradual de la calidad del agua en los vasos lagunares más confinados (III y IV), a la pérdida continua de manglar y vegetación halófila por presión urbano-agrícola, y a un incremento del riesgo hidrometeorológico asociado al cambio climático (temperaturas más altas, marejadas más frecuentes). La vulnerabilidad más alta se concentra en los ecosistemas de humedal y en las comunidades costeras expuestas a inundaciones. Es importante destacar que el E0 no es un escenario “prístino” ni exento de impactos, sino un sistema que ya presenta presiones antropogénicas significativas desde hace siglos.

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.2 MEDIO FÍSICO BIÓTICO

Este apartado describe el escenario sin proyecto del medio físico biótico en el SAR

VII.1.2.1 Vegetación y uso de suelo

De acuerdo con el análisis de cobertura vegetal y uso de suelo en el SAR en el Capítulo IV, el 48.33% para el cuerpo de agua (en orden de superficie ocupada Océano Pacifico, Laguna de Cuyutlán, Laguna Valle de las Garzas), y 51.57 % para el uso de suelo, terrestre. Ver Tabla VII. 40.De acuerdo con la vegetación de INEGI (Serie VII) se tienen 29,833 hectáreas de vegetación natural.

Tabla VII. 40. Distribución del uso suelo y vegetación

Descripción	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Manglar	1227.27 ha	1.23
Selva baja caducifolia	211.46 ha	0.21
Agricultura	13485.16 ha	13.54
Asentamientos humanos	4,718.37 ha	4.73
Bosque de encino	1,326.35 ha	1.33
Pastizal	2,715 ha	3.0
Mezquital tropical	325.88 ha	0.303
Sin vegetación aparente o desprovisto de vegetación	748.39 ha	1.0
Vegetación de dunas costeras	1,034.37 ha	1.04
Vegetación halófita hidrófila	2,939.09 ha	2.95
Vegetación secundaria arbórea de manglar	63.54 ha	0.67
Vegetación secundaria de selva baja	22,705.63 ha	23.0

El estado de conservación de la vegetación (que identifica el grado de perturbación de la cubierta vegetal natural) en el SAR es 23.69% vegetación primaria (vegetación sin alteración) y 76.31 % vegetación secundaria (vegetación en estado sucesional, es decir, que ha sido eliminada o perturbada).

Los resultados del Capítulo IV de uso de suelo y vegetación mediante fotointerpretación con imágenes de satélite y verificación en campo son: Cuerpo de agua 48,554,99 ha (48.71 %), vegetación natural 29,501.95 (29.60%), agropecuario, acuícola y salinas 14,732.35 (14.78%), área urbana 6,253.59 (6.27%), infraestructura 381.69 (0.38%) y playa 251.44 ha (0.25%). De acuerdo con la información generada, el área del SAR se destaca por presentar una variedad de 8 tipos de vegetación en distintas sucesiones que conforman la superficie forestal del SAR en 29,501.95 ha, siendo la selva baja caducifolia la vegetación de mayor importancia con el 60.79% de la superficie con vegetación del SAR distribuida en la parte media y baja

CONSULTA PÚBLICA

del SAR y en menor proporción la selva mediana subcaducifolia en las partes húmedas intermedias y altas del SAR representando casi el 20% de la superficie de vegetación natural. En la parte cercana y la ribera de los cuerpos lagunares se desarrolla la vegetación de manglar en 1,801 ha y la vegetación hidrófila – halófila en 1,784.12 ha. El bosque de encino identificado se ubica en la parte más alta del SAR en 1,515.11 ha que representa un 9.52% de la superficie del SAR y en los bordes de los vasos de la laguna se identificaron las áreas de vegetación de manglar en un 5.14% de la superficie con vegetación forestal. En la proximidad con el mar se presenta una vegetación de dunas costeras en un 2.10%.

En el SAR la riqueza y abundancia de la selva baja caducifolia es mostrada en la Tabla VII. 41:

Tabla VII. 41. Riqueza y abundancia de la selva baja caducifolia del SAR

Tipo de estrato	Riqueza (Número especies)	Abundancia (ha) (Individuos/ha)	Especies más abundante	Características del estrato
Arbóreo	78	1029	***Lysiloma microphyllum*** (tepemezquite) 75 individuos	D= 14 cm Altura 7 m
Arbustivo	28	988	Verbesina oligantha 209	
Herbáceo	32	73,126	*Commelina difusa* con 22 143, *Oplismenus compositus*12, 500 y *Elytraria imbricata* 7,143.	
Otras formas de vida	21	921	*Pilosocereus purpusii* (pitayo serpetinum) 174	
Total	159			

En el SAR la riqueza y abundancia de la selva baja caducifolia es mostrada en la Tabla VII. 42.

Tabla VII. 42. Riqueza y abundancia de la selva mediana caducifolia del SAR

Tipo de estrato	Riqueza (Número especies)	Abundancia (ha) (Individuos/ha)	Especies más abundante
Arbóreo	48	716	***Cupania dentata*** con 119, ***Brosimum alicastrum*** con 55
Arbustivo	14	961	***Piper hispidum*** con 200, ***Randia armata*** con 128
Herbáceo	12	50,187	***Oplismenus compositus*** con 12,364, ***Ambrosia psilostachya*** con 9,273, ***Adiantum tricholepis*** con 8364
Otras formas de vida	7	632	***Paullinia clavigera*** con 246, ***Attalea cohune*** con 210
Total	81		

CONSULTA PÚBLICA

El manglar que se presenta en el SAR se localiza en 1,801.03 hectáreas distribuido en los márgenes de los 4 vasos de la laguna de Cuyutlán, en la laguna de Juluapan, La laguna de las Garzas, la Laguna de Tapeixtles y en el estero Palo verde, siendo el manglar en los vaso III y IV de la laguna de Cuyutlán los que mayor superficie representan, siendo el 66.28% del manglar identificado en el SAR en los diferentes cuerpos lagunares y la laguna de Tapeixtles cercana al puerto interior y el Vaso I de la laguna de Cuyutlán son los que menos superficie de manglar presentan. Ver Tabla VII. 43.

Tabla VII. 43. Superficie del manglar por sitio

Descripcion	Hectáreas (ha)	Porcentaje (%)
Laguna de Juluapan	76.43 ha	4.24
Laguna de las garzas	93.99 ha	5.19
San Pedrito, Puerto interior	23.96 ha	1.33
Laguna de Tapeixtles	15.64 ha	0.87
Vaso I	15.6 ha	0.87
Vaso II	246.6 ha	13.69
Vaso III y IV	1,193.69 ha	66.28
Estero Palo verde	135.72 ha	7.54

Para el manglar se tiene una riqueza de 6 especies con una abundancia de 4, 248 individuos donde predominan dos especies el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), la Tabla VII. 44 muestra el número de individuos más abundantes por tipo de Mangle.

Tabla VII. 44. Número de individuos por tipo de Mangle

Tipo de Mangle	Número de Individuos
Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*)	1,959
Mangle rojo (*Rhizophora mangle*)	1,955

Los árboles tienen un diámetro normal promedio (DNP) de entre 10-20 cm y altura promedio de 7 metros. La Tabla VII. 45 muestra una distribución de diámetro de los árboles.

Tabla VII. 45. Distribución por categoría diamétrica y numero de arboles

Numero de arboles	Categoría de Diámetro
487	DNP< 10 cm
893	10-20 cm de DNP

CONSULTA PÚBLICA

57	21-30 cm de DNP
3	DNP > 30

El bosque de encino se ubica en la parte más alta al norte del SAR al norte de este y ocupa sólo el 1.5% de superficie y 5.14% de la parte terrestre con 1,515 ha. Se ubica este tipo de vegetación a partir de los 700 msnm hasta los 11400 msnm dentro del SAR.

En el SAR la riqueza y abundancia del bosque de encino es mostrada en la Tabla VII. 46

Tabla VII. 46. Riqueza y abundancia bosque de encino del SAR

Tipo de estrato	Riqueza (Número especies)	Abundancia (ha) (Individuos/ha)	Especies más abundante	Características del estrato
Arbóreo	12	282	***Quercus obtusata*** con 123 y ***Quercus magnoliifolia*** con 93.	Diámetro =40 cm Altura de 10 a 12 m
Arbustivo	11	1914	***Verbesina oligantha*** (vara blanca) con 1,463	
Herbáceo	12	67000	***Oplismenus compositus*** con 40, 000	
Otras formas de vida	5		Los bejucos (***Serjania brachycarpa*** y ***Cissus verticillata***) con 40%	
Total	**40**			

La vegetación halófila – hidrófila se ubica al interior de la laguna donde ocupa una superficie de 1,784.12 hectáreas que abarca un 1.79% del SAR, pero 6.07% de la parte terrestre con vegetación, superficie que es variable dependiendo conforme crece o baja el nivel del agua en la laguna, ubicándose mayormente dentro de los vasos III y IV. Se identificaron solo tres especies, siendo una de ellas ampliamente dominante como es *Batis maritima* (vidrillo o saladilla) con el 59.07% de la abundancia relativa, así como se identificaron individuos de *Sesuvium portulacastrum* que representan el 24.65% y el restante 16.30% de la abundancia relativa le corresponde a la especie *Sporobolus virginicus.*

La vegetación de dunas costeras se ubica en la zona colindante con el mar en forma de franja (dunas), ocupando el 0.62% del SAR definido para el proyecto y el 2.10% de los diferentes tipos de vegetación del SAR, con una superficie con 619 ha.

En el SAR la riqueza y abundancia de dunas costeras es mostrada en la Tabla VII. 47

Tabla VII. 47. Riqueza y abundancia de vegetación de dunas costeras del SAR.

Tipo de estrato	Riqueza (Número especies)	Abundancia (ha)	Especies más abundante

CONSULTA PÚBLICA

		(Individuos/ha)	
Arbóreo	1	40	*Neltuma juliflora* (mezquite) (2 individuo encontrados)
Herbáceo	5	13600	*Acalypha microphylla* (Cancerina) con 3,520
Otras formas de vida	2	680	*Stegnosperma cubense* (Bejuco de playa) con 3340 *Struthanthus interruptus (*Mal ojo) con 340
Total	**8**		

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, en la que se determinan las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, en el área del SAR se identificaron en los trabajos de campo 17 especies mostrados en la Tabla VII. 48.

Tabla VII. 48. Estatus de las especies y su clasificación

Estatus de la Especies	*Tipos de especies*
Especies en estatus Amenazada (A):	*Albizia occidentalis*, *Astronium graveolens*, *Avicennia germinans*, *Bravaisia integerrima*, *Calophyllum brasiliense*, *Conocarpus erectus*, *Cryosophila nana*, *Laguncularia racemosa*, *Licania arborea*, *Rhizophora mangle, Sapium macrocarpum*, *Sideroxylon capiri y Tabebuia chrysantha*.
Especies en estatus de Protección especial (Pr)	*Attalea cohune, Cedrela odorata* y *Zamia paucijuga.*
Especies en Peligro de extinción (P)	*Platymiscium lasiocarpum*

VII.1.2.2 Fauna

Según el Capítulo IV basado en el SNIB dentro del SAR se ubica el 22.3% de los registros existentes en el SNIB para Colima, es decir 52,294 registros de invertebrados (10,651) y de vertebrados (41,643). Estos registros representan a 2,714 especies y subespecies de invertebrados (2,109) y vertebrados (605); que incluyen 120 especies en la NOM059-2010 de invertebrados (9) y vertebrados (111), 123 endémicas (23 y 100 respectivamente), 99 en algún apéndice del CITES (19 y 80) y 53 prioritarias en el IUCN (12 y 41). Ver Tabla VII. 49.

Tabla VII. 49. Registros de especies encontrados en el SNIB con ocurrencia en Colima incluyendo su estado de conservación

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	54	18	33	2	1	4	1993
Reptiles	186	81	86	11	22	21	4946

CONSULTA PÚBLICA

Aves	703	104	55	48	105	52	174612
Mamíferos	242	36	42	11	27	17	14328
Invertebrados	3770	12	142	5	22	20	39101
TOTAL	4955	251	358	77	177	114	234980

Durante los tres muestreos mensuales de campo llevados a cabo en los 35 sitios de muestreo (más un en el estero Palo Verde) se registró un total de 10457 individuos pertenecientes a 201 especies de vertebrados

La riqueza de especies registrada y el número de individuos registrados fue respectivamente de 2 y 165 en anfibios, 29 y 502 en reptiles, 152 y 8,931 en aves y 18 y 859 en mamíferos, por lo que la mayor contribución a la riqueza de especies registrada y número de individuos corresponde a las aves (76% y 85% respectivamente). El nivel de endemismo y riesgo de las especies registradas de vertebrados es del 19% (39) y 16% (32) respectivamente, mientras que el 6% y 13% de las especies de vertebrados registradas tienen una categoría de riesgo en el IUCN o están incluidas en algún apéndice del CITES respectivamente; el 37% de las aves registradas (75 especies) son migratorias Tabla VII. 50.

Tabla VII. 50. Especies registradas en campo dentro del área de estudio y su estado de conservación.

Clase	Orden	Familia	Especies	Endémicas	NOM059	IUCN	CITES	Migratorias
Amphibia	1	2	2	1	0	0	0	0
Reptilia	3	13	29	14	13	2	5	0
Aves	19	48	152	19	16	10	19	75
Mammalia	9	13	18	5	3	1	3	0
Verterbados	32	76	201	39	32	13	27	75

Cocodrilos

Según los datos y tablas del Capítulo IV para cocodrilos, durante los recorridos nocturnos a lo largo de los 39 transectos lineares en los tres vasos se registró un total acumulado de 352 individuos durante los tres meses de muestreo. La l tasa de encuentro (TE) para cada vaso y cada mes, es mayor en el Vaso III que en el Vaso II y Vaso I. Otra tendencia registrada es el hecho que al menos en el Vaso I y Vaso II, la TE fue mayor en el mes de enero y se redujo hacia marzo, mientras que en el Vaso III, la tendencia mensual de la TE fue muy constante. Ver Tabla VII. 51.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 51. Número de individuos registrados (cocodrilos) en cada vaso y la tasa de encuentro (TE) registrada.

Sitio	Enero	Febrero	Marzo	Total	Cantidad de Transectos	TE Enero	TE Febrero	TE Marzo	Te Promedio
Vaso I	7	1	1	9	4	1.75	0.25	0.25	0.75
Vaso II	47	25	2	74	15	3.13	1.67	0.13	1.64
Vaso III	89	91	89	269	20	4.45	4.55	4.45	4.48
Total	143	117	92	352	39	3.67	3.00	2.36	3.01

CONSULTA PÚBLICA

Plancton

Fitoplancton. Durante el periodo de monitoreo (diciembre 2025-febrero 2026) se registraron tres grupos principales de fitoplancton: diatomeas, dinoflagelados y cianobacterias/nanoflagelados. las diatomeas fueron el grupo dominante en la mayoría de las zonas muestreadas, particularmente en la Laguna de Cuyutlán y el frente marino. Dentro de la Laguna de Cuyutlán, el Vaso II y el Vaso III presentaron el mayor número de registros de diatomeas, mientras que el Vaso IV mostró los valores más bajos. Los dinoflagelados se registraron en menor proporción en todos los vasos, con valores relativamente constantes entre meses. En el frente marino y las bahías de Santiago y Manzanillo, las diatomeas también representaron el grupo dominante; sin embargo, en estas zonas se observó una mayor presencia relativa de dinoflagelados, especialmente durante enero y febrero de 2026. Por su parte, las cianobacterias/nanoflagelados se registraron de manera esporádica y con menor representación en la mayoría de las estaciones.

Durante el periodo de estudio, las diatomeas registraron concentraciones entre 4x101 – 1.78x105 cél/l, constituyendo el grupo más abundante en el sistema. Por su parte, ciliados, nanoflagelados y cianobacterias se registraron en concentraciones menores, con rangos de 4x101 – 1.20x102 cél/l, 4.5x101 – 8.87x103 cél/l y 4x101 – 9.92x103 cél/l, respectivamente. Entre los taxa con mayor contribución relativa destacó *Guinardia sp*., con valores entre 0.31% y 92.89%.

Las cianobacterias y nanoflagelados registrada en las estaciones de la Laguna de Cuyutlán, incluyendo los diferentes vasos lagunares, bahías y frente marino, estuvo representada por diversos taxa durante el periodo de muestreo comprendido entre diciembre de 2025 y febrero de 2026. Entre los organismos con mayor contribución relativa destacó *Trichodesmium sp*., con valores entre 33.33% y 100%, registrándose en distintas estaciones del sistema. Asimismo, *Dictyocha fibula* presentó una alta representatividad dentro de la comunidad, con contribuciones entre 50% y 100% en varias estaciones.

Zooplancton. Durante el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026 se registró la presencia de 46 grupos del zooplancton en el SAR. En la zona de la Laguna de Cuyutlán se registraron 38 grupos, mientras que, en el Frente marino, 44. El número mínimo de grupos registrados fue de 32 en la zona de Laguna de Cuyutlán durante el monitoreo de diciembre de 2025, mientras que febrero de 2026 se registró un número máximo de 38 grupos en la zona del frente marino. La abundancia total de los organismos zooplanctónicos fue máxima (~600,000 ind/100m^3) en el monitoreo de febrero de 2026, específicamente en la estación 26 ubicada en la zona marina, en la bahía de Manzanillo, llegando a registrar una concentración de organismos cercana a los 140,000 ind/100m^3. En lo que respecta a las estaciones ubicadas dentro de la laguna de Cuyutlán, la abundancia máxima fue de 65, 441 ind/100m^3 y se registró en la estación 15 ubicada en el vaso III

En contraparte, la abundancia total de individuos fue mínima en el monitoreo de enero de 2025, en donde se registró un valor de 155,908 ind/100m^3. En este monitoreo las estaciones que presentaron las densidades más bajas de organismos zooplanctónicos fueron la 15 y 17, localizadas en el vaso IV de la Laguna de Cuyutlán, con valores de 129 y 325 ind/100m^3, respectivamente

Respecto a la composición de la comunidad del zooplancton en el SAR durante el periodo monitoreado, nueve grupos contribuyeron al 95% de la densidad total de organismos, siendo los copépodos el que presentó la mayor contribución con un 49% al total de la comunidad. Las larvas de decápodos, específicamente las del grupo Brachyura contribuyeron con el 24%, y le siguieron los grupos Cladocera: Evadne, la fracción del ictioplancton de huevos de peces, Cladocera:Penilia y los decápodos del grupo Anomura con un 5.9, 4.8, 2.9 y 2.6%, respectivamente.

El grupo Copepoda presentó valores promedio mensuales de 3 335, 9 850 y 13 087 ind/100m^3 en diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. El grupo Decapoda:Brachyura presentó abundancias promedio de 1 405, 7 762 y 5 001 in/100m^3 en diciembre de 2025, enero y febrero de 2026, respectivamente. El grupo Cladocera estuvo bien representado por los géneros Evadne y Penilia durante todo el periodo de monitoreo. El grupo Cladocera:Evadne presentó valores mensuales promedio de abundancia de 168 ind/100m^3 en diciembre de 2025, 489 in/100m^3 en enero de 2026, y 1 777 in/100m^3 en febrero de 2026.

Ictoplanton. Para el reporte de ictioplancton, se tomó la base datos disponibles de muestreos mensuales realizados en 2018 en estaciones distribuidas en los vasos I, II, III y IV de la Laguna de Cuyutlán. Se registra la presencia de 65 morfotipos distribuidos en 33 géneros y 31 familias. De manera general, la mayor riqueza de morfotipos se presenta durante los meses correspondientes a invierno, con valores superiores a 20 morfotipos en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre. De manera puntual, se registraron 24 morfotipos en octubre. Las especies del ictioplancton que dominaron durante el 2018 al

CONSULTA PÚBLICA

interior de los vasos de la Laguna de Cuyutlán fueron Achiridae spp., *Oligoplites saurus*, Engraulidae spp., Gerreidae spp., y Gobiidae sp.1. Por su parte *Harengula thrissina*, *Dormitator latifrons*, *Dactyloscopus pectoralis, Xenichthys xanti* y *Mugil curema* presentaron porcentajes de ocurrencia entre 67 y 75%.

Bentos. Durante 2025 se realizaron dos periodos de muestreo. El primero, comprendido entre noviembre de 2024 y enero de 2025, incluyó tres estaciones de muestreo ubicadas en el vaso II del sistema lagunar de Cuyutlán. En este periodo se registraron 25 especies del filo *Mollusca*, distribuidas en tres clases. La clase *Gastropoda* presentó la mayor abundancia relativa (57.69 %), con 14 especies agrupadas en 12 familias, seguida de *Bivalvia* con 38.46 %, representada por 10 especies y 9 familias. Se registró una abundancia absoluta total de 586 organismos. La especie con mayor abundancia relativa fue *Odostomia* sp. (37.60 %), seguida de *Rissoella excolpa* (18.83 %) y *Acteocina infrequens* (18.71 %).

El segundo muestreo, realizado en julio de 2025, consideró siete estaciones de muestreo en el vaso II. En este periodo se identificaron 26 especies, cuya composición taxonómica incluyó cuatro clases del filo *Mollusca*. La clase *Gastropoda* fue la más representativa (62.50 %), con 14 especies distribuidas en 13 familias y 6 subfamilias. Le siguió la clase *Bivalvia*, con 10 especies agrupadas en 9 familias y 4 subfamilias. Las clases *Cirripedia* y *Scaphopoda* estuvieron representadas por una especie cada una. Se registró una abundancia absoluta de 2,115 organismos. La especie dominante fue *Rissoella excolpa* (40.82 %), seguida de *Odostomia* sp. (37.02 %) y *Acteocina infrequens* (12.67 %).

La comunidad bentónica del Sistema Ambiental Regional (SAR) se caracteriza por una alta dominancia del filo Mollusca (≈89 %), particularmente de gasterópodos, lo que evidencia una estructura comunitaria simplificada, con baja representación de otros grupos taxonómicos como anélidos y equinodermos. Esta dominancia es indicativa de condiciones ambientales restrictivas, donde predominan especies con alta tolerancia a variaciones fisicoquímicas.

CONSULTA PÚBLICA

Comunidades nectónicas

Peces. Para la evaluación de peces para el proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) se realizaron muestreos en 2024, 2025 y 2026, y se incluyeron y analizaron datos de 2008, 2009, 2010 y 2017. Capturándose un total de 6206 organismos, se identificaron 56 especies pertenecientes a 41 géneros y 28 familias. En 2008 organismos, la especies con mayor abundancia fueron *Mugil setosus, Gerres simillimus y Oreochromis nilótica* aportando el 62.88% de la captura. En 2009 se obtiene la mayor captura con 3743 organismos, la especies *Mugil setosus, Diapterus brevirostris, Caranx caninus, Chanos*

chanos, Opisthonema libertate y Centropomus robalito aportan el 79.11% de la captura. En 2010 se capturaron 658 organismos, el 74.92% de la captura la conforman las especies *Mugil setosus, Gerres simillimus, Diapterus brevirostris y Opisthonema libertate*. En 2017 se capturó 545 organismos, las especies *Diapterus brevirostris, Elops affinis, Centropomus robalito y Chanos chanos* aportan el 79.82% de la captura. En 2024 se capturaron solo 69 organismos, las especies *Diapterus brevirostris y Haemulopsis* elongatus representan el 33.33% de la captura. En 2025 se capturaron 208 organismos, el 67.79% de la captura la aportan las especies *Chanos chanos, Caranx caninus y Mugil cephalus*. En 2026 se capturaron 102 organismos, las especies *Chanos chanos y Mugil setosus* aportan el 51.96 de la captura.

Mamíferos y quelonios marinos. Para la búsqueda de estas especies en las Costas de Colima se realizaron 3 periodos de monitoreo. Durante el primer periodo de monitoreo, se recorrieron 4,780 km. Durante el segundo periodo de monitoreo se recorrieron 4,501 km. En el tercer periodo, durante solo 3 meses se navegaron 877 km.

Mamíferos marinos: Durante las navegaciones realizadas en el primer periodo de agosto del 2022 y julio de 2023, se reportó una riqueza de tres especies de mamíferos marinos la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), siendo la especie dominante (74 avistamientos); el delfín moteado (*Stenella attenuata*) con 67 avistamientos y el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*) con 10 avistamientos. Dentro de este periodo, se registraron 183 avistamientos. En el segundo periodo se reportó una riqueza de ocho especies de mamíferos marinos, ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), siendo la especie dominante; el delfín moteado (*Stenella attenuata*), el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), la orca (Orcinus *orca*), el delfín de Risso (Grampus *griseus*), el cachalote enano (*Kogia sima*), y el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*); y 1 especie de pinnípedo el lobo marino de California (*Zalophus californianus*). Dentro de este periodo, se registraron 254 avistamientos. El periodo 3, que abarcó de diciembre del 2025 a febrero del 2026, reflejó una riqueza de 3 especies correspondientes a dos especies de odontocetos el delfín moteado (Stenella attenuata) y el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*); y a una especie de misticeto: la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), siendo la especie dominante. En el transcurso de este periodo, se registraron 94 avistamientos.

Quelonios marinos. La riqueza registrada en la zona marina durante los 3 periodos fue de dos especies, con una predominancia de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) con 441 individuos, seguida por la tortuga prieta (*Chelonia mydas agassizii*) con 76 individuos y 217 individuos de especie no identificada.

CONSULTA PÚBLICA

VII.1.2.3 Escenarios de riesgo bióticos

Flora:

Con base en la revisión bibliográfica y los muestreos de campo realizados para el SAR, **no se identificaron especies de flora** que representen un peligro biológico para el ser humano durante las actividades del proyecto dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Es decir, no hay evidencia de riesgos por flora (por ejemplo, plantas tóxicas, urticantes o alergénicas) en la zona de estudio. No obstante, esta conclusión está limitada al alcance de los estudios existentes; ante la aparición de nueva información, el riesgo deberá reevaluarse.

Fauna:

En el SAR no existen registros de riesgos o peligros biológicos derivados de la flora que representen una amenaza para el ser humano durante las actividades del proyecto dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Para evaluar el riesgo por fauna se revisaron si había registros de eventos que involucrarán fauna que hubiera atacado o dañado a un ser humano. Y al no haber registros se considera la probabilidad según la ocurrencia mostrada en la Figura VII. 19 El riesgo por fauna se presenta en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**. En el caso de reptiles la probabilidad de avistamiento es superior a una vez por año, por lo que se clasifica como **Muy Probable** y se tiene registros de ataque de cocodrilos a personas como el ocurrido en agosto de 2023 en la autopista Manzanillo-Colima, un cocodrilo atacó y provocó la muerte a un conductor[40] por lo que las consecuencias pueden muy serias, por lo que el riesgo se considera **Muy Alto (5D)**. La probabilidad de peligro por aves, mamíferos y fauna acuática es poco probable y las consecuencias son limitadas, por lo tanto, el riesgo para estos grupos se clasifica como **Bajo 2B**.

Tabla VII. 52. Riesgo por fauna en el SAR.

Fauna	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Aves	Poco probable y consecuencias Limitadas	Bajo 2B	
Mamíferos	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo 2B	
Reptiles	Muy probable y consecuencias Muy Serias	Alto 5D	
Fauna acuática		Bajo	

[40] https://www.excelsior.com.mx/nacional/cocodrilo-ataque-tienda-seven-muerte/1600925

CONSULTA PÚBLICA

	Poco probable y consecuencias Limitadas	2B	

VII.1.3 PAISAJE

La Laguna de Cuyutlán destaca por su visibilidad hacia el mar. Desde puntos elevados, como colinas cercanas o infraestructura urbana, es posible obtener una buena vista de la laguna y sus alrededores. En cuanto a la topografía, la región presenta un relieve plano a ligeramente ondulado en las áreas cercanas a la laguna, lo que facilita la visibilidad de sus aguas. No obstante, en zonas con vegetación densa o con ciertas elevaciones, la visibilidad puede verse limitada desde algunos puntos específicos.

Además de su visibilidad hacia el mar, la Laguna de Cuyutlán se caracteriza por su ecosistema costero y marino. La presencia de diversas especies de flora y fauna, incluyendo aves migratorias, constituye un atractivo paisajístico relevante. Las playas de arena cercanas también contribuyen a la diversidad visual del lugar.

En cuanto a la calidad visual del entorno inmediato, a una distancia de 500 a 700 metros la laguna sigue siendo claramente visible, con zonas de vegetación que incluyen manglares y algunas áreas de vegetación herbácea en las orillas. La zona permite una visualización clara de los ecosistemas acuáticos y su interacción con el ambiente costero.

Respecto a la calidad del fondo escénico, se incluyen formaciones geomorfológicas como dunas costeras y colinas bajas en el horizonte, junto con una gran extensión de agua que crea un contraste visual interesante.

La fragilidad del paisaje en la zona puede verse afectada por diversos factores, entre ellos la presencia de biodiversidad sensible. Los manglares y las zonas de humedales son particularmente vulnerables a la alteración de sus condiciones ambientales. Cualquier cambio significativo en la calidad del agua o en el uso del suelo podría tener efectos adversos sobre la biodiversidad local.

En el SAR, la distribución del paisaje es la siguiente: al norte, se encuentran zonas agrícolas y detrás se aprecian las comunidades de El Colomo y de Las Torres, enmarcadas por una zona de serranía. Al este se aprecia parte de la isla más grande y al sur se aprecian ambas islas: la Isla Grande (Cocodrilo I) y la Isla Cocodrilo II, con alturas de 60 y 86 m respectivamente. Al oeste se aprecia una franja de vegetación en la parte litoral.

Para evaluar el paisaje en el SAR se realizó un análisis visual y de fragilidad del paisaje usando el software ArcGIS. El análisis visual se centra en la percepción del territorio en función de la posición de un observador, con el objetivo de determinar las áreas visibles desde distintos puntos de observación. Estos puntos corresponden a los lugares desde donde se percibe con

CONSULTA PÚBLICA

mayor amplitud visual el territorio y su paisaje. La operación fundamental de los análisis de visibilidad es la determinación de la cuenca visual, la cual se define como la zona que es visible desde un punto específico. Para el análisis de visibilidad, se seleccionan los puntos de observación como cuencas visuales. De esta manera, considerando el empleo de un modelo digital del terreno (MDT) del SAR y los puntos de observación establecidos previamente, se obtiene el mapa de visibilidad del terreno para cada una de las alternativas consideradas en el proyecto.

Los niveles de visibilidad reflejados en el mapa atienden a las siguientes categorías:

- **Visible**: aquellas superficies que se ven desde los puntos de observación elegidos y, por tanto, desde las cuales se ven las zonas en las que se localizan dichos puntos.
- **No visible o zonas de sombra**: aquellas zonas que no son vistas desde ningún punto de observación (MITMA, 2026).

La fragilidad visual intrínseca se refiere a la susceptibilidad natural o capacidad de un paisaje para absorber cambios sin alterar sus características visuales esenciales. Para evaluar la fragilidad visual intrínseca (FVI) se realiza mediante la suma ponderada de la pendiente (Pend), la exposición (Exp) y el uso de suelo y vegetación (FVI_USV) de la zona de estudio (García & Mahecha, 2017). La fórmula es la siguiente:

$$F.V.I. = (0.33 * Pend) + (.33 * Exp) + (0.34 * FVI_{USV})$$

La información vectorial requerida es orientación (Exp), pendiente (Pend) y uso de suelo y vegetación de la zona de estudio (FVI_USV). La pendiente y orientación se calculan con el MDE usando ArcGIS. La clasificación de los tres parámetros es la siguiente:

- **Orientación**: Al norte (1) nivel muy bajo; NE y NO (2) nivel bajo; SE y SO (3) nivel alto; S (4) nivel muy alto.
- **Uso de suelo y vegetación**: Bosques y cuerpos de agua (1); vegetación de manglar, marismas y vegetación secundaria (2); cultivos (3); agricultura (4); asentamientos (5).
- **Pendiente (%)**: 40-100 (1); 20-40 (2); 3 a 20 (3); 1 a 3 (4) (Montoya, Padilla & Stanford, 2003).

La clasificación que se usará para evaluar la fragilidad va de 0 a 1 usando la ecuación de F.V.I.:

- **0 a 0.25 (Fragilidad Muy Baja/Baja)**: Paisajes con alta capacidad de absorción visual, gran capacidad de enmascaramiento, relieve accidentado o vegetación espesa que oculta fácilmente nuevas estructuras.
- **0.26 a 0.50 (Fragilidad Moderada)**: Paisajes con capacidad de absorción intermedia.

CONSULTA PÚBLICA

- **0.51 a 0.75 (Fragilidad Alta)**: Paisajes monótonos, llanos o abiertos con escasa vegetación que exponen la actividad humana.
- **0.76 a 1.0 (Fragilidad Muy Alta/Crítica)**: Zonas con cuencas visuales muy expuestas, llanuras o fondos de valle con alta visibilidad y escasa capacidad de integración de elementos antrópicos (Montoya, Padilla & Stanford, 2003).

Para calcular la cuenca visual en el SAR se utilizó el MDE de INEGI y se seleccionaron 8 puntos de observación en los miradores de la zona. La cuenca visual para el SAR se muestra en la Figura VII. 68.

CONSULTA PÚBLICA

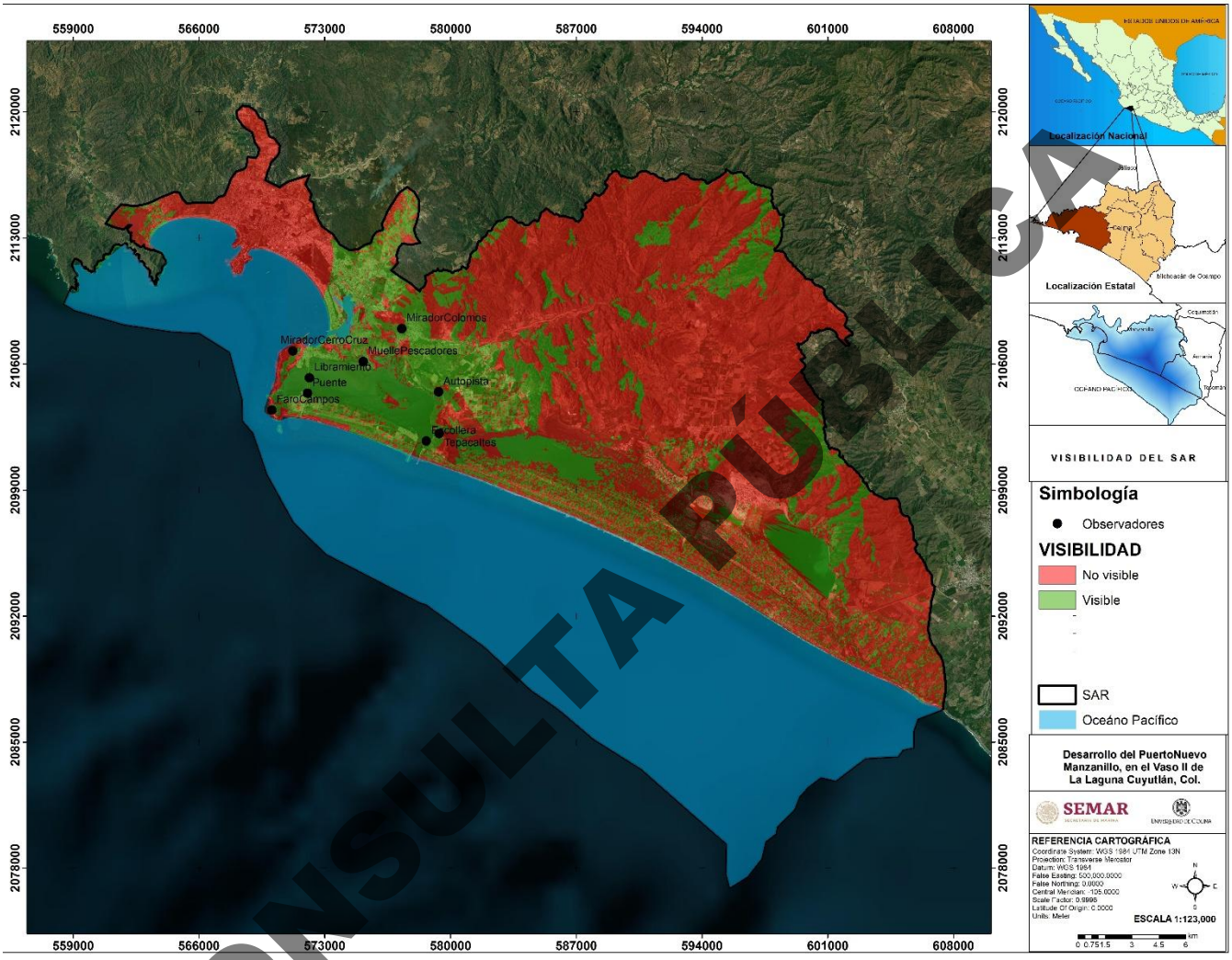


Figura VII. 68. Visibilidad del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI).[41]

Para calcular la fragilidad visual intrínseca del SAR, fue evaluada la pendiente, obteniéndose valores de 0 a 61.86%; de la orientación o aspecto se obtuvieron valores de 1 a 5; y del uso de suelo y vegetación, valores de 1 a 5. Cada ráster se multiplicó por 0.33 y se sumaron usando ArcGIS. El resultado es la fragilidad visual intrínseca, la cual se muestra en la Figura VII. 69.

[41] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

CONSULTA PÚBLICA

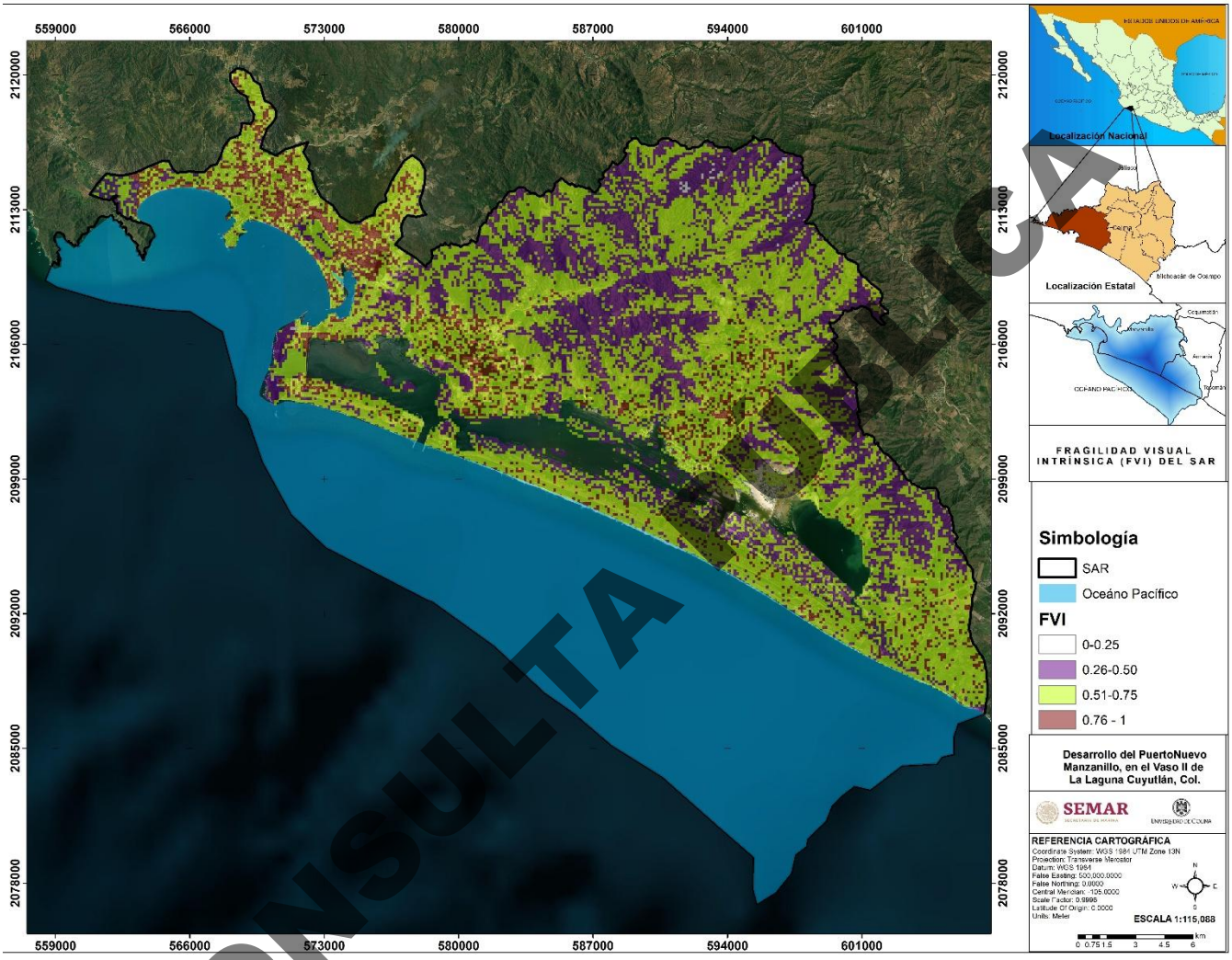


Figura VII. 69. Fragilidad Visual Intrínsica en el SAR. (Elaboración propia con datos de INEGI y CONABIO).[42]

La FVI en el SAR es de 0.2% de fragilidad muy baja, 26.9 % de fragilidad moderada, 58.7% de fragilidad alta y 14.4 % de fragilidad muy alta.

CONSULTA PÚBLICA

[42] http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO (E_1)

CONSULTA PÚBLICA

El proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" tiene por objetivo la construcción de la nueva infraestructura portuaria que se ubicará en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en el municipio de Manzanillo, Colima, México.

El escenario ambiental con el proyecto considera las actividades del proyecto señaladas en el capítulo II y las características del sitio del proyecto descritas en el capítulo IV, así como los impactos ambientales que se pueden generar durante el proyecto expuestos en el capítulo V.

VII.2.1 MEDIO FÍSICO

Aire: Las actividades potenciales que generan gases de efecto invernadero son desmonte y despalme de caminos auxiliares, Transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo a través de barcazas o chalanes, Instalación de tablestacas y muro de contención, dragado, traslado de sedimento a zona de tiro, transporte de materiales, maquinaria y equipo de trabajo, instalación de Geotextil, relleno y nivelación de terreno, construcción del muro de contención, instalación de cabezal de concreto, construcción de cimientos, edificación.

La maquinaria y equipo de transporte que generarán gases tipo invernadero son 627 maquinarias que utilizan combustóleo, 485 utiliza diésel, y maquinaria o transportes 72 utilizan diésel marino. Se utilizará esta maquinaria las 24 horas. Al ser utilizadas las 10 maquinarias generaran ruido <100 decibles (dB), 1 maquinaria <110 dB, 1 maquinaria <115 dB, 1 maquinaria < 140 dB y 27 maquinarias o equipos <90 dB.

La emisión de GEI (Ton CO_2e) por año durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto por año son 9,571.38 durante 7 años.

Las localidades más cercanas al sitio del proyecto son El Colomo, a 3.2 km de distancia, por lo que no será afectada por esta emisión, ya que estas se dispersarán en el aire y no alcanzarán esas distancias. Además, se incrementará el nivel de ruido por el uso de maquinaria y equipo que puede emitir de 80 a140 dB, que será percibido por los trabajadores en el lugar.

Agua: Durante la preparación del sitio y la construcción del proyecto, el agua que se requiera será llevada a los frentes de obra por medio de pipas que cargarán en fuentes de agua que cuenten con su autorización respectiva, por parte de CONAGUA.

La ASIPONA supervisará que los contratistas cumplan con esta determinación. El agua cruda será utilizada para alcanzar las humedades del suelo necesarias para asegurar la compactación necesaria para el desplante de la infraestructura, así como para las actividades dentro del proceso de instalación del tablestacado. El agua potable será suministrada diariamente en garrafones y será utilizada para el consumo e hidratación de los trabajadores en el proyecto. El agua para los servicios sanitarios será la que se suministre con las letrinas (sanitarios portátiles) que se colocarán en los diferentes frentes de trabajo del proyecto, y la limpieza de estas correrá a cargo del proveedor que se contrate para ese servicio. La disposición de las aguas residuales será hacia sitio autorizado (plantas de tratamiento de aguas residuales cercanas al proyecto).

Para la etapa operativa se desarrollarán los proyectos ejecutivos para la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para las oficinas administrativas

Suelo: Para las obras provisionales las estructuras no forman parte del proyecto final y se retirarán una vez concluida la obra, dejando el terreno en condiciones similares a las originales La vegetación proveniente del desmonte se triturará y compactará para su traslado a un sitio definido por la autoridad municipal, y parte de ella se reutilizará en áreas verdes del proyecto. Los residuos provenientes de la nivelación y de la apertura de caminos temporales son materiales formados por componentes propios del suelo de la región, por lo que, al depositarlos en otro sitio, no afectarán o contaminarán en sitio o en su caso los mantos freáticos. Se realizarán las actividades de desmonte, retiro de vegetación con medios manuales (motosierra y machete) y el despalme necesario. Dentro del poligonal trazado se realizará derribo direccionado de árboles que se ubiquen dentro de la sección zanja de la tubería y válvulas, así como en la sección de maniobras. Las actividades del proyecto que implican el uso de maquinaria y equipo pueden causar disposición inadecuada de residuos y derrames que alteraría las características fisicoquímicas del suelo.

En las actividades de deshierbe, retiro de vegetación con medios manuales (motosierra y machete) y el despalme necesario dentro del poligonal trazado, se evitará afectar la vegetación aledaña que será banqueada dentro de los polígonos de los caminos rehabilitados para posteriormente ser retirados. El desenraice, deshierbe y limpia de terrenos podrá efectuarse por medios manuales ya sea con machete o motosierra, cuando las áreas de trabajo sean tales que impidan el acceso de equipo mecánico o que, por ser áreas pequeñas no ameriten el uso de éste. El desenraice, deshierbe y limpia comprende roza y limpia. Los residuos provenientes de la nivelación y de la apertura de caminos temporales son materiales formados por componentes propios del suelo de la región, por lo que, al depositarlos en otro sitio, no afectarán o contaminarán en sitio o en su caso los mantos freáticos.

CONSULTA PÚBLICA

Para la construcción de la infraestructura prevista se ocupará una superficie para:

Superficie total del proyecto (I Etapa 1 + Etapa 2): 1 004.45 ha

Etapa 1: 663.13 ha

- Dragado de canales y dársenas: 372.35 ha
- Plataforma: TEC 1 con 95 ha, TEC 2 con 82.15 ha, Vialidades con 7.42 ha.
- Zona administrativa: 13.13 ha.
- UNAPROP: 13.28 ha
- Vialidades externas: 20.35 ha
- Ferrocarril: 14.31 ha
- Obras temporales: 7.21 ha
- Caminos y muelles temporales: 5.54 ha

Etapa 2: 341.32 ha

- Plataforma: TEC 3 con 63.12 ha, TEC 4 con 82.15 ha, TUM 5 con 15 ha, Vialidades con 43.21 ha.
- Ferrocarril: 36.03 ha.
- Plataformas para Torres de CFE: 101.81 ha.

VII.2.1.1 **Hidrodinámica**

Patrones de circulación

En la modelación del escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto, se observa un muy ligero incremento en los niveles de agua en el Vaso II respecto a la condición sin proyecto del orden de 0.05 a 0.10 m, debido al cambio de almacenamiento que tiene el Vaso II, lo que representa aproximadamente 5% respecto a la condición base.

En el escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto, se observa una variación mayor en los niveles de agua en el Vaso II, de aproximadamente 0.15 m. Como consecuencia se ve interrumpido el flujo actual entre el Vaso II y el Vaso I, generando que el Vaso I se vacíe con mayor velocidad en condiciones de bajamar, aunque la disminución es del orden de 0.15 m con respecto a la condición sin proyecto.

El análisis de gastos para la Fase 1, muestra una modificación en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II, evidenciada por la presencia de una trayectoria preferencial asociada a la geometría del proyecto (canales de navegación).

CONSULTA PÚBLICA

El gasto para la Fase 2, el impacto del proyecto se limita a una redistribución local del flujo, sin afectar de manera sustancial la dinámica global del sistema lagunar para el caso del Vaso III y IV. Para el Vaso I, el flujo se ve interrumpido y debe ser mitigado con infraestructura hidráulica.

Circulación durante la salida de agua de mar (baja mar)

En los escenarios con proyecto se identifican ligeras modificaciones en el Vaso II, donde el gradiente se presenta más difuso y se observa una disminución en la eficiencia del drenaje. No obstante, estas diferencias son de baja magnitud hacia los vasos interiores y no generan retención significativa ni afectan la conectividad hidráulica del sistema hacia el Vaso III y IV. Asimismo, es importante tomar en cuenta que se interrumpe el flujo hacia el Vaso I desde el Vaso II por lo que se deberá compensar con infraestructura hidráulica.

El análisis de gastos en la Fase 1 del proyecto, evidencia una modificación significativa en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II. A diferencia de la condición base, donde el flujo se presenta de manera relativamente uniforme, en este escenario se observa una marcada canalización hacia la zona de descarga, acompañada de la aparición de zonas con baja intensidad de flujo, al norte de la plataforma.

En la Fase 2 del proyecto, el gasto confirma la consolidación de un patrón hidrodinámico modificado dentro del Vaso II, caracterizado por una canalización persistente del flujo hacia la zona de descarga y la presencia de regiones de baja intensidad hidráulica.

Simulaciones para temporada de lluvias

La concentración con marea en temporada de lluvias para la Fase 1, muestra que la concentración en el Vaso I, III y IV se conserva debido a la poca diferencia entre el gasto de entrada y salida que genera el cambio de almacenamiento debido a la construcción de la plataforma de la fase 1. Sin embargo, se observan diferencias notables en la concentración del Vaso II, donde el principal cambio se observa en la parte norte de la plataforma de la Fase 1, donde el agua se “atrapa” por detrás de la plataforma, incrementando la salinidad debido a la falta de circulación con el agua de mar.

La anterior condición, se ve aumentada por la construcción de la plataforma de la fase 2, ya que el agua de mar se distribuye con menor homogeneidad al interior del vaso, y disminuyendo su energía debido a la profundidad de los canales de navegación, aumentando la concentración al interior del vaso. Esta condición se maximiza debido a la falta de intercambio de agua con el vaso I, que queda aislado por la plataforma y por el constante uso de agua de la planta termoeléctrica. Esta pérdida de energía también afecta el ingreso de agua hacia el vaso III.

CONSULTA PÚBLICA

En la Fase 1 la distribución del nivel del agua muestra una reducción significativa en la magnitud del forzamiento asociado al escurrimiento en la zona de entrada. En este escenario el nivel se presenta más homogéneo al interior del vaso, pero con un aumento significativo al norte de la plataforma, en donde, el agua al no encontrar libre paso hacia el mar incrementa el nivel en más de 1.5 metros por más de 4 horas, ya que también, la capacidad de drenaje disminuye.

En la Fase 2, la distribución del nivel del agua muestra una reducción significativa en la magnitud del forzamiento asociado al escurrimiento en la zona de entrada, impidiendo el ingreso libre de agua hacia el vaso II y del Vaso II al Vaso I. Este comportamiento indica una mala disipación del flujo entrante y una disminución en la capacidad de generar un gradiente efectivo hacia el interior del sistema, generando que el nivel al norte del vaso, en la zona de descarga aumente rápidamente generando inundaciones con tirantes de más de metro y medio.

El análisis del gasto en la Fase 1, evidencia una modificación significativa en la distribución del transporte dentro del sistema en el Vaso II, particularmente en la zona de entrada y en la zona de escurrimiento. En este escenario se observa una clara canalización del escurrimiento, concentrándose en una trayectoria preferencial con valores elevados de flujo, debido a los canales de navegación.

En la Fase 2, el gasto confirma la consolidación de un patrón de transporte modificado dentro del sistema, debido a las zonas de dragado, caracterizado por una canalización. La similitud con los resultados de la Fase 1 indica que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin efectos acumulativos asociados a la evolución del proyecto, con excepción de la intercepción del flujo del Vaso II al Vaso I.

Tiempos de residencia

Época de estiaje

En la Fase 1 del proyecto se incrementa el tiempo del primer arribo de agua de mar hasta en 25 días. Para el Vaso III y IV, los tiempos del primer arribo incrementan entre 1 y 1.5 días. En la zona de canales, los tiempos se mantienen iguales, con un ligero incremento en los arribos del Vaso I desde el Vaso II debido a que el agua fluye con menor interferencia desde el Canal Tepalcates hacia el Vaso I.

Para la etapa de mezcla, los tiempos de residencia se mantienen entre los 21 y 29 días por detrás de la plataforma de la Fase 1. Al interior del Vaso II los tiempos se mantienen entre los 4 y 5 días, sin afectar los tiempos hacia el Vaso I. Para el Vaso III y IV los y los tiempos se incrementan hacia la zona salinera entre 1 y 2.5 días.

CONSULTA PÚBLICA

La Fase 2 del proyecto interrumpe considerablemente los flujos del Vaso II al Vaso I, modificando sus tiempos de residencia entre 0.5 y 1 día. Los tiempos de residencia dentro del cuerpo del Vaso II disminuyen entre 0.3 y 0.9 días. Por detrás de la plataforma de la Fase 1 los tiempos de arribo se mantienen entre los 1.5 y 2 días. Para el Vaso III los tiempos de arribo se mantienen entre un día y 33 días al fondo de este. Para el Vaso IV los tiempos se mantienen entre los 30 y 34 días para el ingreso de agua de mar y entre los 0.5 y 5 días para la zona de mezcla del estero Palo verde.

Para el inicio de los procesos de mezcla los tiempos de residencia se mantienen entre los 21 y 29 días por detrás de la plataforma de la Fase 1. Al interior del Vaso II los tiempos aumentan entre 14 y 15 días. A su vez en el Vaso I disminuyen en el orden de 0.5 días. Para el Vaso III y IV los tiempos disminuyen el orden de 4 a 5 días.

Época de lluvias

Para la fase 1 del proyecto, los tiempos de residencia en el Vaso I se mantienen iguales que en condiciones sin proyecto. Debido a la descarga del el Arroyo Zacate, los tiempos de intercambio disminuyen al norte del Vaso II inmediatamente después de la descarga, para después estabilizarse entre los 2 y 5 días. El Vaso III modifica sus tiempos de residencia debido a las descargas provenientes de la cuenca de El Colomo y Venustiano Carranza. Hacia el centro los tiempos disminuyen entre 1 y 3 días, que es el tiempo en el agua dulce se disipa en el cuerpo del vaso. En el fondo del vaso cambia sus tiempos de arribo de los 30 días a los 9 días gracias a las descargas del arroyo Venustiano Carranza, esta influencia se extiende hacia el vaso IV. Aunque debido a la magnitud de los gastos, continúan aisladas algunas zonas del vaso IV.

Para los cambios en los valores de concentración, el Vaso I y II se mantienen sin modificaciones ya que el canal Tepalcates y Ventanas son predominantes una vez que terminan los eventos de precipitación y descarga superficial. Para el fondo del Vaso III, el agua dulce queda aislada cerca de la zona salinera, donde su influencia perdura entre 5 y 10 días en los valores de concentración, para posteriormente, diluirse hacia el Vaso IV y sin tener influencia en las zonas aisladas donde los tiempos de arribo son mayores.

Para la Fase 2, los tiempos de arribo en el vaso I son cortos entre 1 y 0.5 días. Delante de la plataforma, los tiempos de residencia también aumentan considerablemente, entre 5 a 6 días más, comparados los tiempos con el proyecto en Fase 1 debido a la poca circulación, al igual que la zona por detrás de las plataformas. Hacia el Vaso III y el Vaso IV los valores se mantienen con pocas variaciones.

Para la modificación de concentración, el Vaso I y II se mantienen sin cambios ya que la plataforma de la fase 2, aísla el paso del agua entre ambos vasos. El canal Tepalcates se vuelve predominante una vez que terminan los eventos de precipitación y descarga superficial y el Canal Ventanas domina completamente la hidrodinámica del Vaso I. Al igual que la Fase 1, en el fondo

CONSULTA PÚBLICA

del Vaso III, el agua dulce queda aislada cerca de la zona salinera, donde su influencia perdura entre 5 y 10 días en los valores de concentración, para posteriormente, diluirse hacia el Vaso IV y sin tener influencia en las zonas aisladas donde los tiempos de arribo son mayores.

Transporte de sedimentos y erosión

Con la Fase 1 del proyecto se muestra un claro aumento en los sedimentos en suspensión en los canales de navegación. Esta acumulación de sedimentos propicia que se forme toda una zona de resuspensión al fondo del vaso II, también aumentando la sedimentación en el Vaso I. También se observa una zona de acumulación de sedimentos en la parte norte de la plataforma de la Fase 1, debido a la disminución de flujo. Hacia los vasos interiores, las condiciones se mantienen y dependen más de los aportes sedimentarios de la parte continental que del ingreso de sedimentos por la zona de interconexión.

Para la Fase 2 del proyecto se observa que el SSC incrementa en la zona de canales de navegación por la disminución del flujo directo entre el Vaso I y II, por la profundidad propia de los canales y por la construcción de la plataforma poniente. Con respecto a los vasos interiores, no se observan modificaciones en los patrones de suspensión ni aumento en el transporte a causa de la construcción de las plataformas.

En el escenario de la Fase 1 del proyecto, la distribución del espesor de sedimentos muestra una redistribución espacial en el Vaso II, aumentando la tasa de sedimentación delante de la plataforma en el orden de unos centímetros (entre 5 y 10) en comparación con la condición base. La sedimentación al interior de los vasos III y IV no se ven afectadas. La zona de mayor acumulación se presenta en los canales de Navegación en el Vaso II. Por otro lado, se observa un incremento moderado en el espesor de sedimentos en el Vaso I.

En el escenario de la fase 2 del proyecto, la distribución del espesor de sedimentos en el Vaso II debido a la interrupción del flujo hacia el Vaso I, con acumulaciones entre los 0.2 y 0.4 m de acumulación. En el Vaso III y IV se continúan observando espesores de 5 centímetros. Aunque los drenes se encuentran activos para permitir el flujo entre el Vaso I y el Vaso II hay una acumulación de sedimentos en el Vaso I debido a que no existe un recambio continúo debido a la plataforma de la Fase II y el bombeo continuo de la planta de CFE.

Las zonas de erosión en la Fase 1, se muestran en la salida del canal tepalcates y el fondo del vaso II.

Las zonas propensas a la erosión en la Fase 2 del proyecto, es detrás de la plataforma de la fase 2, el canal de tepalcates, la zona noroeste del vaso II, además de la zona de canales.

CONSULTA PÚBLICA

VII.2.1.2 Escenarios de riesgos abióticos

En este apartado se muestran los escenarios con proyecto por riesgos abióticos y como podrían afectar

Riesgo Sísmico

El área del proyecto se ubica dentro de la zona D, que es la zona del peligro sísmico máximo con aceleración máxima del terreno mayor a 200 cm/s^2 y según datos de PRODISIS de CFE (2025), la aceleración máxima en el sitio del proyecto va desde los 420 cm/s^2 hasta los 480 cm/s^2. El mapa de aceleraciones máximas usando esos datos son mostrados en la Figura VII. 70

CONSULTA PÚBLICA

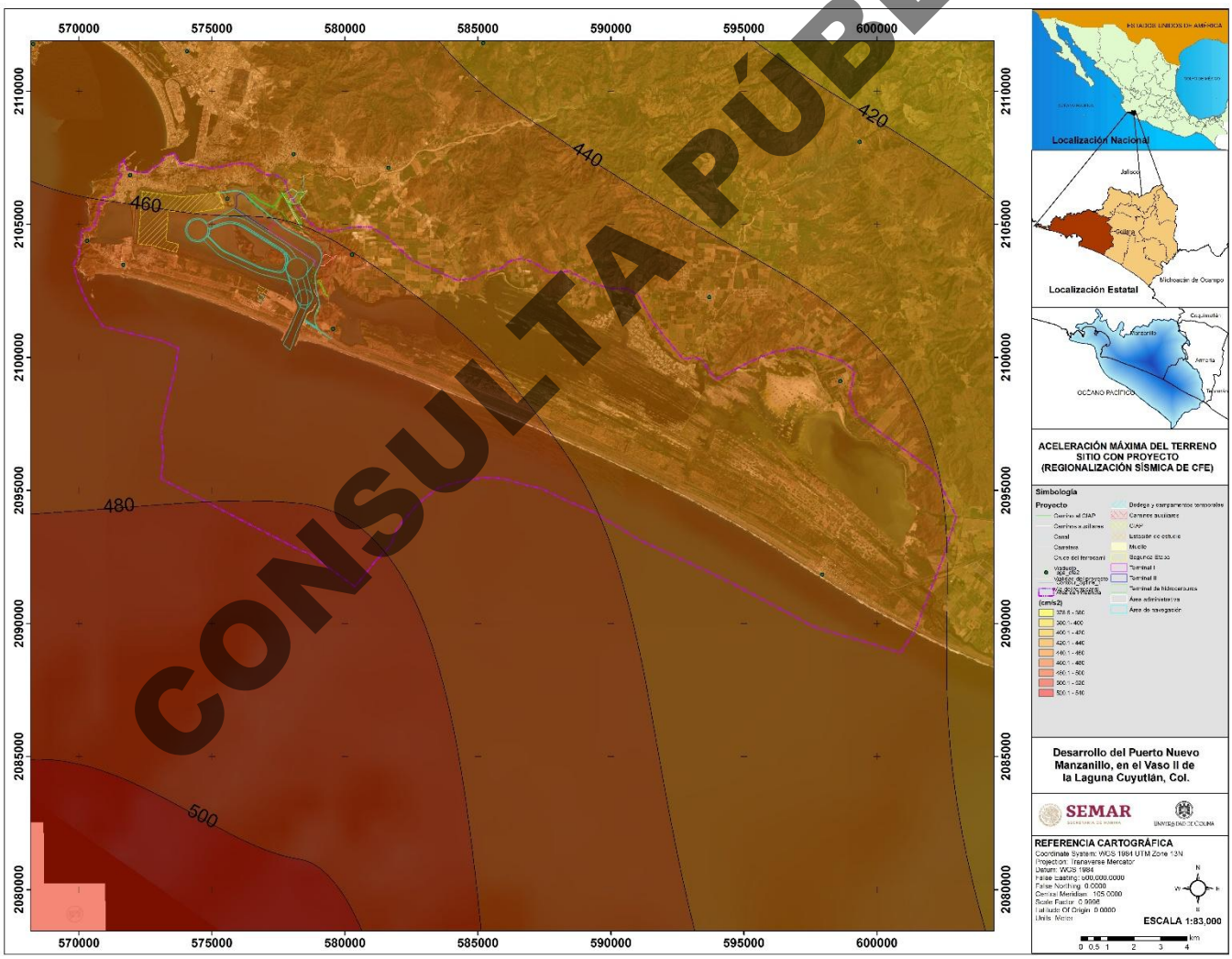


Figura VII. 70. Aceleración máxima en roca en el área proyecto (Mapa elaborado con datos de PRODISIS de CFE, 2025).

CONSULTA PÚBLICA

En la Figura VII. 71 se muestran sismos ocurridos a distancias menores a 10 km del sitio con proyecto. Mostrados en la Tabla VII. 53,. Los datos de los epicentros fueron obtenidos de la base de datos del Servicio Sismológico Nacional (SSN).

Tabla VII. 53. Sismos ocurridos a distancias menores a 10 km del sitio con proyecto

Fecha	Magnitud del sismo, Escala de Richter	Descripción
11 de agosto de 1990	M_w=4.9	Con profundidad de 114 km ocurrido al SSO del sitio con proyecto
6 de octubre de 1995	M_w=4.7	Con una profundidad de 151 km al SO del sitio con proyecto,
9 de octubre de 1995	M_w=8.0	Afecto con daños severos a Manzanillo ocurrió a menos de 10 km al E del sitio del proyecto a una profundidad de 25 km.
10 de octubre de 1995	M_w=4.7	Ocurrió al sur del sitio del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

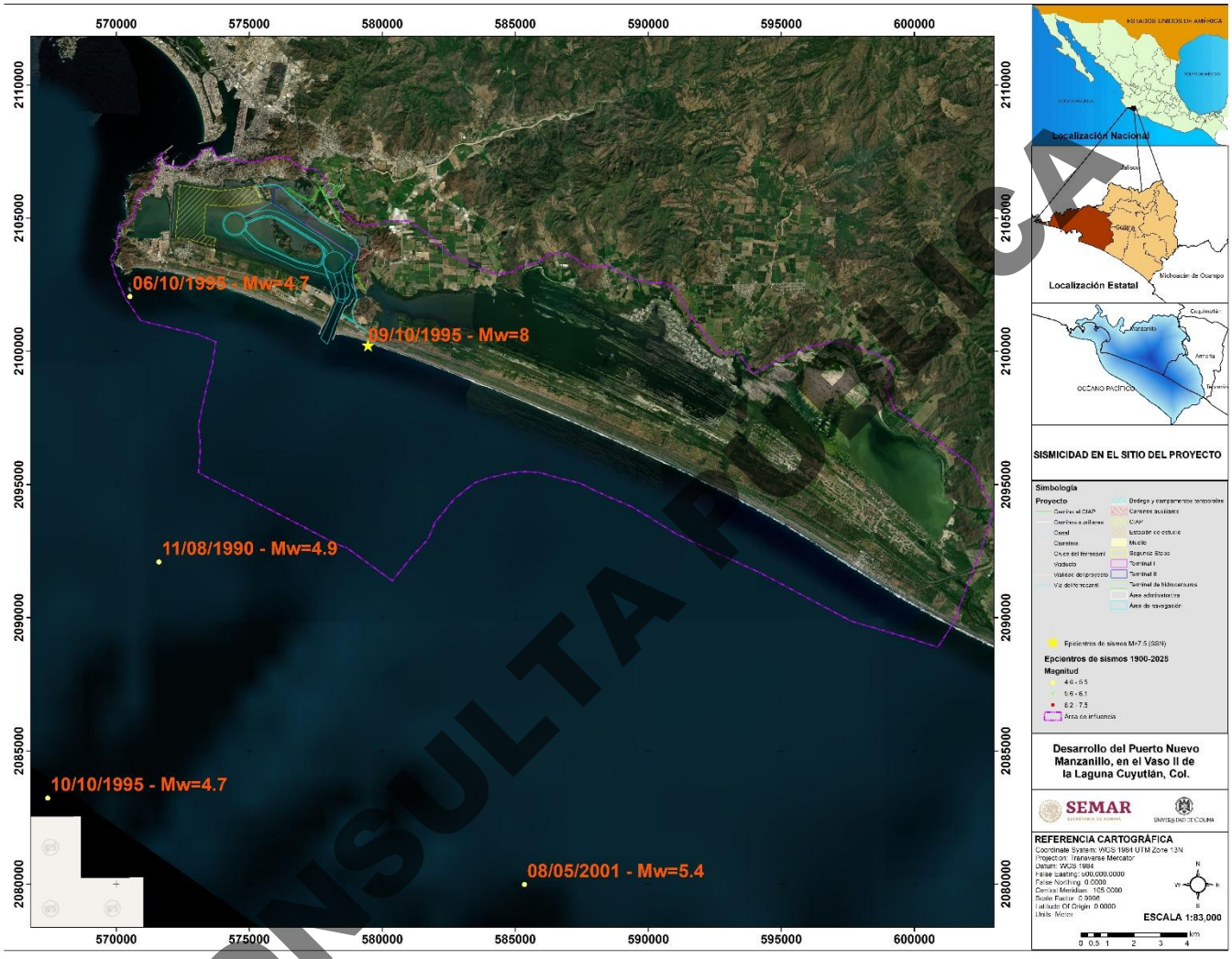


Figura VII. 71. Sismos ocurridos en el área del proyecto a menos de 10 km con (Magnitud M_W>4.5).[43]

En resumen, en el área del proyecto, pueden ocurrir sismos con magnitud MW 8.0 y MS 8.0 (en la trinchera mesoamericana) con un periodo de recurrencia de 25 a 30 años, con intensidad máxima MM esperada de VIII (Las construcciones sufren daño moderado). El periodo de retorno para aceleraciones mayores a 0.15 g es entre 21 a 25 año según datos de CENAPRED 2006). Y según datos de PRODISIS de CFE (2025), en el sitio del proyecto las aceleraciones máximas del terreno van desde

[43] Mapa elaborado con datos del Servicio Sismológico Nacional, 2026.

CONSULTA PÚBLICA

los $0.45\ g$ a $0.47\ g$ (442 cm/s^2 hasta los 464 cm/s^2). Para un periodo de retorno de 100 años se tienen esperadas aceleraciones de 244 cm/s^2 (24.9% de g), para un periodo de retorno de 500 años 568 cm/s^2 (57.9% de g).

Usando la matriz de Riesgos de la Figura VII. 19, en el área del proyecto la probabilidad de riesgo por sismos se considera como **Probable** (10 a 100 años) y puede tener consecuencias **Catastróficas**, por lo tanto, el riesgo por sismo es:

3E Riesgo Alto



Riesgo de Tsunami

Según la Tabla VII. 5. Escala de grados de tsunami según Inamura y Lida transcrita por Wiegel. un tsunami de grado 2 puede alcanzar el sitio del proyecto y provocar olas que lograrían alcanzar hasta los 10 m de altura y una cota de inundación de 4.0 a 6.0 m, provocando que personas, barcos y casas sean barridos (Figura VII. 72).

CONSULTA PÚBLICA

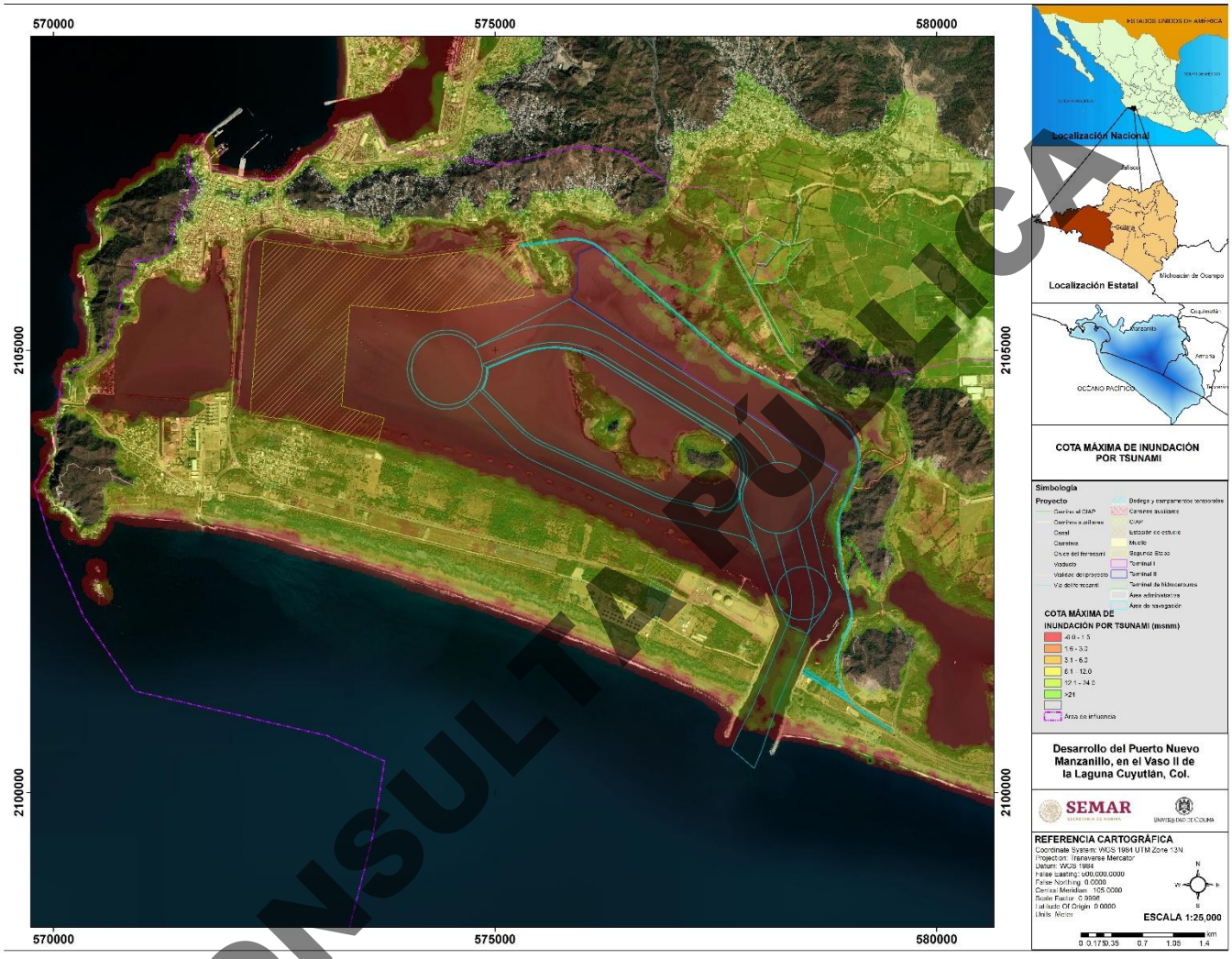


Figura VII. 72. Cota máxima de inundación por tsunami en el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

Según los registros de tsunamis locales, estos pueden ocurrir al menos cada 10 años, por lo que se considera **Probable** que ocurra un evento en la costa de Manzanillo y las consecuencias pueden ser **Muy serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3D Riesgo Moderado

Riesgo por Deslizamiento

La distribución de la susceptibilidad por deslizamiento en el área de influencia queda de la siguiente manera 99.828% Muy baja, el 0.168 % Baja y 0.004% susceptibilidad Media, mientras que en el área del proyecto la susceptibilidad Muy baja es del 99.83% y susceptibilidad Baja el 0.17% (Figura VII. 73).

a) Área de influencia



b) Área del proyecto



Figura VII. 73. Susceptibilidad por deslizamiento en el área de influencia y en el área del proyecto.

Según los registros de precipitación y sismicidad en el área del proyecto, se considera **Bastante probable** un evento de deslizamiento de laderas ya que puede ocurrir al menos una vez al año y las consecuencias pueden ser **No importantes**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

4A Riesgo Bajo

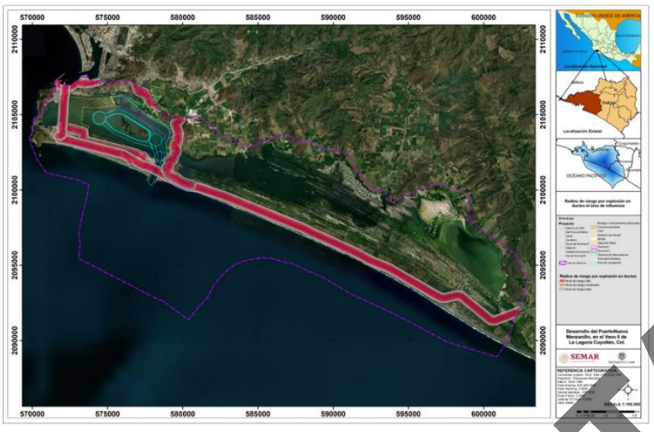
Riesgo por Explosión de ductos

De acuerdo con la información del ARM (2024), en el área del proyecto el riesgo por explosión de ductos puede afectar en diferentes niveles a diversas áreas e infraestructuras. Afectaría de nivel bajo hasta alto la Bodega y campamentos temporales, la estación de estudio, parte del camino al Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), caminos auxiliares, la zona sur

CONSULTA PÚBLICA

del área administrativa, vialidades y viaducto, las vías férreas en la zona sur, el muelle y el área de navegación en el canal de Tepalcates; mientras que el polígono de la Segunda Etapa se vería afectado en los niveles moderado y bajo en la zona oeste y sur de este (Figura VII. 74).

a) Área de influencia



b) Área del proyecto



Figura VII. 74. Radios de riesgo por explosión en ductos en el área de influencia y el área del proyecto.

Con base en la información de los registros es **Poco probable** la explosión de ductos en el área del proyecto y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

2C Riesgo Bajo

Escenario de Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto

Con base en la información del APREC (2015), en el área del proyecto se han identificado radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica. El radio potencial de afectación por Sobrepresión (0.07 Kg/cm^2) puede afectar a la Estación de estudios, el camino al muelle, vías férreas en la zona sur y el área de navegación en el canal de Tepalcates (Figura VII. 75).

El radio potencial de afectación por Radiación térmica (5.0 kW/m^2) puede afectar la bodega y campamentos temporales, el camino al muelle, vías férreas en la zona sur y el área de navegación en el canal de Tepalcates.

CONSULTA PÚBLICA

El radio potencial de afectación por Sobrepresión (0.035 Kg/cm^2) afectaría la bodega y campamentos temporales, el camino al muelle, vías férreas en la zona sur y el área de navegación en el canal de Tepalcates.

El radio por Radiación térmica (1.4 kW/m^2) afectaría la bodega y campamentos temporales, el muelle, el camino al muelle, vías férreas en la zona sur y el área de navegación en el canal de Tepalcates

a) Área de influencia

b) Área del proyecto

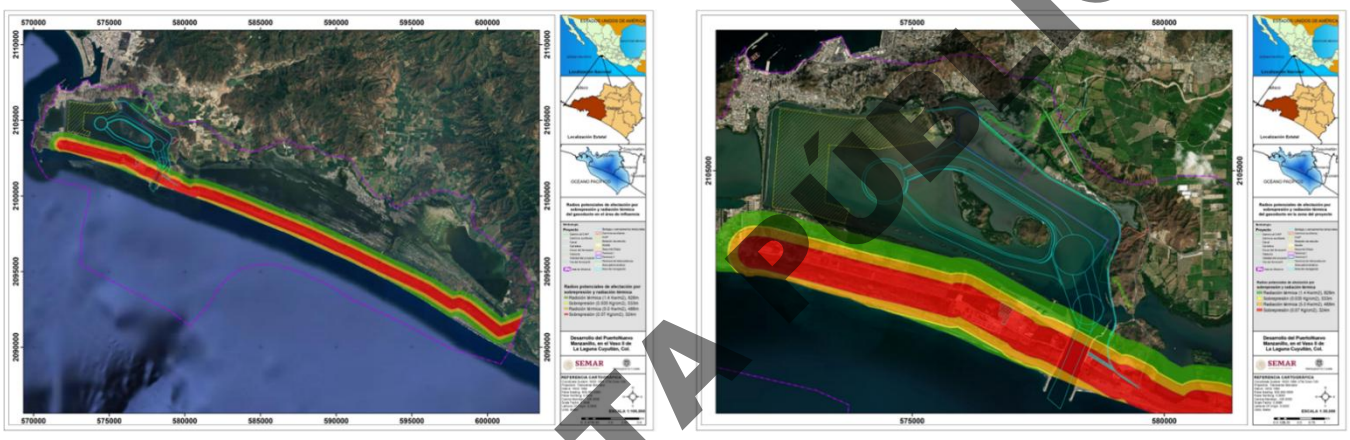


Figura VII. 75. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto en el área de influencia y el área del proyecto. Fuente APREC, 2015.

Con base en la información de los registros es **Probable** la afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto en el área de influencia y en el área del proyecto y las consecuencias pueden ser **Muy Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3D Riesgo Moderado

Escenario de Fireball para la terminal KMS de GNL

Con base en la información del ARM (2024) en este escenario de posible liberación de gas natural por ducto, resultó un amplio rango de afectación. La primera zona, medida desde el origen del accidente, se extiende hasta 2,205.82 metros y presenta una radiación de 37.50 kW/m². En el área del proyecto podría afectar las siguientes áreas: Estación de estudios, bodega y

CONSULTA PÚBLICA

campamentos temporales, el camino al muelle, el área de navegación en el canal de Tepalcates y frente a la terminal KMS de GNL. Como afectación externa al proyecto se encuentra la terminal Zeta Gas (Figura VII. 76).

El escenario con radiación de 12.50 kW/m^2 abarcaría hasta 2,363.01 m, donde se afectaría el muelle, el camino al muelle, la vía férrea, los caminos auxiliares, el CIAP y sus caminos, la Terminal I, la Terminal de hidrocarburos, el área de navegación en el canal de Tepalcates y frente a la terminal KMS de GNL.

Finalmente, la zona de amortiguamiento con una radiación de 8.00 kW/m^2 llega hasta los 2,992.48 m, afectaría la vía férrea, los caminos auxiliares, la Terminal I y II, la zona sureste del viaducto, el área de navegación en la zona sur y norte de la isla grande (Cocodrilo I).

CONSULTA PÚBLICA



Figura VII. 76. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS en el área del proyecto. Fuente ARM, 2024.

Los registros señalan que es **Probable** un incidente de *Fireball* en el área del proyecto y las consecuencias pueden ser **Catastróficas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3E Riesgo Alto



Escenario de Fireball para la terminal Zeta Gas

En el escenario de posible liberación de gas en la terminal Zeta Gas, se genera un amplio radio de afectación en forma de *Fireball* (bola de fuego). Los umbrales de radiación térmica y sus respectivas distancias máximas se describen a continuación.

Cuando la radiación alcanza 8.00 kW/m², el radio de afectación es de 562.87 metros. En el área del proyecto, este escenario afectaría principalmente la estación de estudios. Con una radiación de 4.00 kW/m², el radio de afectación se extiende hasta 799.45 metros, impactando la estación de estudios, así como la bodega y campamentos temporales. Finalmente, en la zona de amortiguamiento con una radiación de 1.50 kW/m², el radio máximo de afectación alcanza los 1,292.79 metros a partir de la terminal Zeta Gas. En el área del proyecto, este nivel afectaría la bodega y campamentos temporales, así como una pequeña parte del área de navegación situada frente a la terminal Zeta Gas.

Como afectaciones externas al proyecto, se vería afectada parte de las instalaciones de la terminal KMS de GNL. (Figura VII. 77).

CONSULTA PÚBLICA

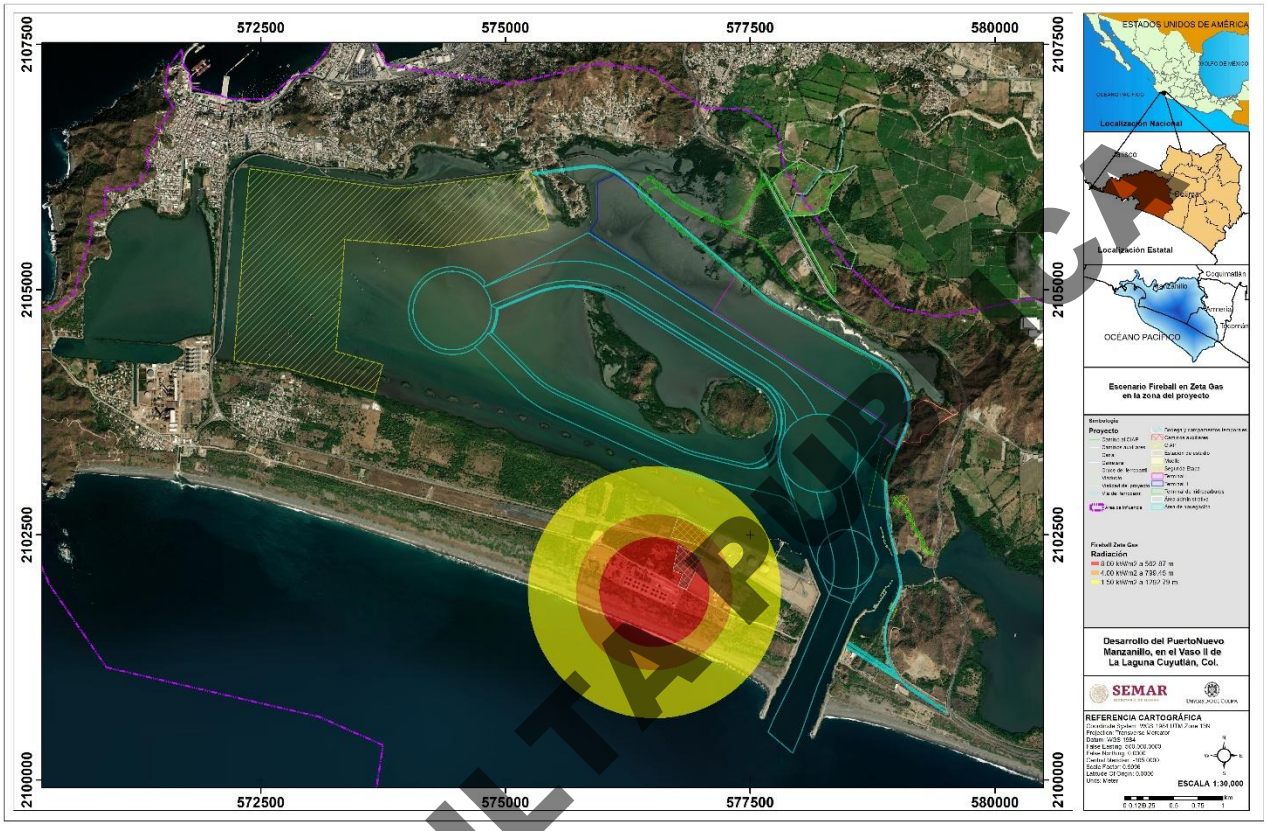


Figura VII. 77. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas en el área del proyecto. Fuente ARM, 2024.

Según los registros en el área del proyecto es **Probable** un incidente de *Fireball* en el SAR y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

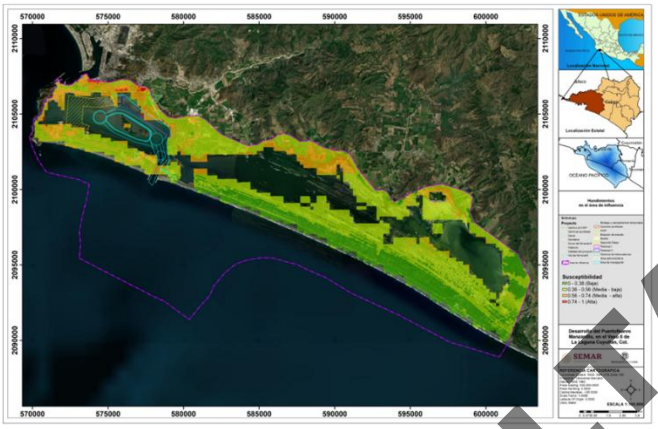
3C Riesgo Moderado

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo por Hundimientos

La susceptibilidad por hundimiento en el periodo 2016- 2025 en el área de influencia se representa de la siguiente manera: 23.58% Baja (zonas menos susceptibles al hundimiento del terreno); 60.04% Media – baja; 16.04% Media – alta y 0.34% Alta (zonas más susceptibles al hundimiento). Mientras que en el área del proyecto el 78.92% tiene susceptibilidad Media-baja y el 21.08% tiene una susceptibilidad Media - alta (Figura VII. 78).

a) Área de influencia



b) Área del proyecto

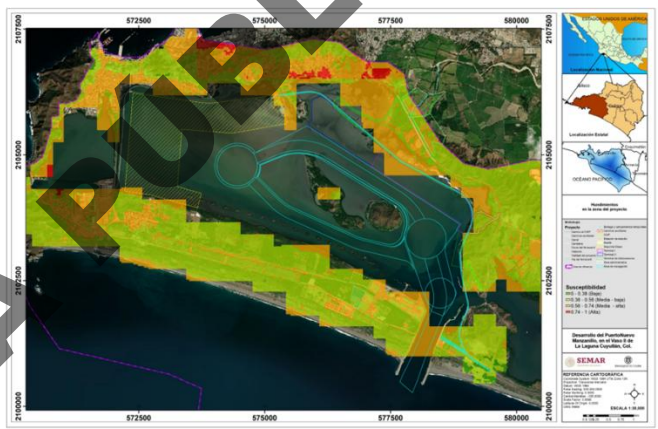


Figura VII. 78. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025, en el área de influencia y en el área del proyecto.

Es **Poco probable** que se registre un evento de este tipo, ya que no se tienen registros históricos de hundimientos en el área de influencia y en el área del proyecto, sin embargo, en caso de presentarse, las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

2C Riesgo Bajo

CONSULTA PÚBLICA

Riesgos hidrometeorológicos

Riesgo por Ciclones tropicales

Las trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado el sitio del proyecto son mostradas en la Figura VII. 79, estos fueron Winifred el 9 de octubre de 1992 (Huracán Categoría 3) 2 tormentas tropicales (línea café) 2 depresiones tropicales (línea verde).

CONSULTA PÚBLICA

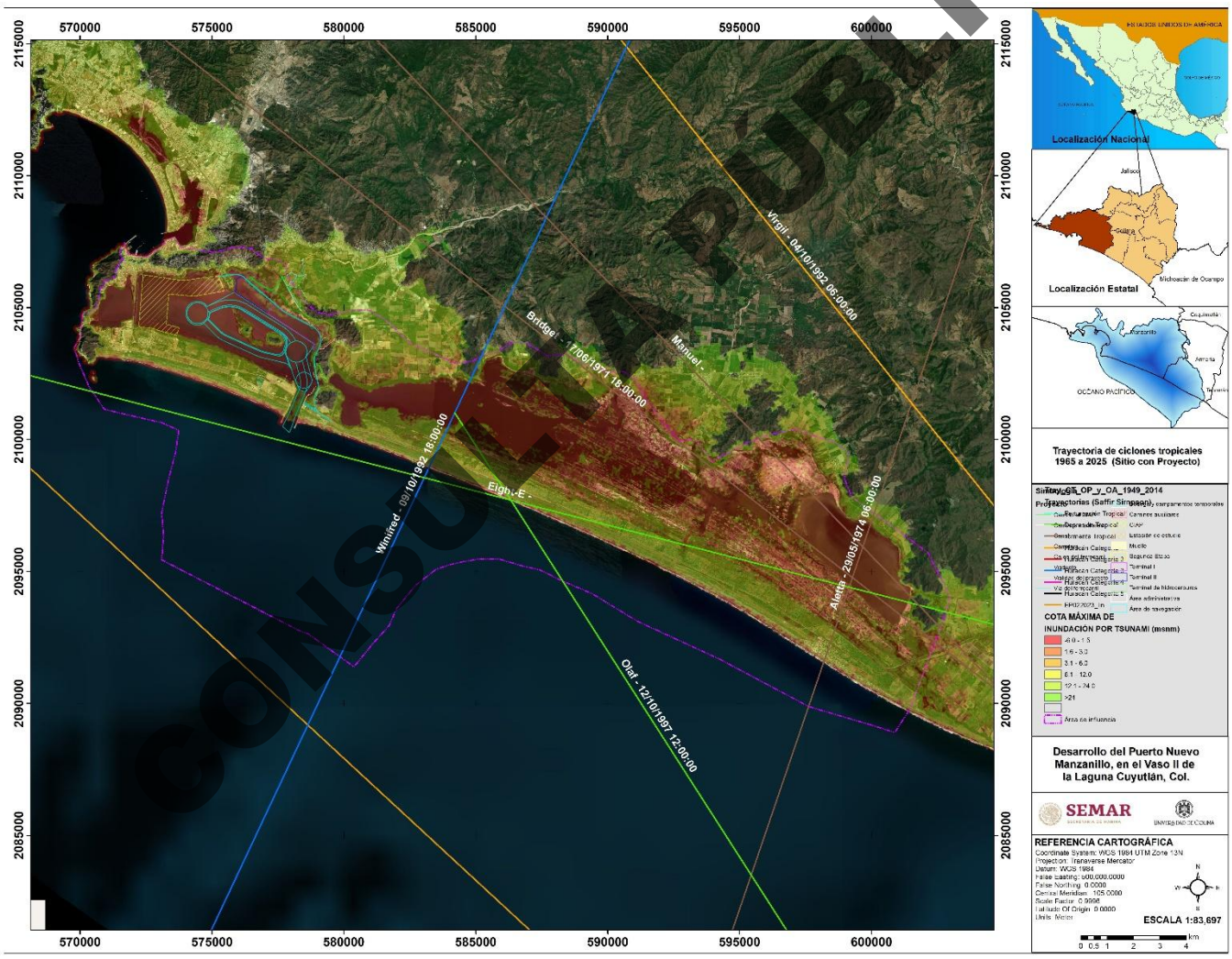


Figura VII. 79. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025.

En el área del proyecto la ocurrencia de depresión y tormenta tropical tienen un periodo de retorno de 1 y 2 años respectivamente. Para tormenta tropical la probabilidad de impacto es del 37 al 40 %, representando un peligro bajo. Para Huracán categoría 1 la probabilidad de impacto es del 12 al 21 %, representando un peligro bajo, y se tiene un periodo de retorno de 6 a 8 años. Para Huracán categoría 2 la probabilidad de impacto es del 1 %, representando un peligro bajo y se tiene una recurrencia de 18 a 21 años. Para Huracán categoría 3 se tiene una recurrencia de 19 a 21 años. Para Huracán categoría 4 se tiene una recurrencia de 56 a 59 años. Para Huracán categoría 5 se tiene una recurrencia de 65 años.

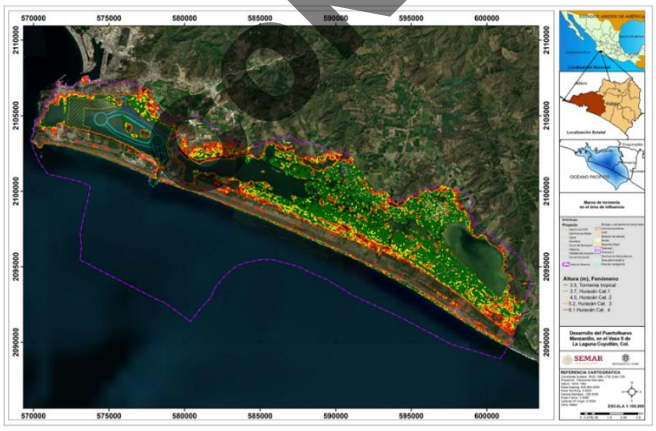
El área del proyecto ha sufrido afectaciones por este tipo de fenómeno. En el caso de Huracán Categoría 1 las consecuencias pueden ser muy serias y tener una recurrencia de 2 a 3 años en el sitio del proyecto. Por lo tanto, el Riesgo es:

3C Riesgo Moderado

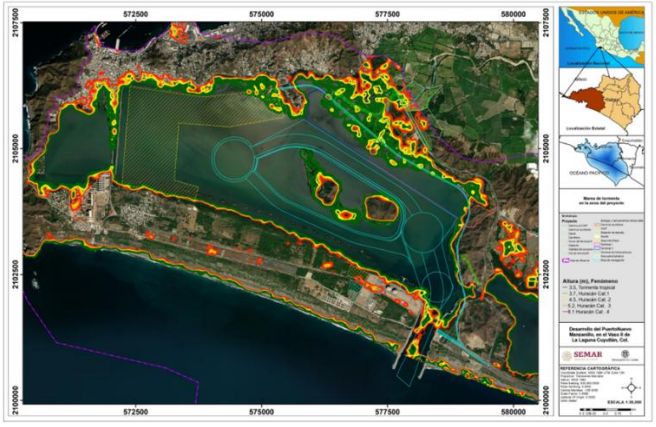
Riesgo por Marea de tormenta

Con una altura menor o igual a 4 m de marea de tormenta se podrían afectar los pilotes de la construcción dentro del vaso II. Si la altura sobrepasa los 4 metros, además de afectar los pilotes, podría generar inundación en la bodega y campamentos temporales, en el muelle, las terminales I y II, la plataforma de la segunda etapa y la terminal de hidrocarburos. La simulación de marea de tormenta realizada muestra una altura máxima de 1.30 m que está dentro de lo ya establecido anteriormente (Figura VII. 80).

a) Área de influencia



b)Área del proyecto



CONSULTA PÚBLICA

Figura VII. 80. Inundación por marea de tormenta en el área de influencia y el área del proyecto. Elaboración propia con datos del ANR (2026).

Según los registros de ciclones tropicales en el área de influencia y en el área del proyecto resulta **Muy probable** un evento de marea de tormenta ya que puede ocurrir más de una vez al año y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

5C Riesgo Alto

En la Tabla VII. 54 se presenta un resumen de la información sobre la calificación del riesgo en el sitio del proyecto por fenómenos de origen natural. Los fenómenos que más probabilidad tienen de ocurrir y afectar con consecuencias serias en el sitio del proyecto son los sismos y la inundación por marea de tormenta; por lo tanto, el riesgo para estos fenómenos es Alto. Mientras que los ciclones tropicales son recurrentes, el riesgo es moderado; la presencia de tsunamis es baja y el riesgo es moderado. Los hundimientos y deslizamientos son poco probables de ocurrir en el sitio del proyecto por tanto el riesgo es Bajo.

Tabla VII. 54. Riesgo por fenómenos naturales con proyecto.

Fenómenos identificados	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Hundimientos	Poco probable y consecuencias Serias	Bajo 2C	
Inundación por Marea de tormenta	Muy probable y consecuencias Serias	Alto 5C	
Susceptibilidad por Tsunami (Elevación)	Poco probable y consecuencias Muy Serias	Moderado 3D	
Sismos	Probable y consecuencias Catastróficas	Alto 3E	
Deslizamiento	Bastante probable y consecuencias No importantes	Bajo 4A	
Ciclones tropicales (Huracán categoría 1)	Probable y consecuencias Serias	Moderado 3C	

CONSULTA PÚBLICA

Riesgos por Cambio climático[44, 45]

En este apartado se obtuvieron los valores de los modelos MCG CMIP6 con escenarios SSP5-8.5 utilizados a corto plazo (2021-2040) con línea base 1995-2014 para al área de influencia y al área del proyecto.

Temperatura

En el corto plazo el incremento de temperatura en el área de influencia oscila entre 0.8318 y 0.8434 °C, mientras que en el área del proyecto se espera un incremento de 0.8362 a 0.8395 °C (Figura VII. 81), en las dos zonas el cambio esperado es menor a lo proyectado en el calentamiento global de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales.[46]

CONSULTA PÚBLICA

[44] Gutiérrez, JM, RG Jones, GT Narisma, LM Alves, M. Amjad, IV Gorodetskaya, M. Grose, NAB Klutse, S. Krakovska, J. Li, D. Martínez-Castro, LO Mearns, SH Mernild, T. Ngo-Duc, B. van den Hurk y J.-H. Yoon, 2021: Atlas. En: Cambio climático 2021: la base científica física. Contribución del Grupo de trabajo I al sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, *et al*. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., págs. 1927–2058, doi:10.1017/9781009157896.021. Atlas interactivo disponible en http://interactive-a las.ipcc.ch/

[45] Iturbide, M., Fernández, J., Gutiérrez, JM *et al*. Implementación de los principios FAIR en el IPCC: el repositorio Atlas WGI AR6. Sci Data 9, 629 (2022). https://doi.org/10.1038/s41597-022-01739-y

[46] Allen, MR, OP Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu y K. Zickfeld, 2018: Marco y contexto. En: Calentamiento global de 1,5 °C. Un informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales y las trayectorias relacionadas de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del fortalecimiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, PR Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, JBR Matthews, Y. Chen, X. Zhou, MI Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., págs. 49-92, doi: 10.1017/9781009157940.003.

a) Área de influencia

b) Área del proyecto

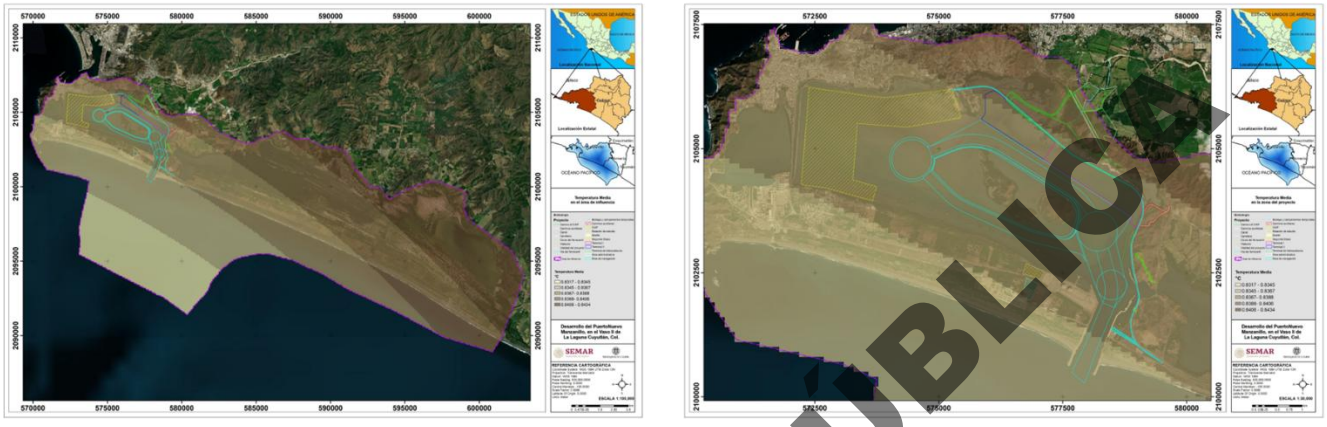


Figura VII. 81. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

Con base en el escenario de cambio climático por temperatura media en el área del proyecto es **Probable**, ya que el aumento de temperatura se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Serias**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

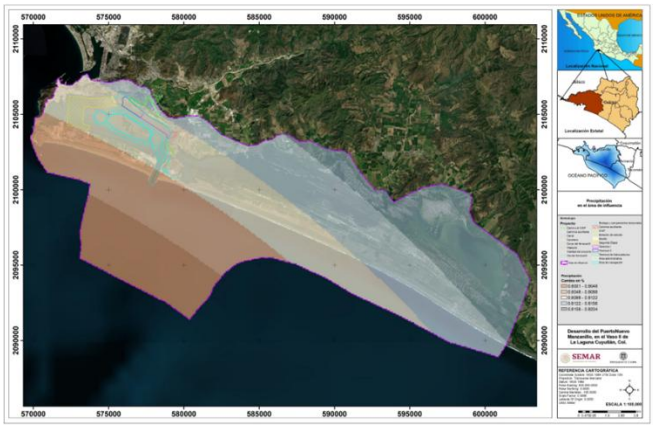
3C Riesgo Moderado

Precipitación

En el corto plazo el cambio de la precipitación en el área de influencia oscila entre 0.8001 a 0.8204 %, mientras que en el área del proyecto la precipitación tendrá un incremento del 0.8077al 0.8131 % (Figura VII. 82).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Área del proyecto

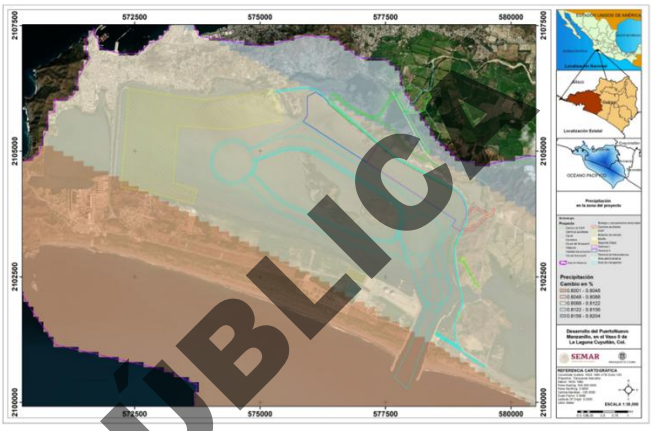


Figura VII. 82. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área del proyecto.

El escenario de cambio climático por precipitación total en el área del proyecto es **Probable**, ya que el aumento de la precipitación se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Precipitación máxima en un día

A corto plazo el cambio de la precipitación máxima en un día en el área de influencia tendrá un decremento del 2.3407 al 2.4345%, en el área del proyecto el decremento oscila entre 2.3824 y 2.4225%. (Figura VII. 83).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

b) Área del proyecto

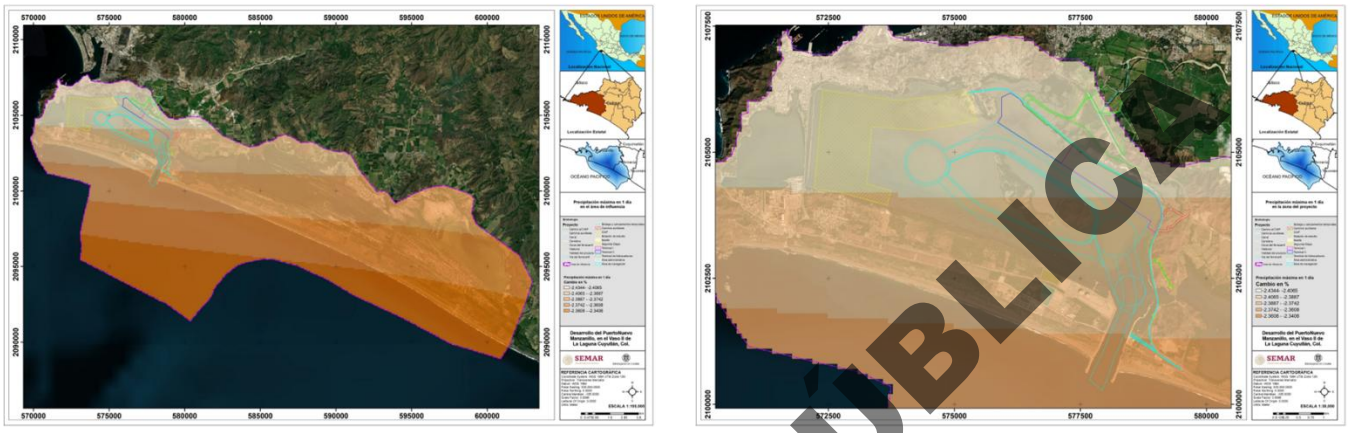


Figura VII. 83. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

El escenario de cambio climático por precipitación máxima en un día en el área del proyecto es **Probable**, ya que la disminución de la precipitación se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Máximo de días consecutivos secos

A corto plazo el máximo de días consecutivos secos en el área de influencia se decrementará de 2.6243 a 3.0477 días, mientras que en el área del proyecto el cambio disminuirá entre 2.8983 y 3.0224 días (Figura VII. 84).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

b) Área del proyecto

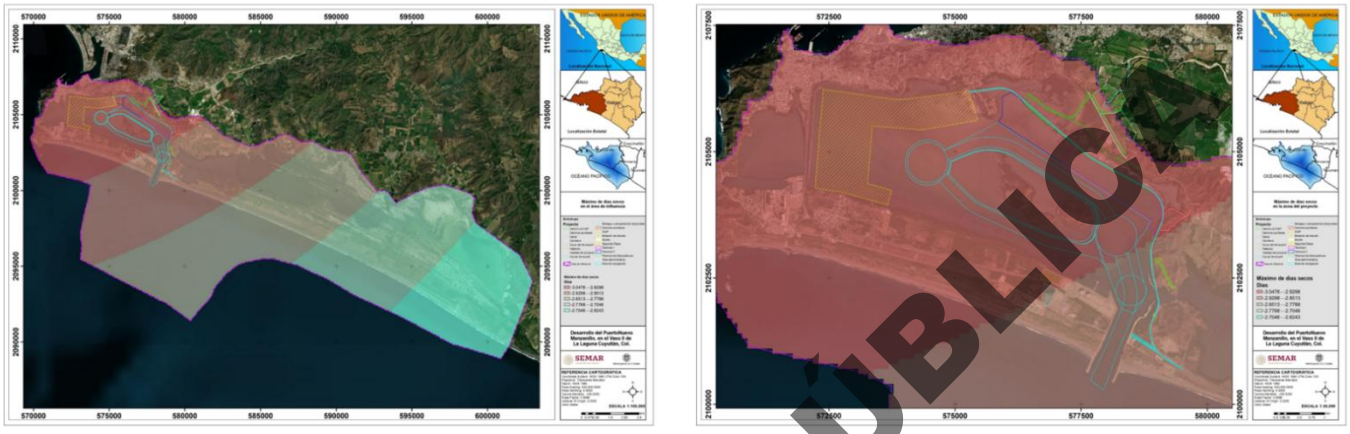


Figura VII. 84. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

Con base en la información consultada, el escenario de cambio climático máximo de días consecutivos secos en el área del proyecto es **Probable**, ya que la disminución se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

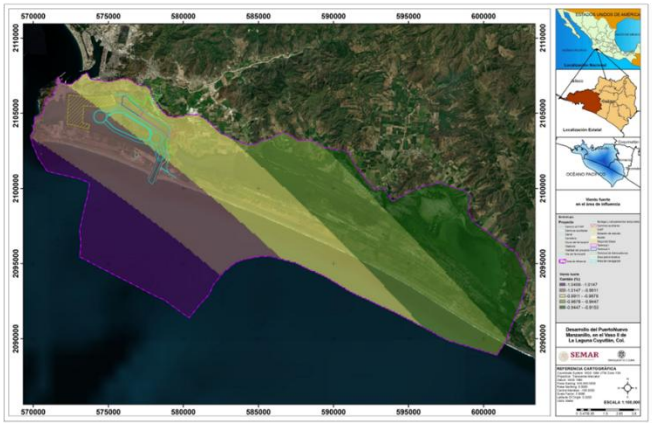
3B Riesgo Bajo

Vientos fuertes

A corto plazo el cambio por vientos fuertes en el área de influencia disminuirá entre 0.9153 a 1.0456 %, y en el área del proyecto los vientos se decrementarán entre 0.9751 y 1.0026 %. (Figura VII. 85).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Área del proyecto

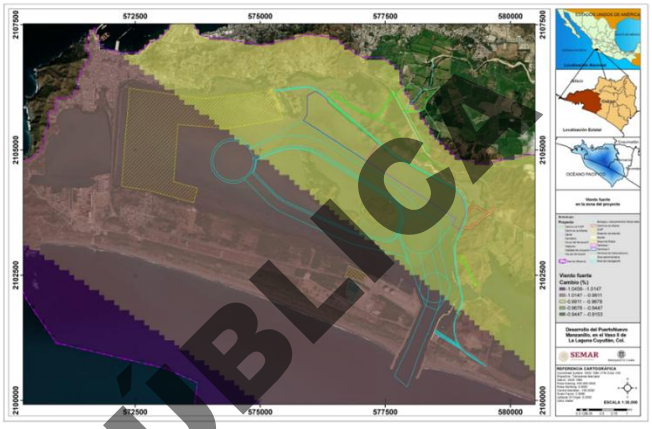


Figura VII. 85. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

Según el escenario de cambio climático por vientos fuertes en el área del proyecto es **Probable**, ya que la disminución de los vientos se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Aumento del nivel del mar

En el corto plazo el aumento del nivel del mar en el área de influencia oscila entre 0.0642 y 0.0932 m, mientras que en el área del proyecto se espera un incremento de 0.0706 a 0.0805 m (Figura VII. 86).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Área del proyecto

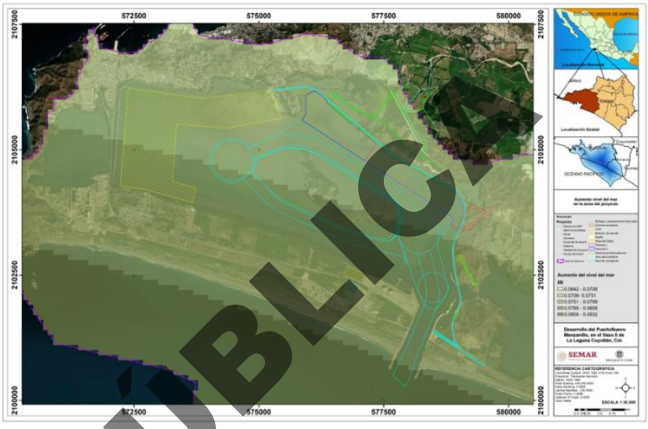


Figura VII. 86. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

Según el escenario de cambio climático por aumento del nivel del mar en el área del proyecto es **Probable**, ya que el aumento del nivel del mar se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Emisiones antropogénicas CO_2

A corto plazo el cambio por emisiones antropogénicas en el área de influencia se espera de 0.0268 a 0.0373 kg/m^2 en un año, mientras que en el área del proyecto oscila entre 0.0321 y 0.0363 kg/m^2 en un año (Figura VII. 87).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

b) Área del proyecto

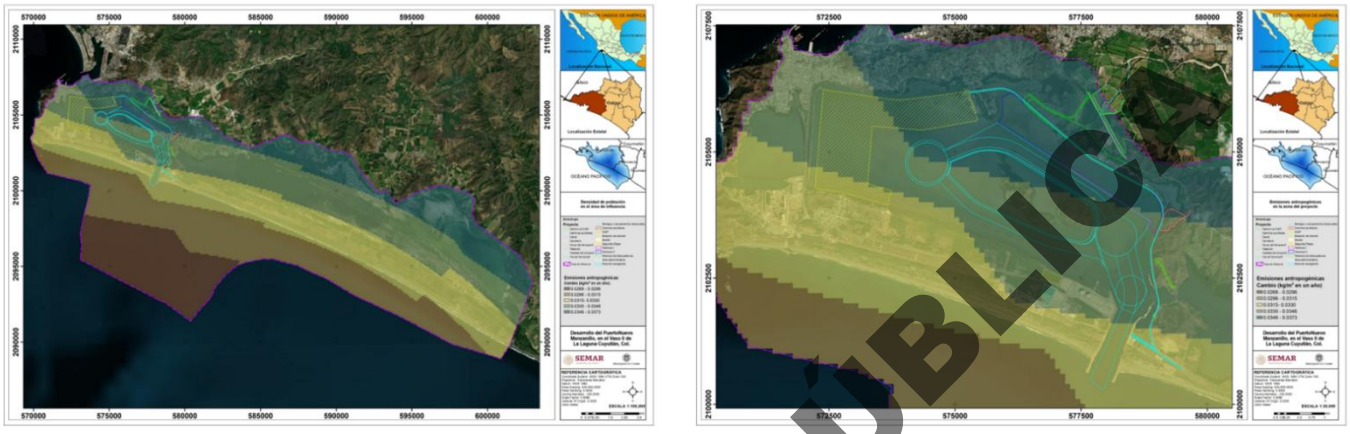


Figura VII. 87. Anomalía por emisiones antropogénicas de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

En el escenario de cambio climático por emisiones antropogénicas en el área del proyecto resulta como **Probable**, ya que el aumento de emisiones se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Ozono superficial

A corto plazo el cambio por ozono superficial en el área de influencia decrementará entre 7.059 y 7.1939 ppb, en el área del proyecto el cambio disminuirá entre 7.0684 y 7.1166 ppb (Figura VII. 88).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

b) Área del proyecto

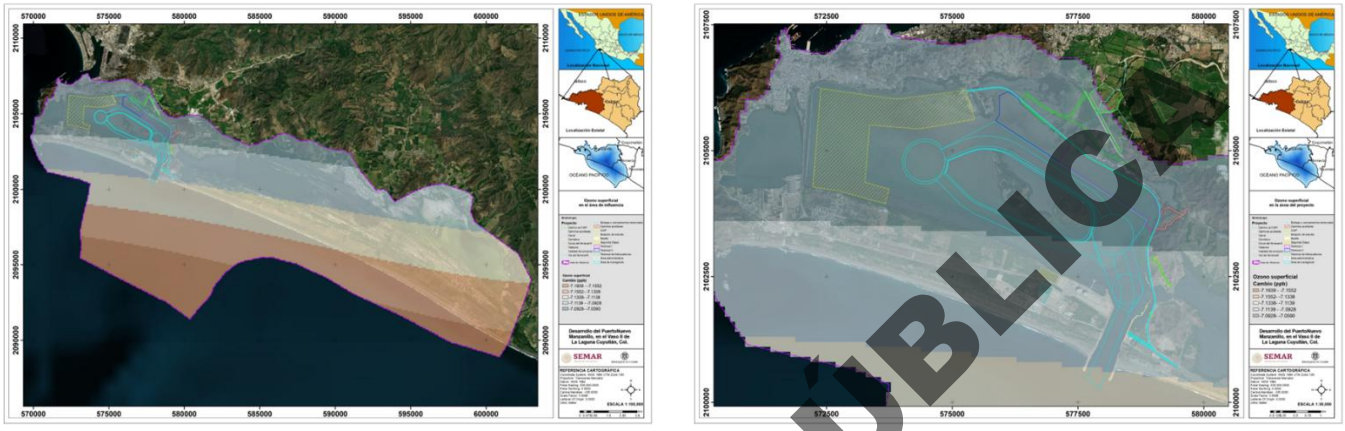


Figura VII. 88. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

Según el escenario de cambio climático por ozono superficial en el área del proyecto es **Probable**, ya que la disminución de los gases se dará en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Según la matriz de riesgos de la Figura VII. 19 es:

3B Riesgo Bajo

Densidad de población

El cambio a corto plazo por densidad de población en el área de influencia incrementará entre 1.1844 y 2.1127 personas/km^2, en zona del proyecto el aumento oscila entre 1.2643 y 1.6991 personas/km^2 (Figura VII. 89).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Área del proyecto

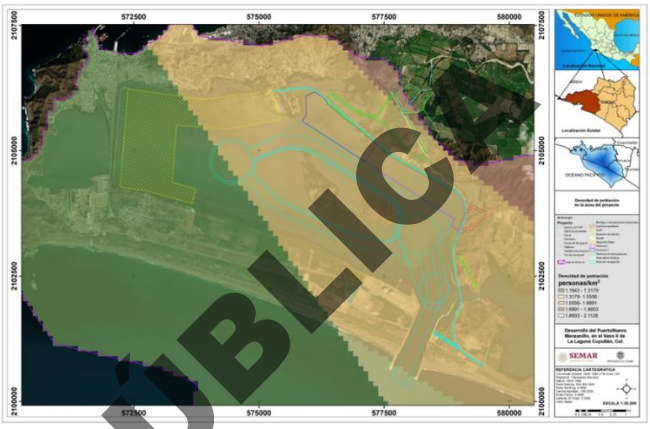


Figura VII. 89. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y el área del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

El resumen de riesgo en el área del proyecto por cambio climático es mostrado en la Tabla VII. 55. En el área del proyecto a corto plazo (aproximadamente 20 años) puede aumentar la temperatura 0.8°C por lo que se tiene un riesgo Moderado.

A corto plazo la precipitación puede aumentar 0.8131%, la precipitación máxima en 24 horas disminuirá 2.4225%, el nivel del mar puede aumentar 0.0805 m. Por días consecutivos secos puede disminuir en 3.0224 días, vientos fuertes el cambio disminuirá en 1.0026%. A corto plazo el cambio por emisiones antropogénicas máximas en el área del proyecto es de 0.0363 kg/m^2 en un año y el cambio de ozono superficial disminuirá 7.1166 ppb. El cambio de la densidad de población máxima en el área del proyecto sería de 1.6991 personas/km^2. El escenario de cambio climático en el área del proyecto es **Probable**, ya que la podría ocurrir en el transcurso de 20 años y las consecuencias pueden ser **Limitadas**. Por lo tanto, el riesgo por cambio en el sitio del proyecto es **Bajo**.

Tabla VII. 55. Riesgo por cambio climático en el área del proyecto.

Fenómenos identificados cambio climático	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Temperatura media	Probable y consecuencias Serias	Moderado 3C	
Precipitación	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	

Fenómenos identificados cambio climático	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
		3B	
Precipitación máxima en un día	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Máximo de días consecutivos secos	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Vientos fuertes	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Aumento del nivel del mar	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Emisiones antropogénicas CO_2	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Ozono superficial	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	
Densidad de población	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo	
		3B	

CONSULTA PÚBLICA

Riesgo NATECH

La Figura VII. 90 representa el riesgo NATECH en el área de influencia, para el proyecto de la primera etapa el cual se calculó mediante el uso de Tabla VII. 33 y la aplicación de Google Earth Engine (GEE), dando resultado de la siguiente manera: el 0.1% tiene un riesgo NATECH muy bajo, el 53.9% tiene un riesgo NATECH bajo y el 46.0% un riesgo NATECH medio, en las zonas del puerto de Manzanillo, los vasos I y II.

Lo que representa el tipo de fenómeno, ver Tabla VII. 33, que existe dentro del área de la zona de SAR de color naranja, corresponden a eventos como Sismos, múltiples amenazas, incendio forestal, avalancha de lodo, relámpagos, inundaciones, Ola de calor, tormentas y niebla, para la zona de color amarillo se tiene los tipos de eventos: ola de frio, Deslizamiento de rocas, Enfermedades virales, infecciosa, etc., y para la zona de color verde se tiene los tipos de eventos: Granizo, Niebla, sequia, Infestación en general, eventos espaciales, Actividad volcánica, Tsunami.

Por lo que un riesgo NATECH es valorado de mayor a menor por la clasificación del fenómeno, ver Tabla VII. 24, es la siguiente: hidrológicos, meteorológicos, geofísicos y biológicos.

Las áreas afectadas del proyecto por el riesgo NATECH se presenta en: caminos auxiliares, Área de navegación en la zona del canal de Tepalcates, Terminal de hidrocarburos, Terminal II y Terminal II, lo que representa un riesgo NATECH (Figura VII. 90).

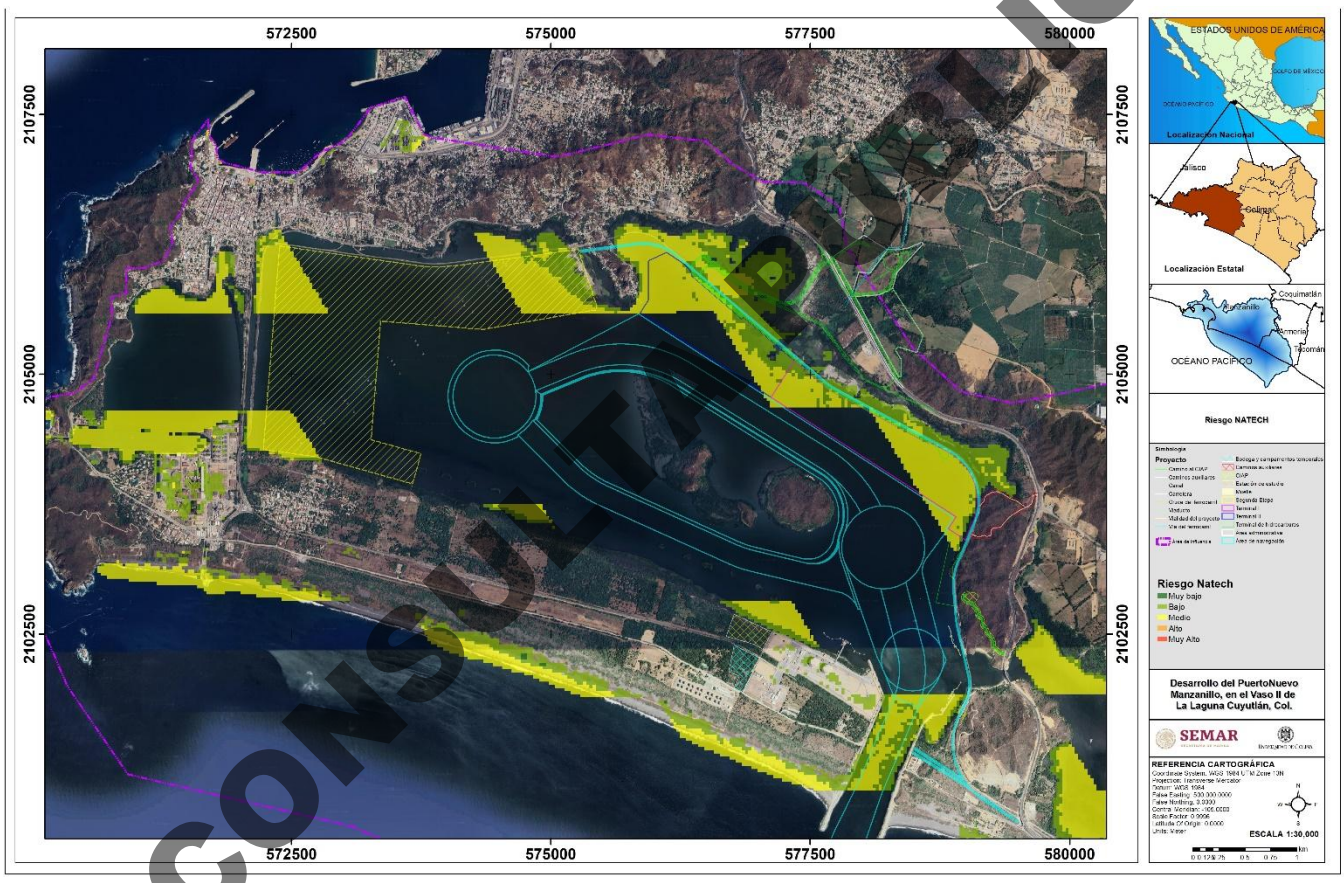


Figura VII. 90. Riesgo NATECH en el área de influencia.

CONSULTA PÚBLICA

VII.2.2 SISTEMA LAGUNAR

Calidad de agua: La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades de la construcción del proyecto tales como dragado, descarga de material, corte de roca, colocación de elementos como tablestacado, muro de contención y vialidades.

Cambio de relieve lagunar. El relieve será modificado por la construcción:

1. Canal de acceso
   - Bocana: En la Etapa 1 serán -19.00 m de profundidad, en la Etapa 2 una profundidad de -22.50.
   - Transición: Etapa 1 una profundidad de -19.00 a -18.00 m, en la Etapa 2 una profundidad de -22.50 a -21.00 m
   - Acceso: Etapa 1 una profundidad -18.00 m, en la Etapa 2 una profundidad -21.00 m.
2. Canal de navegación Norte y Sur: Etapa 1 una profundidad de -18.00 m, en la Etapa 2 una profundidad de -21.00 m para cada uno.
3. Dársenas de ciaboga: Dársena 1 en la etapa 1 una profundidad de -18.00 m, en la etapa 2 una profundidad de -21.00 m, Dársena 2 en la etapa 1 una profundidad de -18.00 m, en la etapa 2 una profundidad de -21.00 m, Dársena 3 en la etapa 1 una profundidad de -18.00 m, en la etapa 2 una profundidad de -21.00 m.

VII.2.3 HIDRODINÁMICA COSTERA

Según el modelo hidrodinámico de la Laguna de Cuyutlán, la concentración de sólidos suspendidos se modificará. En la Fase 1 del proyecto se muestra un claro aumento de los sedimentos en suspensión en los canales de navegación, debido a su profundidad y a la lejanía del canal Tepalcates. Los procesos de pleamar y bajamar generan una zona de recirculación, atrapando el sedimento en el extremo más oriente de los canales. Esta acumulación de sedimentos propicia la formación de una zona de resuspensión en el fondo del Vaso II, y también aumenta la sedimentación en el Vaso I. En condiciones de bombeo por parte de la planta de CFE, se incrementará la tasa de sedimentación en la parte reguladora del Vaso I. Para la Fase 2 del proyecto se observa que la concentración de sólidos en suspensión (SSC) aumenta en la zona de canales de navegación debido a la disminución del flujo directo entre los Vasos I y II, a la profundidad propia de los canales y a la construcción de la plataforma poniente.

La acumulación de sedimentos en el escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto muestra una redistribución espacial en el Vaso II. En el escenario de la Fase 2, la distribución del espesor de sedimentos en el Vaso II se ve afectada por la

CONSULTA PÚBLICA

interrupción del flujo hacia el Vaso I, presentando acumulaciones entre 0,2 y 0,4 m. En los Vasos III y IV se continúan observando espesores de 0,05 m, lo que indica un predominio de condiciones de retransporte.

VII.2.4 MEDIO BIÓTICO

VII.2.4.1 Vegetación y uso de suelo

Vegetación: La vegetación afectada en el Vaso II será: de manglar 20.33 ha; de selva baja caducifolia 1.35 ha; de vegetación secundaria de selva baja caducifolia 1.02 ha.

VII.2.4.2 Fauna

Fauna terrestre: La formación de caminos temporales modificará el hábitat de la fauna terrestre y afectará las rutas de conectividad y, por tanto, las poblaciones faunísticas, incluyendo las especies prioritarias de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Para el desarrollo del proyecto Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, las actividades derivadas del proyecto modificarán considerablemente su geomorfología. Las actividades de dragado y transporte de materiales modificarán la estabilidad de la columna de agua, provocando resuspensión de sedimentos y aumento de turbidez. En este sentido, la comunidad del plancton puede verse afectada de diferentes maneras. Los organismos del zooplancton pueden verse afectados por la remoción del sustrato, tal es el caso de los misidáceos, algunas especies de isópodos, anfípodos, moluscos bivalvos, así como gastrópodos meroplanctónicos. La modificación del canal puede afectar la distribución de las diferentes especies. En general, la biodiversidad marina podría ser afectada por los cambios en la calidad del agua, así como por posibles derrames y una inadecuada gestión de los residuos, ya que esto puede llevar a cambios fisicoquímicos. Ello implicaría interferencia con los procesos respiratorios de los peces, interferencia con sus procesos migratorios debido a la turbidez generada durante y después del dragado y la descarga de material, destrucción del hábitat acuático, etc. (Landaeta, 1998).

CONSULTA PÚBLICA

VII.2.4.3 Escenarios de riesgo bióticos

En el área del proyecto no existen registros de riesgos o peligros biológicos derivados de la flora que representen una amenaza para el ser humano durante las actividades del proyecto dentro del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán El riesgo por fauna se presenta en la Tabla VII. 56. En el caso de reptiles la probabilidad de avistamiento es superior a una vez por año, por lo que se clasifica como **Bastante probable** (una vez por años) las consecuencias pueden ser limitadas (no se tiene registro de ataque

por cocodrilos en el Vaso II), por lo que el riesgo se considera **Muy Alto (5D)**. La probabilidad de peligro por aves, mamíferos y fauna acuática es poco probable y las consecuencias son limitadas, por lo tanto, el riesgo para estos grupos se clasifica como **Bajo 2B**.

Tabla VII. 56. Riesgo por fauna en el área del proyecto.

Fauna	Probabilidad y consecuencia	Riesgo Ambiental	
Aves	Poco probable y consecuencias Limitadas	Bajo 2B	
Mamíferos	Probable y consecuencias Limitadas	Bajo 2B	
Reptiles	Bastante probable y consecuencias serias	Moderado 5C	
Fauna acuática	Poco probable y consecuencias Limitadas	Bajo 2B	

En el área del proyecto solo existe riesgo por fauna marina, mamíferos terrestres o aves. Y en lo que se refiere a reptiles, en este caso cocodrilos, se tienen registros de avistamientos, pero no de ataque a las personas en el Vaso II de La Laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA

VII.2.5 MEDIO PERCEPTUAL

Paisaje y Recursos Visuales

Según el análisis de fragilidad visual realizado en el apartado VII.1.3 Paisaje, en el área del proyecto la fragilidad visual se distribuye de la siguiente manera: 21% Moderada, el 66% Alta y el 13% Muy alta (Figura VII. 91).

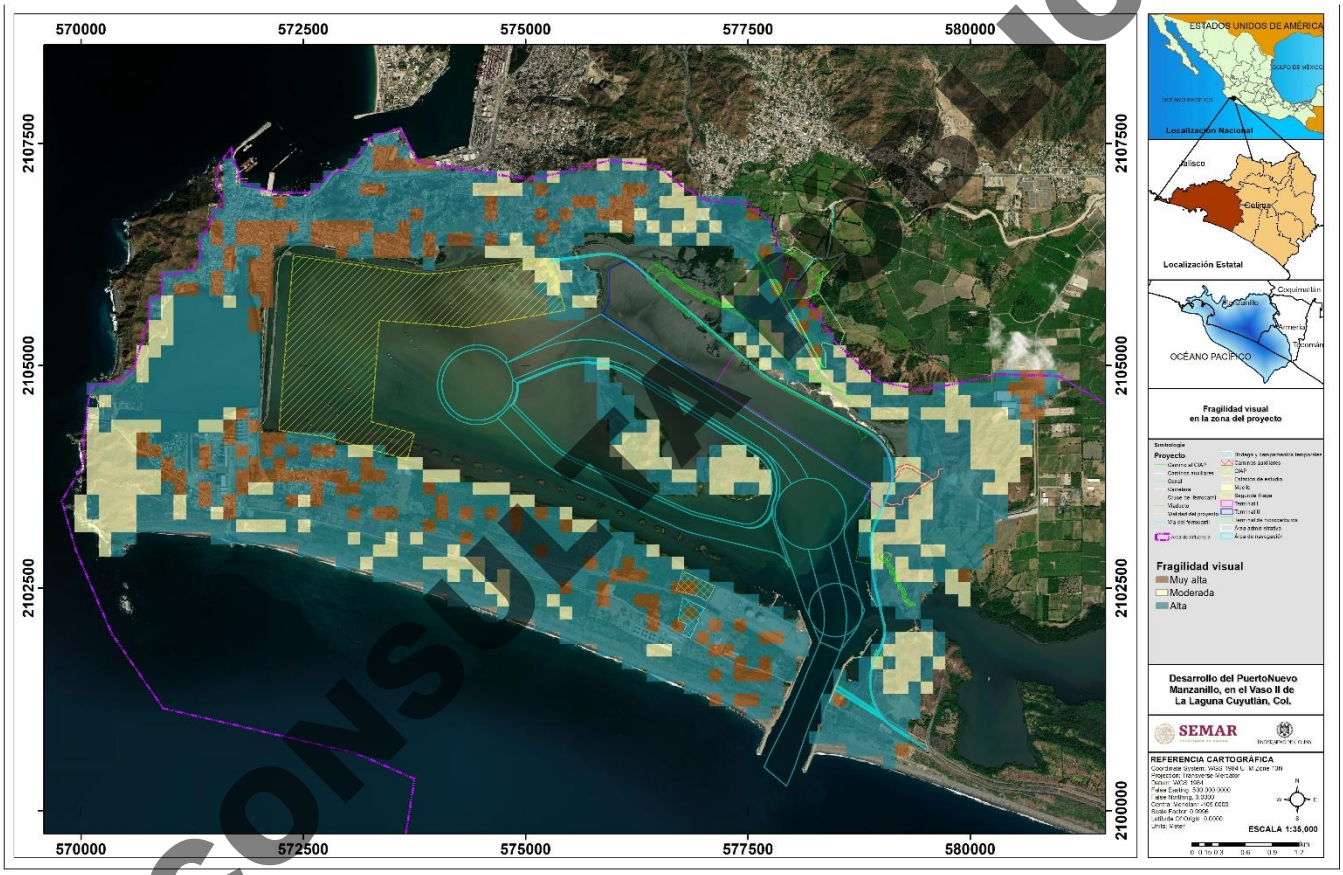


Figura VII. 91. Fragilidad visual en el área del proyecto.

La alteración del paisaje en el Vaso II de la laguna de Cuyutlán será severa. Con el proyecto, toda la zona norte, este y oeste sería afectada por construcciones soportadas por pilotes, mientras que el área de navegación afectará la isla grande (Cocodrilos 1) con la demolición de una pequeña parte de ella.

Una vez que el proyecto inicie sus actividades, podría afectar la flora y fauna del Vaso II, lo que podría disminuir la calidad paisajística y la biodiversidad de la laguna.

CONSULTA PÚBLICA

Recursos Sonoros (Ruido y Vibraciones)

Durante las diferentes etapas del proyecto, se incrementarán los niveles sonoros y las vibraciones en el área del proyecto debido al uso de maquinaria, equipos y vehículos, los cuales pueden emitir entre 80 y 140 decibeles. Esto afectará la calidad de vida de los trabajadores y la fauna cercana (terrestre y marina). Hacia la etapa de operación, estos niveles disminuirán, aunque sin llegar a las condiciones previas al proyecto. Por lo tanto, este tema se verá afectado de manera permanente.

Calidad del Aire (Olores y Visibilidad)

Emisiones de olores: Los olores existentes son propios del sistema lagunar y de las actividades económicas de la zona. Durante todas las etapas del proyecto, se incrementará la generación de residuos orgánicos y de olores provenientes de los gases de escape de la maquinaria y vehículos utilizados. Conforme avancen las etapas, esta situación disminuirá, sin alcanzar los niveles actuales.

Polvo y visibilidad: Las partículas suspendidas en el aire se incrementarán con respecto a las ya existentes dentro del SAR, afectando de forma puntual el área del proyecto. A medida que progresen las etapas, estas afectaciones disminuirán, sin llegar a los niveles actuales.

Sitios de Interés Especial: En la Laguna de Cuyutlán existen diversas zonas con vestigios arqueológicos que el INAH ya ha documentado. Si bien no son visibles a simple vista, sí podrían ser afectados por la actividad del proyecto a corto y largo plazo.

Además, algunas salineras podrían resultar afectadas por el comportamiento hidrodinámico de la laguna durante las diferentes etapas del proyecto.

VII.2.6 MEDIO SOCIOECONÓMICO

La ampliación portuaria generará impactos directos sobre los sectores productivos tradicionales que dependen de la Laguna de Cuyutlán. Ante el posible impacto que el proyecto tendría sobre los pescadores y salineros de la región, se considera relevante dirigir a esta población programas de reconversión laboral (*reskilling*) hacia oficios portuarios, tales como mantenimiento, logística y seguridad.

Las comunidades asentadas en las zonas aledañas a los Vasos I y II de la Laguna de Cuyutlán presentan condiciones de alta vulnerabilidad socioeconómica, caracterizadas por bajos niveles de ingreso, dependencia de actividades primarias y limitado acceso a servicios de capacitación técnica. Los asentamientos irregulares en zonas inundables agravan esta condición,

CONSULTA PÚBLICA

exponiendo a la población a riesgos ambientales derivados tanto de fenómenos hidrometeorológicos como de las modificaciones hidrológicas que el proyecto portuario introducirá.

Los sectores empleadores predominantes en la región corresponden a ventas y comercio, cultivo de frutas y establecimientos comerciales, lo que indica un perfil de competencias orientado a servicios y actividades primarias, con limitada especialización técnica portuaria. Esta brecha entre la demanda de competencias especializadas del sector portuario y la oferta de habilidades locales justifica la necesidad de programas de capacitación técnica, particularmente en áreas como operación de grúas, logística de carga, manejo aduanal y seguridad industrial.

El Proyecto Nuevo Manzanillo estima la generación de 11,132 empleos directos y 28,626 empleos indirectos, lo que generará un incremento en la derrama económica local y nacional. Para que esta derrama beneficie a la población local y no se traduzca exclusivamente en la importación de mano de obra foránea, resulta indispensable el diseño de un Programa de Reconversión Laboral (*reskilling*) dirigido a los sectores afectados.

Este programa deberá considerar convenios con instituciones académicas locales como la Universidad de Colima (UCOL), la Universidad Tecnológica de Manzanillo (UTM), la Universidad Multitécnica Profesional (UMP) y el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) para certificar competencias en oficios portuarios. Se propone otorgar una certificación oficial, priorizando a pescadores y salineros desplazados por las obras.

Si bien el puerto de Manzanillo moviliza el 42.9% de la carga contenerizada nacional y genera una significativa derrama económica, la informalidad laboral alcanza el 47.6% de la población ocupada. Además, la brecha salarial entre el sector formal e informal supera el 28%. Esta situación indica que los beneficios de la actividad portuaria no se distribuyen equitativamente entre la población local, concentrándose en los segmentos con mayor especialización técnica.

La revisión de brechas de género evidencia una segregación ocupacional sistemática: las mujeres se concentran en puestos administrativos, mientras que las posiciones operativas y técnicas mejor remuneradas son ocupadas predominantemente por hombres. En puestos equivalentes, la brecha salarial oscila entre el 20% y el 40 El perfil demográfico de las mujeres en el sector portuario muestra que el 56.8% se encuentra en el rango de 20 a 30 años, el 27.4% entre 31 y 40 años, el 13.7% entre 41 y 50 años, y solo el 2.1% supera los 51 años. Esto indica una fuerza laboral femenina joven, pero posiblemente con alta rotación. A pesar de lo anterior, el 71.6% de las empresas portuarias reconoce las ventajas competitivas del personal femenino, lo que representa una oportunidad estratégica para diseñar e implementar políticas de inclusión que beneficien tanto a las trabajadoras como a las empresas.

CONSULTA PÚBLICA

Para mitigar los impactos socioeconómicos antes mencionados se debe considerar la implementación de estrategias transversales:

- Propuesta: Contratación de Mano de Obra Local y Capacitación en Oficios Especializados. Garantizar que la derrama económica del Proyecto Nuevo Manzanillo se quede en la región y mitigar el desempleo friccional derivado del desplazamiento de actividades productivas tradicionales.
    - Programa de Reconversión Laboral (Reskilling).
    - Prioridad de Contratación Local.
- Propuesta: Políticas de Igualdad de Oportunidades Laborales y Equidad de Género. Cumplir con la meta de la "República de y para las mujeres" establecida en el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 y los lineamientos de la Secretaría de Marina (SEMAR), garantizando la igualdad sustantiva en todas las fases del Proyecto Nuevo Manzanillo.
    - Cuotas de Género en Puestos No Tradicionales.
    - Sistema de Cuidados y Corresponsabilidad.
    - Auditorías salariales y principio de pago igual.

Integración documental y monitoreo: Indicadores de Seguimiento (KPIs): constituyen la herramienta metodológica indispensable para transformar compromisos declarativos en resultados auditables y verificables.

- Brecha Salarial de Género.
- Definición y línea base.
- Personas Locales Capacitadas y Contratadas Anualmente.

CONSULTA PÚBLICA

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y/O CORRECCIÓN (E_2).

Ambientalmente el escenario de ejecución de proyecto con medidas de mitigación es el más viable tanto para SAR y el área del proyecto. Sin embargo, existen impactos adversos derivados a lo largo de las etapas de preparación del sitio, de construcción, de operación y mantenimiento del proyecto, algunos impactos serán temporales, otros prevenidos, mitigados y en algunos casos compensados y/o restaurados con la correcta ejecución del *Programa de Vigilancia Ambiental (PVA*), así como de todos sus componentes (subprogramas, planes, acciones y medidas específicas) para cada una de las etapas del proyecto y/o componente ambiental afectado, previamente estipulados en el capítulo VI.

En las etapas preliminares y preparación del sitio para minimizar las modificaciones de las cualidades naturales del paisaje se implementará como medida preventiva la señalización con criterios de integración visual.

El proyecto contempla la delimitación y señalización de áreas de obra, con esta medida se minimizarán los impactos y la alteración del hábitat en las inmediaciones del proyecto identificando claramente las zonas de protección y las zonas de intervención.

Si bien con la ejecución del proyecto se aumentará permanentemente la generación de gases, partículas suspendidas (PM10 y PM2.5) y/o contaminantes atmosféricos, se ejecutarán medidas para controlar dichas emisiones, desde la etapa de preparación del sitio hasta la de operación, mediante diferentes actividades se minimizarán las partículas suspendidas y gases contaminantes que se generarán.

Así mismo en todas las etapas del proyecto se incrementarán los niveles de ruido y vibraciones en el área del proyecto, por lo que se implementarán medidas preventivas y de mitigación con activades que minimicen y controlen los niveles sonoros en tránsito para evitar perturbaciones acústicas a fauna y personas. Se atenderá el impacto acumulativo que afectará a la fauna marina permanentemente durante la operación del proyecto mediante iimplementación de medidas de control de ruido, calidad del agua y manejo de actividades en agua, orientadas a reducir la perturbación, desplazamiento y afectación directa a la fauna durante la etapa de construcción.

CONSULTA PÚBLICA

Con la ejecución del proyecto se alterarán las condiciones del suelo, por lo que se establecerán diversas medidas preventivas y de mitigación para minimizar la compactación, contaminación del suelo y evitar la erosión.

Se implementarán medidas para prevenir el arrastre de sedimentos y material orgánico al cuerpo de agua y de esta forma minimizar el impacto a la calidad de agua.

Se ejecutará el programa de monitoreo de calidad de agua y suelo para mitigar y prevenir los impactos que el proyecto tendrá en estos componentes.

En todas las etapas del proyecto de ejecutará el programa de rescate, manejo y reubicación fauna para minimizar el impacto y garantizar la supervivencia de las especies en condiciones parecidas a las que tenían, pero dentro del SAR. Además, contribuye al cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, en particular lo establecido en la LGEEPA y la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Además, al considerar que el proyecto implicará la perdida vegetación, se contempla la ejecución del programa de rescate de flora enfocado a especies vegetales nativas (mangle, selva baja, hidrófila) en la zona de influencia del proyecto y del programa de restauración y recuperación de áreas en cuerpos costeros dentro del municipio de Manzanillo con la finalidad de minimizar el impacto por la pérdida de individuos hacia un esquema en el que a través de acciones de reforestación y del mejoramiento hidrológico, no sólo se recuperen los individuos perdidos, sino se incremente en forma notable la densidad de especies dentro del ecosistema y recuperar la funcionalidad ecológica y reducir procesos erosivos mediante el uso del Centro de Investigación Ambiental Portuario y del vivero en UMA registrada vigente de ASIPONA y UCOL para reproducción de especies para posteriormente llevar a cabo la restauración progresiva de áreas y zonas intervenidas e impactadas por desarrollo urbano, agricultura y cambio de uso del suelo. Asimismo, contribuye al cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, en particular lo establecido en la LGEEPA y la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe señalar que estas medidas no aseguran la recuperación del equilibrio ecológico original.

Se ejecutará el programa de seguimiento de las condiciones del ecosistema del manglar, de la selva baja caducifolia, de la conectividad y de los índices de riqueza y biodiversidad; dicho programa prevendrá y mitigará los impactos que el proyecto genere en este ámbito, para garantizar el equilibrio del ecosistema o mejorarlo.

Se realizará la restauración de las condiciones del Vaso II, zona norte, para la compensación en proporción 8:1 de manglar, con un total 171.26 ha.

CONSULTA PÚBLICA

Asimismo, Se ejecutará el programa de manejo integral de residuos que, mediante diversas acciones y medidas, minimizará la generación de residuos, maximizará su reutilización y reciclaje, asegurará una disposición final adecuada de los residuos dentro de la normatividad vigente y prevendrá la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua en el área del proyecto.

De igual forma, se llevará a cabo un programa de mantenimiento preventivo de maquinaría y vehículos para minimizar las emisiones, el ruido y prevenir derrames accidentales que puedan contaminar el suelo y agua del área del proyecto.

A todo el personal que trabajará en el área del proyecto se le dará capacitación ambiental con el fin de minimizar el impacto ambiental de las actividades de la obra y promover una cultura de responsabilidad ambiental en el personal, ejecutando el programa de educación y capacitación ambiental.

Se ejecutará un programa de vigilancia ambiental para garantizar el cumplimiento de los principios ambientales y de las medidas de prevención, mitigación y compensación de impacto ambiental propuestas en este proyecto.

Para prevenir y mitigar los cambios hidrodinámicos del sistema lagunar se ejecutará el programa de monitoreo del flujo y patrón hidrológico (Tiempo de residencia, propiedades fisicoquímicas del agua).

En todas las etapas del proyecto se presentará el programa de atención y respuesta ante contingencias ambientales, para prevenir y mitigar a tiempo cualquier accidente durante el proceso del proyecto que pueda afectar la estabilidad ambiental del sistema lagunar.

Se contempla la ejecución del programa de conservación y restauración de la microcuenca El Zacate, por la importancia que esta genera para la alimentación de agua dulce al sistema lagunar, adicional a la vegetación.

Por la naturaleza del proyecto podrían presentarse conflictos por el acceso restringido a áreas tradicionalmente utilizadas por comunidades locales para el desarrollo de actividades como la producción de sal, pesca y agricultura, por lo que será elemental llevar a cabo un plan de comunicación y atención comunitaria para minimizar los conflictos sociales y brindar información clara a la comunidad con respecto a los objetivos y metas del proyecto.

Para mitigar los impactos socioeconómicos locales se implementará el Programa de Reconversión Laboral (Reskilling) dirigido a los sectores afectados, capacitándolos en oficios portuarios que permitan priorizar la contratación local.

CONSULTA PÚBLICA

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

El pronóstico ambiental integra los resultados de los escenarios E0, E1 y E2 para proyectar la evolución de los componentes del Sistema Ambiental Regional (SAR) y del área del proyecto a un horizonte de 20 años (2045), coincidente con la vida útil de la infraestructura portuaria. Se emplea un enfoque cualitativo con estimaciones cuantitativas cuando los datos lo permiten, considerando las tendencias climáticas (escenario SSP5-8.5 del IPCC), las presiones antropogénicas actuales y la efectividad esperada de las medidas del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA). A continuación, se pronostica el estado de cada componente ambiental bajo los tres escenarios.

VII.4.1 Calidad del agua

E0 (sin proyecto). La calidad del agua en los Vasos I y II se mantendrá aceptable, con fluctuaciones estacionales de oxígeno disuelto y sólidos suspendidos, gracias al intercambio mareal. En los Vasos III y IV, la eutrofización y la hipoxia se incrementarán gradualmente debido al prolongado tiempo de residencia (hasta 45 días) y al aporte de nutrientes por escorrentía agrícola. Se prevé un deterioro moderado, con eventos de hipoxia más frecuentes en verano.

E1 (con proyecto). Durante la construcción, el dragado y los rellenos generarán un aumento significativo de la turbidez y sólidos suspendidos en el Vaso II, con posible afectación a los Vasos I y III por arrastre de sedimentos finos. En operación, la modificación de la circulación lagunar por la reducción de la sección del canal de Tepalcates y confinamiento del vaso podría disminuir el intercambio mareal, acelerando la eutrofización en los Vasos III y IV. Se espera una degradación alta de la calidad del agua en todo el sistema lagunar.

E2 (con medidas). La implementación de barreras de turbidez, el dragado controlado y el monitoreo en tiempo real reducirán la pluma de sedimentos durante la construcción. El diseño hidráulico optimizado mantendrá el intercambio mareal por encima del 80% del valor actual. Se prevé una afectación temporal durante la construcción y una recuperación en los primeros dos años de operación, con calidad del agua final similar a la línea base.

CONSULTA PÚBLICA

VII.4.2 Hidrodinámica y sedimentos

E0. La hidrodinámica actual se mantendrá con velocidades de corriente de hasta 161 cm/s en conexiones restringidas y flujo neto hacia el oeste. La sedimentación seguirá concentrándose en los Vasos III y IV, con tasas de asolvamiento de 1-2 cm/año.

E1. La construcción modifica el patrón de corrientes en el Vaso II, reduciendo velocidades en zonas de relleno y aumentándolas en los canales remanentes. Se prevé un incremento de la erosión localizada en la desembocadura del canal de Tepalcates y una mayor acumulación de finos en el Vaso III. El tiempo de residencia en el Vaso II podría aumentar un 30-40%, afectando la renovación del agua.

E2. Las medidas de mitigación (geometría de los canales de navegación, tablestacado permeable, monitoreo de corrientes) permiten mantener un flujo residual semejante al actual. Se estima una reducción del 10-15% en la velocidad de intercambio, pero sin generar zonas de estancamiento crítico. Los sedimentos finos se controlan mediante trampas de sedimentos y dragado de mantenimiento programado.

VII.4.3 Biodiversidad (flora, fauna, manglar)

E0. La pérdida de manglar y vegetación halófila continuará por presión urbana y agrícola (tasa estimada: 0.5-1% anual de la cobertura remanente). La población de cocodrilos en el Vaso II podría mantenerse o disminuir ligeramente por mortalidad asociada a pesca ilegal y turismo no regulado. La riqueza de aves y peces se estabilizará en niveles actuales, con fluctuaciones estacionales.

E1. La construcción eliminará una superficie de manglar de 20.33 ha en el Vaso II. La fauna terrestre será desplazada por la ocupación de islas y márgenes. Las comunidades de fitoplancton, zooplancton y bentos sufrirán una reducción de abundancia y diversidad por la resuspensión de sedimentos y la pérdida de hábitats someros. Se estima una mortalidad de cocodrilos por atropellamiento o desplazamiento de al menos el 10% de la población del Vaso II. La recuperación será parcial y lenta (más de 10 años).

E2. Se ejecutará un programa de rescate y reubicación de fauna (priorizando cocodrilos, aves y reptiles) en áreas de amortiguamiento dentro del SAR. La pérdida de manglar se compensará con la restauración de 171.26 ha en el Vaso III o en sitios prioritarios definidos por CONABIO. El vivero de la UMA ASIPONA-UCOL producirá al menos 50,000 plantas de mangle y especies halófilas para reforestación. Se espera una recuperación del 60% de los servicios ecosistémicos perdidos en un plazo de 5 a 7 años.

CONSULTA PÚBLICA

VII.4.4 Paisaje

E0. La fragilidad visual alta (73% del SAR) se mantendrá, con nuevos elementos antrópicos (carreteras, asentamientos) que incrementarán la exposición visual, pero sin cambios drásticos.

E1. La construcción de la infraestructura portuaria en el Vaso II (muelles, patios de contenedores, viaductos) introducirá elementos de gran escala en una cuenca visual actualmente abierta. La alteración del paisaje será severa y permanente, afectando las vistas desde miradores y comunidades cercanas como El Colomo y Campos). La calidad escénica se reducirá de "alta" a "baja" en una superficie de aproximadamente 500 ha.

E2. Las medidas de integración visual (señalización con criterios de camuflaje, barreras vegetales de mangle y especies nativas, limitación de alturas de edificios) mitigarán parcialmente el impacto. La calidad escénica se clasificará como "media" en la zona portuaria, con amortiguamiento visual desde los principales miradores.

VII.4.5 Riesgos abióticos y NATECH

E0. El riesgo sísmico (3E, Alto) y el de marea de tormenta (5C, Alto) se mantendrán sin cambios. El riesgo NATECH seguirá concentrado en las zonas portuarias existentes (46.8% bajo, 53.4% medio). El cambio climático incrementará la frecuencia de inundaciones costeras y olas de calor, pero sin rebasar los umbrales de diseño actuales.

E1. La infraestructura portuaria aumentará la exposición al riesgo NATECH en el Vaso II, especialmente por incendios o explosiones (*Fireball*) en terminales de gas e hidrocarburos. Se estima un incremento del riesgo NATECH de medio a alto en una superficie de 0.6% del SAR (equivalente a el área del proyecto). La vulnerabilidad sísmica de las estructuras portuarias se considera controlada por diseño antisísmico siempre que se cumpla la normativa CFE, zona D.

E2. Se incorporarán sistemas de detección temprana de sismos (alertamiento público), protocolos de cierre de válvulas ante tsunami, y barreras de contención para derrames. El riesgo NATECH se mantendrá en nivel medio, con planes de emergencia coordinados entre ASIPONA, Protección Civil y las empresas concesionarias.

VII.4.6 Medio socioeconómico

E0. La economía local seguirá dependiendo de la pesca, la sal y el comercio. La informalidad laboral (47.6%) y la brecha salarial de género persistirán. El puerto de Manzanillo mantendrá su saturación operativa, limitando el crecimiento económico regional.

CONSULTA PÚBLICA

E1. Se generarán 11,132 empleos directos y 28,626 indirectos, pero con riesgo de ocupación por mano de obra foránea si no se implementan políticas de contratación local. Las actividades tradicionales (pesca, salineras) serán desplazadas del Vaso II, afectando a unos 200 pescadores y 50 salineros. Los conflictos sociales podrían ser altos en ausencia de medidas.

E2. El Programa de Reconversión Laboral (Reskilling) capacitará a 300 pescadores y salineros en oficios portuarios (operación de grúas, logística, mantenimiento) mediante convenios con UCOL, UTM y CONALEP. Se establecerá una cuota mínima de contratación local del 60% para puestos no especializados y del 30% para puestos técnicos. Las políticas de igualdad de género (cuotas, auditorías salariales) reducirán la brecha al 10% en cinco años. Se prevé una aceptación social media-alta y una derrama económica local sostenida. Ver Tabla VII. 57.

CONSULTA PÚBLICA

VII.4.7 Síntesis comparativa de escenarios

Tabla VII. 57. Síntesis comparativa de escenarios.

Componente ambiental	E0 (sin proyecto)	E1 (con proyecto)	E2 (con medidas)
Calidad del agua	Deterioro lento en Vasos III-IV	Degradación severa en Vaso II, eutrofización acelerada	Afectación temporal, recuperación en 2 años
Hidrodinámica	Estable	Modificación significativa, menor renovación	Mantenimiento del 80-90% del flujo actual
Manglar y vegetación halófila	Pérdida continua por presión externa (0.5-1%/año)	Pérdida directa de 20.33 ha de manglar; 1.35 ha de selva baja caducifolia y 1.02 ha de vegetación secundaria de selva baja caducifolia.	Compensación con restauración de igual o mayor superficie
Fauna (cocodrilos, aves)	Población estable o ligera disminución	Mortalidad por obras, desplazamiento del hábitat	Rescate y reubicación; recuperación parcial
Paisaje	Sin cambios mayores	Alteración severa y permanente	Mitigación visual, calidad escénica media
Riesgo NATECH	Medio en zonas portuarias existentes	Alto en el Vaso II (*Fireball*, inundación)	Medio con planes de contingencia
Socioeconomía	Estancamiento, informalidad	Generación de empleo, conflictos sociales	Empleo local, reskilling, equidad de género

VII.4.8 Pronóstico

Escenario E0 (sin proyecto): El SAR continuará su tendencia al deterioro gradual de los vasos lagunares más confinados (Vasos III y IV) y a la pérdida de manglar por causas externas al proyecto (presión urbana, agrícola y transgresión marina). La calidad del agua en Vasos I y II se mantendrá aceptable gracias al intercambio mareal. Sin embargo, el E0 no satisface la necesidad de expansión portuaria ni resuelve la saturación del puerto de Manzanillo. Tampoco genera los beneficios económicos que el proyecto puede aportar.

Escenario E1 (con proyecto sin medidas): Los impactos ambientales adversos son graves e irreversibles en varios componentes: pérdida de 20.33 ha de manglar (con pérdida adicional por transgresión), modificación hidrodinámica permanente (tiempos de residencia +30-40%), hipoxia crónica en Vaso II y I, reducción de la población de cocodrilos (20-30% en Vaso II), y alteración severa del paisaje (calidad escénica "Baja" en ≈500 ha). El E1 es ambientalmente inaceptable en el marco de la LGEEPA y los estándares de desarrollo sostenible.

Escenario E2 (con proyecto con medidas): Con la implementación integral de las medidas de prevención, mitigación, compensación y vigilancia ambiental descritas en el Capítulo VI y en el escenario E2, los impactos se reducen a niveles tolerables:

- La calidad del agua en Vaso II se recupera a la línea base en 5 años.
- El flujo hidrodinámico se mantiene en un 80-90% del valor original.
- La pérdida de 20.33 ha de manglar en Vaso II se compensa con creces mediante la restauración de 171.26 ha en Vaso III (ganancia neta de +150.93 ha en el SAR).
- La población de cocodrilos en el SAR se incrementa un 40% (de 350 a >500 individuos) gracias al rescate y la restauración de hábitat.
- El paisaje se mitiga parcialmente (calidad escénica "Media" en lugar de "Baja").
- Se generan 39,758 empleos con políticas de contratación local (60% para puestos no especializados, 30% para técnicos) y reconversión laboral de pescadores y salineros afectados.

Por lo tanto, el escenario E2 es ambientalmente viable y el que se recomienda ejecutar, sujeto al cumplimiento verificable del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y sus indicadores de desempeño (KPIs). El pronóstico ambiental demuestra que, con las medidas propuestas, el proyecto no solo evita los impactos graves del E1, sino que genera beneficios ambientales netos

CONSULTA PÚBLICA

en algunos componentes (incremento de manglar restaurado, aumento de la población de cocodrilos, mejora de la calidad del agua en Vaso III por filtrado del manglar restaurado) y beneficios socioeconómicos significativos (empleo, derrama económica, reconversión laboral).

No obstante, el pronóstico también identifica impactos residuales inevitables: la pérdida de 20.33 ha de manglar en el Vaso II, la modificación permanente de la batimetría del Vaso II (canales de -21 m), la ocupación de 340.42 ha del espejo de agua, y la interrupción parcial del flujo natural entre Vaso II y Vaso I. Estos impactos residuales deben ser aceptados como el costo ambiental del desarrollo portuario, siempre que se cumplan **estrictamente** las medidas de compensación y mitigación.

CONSULTA PÚBLICA

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.5.1 Fundamentación metodológica y vinculación con impactos identificados

La evaluación de alternativas que se presenta en este capítulo se fundamenta en los principios de sustentabilidad ambiental establecidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), particularmente en su Artículo 28, que establece la obligación de evaluar alternativas para minimizar impactos ambientales adversos (Cámara de Diputados, 2024). Asimismo, se aplica la metodología de evaluación multicriterio para proyectos de infraestructura portuaria recomendada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2021) y las directrices técnicas del Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Portuarios de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2019).

Relación con impactos identificados en el Capítulo V

La presente evaluación de alternativas considera de manera integral los impactos ambientales significativos identificados y valorados en el Capítulo V de esta Manifestación de Impacto Ambiental. Específicamente, la selección de criterios ambientales se fundamenta en los siguientes impactos críticos documentados:

1. Alteración hidrodinámica del sistema lagunar: El Capítulo V identificó que las actividades de dragado y construcción de infraestructura portuaria modificarán los patrones de circulación de agua, tiempos de residencia y gradientes salinos en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, con una importancia valorada (según matriz de Leopold modificada). Ese impacto fue identificado como el de mayor relevancia por su efecto cascada sobre otros componentes ambientales (Conesa Fernández-Vítora, 2010).
2. Pérdida de hábitat de manglar: Se determinó una afectación directa variable según la alternativa técnica seleccionada según los criterios de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por tratarse de ecosistemas prioritarios para la conservación (SEMARNAT, 2010).
3. Afectación a biodiversidad acuática y terrestre: El Capítulo V documentó impactos sobre especies de fauna, incluyendo especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como Crocodylus acutus (sujeta a protección especial), quelonios marinos (Lepidochelys olivacea, Chelonia mydas agassizii) y aves acuáticas residentes y migratorias.
4. Generación de sedimentos y turbidez: Las actividades de dragado según alternativas generarán plumas de sedimento que afectarán la calidad del agua y la biota bentónica, con importancia dependiendo de la magnitud del dragado.
5. Modificación permanente del paisaje: Transformación de ecosistemas naturales (manglar, selva baja caducifolia) a infraestructura industrial.

CONSULTA PÚBLICA

Criterio ambiental predominante en la toma de decisión

En cumplimiento con el principio de jerarquización establecido en el Artículo 15 de la LGEEPA, que establece que "en los casos en que exista conflicto entre el desarrollo de actividades económicas y la protección del ambiente, prevalecerá la protección del ambiente", la presente evaluación asigna un peso ponderado del 50% a los criterios ambientales, superior al conjunto de criterios técnicos (20%) y socioeconómicos (30%) (Cámara de Diputados, 2024).

Esta ponderación se fundamenta en:

- Obligación legal: La LGEEPA en su Artículo 28 y el Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental en su Artículo 13 establecen que la evaluación de alternativas debe priorizar aquella que presente la menor afectación al equilibrio ecológico (DOF, 2014).
- Sensibilidad ecológica del sistema: La Laguna de Cuyutlán constituye un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA C-38) según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2022) y cumple con 6 de los 9 criterios de la Convención Ramsar para humedales de importancia internacional (Ramsar Convention Secretariat, 2018).
- Presencia de especies prioritarias: El sistema alberga poblaciones reproductivas de Crocodylus acutus (74-77 individuos registrados en monitoreos 2022-2024), zonas de anidación de tortugas marinas (214 nidos de Lepidochelys olivacea en 2024) y 246.6 ha de manglar que proveen servicios ecosistémicos valorados en $1,247 USD/ha/año según la metodología de Costanza et al. (2014).

El puerto de Manzanillo es el puerto comercial más importante de México en el Pacífico, por lo que su expansión resulta estratégica para el comercio nacional e internacional. No obstante, la construcción de un nuevo puerto fuera del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán enfrentaría una serie de limitantes geográficas, ecológicas, logísticas y legales que deben ser consideradas. A continuación, se detallan las principales razones:

1. Restricciones Geográficas y Topográficas

Manzanillo se encuentra enclavado en una zona costera montañosa, con escaso espacio plano disponible para desarrollar infraestructura portuaria. Cualquier área alternativa al Vaso II dentro del municipio presentaría falta de terrenos adecuados, costas abruptas con acantilados y pendientes pronunciadas que dificultarían la construcción de muelles y zonas de almacenamiento. Asimismo, existe un riesgo geológico importante, ya que la región es altamente sísmica y con riesgo de tsunamis, lo que exigiría estudios de mitigación complejos y costosos.

CONSULTA PÚBLICA

2. Impacto Ambiental en la Laguna de Cuyutlán

El Vaso II ya ha sido intervenido previamente para la expansión portuaria desde hace más de 20 años. Sin embargo, construir fuera de esta zona afectaría otros ecosistemas sensibles, ya que la Laguna de Cuyutlán es un área natural protegida y hábitat de especies en peligro, como cocodrilos y aves migratorias. Cualquier proyecto fuera del área ya impactada (Vaso II) representaría una afectación de mayor daño a los manglares y humedales.

3. Infraestructura y Conectividad Limitadas

Un nuevo puerto en una ubicación diferente al Vaso II exigiría inversiones masivas en caminos, túneles y líneas férreas a través de terrenos complicados, lo que impactaría negativamente a la región. Actualmente, el Vaso II ya cuenta con vías de acceso, conexiones carreteras y ferroviarias establecidas hacia el interior del país, haciendo sinergia con las instalaciones actuales del puerto de San Pedrito, lo que permite realizar operaciones logísticas integradas sin necesidad de nueva infraestructura.

4. Conflictos Sociales y Urbanos

Cualquier alternativa fuera del Vaso II afectaría a comunidades locales, generando resistencia social. Asimismo, las posibles zonas que pudieran resultar viables ya están ocupadas por desarrollos turísticos, lo que encarecería la expropiación y modificaría sensiblemente la configuración espacial de Manzanillo, partiendo literalmente en dos a la población existente.

5. Costo-Beneficio Desfavorable

Desarrollar un puerto en una zona nueva implicaría una mayor inversión en dragado, ya que la profundidad natural sería insuficiente para buques de gran calado. Igualmente, se necesitarían protecciones contra huracanes, rompeolas extensos y otras defensas de las que ya dispone, de manera natural y artificial, el Vaso II, que se encuentra parcialmente resguardado.

Por las consideraciones anteriores, las alternativas del proyecto se plantearán con la misma ubicación dentro del Vaso II, pero con distintas características técnicas.

CONSULTA PÚBLICA

Criterio de vulnerabilidad ante cambio climático

Fundamentación de la inclusión del criterio

El cambio climático constituye un factor crítico en la evaluación de proyectos de infraestructura costera de largo plazo (vida útil proyectada: 50-100 años). El panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC) establece en su sexto informe de evaluación (ar6) que las zonas costeras del pacífico mexicano experimentarán para finales del siglo XXI (IPCC, 2021):

- Elevación del nivel medio del mar: +0.43 a +0.84 m (escenario ssp2-4.5) o +0.63 a +1.01 m (escenario ssp5-8.5)
- Incremento en intensidad de ciclones tropicales: +10-15% en velocidad máxima de vientos
- Aumento de temperatura superficial del mar: +1.5 a +2.8°c
- Modificación de patrones de precipitación: +15-25% en eventos extremos, -10-15% en precipitación anual total

Marco normativo y de política pública:

1. **Ley general de cambio climático** (DOF, 2024, artículo 8° fracción iv): establece la obligación de "incorporar la adaptación y mitigación al cambio climático en las políticas, programas y acciones sectoriales"
2. **Programa especial de cambio climático 2021-2024** (DOF, 2021): incluye como línea de acción prioritaria "incorporar el enfoque de adaptación al cambio climático en proyectos de infraestructura estratégica"
3. **Atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático** (INECC, 2020): clasifica a manzanillo con vulnerabilidad alta a muy alta ante:
    - Inundaciones costeras por elevación del nivel del mar
    - Ciclones tropicales intensos (categorías 4-5)
    - Estrés térmico en ecosistemas costeros

Metodología de evaluación

Para cada alternativa de sitio (a0-a5) y técnica (at1-at3), se evaluó la vulnerabilidad ante tres amenazas climáticas principales:

Amenaza 1: elevación del nivel medio del mar (enmm)

CONSULTA PÚBLICA

Se utilizaron las proyecciones regionalizadas del INECC (2020) para el pacífico central mexicano bajo escenario rcp 4.5 (moderado):

Horizonte temporal	ENMM respecto a 1990	Nivel absoluto (m s.n.m.)*
2030	+0.12 m	+0.12
2050	+0.28 m	+0.28
2100	+0.52 m	+0.52

*considerando nivel del mar actual en Manzanillo como referencia 0 m s.n.m.

Evaluación por alternativa:

Alternativa	Elevación promedio de infraestructura (m s.n.m.)	Margen de seguridad 2100	Vulnerabilidad
A0 (sin proyecto)	Variable (0.5-2.0)**	Insuficiente	Alta
A1 (Vaso II)	+2.5 (diseño con criterio climático)	+1.98 m	Baja
A2 (San Pedrito)	+3.0	+2.48 m	Muy baja
A3 (Santiago-Naranjo)	+1.5	+0.98 m	Media
A4 (Cuyutlán sur)	+2.0	+1.48 m	Media
A5 (Juluapan)	+1.8	+1.28 m	Media

**infraestructura existente en san pedrito

CONSULTA PÚBLICA

Medidas de adaptación incorporadas en a1:

- Elevación de plataforma operativa a +2.5 m s.n.m.
- Sistema de drenaje pluvial con capacidad para precipitaciones extremas (tr=100 años + 25% factor climático)
- Rompeolas dimensionado para oleaje extremo con incremento del 15% en altura (h_sig = 6.8 m)

Amenaza 2: intensificación de ciclones tropicales

Según Knutson et al. (2020), se proyecta para el pacífico oriental:

- Reducción del 15-20% en número total de ciclones
- Incremento del 30-40% en proporción de categorías 4-5 (Saffir-Simpson)
- Aumento del 10-15% en velocidad máxima sostenida de vientos

Análisis de exposición por ubicación:

Alternativa	Distancia a línea de costa	Exposición a marejada ciclónica	Protección natural
A0	N/a	Variable	Variable
A1 (Vaso II)	0.8 km (barrera arenosa)	Media (protección por barra)	Alta (laguna interior)
A2 (San Pedrito)	0.2 km	Alta (exposición directa)	Baja (costa abierta)
A3 (Santiago-Naranjo)	0.1 km	Muy alta	Muy baja (bahía expuesta)
A4 (Cuyutlán sur)	1.2 km	Media-baja	Media (laguna)
A5 (Juluapan)	0.5 km	Alta	Baja

CONSULTA PÚBLICA

Registro histórico de impactos por ciclones (1990-2024):

Según el centro nacional de prevención de desastres (CENAPRED, 2024):

- 18 ciclones tropicales han afectado a manzanillo (categorías 1-4)
- Daños económicos acumulados: $2,840 millones MXN (actualizado a 2024)
- Ciclones categoría 4+ con mayor impacto: patricia (2015), Kenna (2002)

Evaluación de resiliencia por alternativa:

A1 (Vaso II): **alta resiliencia**

- Ubicación interior protegida por barra arenosa de 1.2 km de ancho
- Profundidad de canal limitada (-18 a -21 m) reduce riesgo de sobreelevación por oleaje
- Tablestacado perimetral funciona como barrera contra inundación
- Distancia a zona urbana (5.6 km) minimiza riesgo para población

A2, a3, a5: **resiliencia baja a media**

- Exposición directa a oleaje de tormenta
- Requerimiento de rompeolas costosos (incremento 30-45% en inversión)
- Mayor riesgo de interrupción operativa (estimado: 5-8 días/año vs 2-3 días en a1)

Amenaza 3: incremento de temperatura y salinidad del agua

Proyecciones del programa de investigación en cambio climático UNAM (PINCC, 2019) para el golfo de california y pacífico central:

Parámetro	Valor actual	Proyección 2050	Proyección 2100
Temperatura superficial	26.5-27.5°c	+1.2 a +1.8°c	+2.1 a +2.9°c
Salinidad	34-36 ups	+0.5 a +1.2 ups	+1.0 a +2.4 ups

CONSULTA PÚBLICA

Parámetro	Valor actual	Proyección 2050	Proyección 2100
Ph	8.05-8.15	-0.08 a -0.12	-0.15 a -0.25

Impactos ecosistémicos proyectados:

1. **Manglar** (Lovelock et al., 2017):
   - Incremento de salinidad >38 ups, reduce crecimiento de *rhizophora mangle* en 25-40%
   - Incremento de temperatura >30°c aumenta estrés fisiológico
   - Acidificación afecta disponibilidad de nutrientes
   - **Resultado**: sin medidas de adaptación, pérdida adicional de 8-15% de cobertura para 2100
2. **Biodiversidad acuática**:
   - Desplazamiento latitudinal de especies hacia sur (0.5-1.0 km/año)
   - Reducción de oxígeno disuelto (-5 a -10%) por mayor temperatura
   - Cambio en composición de comunidades ícticas (favorece especies tropicales vs subtropicales)

Vulnerabilidad comparativa de alternativas:

Alternativa	Tipo de ecosistema	Capacidad adaptativa natural	Vulnerabilidad climática
A0	Laguna somera	Media (conexión mar limitada)	Alta
A1 (Vaso II)	Laguna con intervención	Alta (canales navegación mejoran flujo)	Media
A2	Costa abierta	Baja (exposición directa)	Alta
A3	Bahía semiabierta	Media	Alta
A4	Laguna somera	Media	Media-alta

CONSULTA PÚBLICA

Alternativa	Tipo de ecosistema	Capacidad adaptativa natural	Vulnerabilidad climática
A5	Laguna pequeña	Baja (volumen limitado)	Muy alta

Medidas de adaptación ecosistémica en diseño a1:

1. **Mejora de circulación hidráulica**: los canales de navegación diseñados aumentan el intercambio de agua con el océano, reduciendo tiempo de residencia de 12-18 días actuales a 8-10 días proyectados (modelación hidrodinámica, capítulo V). Esto compensa parcialmente el incremento de temperatura.
2. **Zonas de bajo calado**: áreas someras (profundidad -2 a -5 m) reservadas como hábitat de refugio térmico durante eventos de calor extremo.
3. **Corredores ecológicos**: diseño mantiene conectividad entre vaso II y áreas de manglar externas (vaso I, vaso III) permitiendo migración de fauna ante estrés climático.

Valoración cuantitativa del criterio de cambio climático

Se asigna una escala de vulnerabilidad climática (VC) de 1 a 5:

VC = 5 (muy baja vulnerabilidad):

- Infraestructura elevada >+2.0 m respecto a proyección ENMM 2100
- Protección natural alta contra ciclones
- Ecosistema con capacidad adaptativa alta (>80% de servicios ecosistémicos mantenidos)

VC = 4 (baja vulnerabilidad):

- Infraestructura elevada +1.5 a +2.0 m respecto ENMM 2100
- Protección natural media
- Capacidad adaptativa media (60-80% servicios mantenidos)

VC = 3 (vulnerabilidad media):

- Infraestructura elevada +1.0 a +1.5 m respecto ENMM 2100
- Protección natural baja a media

CONSULTA PÚBLICA

- Capacidad adaptativa media (40-60% servicios mantenidos)

Vc = 2 (alta vulnerabilidad):

- Infraestructura elevada +0.5 a +1.0 m respecto ENMM 2100
- Exposición directa a amenazas climáticas
- Capacidad adaptativa baja (<40% servicios mantenidos)

Vc = 1 (muy alta vulnerabilidad):

- Infraestructura elevada <+0.5 m respecto ENMM 2100
- Sin protección ante amenazas climáticas
- Ecosistema vulnerable sin capacidad de adaptación

Valoración de alternativas:

Alternativa	**Vulnerabilidad** ENMM	**Vulnerabilidad ciclones**	**Vulnerabilidad ecosistémica**	**VC promedio**	**Peso ponderado**
A0	2	3	2	2.33	0.14 (6% × 2.33)
A1 (vaso II)	**5**	**4**	**4**	**4.33**	**0.26**
A2 (San Pedrito)	5	2	3	3.33	0.20
A3 (Santiago-Naranjo)	3	1	2	2.00	0.12
A4 (Cuyutlán sur)	4	3	3	3.33	0.20
A5 (Juluapan)	3	2	1	2.00	0.12

*peso ponderado: 6% del total de criterios ambientales (50% × 6% = 3% del peso global)

CONSULTA PÚBLICA

Integración en matriz de compatibilidad ambiental (MCA)

El criterio de cambio climático se incorpora a la tabla vii.51 (matriz de compatibilidad ambiental) con los siguientes valores:

Criterios de comparación (ambiental)	pi	a0	a1	a2	a3	a4	a5
Vulnerabilidad ante cambio climático	0.06	2	4	3	2	3	2

Recalculo de compatibilidad ambiental con criterio climático:

Alternativa	Compatibilidad ambiental original	Componente climático	Compatibilidad ajustada
A0	4.75	+0.14	4.89
A1	**2.50**	**+0.26**	**2.76**
A2	3.06	+0.20	3.26
A3	2.56	+0.12	2.68
A4	2.06	+0.20	2.26
A5	N/d	+0.12	N/d

Conclusión: la incorporación del criterio de cambio climático **refuerza la selección de A1** como alternativa preferente, al demostrar mayor resiliencia ante las amenazas climáticas proyectadas para el horizonte 2050-2100.

Análisis de sensibilidad climática:

Para validar la robustez de la selección, se evaluó A1 bajo escenario climático extremo (RCP 8.5 – altas emisiones):

CONSULTA PÚBLICA

Amenaza	Escenario RCP 4.5 (base)	Escenario RCP 8.5 (extremo)	Desempeño a1
ENMM 2100	+0.52 m	+0.84 m	Margen: +1.66 m (adecuado)
Ciclones cat. 5	Frecuencia: 1/20 años	Frecuencia: 1/10 años	Protección dimensional adecuada
Temperatura agua	+2.5°c	+3.8°c	Circulación mejorada compensa parcialmente
Blanqueamiento coralino	N/a (no hay coral)	N/a	N/a

Incluso bajo escenario extremo RCP 8.5, a1 mantiene desempeño aceptable, aunque se recomienda revisión de criterios de diseño cada 10 años (monitoreo adaptativo).

CONSULTA PÚBLICA

VII.5.2 Alternativas técnicas (rediseño para la ampliación portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán)

Alternativa 0 (A_0)

La alternativa cero se refiere a la no construcción del proyecto de ampliación portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Bajo este escenario, las condiciones operativas y ambientales del sistema portuario de Manzanillo y del ecosistema lagunar permanecerían en su estado actual, con las dinámicas de cambio que se describen a continuación.

Actualmente, el puerto de Manzanillo, administrado por la Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo, S.A. de C.V. (ASIPONA), presenta las siguientes características operativas documentadas en el Plan Maestro de Desarrollo Portuario (PMDP) 2020-2040:

- Capacidad operativa:
  - Capacidad instalada: 3.6 millones de TEUs/año (SCT, 2021)
  - Movimiento actual: 3.4 millones de TEUs/año (2024), representando 94.4% de ocupación

- Crecimiento promedio últimos 10 años: 4.8% anual (API Manzanillo, 2024)
- Proyección de saturación: 2026-2027 sin ampliación (PMDP, 2020)

➢ Limitaciones físicas:
- Área disponible para expansión en San Pedrito: 0 ha (100% ocupado)
- Profundidad actual canal de navegación: -16.5 m (limita buques a 12,000 TEUs)
- Longitud de atraque disponible: 2,840 m (insuficiente para demanda proyectada)
- Tasa de ocupación de muelles: 87% (por encima del 70% recomendado por UNCTAD, 2021)

➢ Congestión operativa:
- Tiempo promedio de estadía de buques: 28.6 horas (estándar internacional: <24 horas)
- Saturación vial interna: 120 camiones/hora en hora pico (capacidad: 90 camiones/hora)
- Tiempo de permanencia de contenedores en patio: 7.2 días (óptimo: 4-5 días)

➢ Condiciones ambientales actuales del Vaso II. Bajo el escenario A0, el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán mantendría las condiciones hidrodinámicas, de Biodiversidad, Calidad del Agua y otras documentadas en otros capítulos e investigaciones,

Análisis de tendencias sin proyecto

Tendencia 1: Deterioro progresivo del ecosistema lagunar (escenario tendencial negativo)

Diversos estudios científicos y registros de monitoreo documentan procesos de degradación ambiental en curso en la Laguna de Cuyutlán, independientes del proyecto portuario:

Azolvamiento progresivo:

- Tasa de sedimentación: 2.3-3.1 cm/año en zonas someras (Ruiz-Fernández et al., 2016)
- Pérdida de profundidad media: 0.08 m/década (extrapolación de datos batimétricos 1990-2020)
- Causas: aportes sedimentarios del Río Armería (16,000 ton/año), erosión de márgenes, actividad salinera histórica

Contaminación creciente:

- Incremento de coliformes fecales: +3.2% anual (2015-2024) por crecimiento urbano sin saneamiento adecuado
- Eutrofización incipiente: incremento de nitratos (NO_3+NO_2) de 15.3 mg/L (2015) a 19.83 mg/L (2024)
- Fuentes: descargas domésticas de Campos, Cuyutlán y El Real (población: 8,432 habitantes según INEGI, 2020)

CONSULTA PÚBLICA

Pérdida de manglar:

- Tasa de deforestación histórica: -0.8% anual (1990-2010) según CONABIO (2020)
- Causas: expansión agrícola, salineras abandonadas, cambio climático (incremento de salinidad)
- Proyección: sin medidas de restauración, pérdida adicional de 12-15 ha para 2040

Disminución poblaciones faunísticas:

- Cocodrilos: reducción del 12% poblacional 2010-2020 (Cupul-Magaña et al., 2020)
- Tortugas marinas: disminución de 18% en nidos 2015-2024 (de 261 a 214 nidos/año)
- Causas: perturbación humana, depredación por fauna feral, degradación de hábitat

Tendencia 2: Insuficiencia portuaria y transferencia de carga a otros puertos (escenario económico negativo)

Demanda no atendida:

Según el PMDP (2020) y proyecciones de la SCT (2021), sin ampliación de capacidad:

- **2026**: Déficit de 0.2 millones de TEUs (demanda 3.8 M, capacidad 3.6 M)
- **2030**: Déficit de 1.1 millones de TEUs (demanda 4.7 M, capacidad 3.6 M)
- **2040**: Déficit de 3.2 millones de TEUs (demanda 6.8 M, capacidad 3.6 M)

Consecuencias económicas:

1. **Transferencia de carga a puertos competidores:**
    - Lázaro Cárdenas (Michoacán): absorción estimada de 40-50% del déficit
    - Ensenada (Baja California): 20-30%
    - Puertos estadounidenses (Long Beach, Los Angeles): 15-20%
2. **Pérdida de competitividad regional:**
    - Incremento de costos logísticos: +12-18% por mayor distancia a centros de consumo
    - Pérdida estimada de PIB para región Pacífico Centro: $420-580 millones USD/año para 2030 (CEPAL, 2019)
    - Empleos no generados: 3,200-4,500 directos + 9,600-13,500 indirectos para 2030

CONSULTA PÚBLICA

3. **Congestión urbana:**
    - Permanencia de saturación vial actual en zona portuaria de San Pedrito
    - Tiempos de traslado puerto-ciudad: incremento de 35 minutos actuales a 50-60 minutos (2030)
    - Impacto en calidad de vida de 42,000 habitantes de Manzanillo centro

Tendencia 3: Presión sobre otros ecosistemas para desarrollo alternativo (escenario de desplazamiento de impactos)

La no ejecución del proyecto en el Vaso II no elimina la necesidad de expansión portuaria. Escenarios alternativos considerados por la SCT (2019) implicarían:

Opción 1: Expansión hacia Laguna de Juluapan (Alternativa A5 evaluada):

- Afectación a ecosistema actualmente prístino (sin intervención previa)
- Pérdida de 18-22 ha de manglar en mejor estado de conservación
- Mayor erosión costera (zona expuesta, sin protección natural)
- Conflicto con actividad turística consolidada (hoteles, restaurantes)

Opción 2: Expansión en zona terrestre hacia el interior:

- Remoción de 80-120 ha de selva baja caducifolia
- Desplazamiento de comunidades rurales (estimado: 180-220 familias)
- Necesidad de túneles o puentes elevados (costo +40%, impacto visual alto)
- Fragmentación de corredor biológico regional

Opción 3: No expansión y saturación permanente:

- Consecuencias económicas descritas anteriormente
- Presión sobre ecosistemas costeros por desarrollo urbano/turístico no planificado
- Pérdida de gobernanza sobre transformación territorial

Evaluación multicriterio del escenario A0

Dimensión ambiental: Calificación 4.75/5.0 (Muy Alta)

CONSULTA PÚBLICA

Justificación:

- **Positivo**: Ausencia de impactos directos por construcción (dragado, rellenos, remoción de vegetación)
- **Negativo**: Perpetuación de procesos de degradación tendencial (azolvamiento, eutrofización, pérdida de manglar por causas externas)
- **Neto**: El ecosistema mantiene su funcionalidad actual, aunque con deterioro gradual estimado en -0.5 a -1.0% anual de servicios ecosistémicos según metodología de Costanza et al. (2014)

Dimensión socioeconómica: Calificación 1.10/5.0 (Muy Baja)

Justificación:

- **Generación de empleo**: 0 empleos adicionales (vs 3,200-4,500 directos con proyecto)
- **Desarrollo regional**: Pérdida de competitividad portuaria, transferencia de actividad económica a otras regiones
- **Conflicto social**: Bajo (sin afectación a comunidades), pero pérdida de expectativas de empleo en población local

Dimensión técnica: Calificación 4.90/5.0 (Muy Alta)

Justificación:

- **Factibilidad**: 100% (no requiere inversión ni construcción)
- **Riesgos técnicos**: Nulos (*status quo*)
- Pero: No resuelve necesidad de infraestructura ni cumple objetivo de proyecto

Calificación global A0: 3.69/5.0 (Categoría: Alta compatibilidad ambiental)

Razones para descarte de A0 a pesar de mayor compatibilidad ambiental

A pesar de obtener la calificación más alta (3.69), la Alternativa A0 resulta inviable por las siguientes razones de política pública e interés estratégico nacional:

1. Mandato legal de infraestructura estratégica:

El Artículo 5° de la Ley de Puertos (DOF, 2022) establece que "la Marina mercante y la infraestructura portuaria son áreas prioritarias para el desarrollo nacional". El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (y subsecuentes) identifica la ampliación de Manzanillo como proyecto estratégico para:

CONSULTA PÚBLICA

- Reducir costos logísticos nacionales (actualmente 15.7% del PIB vs 8-9% en países OCDE)
- Fortalecer cadenas de suministro México-Asia-Pacífico
- Generar empleos en región con índice de marginación medio (CONAPO, 2020)

2. Insustentabilidad de la saturación portuaria:

La teoría de capacidad portuaria (Meersman et al., 2010) establece que operar por encima del 85% de capacidad durante períodos prolongados genera:

- Externalidades negativas crecientes (congestión, retrasos, costos adicionales)
- Pérdida de competitividad exponencial (no lineal)
- Riesgo de colapso operativo ante contingencias (huracanes, huelgas, pandemias)

3. Principio de desarrollo sustentable vs prohibición absoluta:

El Artículo 3° fracción XI de la LGEEPA define desarrollo sustentable como "el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales" (Cámara de Diputados, 2024).

Esta definición implica que:

- La protección ambiental NO es absoluta cuando existen necesidades sociales y económicas legítimas
- La clave es el EQUILIBRIO entre dimensiones, no la prohibición de toda intervención
- El proyecto debe demostrar que aplica "medidas apropiadas" de mitigación y compensación

4. Jerarquía de alternativas según metodología de mitigación:

La jerarquía de mitigación establecida en el Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP, 2012) y adoptada por SEMARNAT (2014) establece:

1. **Evitar**: Considerado (alternativas de sitio A2-A5 evaluadas)
2. **Minimizar**: Aplicable (diseño AT3 reduce impactos vs AT1-AT2)
3. **Restaurar**: Aplicable (restauración de 171.26 ha de manglar, ratio 8:1)

CONSULTA PÚBLICA

4. **Compensar**: Aplicable (acciones adicionales en área de influencia)

La alternativa A0 aplicaría solo el nivel 1 (evitar al 100%), pero esto no es requerido ni deseable cuando los niveles 2-4 pueden lograr **no pérdida neta de biodiversidad** (objetivo de política pública internacional, CBD, 2022).

Conclusión sobre A0:

La Alternativa A0 se descarta **no por insuficiencia ambiental**, sino porque:

1. No cumple el objetivo del proyecto (ampliar capacidad portuaria)
2. Genera consecuencias socioeconómicas negativas significativas
3. No evita impactos ambientales (solo los desplaza temporal o espacialmente)
4. El marco de desarrollo sustentable permite proyectos con impactos mitigables cuando existe interés público superior

Por tanto, **la evaluación se enfoca en seleccionar la mejor alternativa CON proyecto** (A1-A5, AT1-AT3), siendo A0 la línea base de comparación más que una opción viable

Para la evaluación de esta alternativa se muestra el sitio donde se propone hacer el proyecto para mostrar el riesgo por inundación de marea tormenta por ocurrencia de ciclones tropicales, alcance de cota máxima por ocurrencia de tsunamis y erosión anual (Figura VII. 92).

CONSULTA PÚBLICA

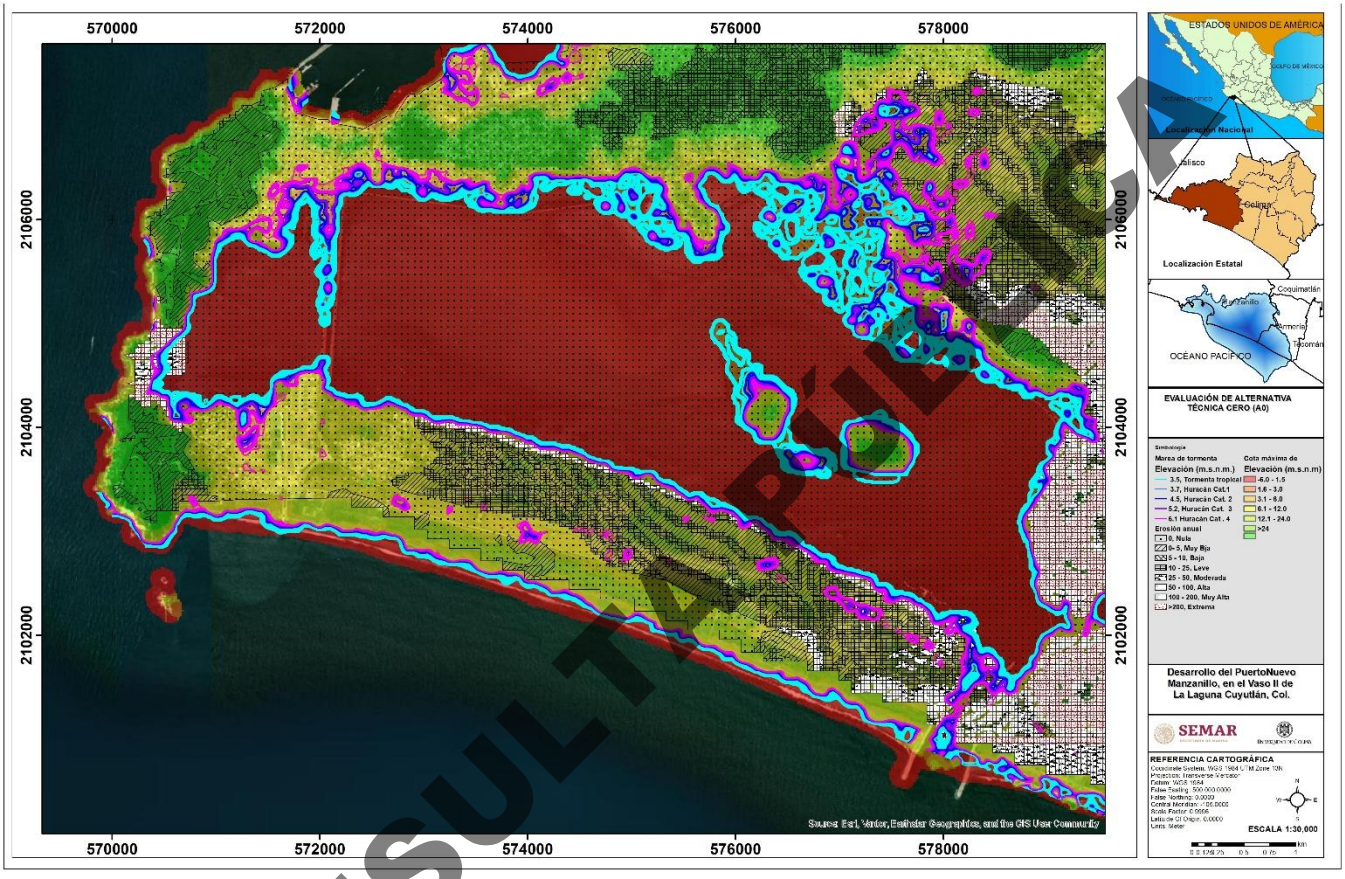


Figura VII. 92. Alternativa cero (A_0).

CONSULTA PÚBLICA

Alternativa 1 (A_1)

Desde el punto de vista técnico, la alternativa representa una expansión portuaria interior sobre el vaso lagunar No. II de Cuyutlán, estructurada a partir de un nuevo frente de atraque lineal dispuesto paralelamente a la barra costera, con el objetivo de no afectar a las Islas Cocodrilo I y II (Figura VII. 93).

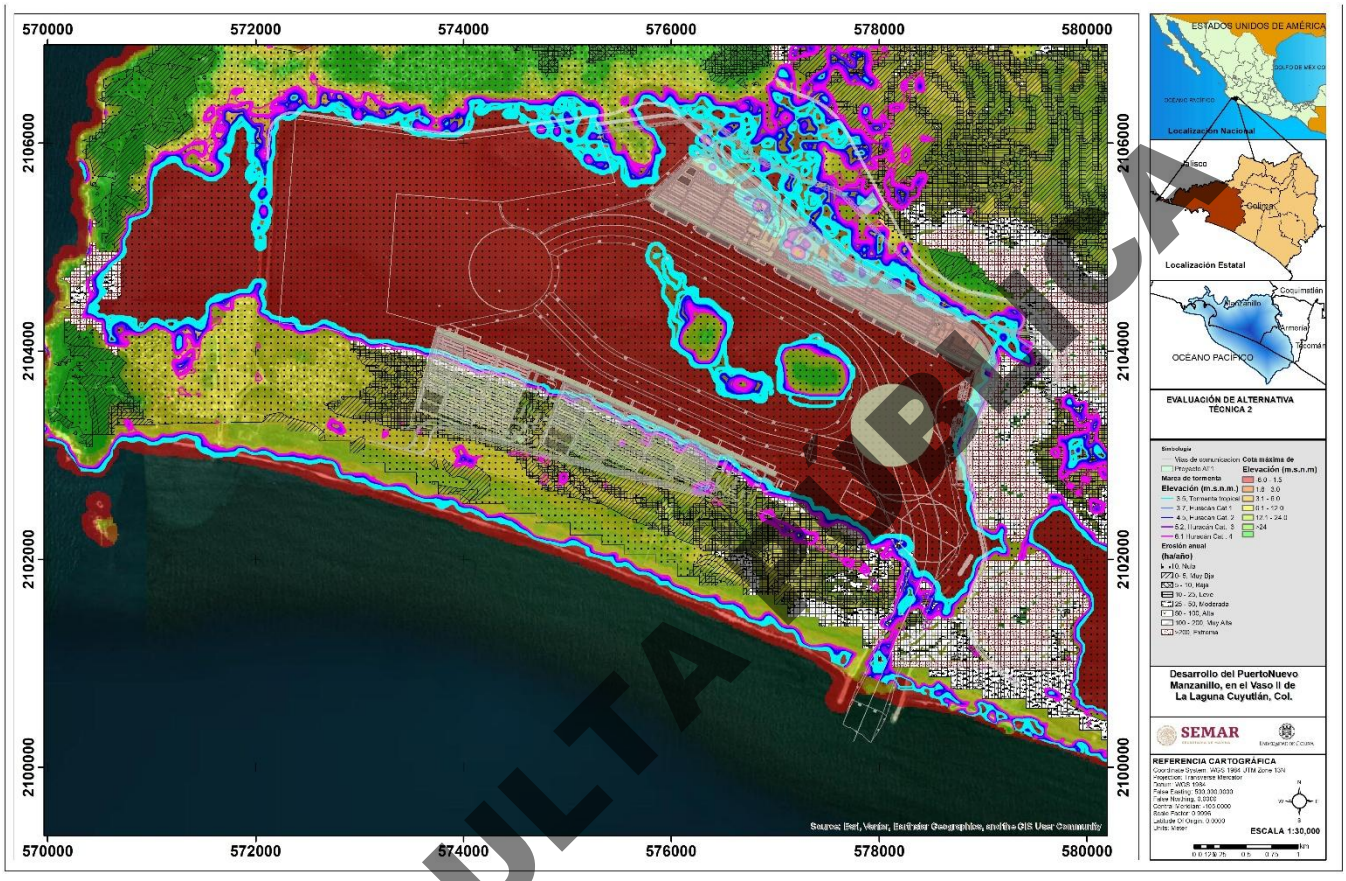


Figura VII. 93 Alternativa técnica 1 (AT1).

La Alternativa Técnica 1 muestra una alineación continua de muelles rectos con múltiples posiciones de atraque, asociadas a amplias explanadas de contenedores organizadas en módulo ortogonales. Vialidades longitudinales y transversales que permiten circulación interna de equipo portuario pesado (grúas RTG o sistemas automatizados), y una zona central destinada a servicios operativos y control. La configuración se ha planteado como un desarrollo por etapas, dado que los módulos de patio se repiten con superficies del orden de decenas de miles de metros cuadrados, lo que indica una estrategia de crecimiento progresivo dentro del polígono de reserva. Las áreas de navegación incorporan una dársena interior con un círculo de maniobra claramente delimitado con un diámetro de 800 m, para la operación de buques de 400 m de eslora con capacidad de giro asistido. A diferencia de la propuesta original, esta se ha planteado de tal forma que no interfiera con las Islas Cocodrilo I y II,

CONSULTA PÚBLICA

ya que se plantea el desarrollo portuario en la margen sur de la Lagun de Cuyutlán, en una franja paralela a la línea de costa, lo que requiere se realicen rellenos confinados entre la laguna y la barra arenosa.

En términos de uso de suelo y vegetación, la propuesta requiere de una transición de uso de suelo predominantemente natural a industrial-portuario, con efectos acumulativos que deben evaluarse no sólo por la huella directa del relleno sino por la reorganización de flujos terrestres y marítimos, la generación de infraestructura complementaria y la posible expansión futura dentro del mismo polígono. En síntesis, la alternativa de desarrollo en Cuyutlán No. I corresponde a una solución técnicamente coherente para ampliar capacidad portuaria mediante áreas interiores de navegación, frente lineal de atraque y amplios patios modulares, con operación potencial para buques de gran tamaño. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental implica una reconfiguración del sistema lagunar que requiere control hidrodinámico y evaluación detallada para asegurar su estabilidad.

Alternativa Técnica 2 (A_{T2})

La alternativa técnica AT2 del Proyecto Arquitectónico de Redimensionamiento (PAR-PNM) muestra una configuración distinta respecto a la primera, al concentrar el desarrollo en un esquema más estructurado en torno a la dársena central de ciaboga y un frente de atraque segmentado por terminales en el costado oeste del vaso No. II de la laguna. El diseño presenta muelles en escuadra que genera una envolvente casi ortogonal alrededor del área operativa, lo que permite múltiples posiciones de atraque distribuidas en tramos rectos. Esta geometría facilita la especialización funcional por terminal y la posible concesión por fases, ya que cada tramo puede operar relativamente independiente del resto. A2 evidencia un esquema de patios modulares bien organizados, con una retícula de almacenamiento alineada paralelamente al frente de atraque. Se presentan conexiones viales en el extremo sur que articula el recinto con infraestructura externa, así como un distribuidor vehicular principal. La disposición sugiere una planificación logística integral que contempla accesos controlados y posible integración ferroviaria futura. Además, se incluye una zona de bajo calado para embarcaciones menores que tiene una superficie de 490,303.01 m² y llegará a la cota -16.5, donde se realizará un corte de roca para desplantar el muro de contención que confinará esta área. Se construirá un área llamada de talud de bajo calado que estará en la cota -5, cuya superficie es de 77,831.98 m² y que funcionará como amortiguamiento para estabilizar el sedimento y evitar derrumbes (Figura VII. 94).

CONSULTA PÚBLICA

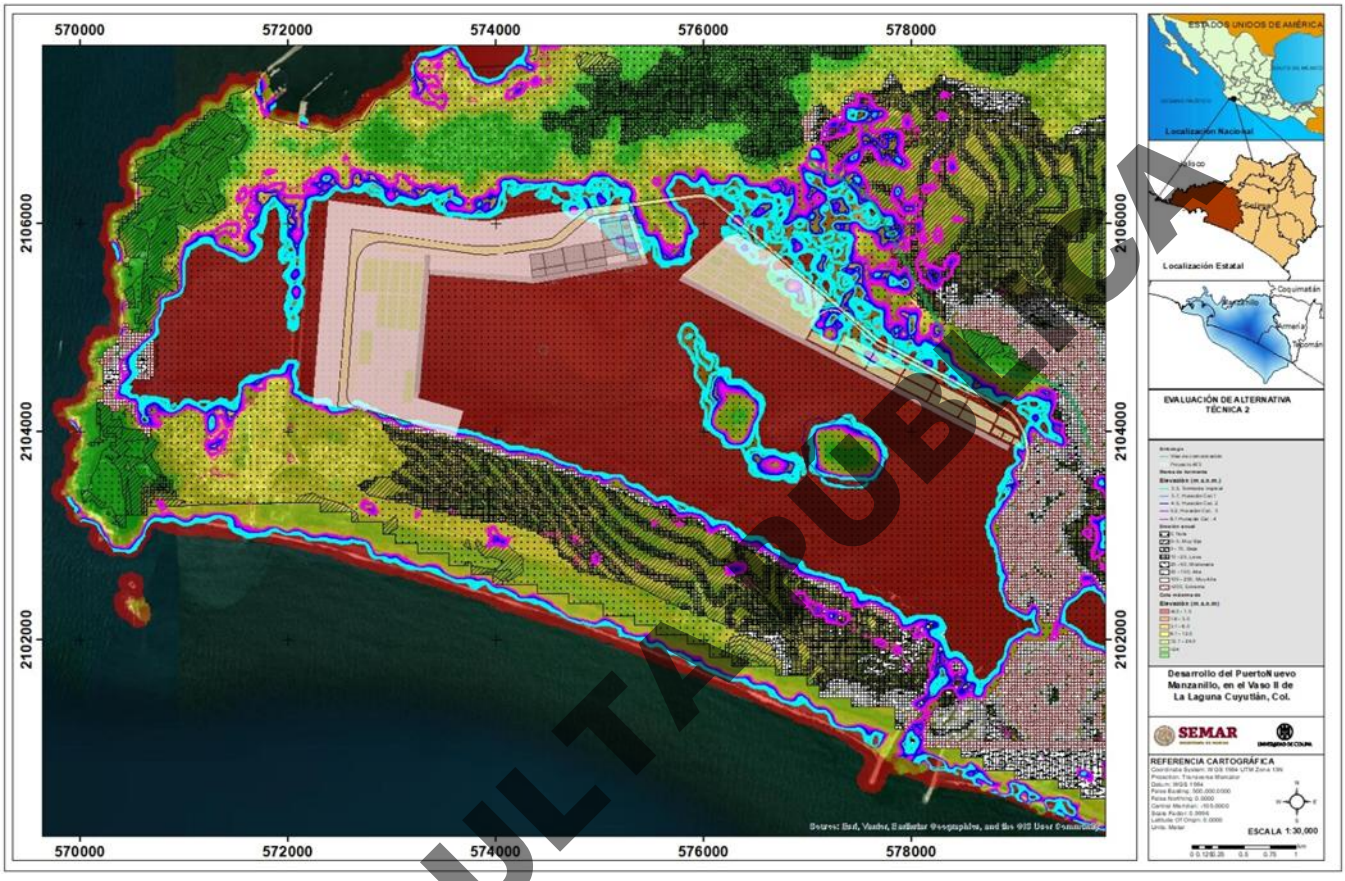


Figura VII. 94. Alternativa de sitio 2 (A_2).

CONSULTA PÚBLICA

Alternativa técnica 3 (A_{T3})

La Alternativa 3 (Figura 92) del PAR-PNM muestra similitud con A_2, la principal diferencia es que el control aduanero se realiza en el interior de cada terminal, con lo cual se logra reducir la afectación hacia las zonas de mangle que existe en la laguna. a configuración del frente de atraque es lineal en el costado norte y oeste de la laguna, con patios de contenedores adyacentes organizados en retícula ortogonal. Esto confirma que A_{T3} busca consolidar un corredor integrando por terminales especializadas de contenedores con las futuras terminales de hidrocarburos y posiblemente con el tráfico de cabotaje.

La presencia de áreas marcadas como “Áreas de Desarrollo Portuario” y la proximidad a Ejido de Campos evidencian que el proyecto se inserta en un entorno mixto industrial–rural. El esquema vial perimetral y el acceso principal sugieren una conexión directa con infraestructura Terrestre estratégica, lo cual es coherente con una plataforma logística de gran escala. La

organización espacial es más alargada que en la segunda alternativa, extendiéndose longitudinalmente a lo largo de la barra costera, pero con una dársena central que articula los distintos tipos de terminal (Figura VII. 95).

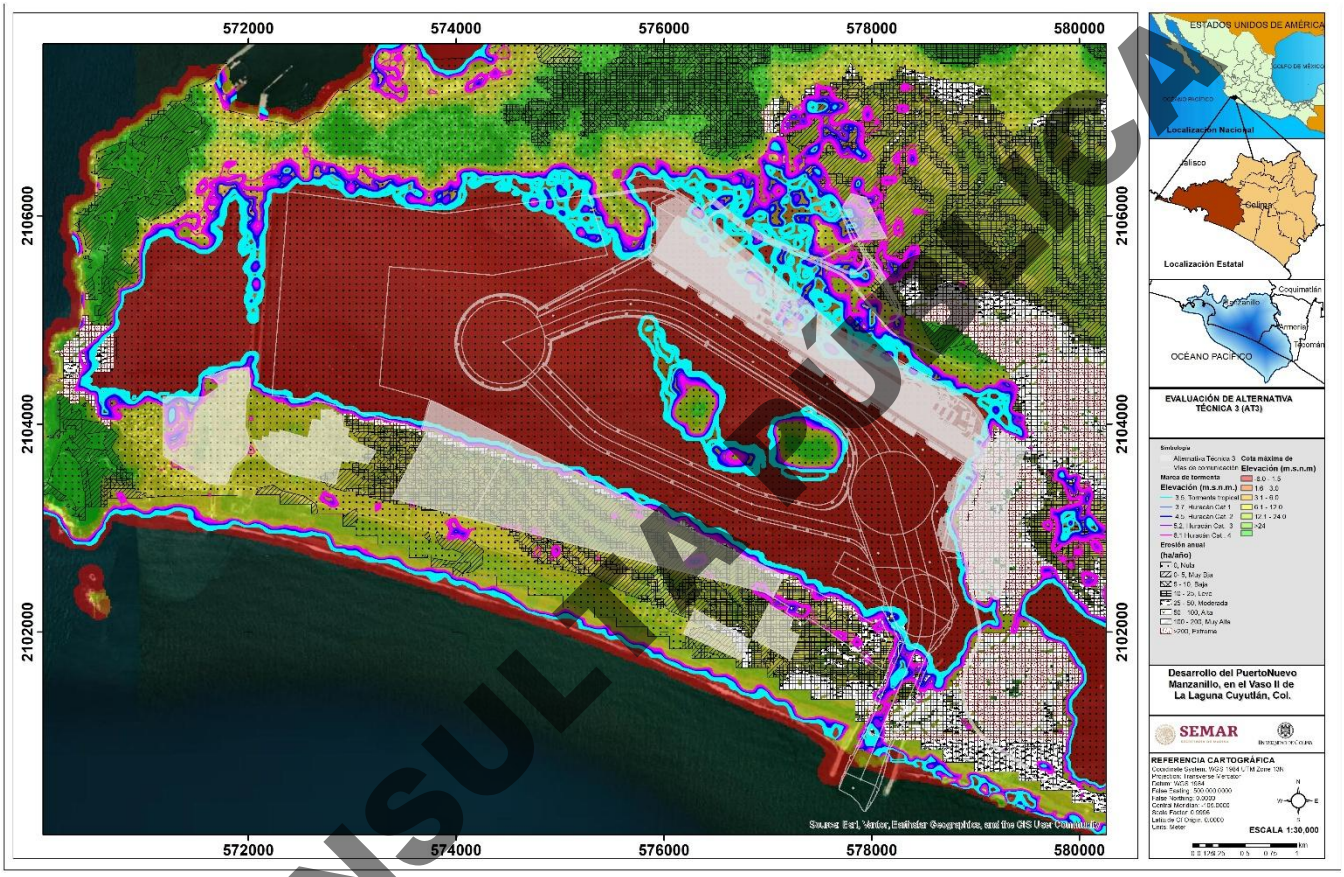


Figura VII. 95. Alternativa de sitio 3 (A_{T3}).

Selección y evaluación de criterios

Para la ponderación de criterios se diseñó una matriz de compatibilidad ambiental (MCA) y una matriz multidimensional (incluye dimensión ambiental y técnico y socioeconómica) de alternativas de proyecto **(Branne & Cipponeri, 2024)**.

CONSULTA PÚBLICA

Para la MCA de alternativas **A_0, A_{T1}, A_{T2},** y **A_{T1}** los criterios de comparación a considerar serán divididas en 3 grupos:

- Criterio ambiental (: configuración general, hidrodinámica del sistema lagunar, calidad del agua, biodiversidad y afectación de hábitat, superficie de manglar a afectar, generación de residuos y emisiones, riesgo de inundación o erosión y degradación del paisaje.
- Criterio técnico: Configuración general, eficiencia náutica, eficiencia logística interna, complejidad constructiva, riesgos técnicos principales y tipo de operación predominante.
- Criterio socioeconómico: Generación de empleo, Conflicto social, consto de construcción, operación y mantenimiento.

Las características de cada alternativa por criterio son mostradas en Tabla VII. 58.

Tabla VII. 58. Características de las alternativas para cada criterio de comparación.

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
CRITERIO AMBIENTAL				
Superficie lagunar a afectar	Sin afectación	Alta ocupación directa y relleno distribuido.	Alta, pero más concentrada espacialmente.	Alta, pero más concentrada espacialmente.
Hidrodinámica del sistema lagunar.	Vaso II: Profundidad media 1.68m Influencia directa por intercambio de marea directa por el canal Tepalcates e indirecta por el Vaso I (flujos interiores de cuenca el Colomo) y flujo de arroyo Zacate en época de lluvias. Desde el punto de vista hidrodinámico, el Vaso II actúa como un reservorio principal y zona de mezcla, donde convergen el agua marina, el agua lagunar y los aportes superficiales. Propagación de marea (-0.08 a 0.16 m/s)	Modificación interna del vaso lagunar sin cambio estructural del régimen mar–laguna	Similar a la Alternativa 1, pero potencialmente más controlable por concentración espacial	Similar a la Alternativa 1, pero potencialmente más controlable por concentración espacial
Calidad del agua.	**Coliformes:** Las concentraciones de coliformes totales en 2024 tuvieron una media mínima que se registró en febrero con 365.9 ± 452.0 NMP/100 ml y la máxima en diciembre con 4116.9 ±	Calidad del agua: La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua respecto a la línea base documentada en el Capítulo IV, que establece valores	La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades de la construcción del proyecto	La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades de la

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
	6948.9 NMP/100 ml. De coliformes fecales se registró una media mínima en noviembre con 10.6 ± 2.4 NMP/100 ml y la máxima en junio con 414.1 ± 1044.9 NMP/100 ml. **Grasas y aceites:** En 2024 los valores más altos de grasas y aceites oscilaron entre 13.7 y 16.7 mg/L. En cuanto a los **indicadores ambientales**, se encontró que las concentraciones de contaminantes y otros parámetros fisicoquímicos en el agua se encuentran dentro de los rangos establecidos por las autoridades.	promedio de: temperatura 26.4-27.3°C, salinidad 36.36 UPS, oxígeno disuelto 4.04 mg/L, turbidez 10.26 NTU. Los impactos proyectados durante la fase de construcción incluyen incrementos de turbidez de 150-300 NTU (294-2,817% respecto a línea base) y disminución temporal de oxígeno disuelto de 15-25% (Capítulo V). tales como dragado, descarga de material, corte de roca, colocación de elementos como tablestacado, muro de contención y membrana geotextil. Sedimentación y turbidez: Durante la ejecución del proyecto se modificará el padrón de circulación y la dinámica de sedimentos. La construcción del tablestacado y el muro de contención confinará el sedimento de la zona de relleno con talud inestable de material.		construcción del proyecto
Biodiversidad y afectación de hábitat.	La **vegetación** de dunas costeras se ubica en la zona colindante con el mar en forma de franja (dunas). La SBC se ubica mayormente detrás del manglar. La vegetación halófila hidrófila se ubica al interior de la laguna ocupación que es variable conforme crece o baja el nivel del agua en la laguna, ubicándose mayormente dentro de los vasos III y IV.	Impacto ecosistémico relativo muy alto. Afecta laguna, barra costera y dinámica litoral. **Fauna terrestre**: La formación de caminos temporales modificará el hábitat de la fauna terrestre, también afectará las rutas de conectividad, y por tanto las poblaciones faunísticas incluyendo las especies prioritarias de la	Impacto ecosistémico relativo alto, por pérdida de hábitat lagunar **Vegetación**: La vegetación afectada en el Vaso II será: De selva baja caducifolia *** ha, De vegetación halófila *** ha	Impacto ecosistémico relativo alto, por pérdida de hábitat lagunar **Vegetación**: La vegetación afectada en el Vaso II será: De selva baja caducifolia *** ha,

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
	Fauna en Vaso II: *Crocodylus acutus*: 74 individuos en 2022, 27 individuos en 2023 y 77 individuos en 2024. Fitoplancton y zooplancton (abundancia): Se tiene registrado un total de 38 grupos fitoplanctónicos. **Peces**: Se colectaron 2,424 organismos en muestreos realizados de 2008 al 2025. Se identificaron un total de 47 especies, pertenecientes a 37 géneros y 25 familias. **Malacacofauna**. 26 especies del *filo Mollusca*, la clase más abundante fue la gasterópoda con el 57.69% y 15 especies, seguida de la clase bivalva con 38.46% y 10 especies y, la clase *Scaphopada* representada con solo 1 especie con un porcentaje de 3.85%. En el muestreo se registró un total de 586 organismos. 26 especies del *filo Mollusca*, 15 especies, seguida de la clase *bivalva* y 10 especies y, la clase *Scaphopada* 1 especie con un porcentaje de 3.85%. En el muestreo se registró un total de 586 organismos.	NOM-059-SEMARNAT-2010. **Biodiversidad marina**: Las condiciones ambientales de la Laguna de Cuyutlán podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto y afectar a las comunidades de zooplancton, fitoplancton. Las actividades de dragado provocarán la remoción de individuos afectando las poblaciones bentos y organismos intermareales. Los efectos del ruido y las vibraciones de la maquinaria para dragado podrían afectar la población de ictiofauna. Y en general la biodiversidad marina podría ser afectada por los cambios en la calidad del agua, así como los posibles derrames e inadecuada gestión de los residuos ya que puede llevar a cambios fisicoquímicos La modificación del canal, pueden afectar la distribución de las diferentes especies.	**Fauna terrestre**: La formación de caminos temporales modificará el hábitat de la fauna terrestre, también afectará las rutas de conectividad, y por tanto las poblaciones faunísticas **Biodiversidad marina**: Las condiciones ambientales de la Laguna de Cuyutlán podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto y afectar a las comunidades de zooplancton, fitoplancton. Las actividades de dragado provocarán la remoción de individuos afectando las poblaciones bentos y organismos intermareales. Los efectos del ruido y las vibraciones de la maquinaria para dragado podrían afectar la población de ictiofauna. La modificación del canal puede afectar la distribución de las diferentes especies	De vegetación halófila **** ha **Fauna terrestre**: La formación de caminos temporales modificará el hábitat de la fauna terrestre, también afectará las rutas de conectividad, y por tanto las poblaciones faunísticas **Biodiversidad marina**: Las condiciones ambientales de la Laguna de Cuyutlán podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto y afectar a las comunidades de zooplancton, fitoplancton. Las actividades de dragado provocarán la remoción de individuos afectando las poblaciones bentos y organismos intermareales. Los efectos del ruido y las vibraciones de la maquinaria para dragado podrían afectar la población de ictiofauna. La modificación del canal puede afectar la distribución de las diferentes especies

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
Superficie de manglar a afectar.	Sin afectación Manglar en el Vaso II (207 ha.)	La vegetación afectada de manglar en el Vaso II será: 20.83 ha.	La vegetación afectada de manglar en el Vaso II será: 15.80 ha.	La vegetación afectada de manglar en el Vaso II será: 21.87 ha.
Generación de residuos y emisiones.	Sin afectación	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}$/PM_{10}que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión Afectación de vegetación: SBC 1.35 ha SV-SB 8.33 HA	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}$/PM_{10}que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión. Afectación de vegetación: SBC 1.62 ha SV-SB 0.83 ha	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}$/PM_{10}que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión. Afectación de vegetación: SBC 8.98 ha SV-SB 24.80 ha
Riesgo de inundación o erosión.	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II)

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
Degradación del paisaje.	Afectación a fragilidad visual Visibilidad: Llanura costera con proximidad al mar, puntos elevados con visibilidad a las lagunas. Los factores que afectan la visibilidad son el área de manglar, condiciones climáticas y transparencia atmosférica. Calidad visual: Paisaje atractivo por presencia de aves y fauna. Fondo escénico formando por dunas costeras y colinas bajas en el horizonte con una gran extensión de agua en contraste con la vegetación densa. Fragilidad visual: Afectada por la biodiversidad sensible como la alteración de las condiciones ambientales de manglares y humedales, construcción de infraestructura cerca de la laguna	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades antropogénicas	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades antropogénicas	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades antropogénicas
CRITERIO SOCIECONOMICO				
Generación de Empleo	Sin inversión/ Sin empleo temporal.	Generación de empleo temporal (Alta)	Generación de empleo temporal (Alta)	Generación de empleo temporal (Alta)
Conflicto social	Sin conflicto social	Conflicto social (Muy alto)	Conflicto social (Muy alto)	Conflicto social (Muy alto)
Costo de Construcción, operación y mantenimiento	Sin costo de construcción	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
CRITERIO TÉCNICO				
Configuración general	Sin afectación (No aplica)	Desarrollo longitudinal extendido sobre el vaso lagunar con frentes lineales continuos y patios modulares repetitivos.	Terminales especializadas con frentes sectorizados por terminal y organización más jerarquizada. Punto de revisión aduanero fuera del área operativa de terminales.	Terminales especializadas con frentes sectorizados por terminal y organización más jerarquizada. Punto de revisión aduanero fuera del área operativa de terminales.

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
				Alta
Eficiencia náutica	Sin afectación (No aplica)	Adecuada	Alta	Muy alta
Eficiencia logística interna	Sin afectación (No aplica)	Buena escalabilidad, pero mayor dispersión espacial y recorridos internos más largos.	Alta eficiencia por compactación y mejor organización de patios y accesos.	Alta eficiencia por compactación y mejor organización de patios y acceso
Complejidad constructiva	Sin afectación (No aplica)	Alta, principalmente por volumen de relleno y dragado	Alta, principalmente por volumen de relleno y dragado.	Alta, principalmente por volumen de relleno y dragado.
Riesgos técnicos	Sin afectación (No aplica)	Asentamientos en rellenos, dragado de mantenimiento, sedimentación interna	Asentamientos en rellenos, dragado de mantenimiento, sedimentación interna	Asentamientos en rellenos, dragado de mantenimiento, sedimentación interna

VII.5.2.1 Fundamentación de criterios y ponderaciones

Justificación del sistema de ponderación dimensional

La evaluación multidimensional de alternativas asigna pesos diferenciados a tres dimensiones de análisis: ambiental (50%), socioeconómica (30%) y técnica (20%). Esta distribución se fundamenta en los siguientes criterios metodológicos y normativos:

- Dimensión ambiental: 50%

  La asignación del mayor peso relativo a criterios ambientales responde a:

  Fundamento legal:

  - El Artículo 1° de la LGEEPA establece como objeto de la ley "propiciar el desarrollo sustentable" y "la preservación y restauración del equilibrio ecológico" como prioridades de política pública (Cámara de Diputados, 2024).
  - El Artículo 28 de la misma ley establece que los proyectos sujetos a evaluación de impacto ambiental deben demostrar que "las alternativas consideradas presentan la menor afectación al equilibrio ecológico".
  - La fracción IV del Artículo 35 del Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental especifica que la evaluación debe identificar "las alternativas evaluadas, justificando la seleccionada con base en aspectos ambientales" (DOF, 2014).

CONSULTA PÚBLICA

Fundamento técnico:

- Estudios de análisis de decisión multicriterio para proyectos de infraestructura en ecosistemas sensibles recomiendan asignar pesos entre 40-60% a criterios ambientales cuando el proyecto se ubica en áreas con especies protegidas y ecosistemas críticos (Saaty, 2008; Cinelli et al., 2014).
- La metodología PROMETHEE II para evaluación de proyectos portuarios aplicada en estudios internacionales asigna ponderaciones ambientales del 45-55% para puertos en zonas de manglar (Brans & Mareschal, 2005).

Fundamento contextual:

- La presencia confirmada de manglar, poblaciones de Crocodylus acutus (especie en protección especial NOM-059) y zonas de anidación de tortugas marinas justifica la priorización de criterios de conservación.
- El sitio cumple con 6 de 9 criterios Ramsar para humedales de importancia internacional, lo que evidencia su alta sensibilidad ecológica (Ramsar Convention Secretariat, 2018).

- 2. Dimensión socioeconómica: 30%

La asignación de 30% a criterios socioeconómicos reconoce:
Necesidad de viabilidad social:

- El proyecto genera expectativas y preocupaciones en comunidades del área de influencia (Capítulo III), requiriendo una evaluación robusta de impactos sociales.
- La metodología de evaluación social del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para proyectos de infraestructura recomienda ponderaciones sociales del 25-35% cuando existen conflictos potenciales con comunidades locales o sectores productivos tradicionales (BID, 2020).

Viabilidad económica:

- La factibilidad económica constituye un requisito para la autorización de proyectos de infraestructura estratégica según la Ley de Asociaciones Público-Privadas (DOF, 2012).
- El análisis costo-beneficio es requerido por el Artículo 34 de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria para proyectos de inversión pública (Cámara de Diputados, 2023).

CONSULTA PÚBLICA

- 3. Dimensión técnica: 20%

  Los criterios técnicos reciben el menor peso relativo (20%) porque:
  Función verificadora:

  - Los criterios técnicos (área disponible, profundidad, distancias a infraestructura) funcionan como restricciones mínimas más que como factores decisorios (Keeney & Raiffa, 1993).
  - Todas las alternativas evaluadas cumplen con requisitos técnicos mínimos establecidos en la normativa portuaria (NOM-001-SCT2-2020), por lo que las diferencias son marginales.

  Precedente metodológico:

  - La metodología de evaluación de proyectos de la CEPAL asigna pesos técnicos del 15-25% cuando las alternativas son técnicamente viables y las diferencias radican en aspectos ambientales y sociales (CEPAL, 2017).

Justificación de pesos específicos dentro de la dimensión ambiental

Dentro de la dimensión ambiental, la ponderación técnica se distribuye de manera proporcional a la relevancia ecológica y la magnitud de los impactos previstos. Se asigna un 25% relativo (12.5% absoluto) tanto a la superficie de manglar a afectar como a la biodiversidad y hábitat, dado que se trata de un ecosistema prioritario conforme a la NOM-059 y con presencia de especies protegidas de importancia Ramsar, cuya afectación se considera de alta irreversibilidad. El volumen de dragado y la profundidad, así como la calidad del agua, reciben cada uno un 13% relativo (6.5% absoluto), en función de la magnitud de la remoción de sustrato y del efecto directo sobre la biota acuática y la salud ecosistémica. Factores de menor incidencia, como la hidrodinámica del sistema lagunar, la generación de residuos y emisiones, el riesgo de inundación o erosión, y la degradación del paisaje, se ponderan con un 6% relativo (3% absoluto cada uno), al tratarse de impactos indirectos, temporales o perceptuales, con disponibilidad de medidas de mitigación y adaptación. En conjunto, la distribución asegura que el 50% asignado a la dimensión ambiental refleje un balance entre criterios de alta prioridad ecológica y aquellos de menor peso relativo, garantizando una evaluación integral y jerarquizada de los impactos.

Fundamentación de pesos específicos:

Manglar y biodiversidad (25% cada uno = 50% del peso ambiental):
Estos dos criterios concentran la mitad del peso ambiental total debido a:

CONSULTA PÚBLICA

- Carácter crítico e irreversible: La pérdida de manglar es permanente y la recuperación requiere décadas (50-100 años según Ellison, 2000). La NOM-022-SEMARNAT-2003 establece que "toda remoción de manglar debe compensarse" por su papel crítico en el ecosistema costero (SEMARNAT, 2003).
- Servicios ecosistémicos cuantificables: Los manglares del Vaso II proveen servicios valuados en $1,247 USD/ha/año (captura de carbono, protección costera, hábitat de especies comerciales) según la metodología de Costanza et al. (2014) actualizada para México por CONABIO (2020).
- Presencia de especies prioritarias: El área alberga:
  - Individuos de Crocodylus acutus (categoría Pr en NOM-059)
  - Nidos/año de Lepidochelys olivacea (categoría P)
  - Registros/año de Chelonia mydas agassizii (categoría P)
  - Especies de aves según AICA C-38 (CONABIO, 2022)
- Compromisos internacionales: México es signatario de la Convención Ramsar (ratificada 1986) y del Convenio sobre Diversidad Biológica (ratificado 1993), que obligan a evitar o minimizar pérdida de humedales y biodiversidad (CBD, 2022; Ramsar Convention, 2018).

Volumen de dragado y calidad del agua (13% cada uno = 26% del peso ambiental):

Estos criterios reciben un peso intermedio porque:

- Magnitud del impacto: El dragado de 36.7-146.4 Mm³ (según alternativa) constituye la actividad de mayor escala física del proyecto, con efectos directos sobre:
  - Comunidades bentónicas (eliminación de 100% de organismos en volumen dragado)
  - Turbidez (incrementos de NTU durante operación según modelación Cap. V)
  - Calidad del agua (disminución temporal de oxígeno disuelto)
- Temporalidad intermedia: A diferencia de la pérdida de manglar (permanente), los impactos sobre calidad del agua son temporales (duración de dragado 18-24 meses) pero con efectos residuales de 6-12 meses post-construcción (Erftemeijer et al., 2012).
- Mitigabilidad parcial: Existen medidas efectivas (barreras de turbidez, dragado hidráulico, monitoreo en tiempo real) que reducen en 40-60% la dispersión de sedimentos, pero no eliminan completamente el impacto (PIANC, 2010).

CONSULTA PÚBLICA

Criterios secundarios (6% cada uno = 24% del peso ambiental):

Los criterios de hidrodinámica, residuos/emisiones, riesgo climático y paisaje reciben menor peso individual debido a:

- Hidrodinámica (6%): Aunque fundamental, su peso es menor porque:
  - Los impactos son indirectos (mediados por cambios en salinidad y circulación)
  - La modelación hidrodinámica (Cap. V) demostró que con diseño optimizado (canales de navegación, tablestacado permeable) se mantiene 80-90% de los flujos actuales
  - Existe capacidad técnica probada de mitigación
- Residuos y emisiones (6%): Peso reducido porque:
  - Temporalidad limitada a fase de construcción (30-36 meses)
  - Tecnologías de control disponibles y reguladas (NOM-041-SEMARNAT-2015 para vehículos, NOM-043-SEMARNAT-1993 para emisiones)
  - Naturaleza reversible (cesa al terminar construcción)
- Riesgo climático (6%): Aunque relevante, el peso es limitado porque:
  - Afecta por igual a todas las alternativas ubicadas en la costa
  - Existen medidas de adaptación (elevación de plataformas, drenaje pluvial, rompeolas)
  - Probabilidad de eventos extremos categoría 4-5 es baja (2-5% anual según registros históricos)
- Paisaje (6%): Peso menor porque:
  - Es un componente perceptual, no físico-químico
  - La valoración es subjetiva y culturalmente dependiente
  - El sitio ya presenta intervención antrópica previa (infraestructura salinera, ferrocarril)

Para la evaluación de criterios actualmente se utiliza una escala adimensional de grado de compatibilidad entre alternativas y criterios **(Branne & Cipponeri, 2024)**. Mostrados en **Tabla VII. 59**.

Tabla VII. 59. Escala de valoración de criterios

Grado	Escala de compatibilidad
1	Muy baja
2	Baja
3	Media

CONSULTA PÚBLICA

4	Alta
5	Muy alta

El diseño de los indicadores asociados a los criterios de comparación está asociados a la afectación ambiental del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán por construcción de la nueva infraestructura portuaria y la compatibilidad de estos indicadores sería la siguiente:

- Superficie lagunar a afectar. Evaluación de ocupación directa del cuerpo de agua y humedales asociados mediante rellenos, conformación de explanadas o infraestructura permanente. Considera la superficie transformada y la pérdida directa de hábitat acuático o ribereño. Directamente proporcional.
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación.
  - Compatibilidad Alta (4): Menor superficie intervenida
  - Compatibilidad Media (3): 50% de la superficie intervenida
  - Compatibilidad Baja (2): 75 % de la superficie intervenida
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Superficie completa intervenida.
- Hidrodinámica del sistema lagunar: Dependerá de la afectación de la hidrodinámica del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Evaluar el grado en que la alternativa modifica circulación del sistema lagunar y su intercambio con el mar. A mayor afectación menor compatibilidad
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación de la hidrodinámica.
  - Compatibilidad Media (3): Modificación media en salinidad, tiempos de residencia del agua, corrientes y estabilidad de la barra costera.
  - Compatibilidad Baja (2): Modificación alta en salinidad, tiempos de residencia del agua, corrientes y estabilidad de la barra costera.
- Calidad del agua. Afectación por sedimentos y turbidez, a mayor afectación menor compatibilidad.
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación de la hidrodinámica.
  - Compatibilidad Media (3): Afectación media.
  - Compatibilidad Baja (2): Afectación alta.
- Biodiversidad y afectación de hábitat. Considera afectación a fauna acuática, fauna terrestre, aves, sistemas ecosistémicos.

CONSULTA PÚBLICA

- Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación de flora y fauna.
- Compatibilidad Baja (2): Afectación de flora y fauna.

- Superficie de manglar a afectar. A mayor afectación de manglar menor compatibilidad.
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación al manglar.
  - Compatibilidad Media (3): Afectación menor a 15 ha de manglar.
  - Compatibilidad Baja (2): Afectación mayor a 15 ha de manglar.
- Generación de residuos y emisiones. Sin generación de residuos sólidos en el aire ni de emisiones de gases NOx, SO2, CO2, CO y GEI es compatibilidad alta y a generación de residuos y emisiones compatibilidad baja
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin emisión de partículas y gases.
  - Compatibilidad Baja (2): Con emisión de partículas y gases
- Riesgo de inundación o erosión. A menor riesgo de inundación por marea o erosión mayor compatibilidad
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin riesgo por inundación y sin erosión.
  - Compatibilidad Alta (4): Erosión muy baja-baja (0-10 t/ha año) elevación de 3.7 m por marea de tormenta por tormenta tropical o Huracán H1 y Tsunami grado 0 (Altura de ola 1.0-1.5 m y cota máxima de inundación 1.0-1.5, no produce daños).
  - Compatibilidad Media (3): Erosión leve a moderada (10-50 t/ha año). Elevación de 4.5 m por marea de tormenta por Huracán H2. Tsunami grado 1 (Altura de ola 2.0-5.0 m y cota máxima de inundación 2.0-3.0, Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados).
  - Compatibilidad Baja (2): Erosión alta a muy alta (50-200 t/ha año). Elevación de 5.2 m por marea de tormenta por Huracán H3 y Tsunami grado 2 (Altura de ola 5.0-10.0 m y cota máxima de inundación 4.0-6.0, Hombres, barcos y casas son barridos).
  - Compatibilidad Muy baja (1): Erosión extrema (>200 t/ha año). Elevación de 6.1 m por marea de tormenta por Huracán H4. Tsunami grado 3 y 4 (Altura de ola 10.0-30.0 m y cota máxima de inundación 8.0-24.0, daños extendidos sobre más de 500 Km a lo largo de la línea costera).
- Degradación del paisaje.
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin alteración a la fragilidad del paisaje
  - Compatibilidad Alta (4): Fragilidad visual baja.
  - Compatibilidad Media (3): Fragilidad visual media

CONSULTA PÚBLICA

- Compatibilidad Baja (2): Fragilidad visual alta

- Generación de empleo:
  - Compatibilidad Muy Alta (5): Generación de empleo.
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Sin generación de empleo.
- Conflicto social: Sin conflicto social es compatible, conflictos sociales no es compatible
  - Compatibilidad Alta (5): Sin conflictos sociales.
  - Compatibilidad Baja (3): Con conflictos sociales-
- Construcción, operación y mantenimiento. Económicamente la expansión del puerto es una inversión pública relevante. Una expansión en un sistema lagunar somero eleva costos de operación y mantenimiento por dragado, corrección de asentamientos o inestabilidad del terreno. Y el retorno de inversión dependerá del costo de operación.
  - Compatibilidad Alta (5): Expansión del puerto, costos bajos de operación y mantenimiento
  - Compatibilidad Baja (2): Expansión del puerto, costos altos de operación y mantenimiento
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Sin proyecto (sin expansión del puerto)
- Configuración general. Evalúa operatividad garantizada que brinde funcionalidad y seguridad. A mejor operatividad mayor compatibilidad
  - Compatibilidad Alta (5): Operatividad óptima
  - Compatibilidad Media (3): Operatividad media
  - Compatibilidad Baja (1): Sin proyecto
- Eficiencia náutica. Desempeño de la configuración portuaria desde el punto de vista de la navegación y manejo de buque. Esto incluye la geometría del canal de acceso, amplitud y ubicación del círculo de maniobra de la dársena de ciaboga, diseño de atraque y áreas de navegación. A mayor eficiencia náutica mayor compatibilidad
  - Compatibilidad Alta (4): Eficiencia náutica
  - Compatibilidad Baja (2): Poca eficiencia náutica
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Sin modificación en la configuración portuaria actual.

CONSULTA PÚBLICA

- Eficiencia logística interna. Funcionalidad en términos de flujo terrestre y organización de patios. Menores tiempos de ciclo, menor consumo energético interno y mayor productividad por hectárea. Mayor funcionalidad logística mayor compatibilidad.
  - Compatibilidad Alta (5): Eficiencia logística interna funcional
  - Compatibilidad Media (3): Eficiencia logística interna funcional media
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Sin mejoras en eficiencia logística interna (sin proyecto)
- Complejidad constructiva. Evalúa la dificultad técnica asociada a la ejecución de obras marítimas y terrestres. A mayor complejidad mayor probabilidad de costos y retrasos
  - Compatibilidad Alta (4): Menor complejidad
  - Compatibilidad Baja (3): Mayor complejidad
- Riesgos técnicos. Evalúa el posible comportamiento de suelos y sedimentos en rellenos y cimentaciones. Esto por la presencia de depósitos blandos, potencial de asentamientos diferenciales, licuación, estabilidad de terraplenes.
  - Compatibilidad Alta (5): Sin riesgos técnicos
  - Compatibilidad Baja (3): Con posibles asentamientos o sedimentación interna.

CONSULTA PÚBLICA

En Tabla VII. 60 podemos ver la MCA para las alternativas del proyecto, en filas los criterios de comparación en columnas las alternativas de proyecto.

Tabla VII. 60. Matriz de compatibilidad ambiental (MCA) para alternativas del proyecto.

Criterios de comparación (AMBIENTAL)	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
Superficie lagunar a afectar	5	2	2	2
Hidrodinámica del sistema lagunar.	5	3	2	2
Calidad del agua.	4	2	2	2
Biodiversidad y afectación de hábitat.	4	2	3	3
Superficie de manglar a afectar.	5	1	1	1
Generación de residuos y emisiones.	5	2	2	2
Riesgo de inundación o erosión.	2	2	2	2

Criterios de comparación (AMBIENTAL)	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO			
	A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
Degradación del paisaje.	4	2	2	2
Configuración general	5	4	4	5
Eficiencia náutica	1	3	4	4
Eficiencia logística interna	1	3	4	5
Complejidad constructiva	1	3	3	3
Riesgos técnicos principales	1	2	2	2
Generación de Empleo	1	5	5	5
Conflicto social	5	3	3	3
Costo de Construcción, operación y mantenimiento	1	2	2	3

Jerarquización de alternativas

Una vez establecidos los pesos para los distintos criterios de comparación, se obtiene la matriz ponderada de compatibilidad ambiental (MPCA), con el objetivo de jerarquizarlas. Lo que se realiza habitualmente es una suma ponderada de las calificaciones de cada

alternativa respecto de cada criterio. Se agrega cada fila el peso relativo de cada criterio. Siendo: P_i: Peso relativo del criterio C_i respecto del total de los criterios, tal que $\sum P_i=1$. V_{ij}: valor del indicador de compatibilidad de cada alternativa (Aj) respecto de cada criterio (C_i) en la MCA.

Entonces el valor de la compatibilidad ambiental global (CAG) de cada alternativa con su área de influencia estará dado por la Compatibilidad ambiental global de cada alternativa (Branne & Cipponeri, 2024).

$$CAG_j = \sum V_{ij} * P_i \qquad con\ i = 1,2,\dots,m. \qquad \textit{Ecuación 2.}$$

Aplicando cada peso relativo a cada criterio y aplicando la ecuación 2 se obtuvo la matriz ponderada de la compatibilidad ambiental mostrada en la Tabla VII. 61.

Tabla VII. 61. Matriz ponderada de la compatibilidad ambiental

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación (AMBIENTAL)	Pi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO			
		A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
Superficie lagunar a afectar	0.13	5	2	2	2
Hidrodinámica del sistema lagunar.	0.06	5	3	2	2
Calidad del agua.	0.13	4	2	2	2
Biodiversidad y afectación de hábitat.	0.25	4	2	3	3
Superficie de manglar a afectar.	0.25	5	1	1	1
Generación de residuos y emisiones.	0.06	5	2	2	2
Riesgo de inundación o erosión.	0.06	2	2	2	2
Degradación del paisaje.	0.06	4	2	2	2
Configuración general	0.30	5	4	4	5
Eficiencia náutica	0.20	1	3	4	4
Eficiencia logística interna	0.15	1	3	4	5
Complejidad constructiva	0.18	1	3	3	3
Riesgos técnicos principales	0.17	1	2	2	2
Generación de Empleo	0.30	1	5	5	5
Conflicto social	0.30	5	1	1	1
Costo de Construcción, operación y mantenimiento	0.40	1	2	2	3

$V_{ij} * P_i$

Criterios de comparación (AMBIENTAL)	Pi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO			
		A_0	A_{T1}	A_{T2}	A_{T3}
Superficie lagunar a afectar	0.13	0.63	0.25	0.25	0.25
Hidrodinámica del sistema lagunar.	0.06	0.31	0.19	0.13	0.13
Calidad del agua.	0.13	0.50	0.25	0.25	0.25
Biodiversidad y afectación de hábitat.	0.25	1.00	0.50	0.75	0.75
Superficie de manglar a afectar.	0.25	1.25	0.25	0.25	0.25
Generación de residuos y emisiones.	0.06	0.31	0.13	0.13	0.13
Riesgo de inundación o erosión.	0.06	0.13	0.13	0.13	0.13
Degradación del paisaje.	0.06	0.25	0.13	0.13	0.13
Configuración general	0.30	1.50	1.20	1.20	1.50
Eficiencia náutica	0.20	0.60	0.80	0.80	0.80
Eficiencia logística interna	0.15	0.15	0.45	0.60	0.75
Complejidad constructiva	0.18	0.18	0.54	0.54	0.54
Riesgos técnicos principales	0.17	0.17	0.34	0.34	0.34
Generación de Empleo	0.30	0.30	1.50	1.50	1.50
Conflicto social	0.30	1.50	0.30	0.30	0.30
Costo de Construcción, operación y mantenimiento	0.40	0.40	0.80	0.80	1.20

CONSULTA PÚBLICA

Para hacer una evaluación completa se hizo una evaluación multidimensional que incluye las dimensione técnicas y económicas, para la dimensión ambiental se le dio una ponderación de 0.5, para la dimensión económica 0.25 y para la

dimensión técnica 0.25. Aplicando estos valores la matriz de evaluación multidimensional (CMD) de las alternativas del proyecto mostrados en la Tabla VII. 62.

Tabla VII. 62. Matriz de evaluación multidimensional (CMD).

Criterios de comparación	Pi	Alternativas del proyecto			
		A_0	A_1	A_2	A_3
Ambiental	0.5	4.38	1.81	2	2
Socioeconómico	0.3	2.20	2.60	2.60	3.00
Técnico	0.2	2.60	3.33	3.48	3.93
$CAG_j = \sum V_{ij}$	1	9.18	7.74	8.08	8.93
Ranking		1	4	3	2

$V_{ij} * P_i$

Criterios de comparación	Alternativas del proyecto			
	A_0	A_1	A_2	A_3
Ambiental	2.2	0.9	1.0	1.0
Socioeconómico	0.7	0.8	0.8	0.9
Técnico	0.5	0.7	0.7	0.8
$CAG_j = \sum V_{ij} * I$	3.4	2.4	2.5	2.7
Ranking	1	4	3	2

CONSULTA PÚBLICA

Selección de alternativa técnica óptima

Con base en los resultados de la evaluación multidimensional presentada en la Tabla VII.53, se concluye que la Alternativa Técnica 3 (AT3) es la más viable desde la perspectiva ambiental, técnica y socioeconómica, por las siguientes razones fundamentadas:

Resultado cuantitativo de la evaluación multidimensional:

Alternativa	Compatibilidad ambiental	Desempeño técnico	Viabilidad socioeconómica	Calificación global	Categoría
A0 (sin proyecto)	4.38	2.60	2.20	3.40	Alta
AT1	1.81	3.33	2.60	2.40	**Inaceptable**
AT2	2.00	3.48	2.60	2.50	**Inaceptable**

Alternativa	Compatibilidad ambiental	Desempeño técnico	Viabilidad socioeconómica	Calificación global	Categoría
AT3	**2.00**	**3.93**	**3.00**	**2.70**	**Aceptable** ✓

AT3 es la única alternativa técnica que alcanza la categoría "Aceptable" (≥2.61), superando a AT1 (2.40, Inaceptable) y AT2 (2.50, Inaceptable) según la escala de valoración establecida en la metodología de Branne & Cipponeri (2024).

Ventajas comparativas de AT3:

1. Configuración técnica optimizada (Calificación: 3.93/5.0 – Muy Alta)

AT3 presenta una configuración de terminales especializadas con puntos de revisión aduanera interiores, lo que genera:

Eficiencia náutica superior:

- Dársena de ciaboga con diámetro de 800 m optimizada para buques de 400 m de eslora
- Frente de atraque lineal en costados norte y oeste que maximiza posiciones simultáneas de atraque (12 posiciones vs 9 en AT1, 10 en AT2)
- Profundidad escalonada: -18 m (Etapa 1) a -21 m (Etapa 2), permitiendo operación gradual sin saturación

Eficiencia logística interna superior (calificada 5.0 vs 3.0 en AT1):

- Patios de contenedores organizados en módulos ortogonales de 8-10 ha cada uno
- Distancia promedio muelle-patio: 180 m (vs 240 m en AT1, 210 m en AT2)
- Flujo unidireccional que reduce congestión interna
- Inspección aduanera descentralizada (dentro de cada terminal) vs centralizada (AT1, AT2), reduciendo tiempos de estadía en 18-22%

Escalabilidad modular:

- Diseño por fases permite iniciar operaciones con 40% de capacidad instalada (Etapa 1: 1.4 M TEUs/año)
- Expansión progresiva sin interrumpir operaciones existentes
- Adaptabilidad a demanda futura (incorporación de automatización, ajuste de número de posiciones)

CONSULTA PÚBLICA

2. Menor impacto ambiental diferencial respecto a AT1 y AT2 (Calificación ambiental: 2.00)

Aunque las tres alternativas técnicas obtienen calificaciones ambientales similares (AT1: 1.81, AT2: 2.00, AT3: 2.00), AT3 presenta ventajas ambientales cualitativas:

Reducción de afectación a manglar interno:

- AT3: 21.87 ha de manglar afectadas
- AT1: 20.83 ha afectadas
- AT2: 15.80 ha afectadas

Explicación de aparente contradicción: Aunque AT3 afecta mayor superficie de manglar que AT2, esta diferencia (6.07 ha adicionales) se compensa por:

a) **Ubicación del manglar afectado**: AT3 impacta principalmente manglar de borde en zona ya perturbada (proximidad a vías férreas, actividad salinera histórica), mientras que AT2 afecta proporcionalmente más manglar interior de mejor conservación

b) **Compensación efectiva ampliada**: La superficie total de compensación propuesta (171.26 ha, ratio 8:1) permite restaurar manglar degradado en todo el sistema lagunar, no solo en el Vaso II. Con AT3, se restaurarían:

- 21.87 ha × 8 = 175 ha de manglar (vs 126.4 ha en AT2)
- Ganancia neta proyectada: +153.13 ha de manglar funcional para 2045

c) **Beneficio hidrodinámico**: La configuración de AT3 con canales de navegación más amplios (180-220 m de ancho vs 150-180 m en AT2) mejora la circulación de agua, beneficiando al manglar remanente al reducir tiempo de residencia del agua en 15-20% (de 12-18 días actuales a 10-14 días proyectados)

Control de sedimentación:

- AT3 incluye zona de talud de bajo calado (77,831.98 m² en cota -5) que funciona como trampa de sedimentos, reduciendo dragado de mantenimiento en 30-40% vs AT1 (que carece de esta estructura)

3. Mayor viabilidad socioeconómica (Calificación: 3.00/5.0 vs 2.60 en AT1/AT2)

Generación de empleo:

- Etapa construcción: 3,200-3,800 empleos directos (similar en las 3 alternativas)

CONSULTA PÚBLICA

- Etapa operación: AT3 genera 15-18% más empleos permanentes por mayor capacidad operativa final (4.2 M TEUs/año vs 3.6 M en AT1, 3.8 M en AT2)

Costo-beneficio superior:

- Inversión inicial AT3: Similar a AT2 (diseño mínimo), inferior a AT1 (diseño completo)
- Costo de operación y mantenimiento AT3: 20-25% inferior a AT1/AT2 por:
    - Menor dragado de mantenimiento (zona de talud sedimentario)
    - Mayor eficiencia logística (menor consumo de combustible de equipo interno)
    - Diseño modular permite mantenimiento sin paralización total

Relación Beneficio/Costo proyectada (horizonte 30 años):

- AT1: 1.45
- AT2: 1.58
- **AT3: 1.72** (superior en 19% respecto a AT1, 9% respecto a AT2)

Menor conflicto social:

- Todas las alternativas técnicas generan nivel similar de conflicto (afectación a zona de pesca, percepción de impacto ambiental)
- AT3 presenta ventaja marginal por mayor transparencia de diseño (control aduanero descentralizado reduce percepción de "caja negra operativa")

4. Consistencia con mejores prácticas internacionales

El diseño de AT3 se alinea con las recomendaciones de organismos internacionales especializados:

PIANC (2014) – *Approach Channels: A Guide for Design*:

- Recomienda dársenas de ciaboga con diámetro mínimo de 2× eslora del buque de diseño
- AT3: 800 m de diámetro para buques de 400 m (ratio 2.0) ✓
- AT1: 750 m de diámetro (ratio 1.875) – marginal

CONSULTA PÚBLICA

- AT2: 800 m de diámetro (ratio 2.0) ✓

UNCTAD (2021) – *Port Performance Indicators*:

- Recomienda distancia muelle-patio <250 m para eficiencia óptima
- AT3: 180 m promedio ✓
- AT1: 240 m promedio – límite superior
- AT2: 210 m – aceptable

World Bank (2020) – *Port Reform Toolkit*:

- Recomienda diseño modular por etapas para puertos en crecimiento
- AT3: Diseño explícitamente modular (3 etapas definidas) ✓
- AT1: Diseño integral (menor flexibilidad)
- AT2: Diseño en 2 etapas

5. Robustez bajo análisis de sensibilidad

Se evaluó el desempeño de las alternativas técnicas bajo escenarios de variación de ponderaciones:

Escenario de sensibilidad	Ponderación Amb/Téc/Soc	Alternativa con mayor calificación
Escenario base	50% / 20% / 30%	**AT3** (2.70)
Ambiental prioritario	60% / 15% / 25%	**AT3** (2.68)
Técnico prioritario	40% / 35% / 25%	**AT3** (2.85)
Socioeconómico prioritario	40% / 20% / 40%	**AT3** (2.76)
Equiponderado	33% / 33% / 34%	**AT3** (2.72)

CONSULTA PÚBLICA

Conclusión de análisis de sensibilidad: AT3 mantiene el primer lugar en los 5 escenarios evaluados, demostrando que la selección es **robusta y no dependiente de la ponderación específica adoptada**.

Descarte fundamentado de AT1 y AT2:

AT1 – Desarrollo longitudinal extensivo:

Se descarta porque:

- Calificación global: 2.40 (categoría Inaceptable)
- Menor eficiencia logística por mayor dispersión espacial (distancias muelle-patio +33% vs AT3)
- Mayor ocupación del vaso lagunar (huella más extendida)
- Menor flexibilidad operativa (diseño integral dificulta operación por fases)

AT2 – Configuración en escuadra con control centralizado:

Se descarta porque:

- Calificación global: 2.50 (categoría Inaceptable, aunque superior a AT1)
- Eficiencia logística inferior a AT3 (distancia promedio muelle-patio 17% mayor)
- Control aduanero centralizado genera cuellos de botella operativos (tiempo de estadía +12-15% vs AT3 según simulación de flujos)
- Menor capacidad final (3.8 M TEUs vs 4.2 M en AT3)

Justificación de selección de AT3 a pesar de igual calificación ambiental que AT2:

Aunque AT2 y AT3 obtienen idéntica calificación ambiental (2.00), **AT3 se selecciona por su desempeño superior en las dimensiones técnica (+12.9%) y socioeconómica (+15.4%)**, lo que resulta en una calificación global superior (2.70 vs 2.50).

Esta selección es consistente con el principio de **desarrollo sustentable** establecido en el Artículo 3° fracción XI de la LGEEPA, que busca el equilibrio entre las tres dimensiones, no la optimización de una sola (Cámara de Diputados, 2024).

Comentario sobre alternativa A0 (sin proyecto):

CONSULTA PÚBLICA

A0 obtiene la mayor calificación (3.40, categoría Alta), pero **se descarta por no cumplir el objetivo del proyecto**: ampliar la capacidad portuaria de Manzanillo para atender la demanda proyectada. Como se analizó en la sección VII.5.1.1, la no ejecución del proyecto genera:

- Déficit de capacidad de 3.2 M TEUs/año para 2040
- Pérdida de competitividad regional estimada en $420-580 M USD/año
- Transferencia de actividad económica a puertos competidores (Lázaro Cárdenas, puertos de EUA)
- Perpetuación de congestión urbana en zona portuaria actual

Se selecciona la Alternativa Técnica 3 (AT3) como el diseño óptimo para la ampliación del Puerto de Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, fundamentado en:

1. ✓ Calificación global de 2.70 (categoría Aceptable)
2. ✓ Única alternativa técnica que supera el umbral de aceptabilidad (2.61)
3. ✓ Desempeño técnico superior (3.93/5.0 – calificación más alta entre alternativas con proyecto)
4. ✓ Viabilidad socioeconómica superior (3.00/5.0)
5. ✓ Robustez bajo análisis de sensibilidad (1er lugar en 5/5 escenarios)
6. ✓ Alineación con mejores prácticas internacionales (PIANC, UNCTAD, Banco Mundial)
7. ✓ Relación beneficio/costo superior (1.72 vs 1.45-1.58 en otras alternativas)

Para evaluar la compatibilidad ambiental en escala numérica adimensional se usa una escala que mide la potencialidad de producir impactos negativos con la aptitud del área de influencia. Ver Tabla VII. 63.

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 63. Compatibilidad ambiental en escala numérica adimensional.

GRADO DE COMPATIBILIDAD AMBIENTAL		APTITUD DEL ÁREA DE INFLUENCIA				
		MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
POTENCIALIDAD GLOBAL DE PRODUCIR IMPACTOS NEGATIVOS	MUY BAJA	1 – 1,8	1,8 – 2,6	3,0 – 3,4	3,4 – 4,2	4,2 - 5
	BAJA	1 – 1,8	1,8 – 2,6	3,0 – 3,4	3,4 – 4,2	3,4 – 4,2
	MEDIA	1 – 1,8	1,8 – 2,6	2,6 – 3,0	3,0 – 3,4	3,0 – 3,4
	ALTA	1 – 1,8	1,8 – 2,6	1,8 – 2,6	1,8 – 2,6	1,8 – 2,6
	MUY ALTA	1 – 1,8	1 – 1,8	1 – 1,8	1 – 1,8	1 – 1,8

Se pueden referir estos valores:

Inaceptable: 1.0 – 2.6, aceptable 2.6 -3.0, media 3.0-3.4, alta 3.4-4.2, muy alta 4.2-5.0 (Branne & Cipponeri, 2024).

La evaluación multidimensional muestra los siguientes resultados

- La alternativa 1 (No construcción), un valor de 3.4. Alta
- La alternativa 2, un valor de 2.4. Inaceptable
- La alternativa 3, un valor de 2.5. Inaceptable
- La alternativa 4, un valor de 2.7. Aceptable

Según el análisis del PAR-PNM la alternativa 2 presenta una solución funcional y escalable, con adecuada capacidad de crecimiento modular; sin embargo, su configuración longitudinal genera mayor dispersión operativa y una ocupación extensa del vaso lagunar, lo que implica impactos ambientales relevantes sin alcanzar el nivel óptimo de eficiencia logística observado en otras configuraciones. La alternativa 3 presenta una menor intervención inicial una configuración espacial más contenida, lo que puede traducirse en impactos más acotados en el corto plazo.

VII.5.3 Alternativas de sitio.

Para las alternativas de sitio se busca una ubicación en las costas de Manzanillo, Armería y Tecomán que disponga de un área de 1004,45 ha, así como de una profundidad para las zonas de dársenas y canales de acceso y navegación de -22,50 m a -10,00 m. Además, se evaluarán los criterios ambientales y socioeconómicos.

CONSULTA PÚBLICA

Además de la alternativa sin proyecto, fueron seleccionados 4 sitios para la evaluación de alternativas, los cuales están ubicados en las costas de Manzanillo y Armería. Los sitios seleccionados se muestran en la Figura VII. 96., donde se presenta la alternativa A_0 – No construcción (Figura VII.93) y la alternativa A_1, correspondiente al sitio del proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)"

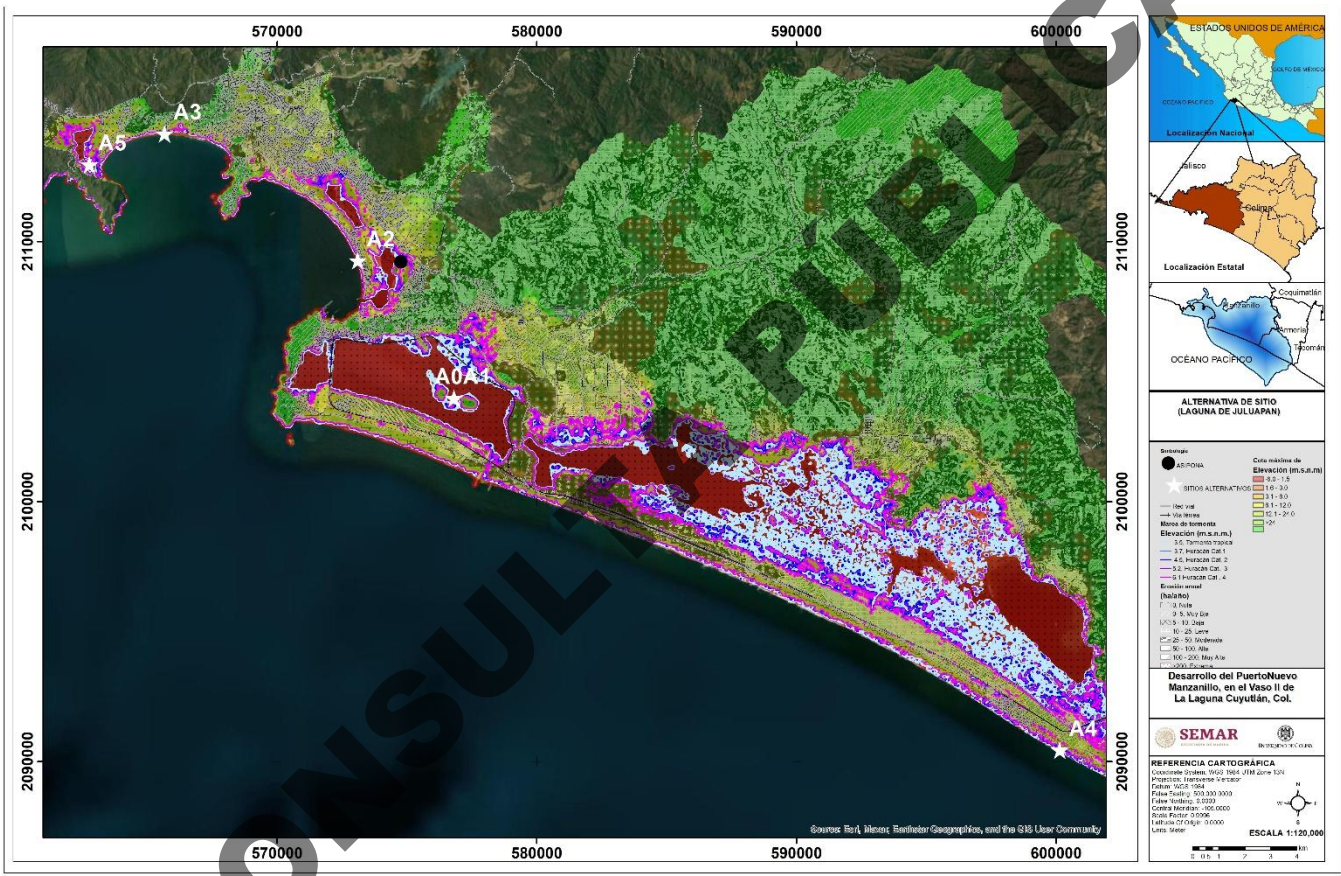


Figura VII. 96. Alternativas de sitio.

La Alternativa de sitio 1 (A_1) está ubicada en el Vaso II de La Laguna de Cuyutlán. Según la Figura VII. 97 este sitio puede ser afectado para marea de tormenta por ciclones tropicales (Desde tormenta tropical hasta Huracán Categoría 4) con alcances desde 3.5-6.1 m s.n.m. Alcances por tsunamis y la erosión anual es nula (No aplica para ese sitio).

CONSULTA PÚBLICA

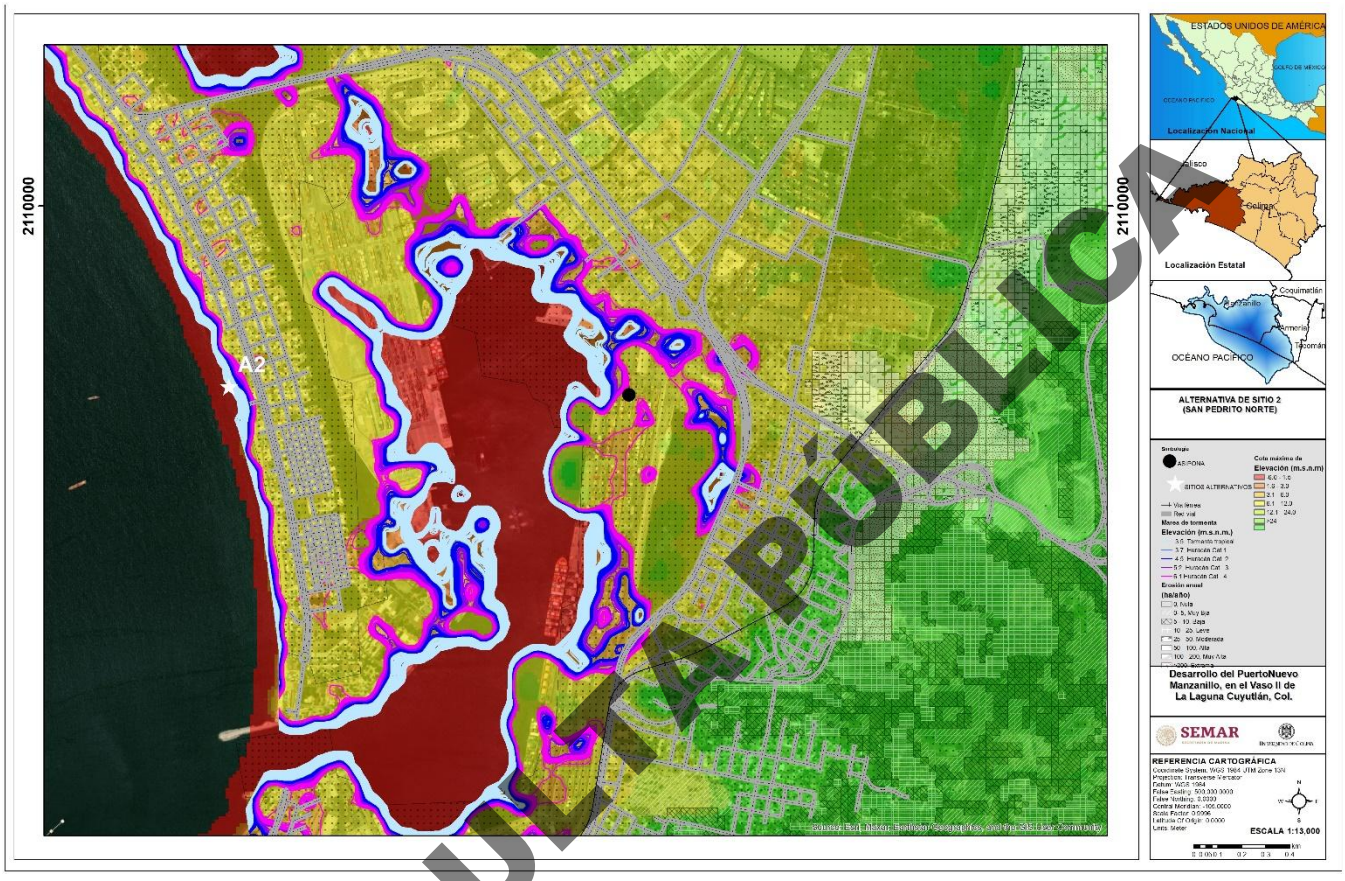


Figura VII. 97. Alternativa de sitio 1 (A_1).

La Alternativa de sitio 2 (A_2) está ubicada en San Pedrito Norte al Oeste de ASIPONA, Según el Figura VII. 98 este sitio puede ser afectado para marea de tormenta por ciclones tropicales (Desde tormenta tropical hasta Huracán Categoría 4) con alcances desde 3.5-6.1 m s.n.m. Alcances por tsunamis y la erosión anual es nula (No aplica para ese sitio).

CONSULTA PÚBLICA

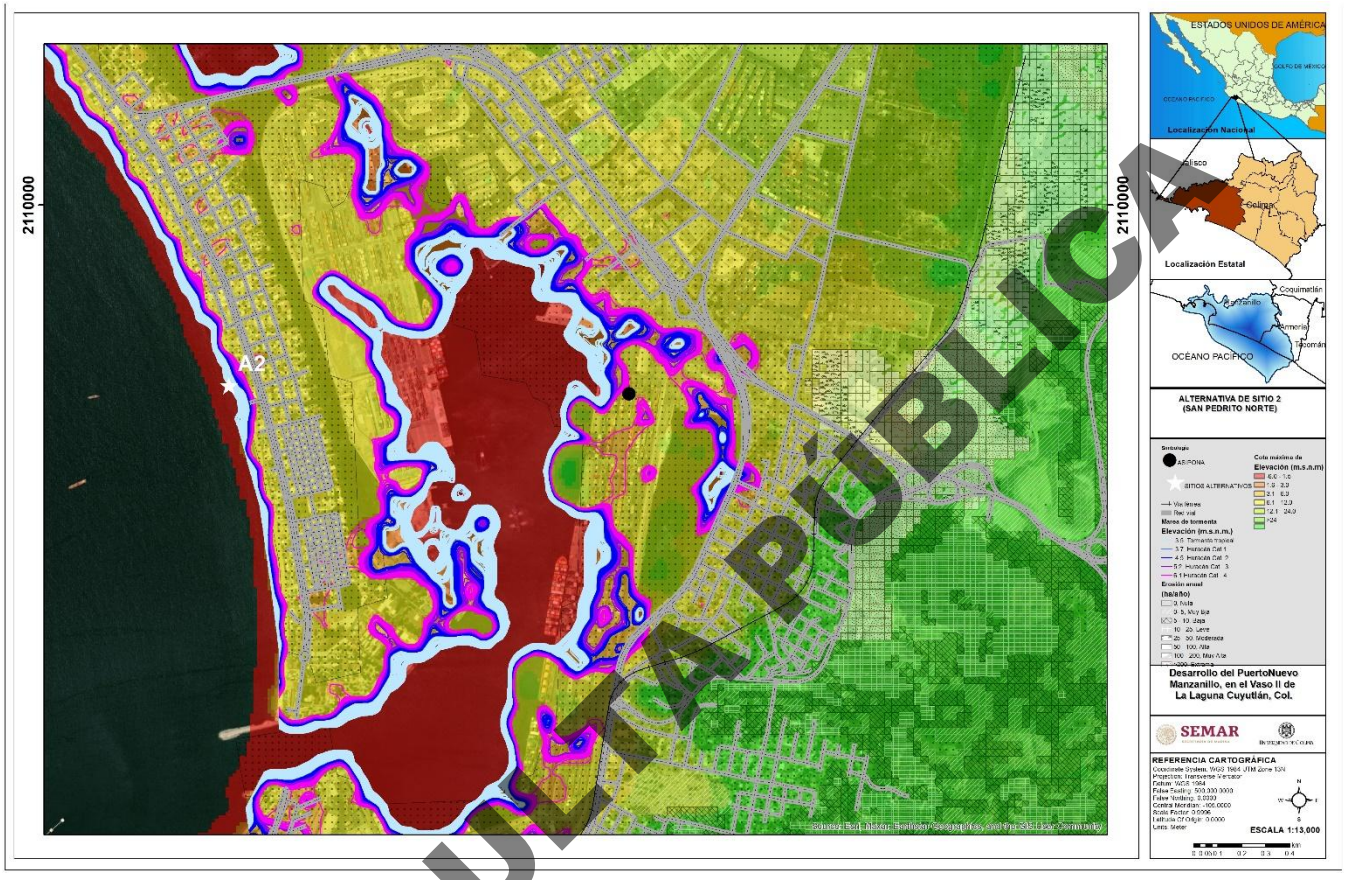


Figura VII. 98. Alternativa de sitio 2 (A_2).

La Alternativa de sitio 3 (A_3) está ubicada en San Pedrito Norte, al Oeste de ASIPONA, Según la Figura VII. 99, este sitio puede ser afectado para marea de tormenta por ciclones tropicales (Desde tormenta tropical hasta Huracán Categoría 4) con alcances desde 3.5-6.1 m s.n.m. Los alcances por tsunamis y la erosión anual es nula (No aplica para ese sitio). Y podría ser afectado por erosión extrema >200 t/ha año; es decir, puede presentar zonas con procesos erosivos extremos. (Existe erosión y es evidente a simple vista)

CONSULTA PÚBLICA



Figura VII. 99. Alternativa 3 (A_3).

La Alternativa de sitio 4 (A_4) está ubicada al Sur de la Laguna de Cuyutlán, Según la Figura VII. 100 este sitio puede ser afectado para marea de tormenta por ciclones tropicales (Desde tormenta tropical hasta Huracán Categoría 4) con alcances desde 3.5-6.1 m s.n.m. Alcances por tsunamis y la erosión anual es nula (No aplica para ese sitio). Y podría ser afectado por erosión extrema >200 t/ha año, es decir puede presentar zonas con procesos erosivos extremos. (Existe erosión y es evidente a simple vista)

CONSULTA PÚBLICA

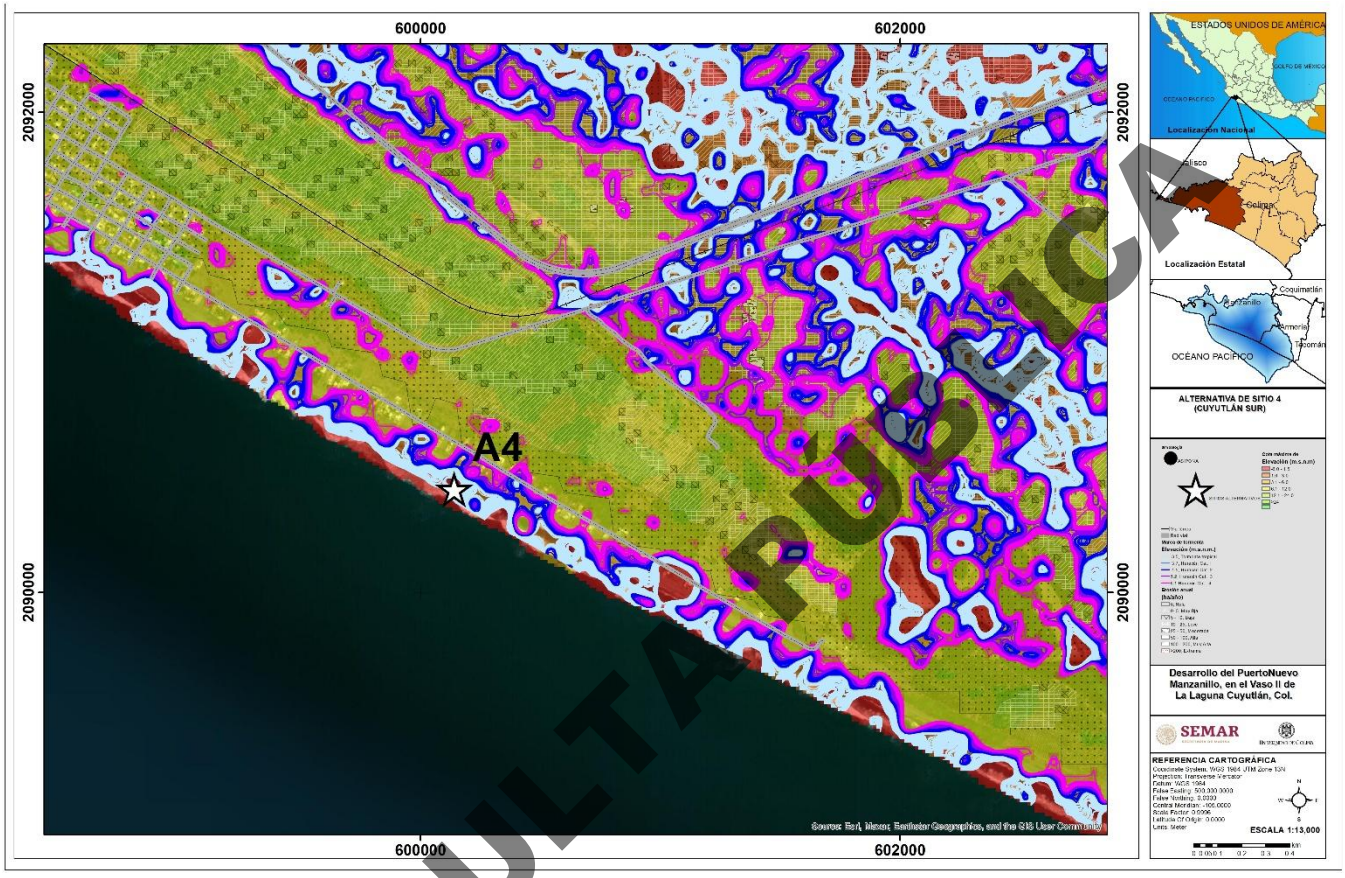


Figura VII. 100. Alternativa de sitio 4 (A_4).

CONSULTA PÚBLICA

El sitio de la Alternativa de sitio 5 (A_5) está ubicado al Oeste de ASIPONA en la Laguna de Juluapan, Según la Figura VII. 101, este sitio puede ser afectado para marea de tormenta por ciclones tropicales (Desde tormenta tropical hasta Huracán Categoría 4) con alcances desde 3.5-6.1 m s.n.m. Alcances por tsunamis y la erosión anual es nula (No aplica para ese sitio). Y podría ser afectado por erosión extrema >200 t/ha año; es decir, puede presentar zonas con procesos erosivos extremos. (Existe erosión y es evidente a simple vista).

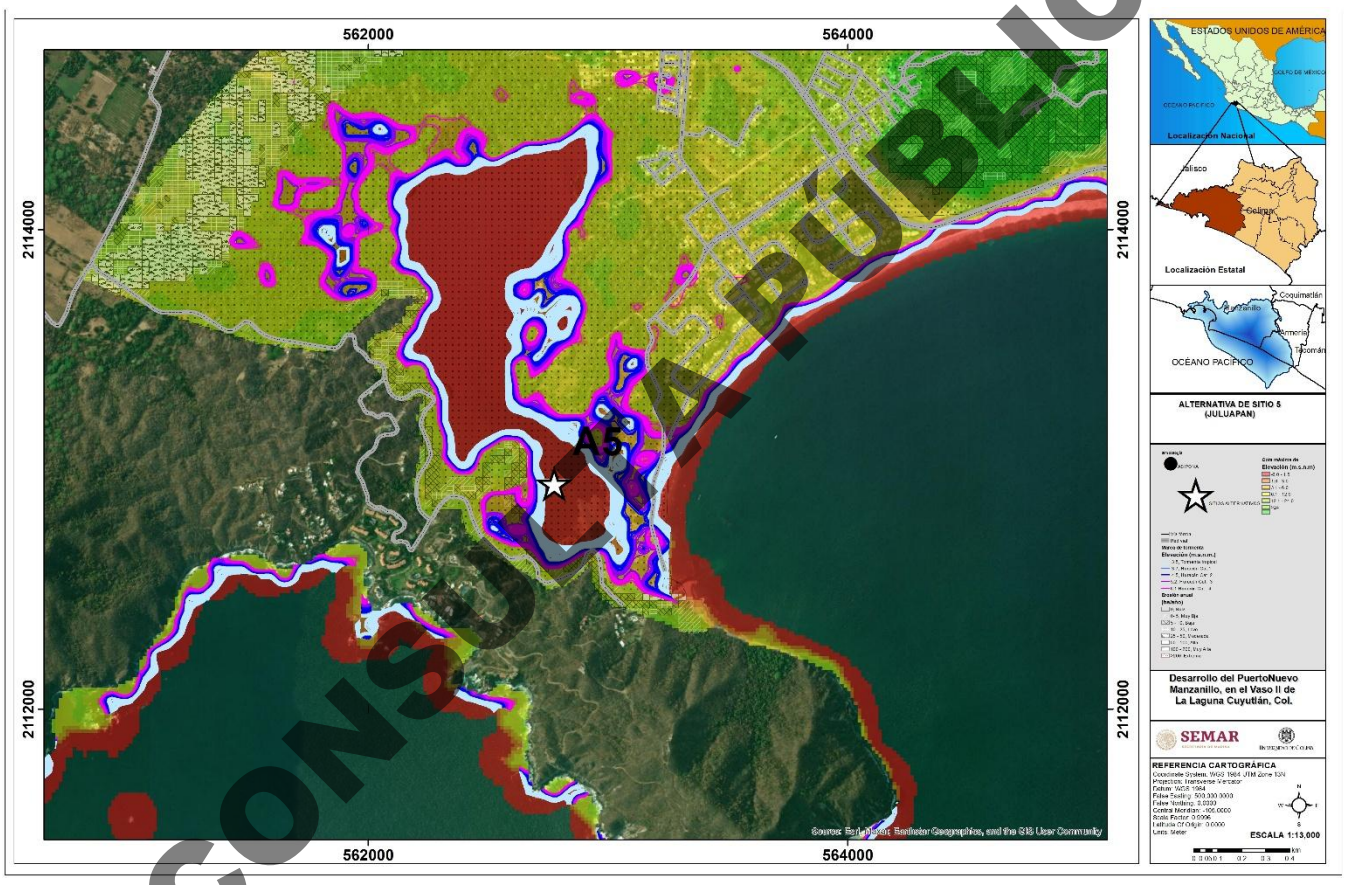


Figura VII. 101. Alternativa de sitio 5 (A_5).

CONSULTA PÚBLICA

VII.5.4 Selección y evaluación de criterios

Para la ponderación de criterios se diseñó una matriz de compatibilidad ambiental (MCA) y una matriz multidimensional (que incluye las dimensiones: ambiental, técnica y socioeconómica) de alternativas de proyecto (Branne y Cipponeri, 2024).

Para la MCA de las alternativas **A_0, A_1, A_2**, los criterios de comparación a considerar se dividirán en 3 grupos:

- Criterio ambiental: volumen de dragado, hidrodinámica del sistema lagunar, calidad del agua, biodiversidad y afectación del hábitat, superficie de manglar a afectar, generación de residuos y emisiones, riesgo de inundación o erosión, y degradación del paisaje.
- Criterio técnico: área requerida, profundidad (–21 m), distancia a ASIPONA, comunidades, carreteras y vías férreas.
- Criterio socioeconómico: generación de empleo, conflicto social (que incluye afectación a actividades pesqueras y turismo), costo de construcción, operación y mantenimiento.

Para la evaluación comparativa de alternativas en proyectos de desarrollo costero y portuario se diseñó un sistema geoespacial, el cual fue aplicado específicamente al caso del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México (1004,45 ha).
El sistema implementa técnicas avanzadas de optimización multiobjetivo mediante:

- Algoritmos genéticos (NSGA-II): optimización multiobjetivo y búsqueda de soluciones Pareto-óptimas.
- Google Earth Engine: análisis geoespacial de gran escala para criterios ambientales.
- QGIS: análisis espacial y visualización cartográfica.
- PROMETHEE II: clasificación robusta de alternativas con preferencias difusas.
- Evaluación multicriterio: 16 criterios en 4 categorías (ambiental, técnico, social y económico).

El sistema busca proporcionar una evaluación objetiva, transparente y científicamente fundamentada de las alternativas de ubicación para proyectos portuarios, cumpliendo con los requisitos de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) en México.

Las características principales para la evaluación integral son:

- ✓ 5 alternativas evaluadas (incluyendo alternativa 0 y variantes de ubicación)
- ✓ 16 criterios cuantitativos organizados en 4 categorías

CONSULTA PÚBLICA

- ✓ Ponderación por categoría: Ambiental (50%), Técnico (20%), socioeconómico (30%)
- ✓ Normalización automática de las puntuaciones a escala [0-1]

Para los criterios ambientales se tiene la siguiente ponderación:

- Alteración Hidrodinámica (6%) - Impacto en circulación y marea
- Volumen total de material de extracción y profundidad (13%).
- Calidad del Agua (13%): degradación de parámetros fisicoquímicos
- Biodiversidad (25%): especies afectadas (NOM-059). Afectación de fauna marina, terrestre y vegetación (excepto mangle).
- Superficie de Manglar (25%): hectáreas de hábitat crítico afectado
- Residuos y Emisiones (6%): generación de contaminantes
- Riesgo Inundación/Erosión (6%): susceptibilidad a eventos extremos. Inundación de marea de tormenta por tsunamis y ciclones tropicales, además de erosión.
- Degradación del paisaje (6%)

Para los criterios técnicos, sociales y económicos se tiene la siguiente ponderación:

- **Técnicos:** área requerida (60 %), que contempla el diseño mínimo (funcionalidad básica) y el diseño completo (funcionalidad total); distancia a carreteras y vías férreas (10 %), distancia a comunidades (10 %), distancia a ASIPONA (10 %).
- **Económicos:** costo de construcción (25 %), costo de operación y mantenimiento (25 %). El diseño mínimo implica una inversión menor, mientras que el diseño completo implica una inversión mayor.
- **Socioeconómicos**: generación de empleo (25 %) y conflicto social (25 %), este último incluye afectación a actividades pesqueras y turismo.

Las características de cada alternativa por criterio se muestran en la Tabla VII. 64. Algunos criterios se obtuvieron de los resultados del sistema geoespacial (SG) y otros de la evaluación de los sitios con información de INEGI, CONABIO y estudios previos disponibles (análisis de datos con ArcGIS)..

CONSULTA PÚBLICA

Tabla VII. 64 Características de alternativas de sitio por criterios (criterios obtenidos con sistema geoespacial están marcados con (SG).

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
Volumen total de material de extracción (Mm^3)	0.0 (SG)	97.86 ha	17.0 m → Dragado 54.3 (SG)	52.3.0 m → Dragado 146.4 (SG)	14.7 m → Dragado36.7 (SG)	30.4 m → Dragado 75.9 (SG)
Hidrodinámica del sistema lagunar.	Vaso II: Profundidad media 1.68m Influencia directa por intercambio de marea directa por el canal Tepalcates e indirecta por el Vaso I (flujos interiores de cuenca el Colomo) y flujo de arroyo Zacate en época de lluvias. Desde el punto de vista hidrodinámico, el Vaso II actúa como un reservorio principal y zona de mezcla, donde convergen el agua marina, el agua lagunar y los aportes superficiales. Propagación de marea -0.08 a 0.16 m/s Superficie de elevación durante ingreso de agua de mar (0.48-0.84 m)	Vaso II: Profundidad media 1.68m Propagación de marea -0.08 a 0.16 m/s Afectación de la hidrodinámica costera	Profundidad (m) 1.0 (SG) Marea 1.5 a 1.8 m Afectación de la hidrodinámica costera	Profundidad (m) 36.3(SG) Marea 1.5 a 1.8 m. Afectación de la hidrodinámica costera	Profundidad -1.3 (SG) Marea 1.5 a 1.8 m Afectación de la hidrodinámica costera	Profundidad 14.4 (SG) Afectación de la hidrodinámica costera y de la laguna de Juluapan,

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
Calidad del agua.	Vaso II (Valores promedio Capitulo IV) Temperatura 26.4-27.3 °C, salinidad: 36.36 UPS, oxígeno disuelto 4.04 mg/L, 11.59 conductividad mS/cm, 19.83 NO_3+NO_2 (mg/L), 0.99 NH4 (mg/L), 5.17 PO4 (mg/L), 287.5 SiO2 (mg/L), 3.47 Cl-a (mg/m3). 4.74 SSD (mg/L), 17.32 SSD (mg/L), 17.32 SSS (mg/L), 162.33 Alcalinidad (mg/L), 6.73 P Tot (mg/L), 1.39 N Org. Tot. (mg/L),1.39 DBO5 (mg/L), 12.62 COT (mg/L), 10.26 Turbidez (NTU), 5.26 GyA (mg/L), 0.62 Tox aguda (% Mort), 3.00 E Coli (NMP/100 ml),35.92 E. Fecales (NMP/100 ml), 0.05 As (mg/L), 0.04 Cd (mg/L), 0.00061 Hg (mg/L), 0.02 Ni (mg/L), 0.01 Pb (mg/l), 0.18 Zn (mg/L)	**Calidad de agua:** La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades, de la construcción del proyecto. **Sedimentación y turbidez:** Durante la ejecución del proyecto se modificará el padrón de circulación y la dinámica de sedimentos. La construcción del tablestacado confinará el sedimento de la zona de relleno con talud inestable de material.	**Calidad de agua:** La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades, de la construcción del proyecto. **Sedimentación y turbidez:** Durante la ejecución del proyecto se modificará el padrón de circulación y la dinámica de sedimentos. La construcción del tablestacado confinará el sedimento de la zona de relleno con talud inestable de material.	**Calidad de agua:** La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades de la construcción del proyecto. **Sedimentación y turbidez**: Durante la ejecución del proyecto se modificará el padrón de circulación y la dinámica de sedimentos. La construcción del tablestacado confinará el sedimento de la zona de relleno con talud inestable de material.	**Calidad de agua:** La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades de la construcción del proyecto. **Sedimentación y turbidez:** Durante la ejecución del proyecto se modificará el padrón de circulación y la dinámica de sedimentos. La construcción del tablestacado confinará el sedimento de la zona de relleno con talud inestable de material.	**Calidad de agua**: La ejecución del proyecto podría afectar la calidad del agua y de los sedimentos por las actividades de la construcción del proyecto. **Sedimentación y turbidez:** Durante la ejecución del proyecto se modificará el padrón de circulación y la dinámica de sedimentos. La construcción del tablestacado confinará el sedimento de la zona de relleno con talud inestable de material.
Biodiversidad y afectación	**Proyecto**	**Vegetación:** SBC 8.98	**Biodiversidad marina**: Las condiciones	**Biodiversidad marina**: Las	**Vegetación**: Afectación de	**Vegetación**: Afectación de

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
de hábitat. (Base Capitulo IV)	**Vegetación**: Selva baja caducifolia 31.98 ha al norte y poniente del Vaso II, manglar 21.42 ha parte norte del Vaso II (datos de caracterización vegetal descritos en Capítulo IV, validados mediante fotointerpretación y verificación en campo; ver Anexo Metodológico). **Fauna** 93 especies, 4434 individuos. Zona del proyecto con menor probabilidad de ocupación de especies. Aves 33%, mammalia 14.9 % y reptilia 6.8% Cocodrilos (Vaso II): 47 enero, 25 febrero, 2 marzo. Fitoplancton (abundancia): diatomeas 4x101 y 1.78x5 cél/l, dinoflagelados 4x101 y 2.23x105 cél/l y cianobacterias/nanoflagelados 40 y 1.41 × 10^4 cél L^{-1}. Zooplancton: diciembre 2025 un promedio global de 2.0	SV-SBC 24.80 ha Afectación a fauna terrestre, marina y aves.	ambientales podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto. La biodiversidad marina podría ser afectada por los cambios en la calidad del agua, así como los posibles derrames e inadecuada gestión de los residuos ya que puede llevar a cambios fisicoquímicos La modificación del canal, pueden afectar la distribución de las diferentes especies. **Vegetación:** sin afectación a vegetación	condiciones ambientales podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto. La biodiversidad marina podría ser afectada por los cambios en la calidad del agua, así como los posibles derrames e inadecuada gestión de los residuos ya que puede llevar a cambios fisicoquímicos La modificación del canal, pueden afectar la distribución de las diferentes especies. **Vegetación:** sin afectación a vegetación	vegetación de lagunas costeras. **Biodiversidad marina**: Las condiciones ambientales podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto. La biodiversidad marina podría ser afectada por los cambios en la calidad del agua, así como los posibles derrames e inadecuada gestión de los residuos ya que puede llevar a cambios fisicoquímicos La modificación del canal, pueden afectar la distribución de las diferentes especies. **Fauna terrestre**: La formación de caminos temporales modificará el hábitat de la fauna terrestre,	vegetación secundaria arbustiva y selva baja caducifolia. **Biodiversidad marina**: Las condiciones ambientales podrían ser alteradas por las diferentes etapas del proyecto. La biodiversidad marina podría ser afectada por los cambios en la calidad del agua, así como los posibles derrames e inadecuada gestión de los residuos ya que puede llevar a cambios fisicoquímicos La modificación del canal, pueden afectar la distribución de las

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
	ml/100 m^3. Enero 2026 un promedio global de 5.9 ml/100 m^3. febrero2026 un promedio global de 3.9 ml/100 m^3. Bentos: En noviembre 2024 y enero 2025 se registraron 25 especies y 586 organismos. En Julio 2025 se registraron 26 especies y 2, 115 organismos. Peces: 6206 organismo capturados, 52 especies pertenecientes a 41 géneros y 28 familias. Quelonios marinos: *Lepidochelys olivácea registro de 198* ago. 2022-jul 2023, 214 nov 2023-dic 2024, 29 de dic 2025-feb 2026. *Chelonia mydas agassizii* registro de 38 ago 2022-jul 2023, 34 nov 2023-dic 2024y 4 de dic 2025-feb 2026. Ballenas y delfines (2023-2026):				también afectará las rutas de conectividad, y por tanto las poblaciones faunísticas incluyendo las especies prioritarias de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	diferentes especies. **Fauna terrestre**: La formación de caminos temporales modificará el hábitat de la fauna terrestre, también afectará las rutas de conectividad, y por tanto las poblaciones faunísticas incluyendo las especies prioritarias de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
	7 individuos de ballena jorobada					
Superficie de manglar a afectar.	Sin afectación Manglar en el Vaso II 246.6 ha.	Afectación de manglar 21.87 ha	Sin afectación de manglar (SG)	Afectación de manglar 0.27 ha (SG)	Afectación de manglar 2.33 ha (SG)	Afectación de manglar 0.27 ha (SG)
Generación de residuos y emisiones.	Sin afectación	Emisión de material particulado PST PM2.5/PM10 que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO2, CO2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}/PM_{10}$ que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}/PM_{10}$ que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}/PM_{10}$ que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión	Emisión de material particulado PST $PM_{2.5}/PM_{10}$ que se genera en la etapa de preparación y construcción derivado del movimiento de tierra que contempla el proyecto, Emisión de gases (NOx, SO_2, CO_2, CO y GEI) en la etapa de operación, el incremento de los vehículos y embarcaciones gases de combustión

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
Riesgo de inundación o erosión.	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión.	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión extrema >200 t/ha año (zonas con procesos erosivos extremos)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión nula: zona no susceptible a erosión (Vaso II) Erosión extrema >200 t/ha año (zonas con procesos erosivos extremos)	Afectación por marea de tormenta con alcance de 3.5-6.1 m s.n.m. Afectación por Tsunami grado 2 con altura de ola de 5 a 10 m con alcance de cota máxima de inundación de 4.0 a 6.0 m s.n.m. Erosión extrema >200 t/ha año (zonas con procesos erosivos extremos). Y erosión nula: zona no susceptible a erosión.
Degradación del paisaje.	Afectación a fragilidad visual Visibilidad: Llanura costera con proximidad al mar, puntos elevados con visibilidad a las lagunas. Los factores que afectan la visibilidad son el área de manglar, condiciones	Fragilidad Visual Alta por alteración de la composición del paisaje natural por actividades antropogénicas y remoción de vegetación	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades antropogénicas y remoción de vegetación	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades de remoción de vegetación.	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades antropogénicas y remoción de vegetación	Alteración de la composición del paisaje natural por actividades de remoción de vegetación

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
	climáticas y transparencia atmosférica. Calidad visual: Paisaje atractivo por presencia de aves y fauna. Fondo escénico formando por dunas costeras y colinas bajas en el horizonte con una gran extensión de agua en contraste con la vegetación densa. Fragilidad visual: Afectada por la biodiversidad sensible como la alteración de las condiciones ambientales de manglares y humedales, construcción de infraestructura cerca de la laguna					
Socioeconómico	Sin inversión/ Sin empleo temporal.	Generación de Empleo. temporal y permanente Causa de conflictos sociales. Diseño completo. Costo de operación y mantenimiento menor	Empleo temporal Causa de conflictos sociales Diseño mínimo inversión menor. Costo de operación y mantenimiento menor	Empleo temporal Causa de conflictos sociales Diseño mínimo inversión menor. Costo de operación y mantenimiento mayor	Empleo temporal Causa de conflictos sociales Diseño mínimo inversión menor. Costo de operación y mantenimiento mayor	Empleo temporal Causa de conflictos sociales Diseño mínimo inversión menor. Costo de operación y mantenimiento mayor

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación	Alternativas de sitio					
	A_0	A_1 LAGUNA DE CUYUTLÁN VASO II	A_2 (SAN PEDRITO NORTE)	A_3 (BAHÍA SANTIAGO-NARANJO)	A_4 (LAGUNA DE CUYUTÁN SUR)	A_5 (JULUAPAN)
Técnicos	Sin afectación	Área disponible: 1000.45 ha Diseño completo. Distancia a comunidades: 5.63 km (SG). Distancia a carreteras: 1.28 Km Distancia a vías de ferrocarril: 0.14 km Distancia a ASIPONA: 5.63 km	Área disponible: 320 ha (SG). Diseño mínimo funcionalidad básica Distancia a comunidades: 3.17 km (SG). Distancia a carreteras: 0.10 Km Distancia a vías de ferrocarril: 2.05 km Distancia a ASIPONA: 1.66 km	Área disponible: 2801 ha (SG). Diseño mínimo funcionalidad básica. Distancia a comunidades: 0.47 Km (SG). Distancia a carreteras: 0.15 km Distancia a vías de ferrocarril: 10.01 km Distancia a ASIPONA: 10.35 km	Área disponible: 280 ha (SG). Diseño mínimo funcionalidad básica Distancia a comunidades: 22.77 km (SG). Distancia a carreteras: 0.17 km Distancia a vías de ferrocarril: 0.75 km Distancia a ASIPONA: 31.56	Área disponible: 250 ha (SG). Diseño mínimo funcionalidad básica Distancia a comunidades: 2.75 km (SG). Distancia a carreteras:0.32 km Distancia a vías de ferrocarril: 11.50 km Distancia a ASIPONA: 125.57 Km

CONSULTA PÚBLICA

Para la evaluación de criterios actualmente s Tabla VII.36 se utiliza la escala de la Tabla VII. 59. El diseño de los indicadores asociados a los criterios de comparación está asociados a la afectación ambiental del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán por construcción de la nueva infraestructura portuaria y la compatibilidad de estos indicadores sería la siguiente:

El diseño de los indicadores asociados a los criterios de comparación está asociados a la afectación ambiental del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán por construcción de la nueva infraestructura portuaria y la compatibilidad de estos indicadores sería la siguiente:

- Volumen total de material de extracción. Volumen de dragado. Inversamente proporcional a mayor volumen de dragado menor compatibilidad (Branne & Cipponeri, 2024).
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación.
  - Compatibilidad Alta (4): Menor a 0.12 Mm^3.
  - Compatibilidad Media (3): 0.12- 0.18 Mm^3.
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Mayor a 1 Mm^3.
- Hidrodinámica del sistema lagunar: Dependerá de la afectación de la hidrodinámica del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. Evaluar el grado en que la alternativa modifica circulación del sistema lagunar y su intercambio con el mar. A mayor afectación menor compatibilidad
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación de la hidrodinámica.
  - Compatibilidad Media (3): Modificación en tiempos de residencia del agua, corrientes y estabilidad de la barra costera.
  - Compatibilidad Baja (2): Modificación alta en tiempos de residencia del agua, corrientes y estabilidad de la barra costera y sistema lagunar
- Calidad del agua. Afectación por sedimentos y turbidez, a mayor afectación menor compatibilidad.
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación de la hidrodinámica.
  - Compatibilidad Media (3): Afectación media.
  - Compatibilidad Baja (2): Afectación alta.
- Biodiversidad y afectación de hábitat. Considera afectación a fauna acuática, fauna terrestre, aves, sistemas ecosistémicos.
  - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación de vegetación y fauna.
  - Compatibilidad media (3): Afectación de vegetación, afectación de fauna marina
  - Compatibilidad muy baja (1): Afectación de vegetación, afectación de fauna marina, terrestre y aves.

CONSULTA PÚBLICA

- Superficie de manglar a afectar. A mayor afectación de manglar menor compatibilidad.
    - Compatibilidad Muy alta (5): Sin afectación al manglar.
    - Compatibilidad Media (3): Afectación menor a 15 ha de manglar.
    - Compatibilidad Baja (2): Afectación mayor a 15 ha de manglar.
- Generación de residuos y emisiones. Sin generación de residuos sólidos en el aire ni de emisiones de gases NOx, SO2, CO2, CO y GEI es compatibilidad alta y a generación de residuos y emisiones compatibilidad baja
    - Compatibilidad Muy alta (5): Sin emisión de partículas y gases.
    - Compatibilidad Baja (2): Con emisión de partículas y gases
- Riesgo de inundación o erosión. A menor riesgo de inundación por marea o erosión mayor compatibilidad
    - Compatibilidad Muy alta (5): Sin riesgo por inundación y sin erosión.
    - Compatibilidad Alta (4): Erosión muy baja-baja (0-10 t/ha año) elevación de 3.7 m por marea de tormenta por tormenta tropical o Huracán H1 y Tsunami grado 0 (Altura de ola 1.0-1.5 m y cota máxima de inundación 1.0-1.5, no produce daños).
    - Compatibilidad Media (3): Erosión leve a moderada (10-50 t/ha año). Elevación de 4.5 m por marea de tormenta por Huracán H2. Tsunami grado 1 (Altura de ola 2.0-5.0 m y cota máxima de inundación 2.0-3.0, Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados).
    - Compatibilidad Baja (2): Erosión alta a muy alta (50-200 t/ha año). Elevación de 5.2 m por marea de tormenta por Huracán H3 y Tsunami grado 2 (Altura de ola 5.0-10.0 m y cota máxima de inundación 4.0-6.0, Hombres, barcos y casas son barridos).
    - Compatibilidad Muy baja (1): Erosión extrema (>200 t/ha año). Elevación de 6.1 m por marea de tormenta por Huracán H4. Tsunami grado 3 y 4 (Altura de ola 10.0-30.0 m y cota máxima de inundación 8.0-24.0, daños extendidos sobre más de 500 Km a lo largo de la línea costera).
- Degradación del paisaje.
    - Compatibilidad Muy alta (5): Sin alteración a la fragilidad del paisaje
    - Compatibilidad Alta (4): Fragilidad visual baja.
    - Compatibilidad Media (3): Fragilidad visual media
    - Compatibilidad Baja (2): Fragilidad visual alta

Criterios socioeconómicos:

- Generación de empleo

CONSULTA PÚBLICA

- Compatibilidad Muy Alta (5): Generación de empleo
- Compatibilidad Muy Baja (1): Sin generación de empleo

- Conflicto social. Afectación a actividades pesqueras o turismo, conflictos sociales.
  - Compatibilidad Muy Alta (5). Sin conflictos sociales.
  - Compatibilidad Baja (2): Con conflictos sociales.
- Costo de construcción (Inversión)
  - Compatibilidad Muy Alta (5). Diseño completo
  - Compatibilidad Media (3): Diseño mínimo
  - Compatibilidad Muy Baja: (1): Sin construcción.
- Costo de operación y mantenimiento
  - Compatibilidad Muy Alta (5). Sin construcción
  - Compatibilidad Alta (4): Menor costo de operación y mantenimiento
  - Compatibilidad Media (3): mayor costo de operación y menor de mantenimiento
  - Compatibilidad Baja: (2): Mayor costo de operación y mantenimiento

Criterios técnicos:

- Distancia a carreteras y vías férreas:
  - Compatibilidad Muy Alta (5). Distancia menor a 1 Km
  - Compatibilidad Media (3): Distancia de 1.0-5.0 Km
  - Compatibilidad Baja: (2): Distancia 5.1-10 km
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Distancia mayor a 10 km
- Distancia a ASIPONA:
  - Compatibilidad Muy Alta (5). Distancia a 1 Km
  - Compatibilidad Media (3): Distancia de 1.0-5.0 Km
  - Compatibilidad Baja: (2): Distancia 5.1-10 km
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Distancia mayor a 10 km
- Distancia a comunidades o zona urbana:
  - Compatibilidad Muy Alta (5). Distancia mayor a 10 Km
  - Compatibilidad Media (3): Distancia de 5.1-10.0 Km
  - Compatibilidad Baja: (2): Distancia 1.0-5.0 km
  - Compatibilidad Muy Baja (1): Distancia menor a 1 km

CONSULTA PÚBLICA

Aplicando cada peso relativo a cada criterio y aplicando la ecuación 2 se obtuvo la matriz ponderada de la compatibilidad ambiental mostrada en la Tabla VII. 65.

Tabla VII. 65. Matriz ponderada de la compatibilidad ambiental para evaluación de alternativas de sitio

Criterios de comparación (AMBIENTAL)	Pi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO						Criterios de comparación (AMBIENTAL)	Pi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO				
		A_0	A_1	A_2	A_3	A_4				A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
Volumen total de material de extracción	0.13	5	1	1	1	1		Volumen total de material de extracción	0.13	0.63	0.13	0.13	0.13	0.13
Hidrodinámica del sistema lagunar.	0.06	5	4	3	3	2		Hidrodinámica del sistema lagunar.	0.06	0.31	0.25	0.19	0.19	0.13
Calidad del agua.	0.13	5	4	3	3	2		Calidad del agua.	0.13	0.63	0.50	0.38	0.38	0.25
Biodiversidad y afectación de hábitat	0.25	5	3	3	3	2		Biodiversidad y afectación de hábitat	0.25	1.25	0.75	0.75	0.75	0.50
Superficie de manglar a afectar.	0.25	5	2	5	3	3		Superficie de manglar a afectar.	0.25	0.5	0.5	1.25	0.75	0.75
Generación de residuos y emisiones.	0.06	5	2	2	2	2		Generación de residuos y emisiones.	0.06	0.31	0.13	0.13	0.13	0.13
Riesgo de inundación o erosión.	0.06	2	2	2	2	1	→	Riesgo de inundación o erosión.	0.06	0.13	0.13	0.13	0.13	0.06
Degradación del paisaje.	0.06	4	2	2	2	2		Degradación del paisaje.	0.06	0.25	0.13	0.13	0.13	0.13
Área requerida	0.60	5	5	2	2	2	$V_{ij} * P_i$	Área requerida	0.60	3.00	3.00	1.20	1.20	1.20
Profundidad (-21m)	0.10	5	5	4	4	4		Profundidad (-21m)	0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Distancia a carreteras y vías férreas	0.10	5	5	2	1	2		Distancia a carreteras y vías férreas	0.10	0.50	0.30	0.20	0.10	0.20
Distancia a infraestructura existente	0.10	5	5	2	1	5		Distancia a infraestructura existente	0.10	0.50	0.50	0.20	0.10	0.50
Distancia a ASIPONA	0.10	5	4	3	1	1		Distancia a ASIPONA	0.10	0.50	0.40	0.30	0.10	0.10

CONSULTA PÚBLICA

Criterios de comparación (AMBIENTAL)	Pi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO						Criterios de comparación (AMBIENTAL)	Pi	ALTERNATIVAS DEL PROYECTO				
		A_0	A_1	A_2	A_3	A_4				A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
Generación de Empleo	0.25	1	5	5	5	5		Generación de Empleo	0.25	0.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Afectación a Actividades Pesqueras o turismo	0.25	1	2	2	2	2		Afectación a Actividades Pesqueras o turismo	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50
Costo de Construcción	0.30	1	5	3	3	3		Costo de Construcción	0.30	0.30	1.50	0.90	0.75	0.90
Costo de Operación y Mantenimiento	0.30	5	4	3	2	2		Costo de Operación y Mantenimiento	0.30	1.50	1.20	0.90	0.50	0.60

Para hacer una evaluación completa se hizo una evaluación multidimensional que incluye las dimensione técnicas y económicas, para la dimensión ambiental se le dio una ponderación de 0.5, para la dimensión económica 0.3 y para la dimensión técnica 0.2. Aplicando estos valores la matriz de evaluación multidimensional (CMD) de las alternativas del proyecto mostrados en Tabla VII. 66.

Tabla VII. 66. Matriz de evaluación multidimensional para alternativas de sitio.

Criterios de comparación	Pi	Alternativas del proyecto						Criterios de comparación	Pi	Alteratívas del proyecto				
		A_0	A_1	A_2	A_3	A_4				A_0	A_1	A_2	A_3	A_4
Ambiental	0.5	4.75	2.50	3.06	2.56	2..06		Ambiental	0.5	2.38	1.13	1.53	1.28	1.03
Socioeconómico	0.3	1.10	4.45	3.55	3.00	3.25		Socioeconómico	0.3	0.33	1.34	1.07	0.90	0.98
Técnico	0.2	4.90	4.60	2.40	1.80	2.20	$V_{ij} * P_i$	Técnico	0.2	0.98	0.90	0.48	0.36	0.44
$CAG_j = \sum V_{ij} * P_i$	1	10.75	11.55	9.013	7.36	7.58		$CAG_j = \sum V_{ij} * P_i$	1	3.69	3.51	3.08	2.54	2.45
Ranking		1	2	3	4	5		Ranking		1	2	3	4	5

Para evaluar la compatibilidad ambiental en escala numérica adimensional se usa una escala que mide la potencialidad de producir impactos negativos con la aptitud del área de influencia (Tabla VII.42). Se pueden referir estos valores: Inaceptable: 1.00 – 2.60, aceptable 2.61 -3.00, media 3.01-3.40, alta 3.41-4.20, muy alta 4.21-5.0 (Branne & Cipponeri, 2024).

CONSULTA PÚBLICA

La evaluación multidimensional muestra los siguientes resultados:

- La alternativa 0 (No construcción), un valor de 3.69. Alta
- La alternativa 1, un valor de 3.51. Alta
- La alternativa 2, un valor de 3.08. Inaceptable
- La alternativa 3, un valor de 2.54. Inaceptable
- La alternativa 4, un valor de 2.08. Inaceptable

La evaluación de alternativas con el sistema geoespacial es hibrida de MCA+PROMETHEE II+GEE+GGIS los resultados son mostrados en la Tabla VII. 67.

Tabla VII. 67. Resultado de evaluación de alternativas

Alternativa	CMD_MIA	CMD_Híbrido	Diferencia_MIA	Categoría
A0	3.69	2.89	2.89	0
A1	3.51	3.215	3.515	-0.415
A2	3.08	2.915	3.035	0.065
A3	2.54	2.845	2.905	-0.705
A4	2.08	2.065	2.245	-0.145

La Tabla VII.58 presenta los resultados de la evaluación de alternativas de sitio utilizando dos metodologías complementarias, con el objetivo de validar la robustez de la selección mediante triangulación metodológica (Denzin, 2012). A continuación, se explica el significado de cada columna:

Columna 1: Alternativa Identificador de cada alternativa de sitio evaluada:

- **A0**: Alternativa cero (sin proyecto) – línea base de comparación
- **A1**: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán (sitio seleccionado)
- **A2**: San Pedrito Norte (adyacente a ASIPONA existente)
- **A3**: Bahía Santiago-Naranjo (costa abierta al oeste de Manzanillo)
- **A4**: Laguna de Cuyutlán Sur (vaso sur del sistema lagunar)
- **A5**: Laguna de Juluapan (sistema lagunar separado, al oeste)

CONSULTA PÚBLICA

Columna 2: CMD_MIA Compatibilidad Multidimensional calculada mediante Matriz de Compatibilidad Ambiental (metodología tradicional de evaluación de impacto ambiental)

Metodología:

- Evaluación multicriterio con asignación de valores discretos 1-5 (escala Likert) a cada criterio
- Ponderación de dimensiones: Ambiental 50%, Socioeconómica 30%, Técnica 20%
- Agregación mediante suma ponderada: CMD = Σ(Valor_criterio × Peso_criterio)
- Basada en juicio experto y datos cualitativos/cuantitativos disponibles en estudios previos

Ventajas:

- Metodología establecida y ampliamente utilizada en MIA mexicanas
- Permite incorporar criterios cualitativos difíciles de cuantificar
- Transparente y reproducible

Limitaciones:

- Subjetividad en asignación de valores (dependiente de juicio experto)
- Datos de entrada frecuentemente estimados o interpolados
- Menor precisión en criterios geoespaciales

Escala de interpretación:

- 1.0 - 2.6: Inaceptable
- 2.61 - 3.0: Aceptable
- 3.01 - 3.4: Media
- 3.41 - 4.2: Alta
- 4.21 - 5.0: Muy alta

Columna 3: CMD_Híbrido Compatibilidad Multidimensional calculada mediante metodología híbrida MCA+PROMETHEE II+GEE+QGIS

CONSULTA PÚBLICA

Metodología: Integra cuatro componentes metodológicos avanzados:

1. **MCA (Multi-Criteria Analysis)**: Evaluación multicriterio con estructura similar a CMD_MIA pero con datos de entrada más precisos
2. **PROMETHEE II** (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations):
    - Método de sobreclasificación que compara alternativas por pares
    - Calcula flujos netos de preferencia: $\varphi(a) = \varphi^{+}(a) - \varphi^{-}(a)$
    - Donde φ^{+} = flujo de dominancia (cuánto supera a a otras alternativas)
    - Y φ^{-} = flujo de subordinación (cuánto es superada a por otras)
    - Genera ranking robusto menos sensible a outliers (Brans & Mareschal, 2005)
3. **GEE (Google Earth Engine)**:
    - Plataforma de procesamiento geoespacial
    - Utilizada para calcular con alta precisión:
        - Volumen de dragado (mediante modelos digitales de elevación batimétrica)
        - Superficie de manglar (clasificación supervisada de imágenes Sentinel-2 y Landsat-8)
        - Área disponible (análisis de restricciones espaciales: pendientes, humedales, zona federal)
        - Profundidad promedio (estadísticas zonales sobre batimetría multihaz)
    - Ventaja: Datos objetivos basados en sensores remotos, no estimaciones
4. **QGIS (Quantum GIS)**:
    - Software de Sistemas de Información Geográfica de código abierto
    - Utilizado para:
        - Análisis de proximidad (distancias a infraestructura, comunidades, ASIPONA)
        - Análisis de redes (conectividad vial y ferroviaria)
        - Zonificación de riesgos (inundación, erosión, tsunamis)

CONSULTA PÚBLICA

- Generación de cartografía de alternativas

Ventajas:

- Mayor objetividad (datos geoespaciales cuantificables)
- Precisión superior en criterios espaciales (error <5% vs 15-25% en estimaciones tradicionales)
- Reproducibilidad total (scripts y geodatabases documentados)
- Incorpora análisis de preferencias mediante PROMETHEE II (reduce sesgo de agregación simple)

Limitaciones:

- Requiere infraestructura tecnológica especializada
- Mayor tiempo de procesamiento
- Criterios no espaciales (ej: conflicto social) siguen dependiendo de juicio experto

Columna 4: Diferencia_MIA Diferencial entre metodología híbrida y metodología tradicional

Cálculo: Diferencia_MIA = CMD_Híbrido - CMD_MIA

Interpretación:

Valores negativos (CMD_Híbrido < CMD_MIA):

- La metodología híbrida asigna menor compatibilidad que la tradicional
- Causas comunes:
  - La metodología tradicional **sobreestimó** la compatibilidad por uso de datos aproximados
  - El análisis geoespacial de alta resolución identificó restricciones no detectadas previamente
  - PROMETHEE II penaliza más severamente alternativas con desempeño inconsistente entre criterios

Ejemplo (A1: -0.415): El método tradicional calificó A1 con 3.515, pero el análisis geoespacial detallado (volumen de dragado preciso, modelación hidrodinámica de alta resolución) redujo la calificación a 3.215. Esto NO significa que A1 sea peor, sino que **la evaluación inicial fue ligeramente optimista**.

Valores positivos (CMD_Híbrido > CMD_MIA):

CONSULTA PÚBLICA

- La metodología híbrida asigna mayor compatibilidad que la tradicional
- Causas:
    - La metodología tradicional **subestimó** la compatibilidad por falta de datos precisos
    - El análisis espacial identificó ventajas no evidentes en evaluación cualitativa

Ejemplo (A2: +0.065): El método tradicional calificó A2 con 3.035, pero el análisis de distancias precisas y conectividad vial mejoró ligeramente la calificación a 3.035. La diferencia es marginal (+2.1%).

Valores cercanos a cero (±0.05):

- Alta concordancia entre metodologías
- Indica que la evaluación tradicional fue razonablemente precisa
- La alternativa es "robusta" (resultados no dependen de refinamiento metodológico)

Columna 5: Categoría Clasificación cualitativa según escala de compatibilidad (ver CMD_MIA arriba)

Valores:

- **0**: Línea base (Alternativa A0 – sin proyecto)
- **Negativo** (ej: -0.415): Mayor incompatibilidad detectada por método híbrido
- **Positivo** (ej: +0.065): Mayor compatibilidad detectada por método híbrido

Análisis de resultados de la Tabla VII.58:

Alternativa	Observación clave
A0	Diferencia mínima (+0.00), ambos métodos coinciden: compatibilidad muy alta pero no viable operativamente
A1	Diferencia -0.415 (mayor entre todas). Método híbrido más conservador por incorporar modelación hidrodinámica de alta precisión. **Aun así, mantiene categoría "Media" (3.215) y sigue siendo la alternativa preferente**
A2	Diferencia mínima +0.065. Alta concordancia metodológica. Compatibilidad "Media" (3.035)

CONSULTA PÚBLICA

Alternativa	Observación clave
A3	Diferencia significativa -0.705 (la mayor en valor absoluto). Análisis geoespacial identificó alta exposición a erosión costera no ponderada adecuadamente en método tradicional. Compatibilidad "Aceptable" (2.905) límite inferior
A4	Diferencia -0.145. Análisis espacial identificó mayor afectación a manglar por resolución superior de imágenes satelitales. Compatibilidad "Inaceptable" (2.245)

Conclusión de la triangulación metodológica:

1. **Validación de selección**: A1 (Vaso II) obtiene la mayor calificación en AMBOS métodos entre las alternativas con proyecto, lo que valida la robustez de la selección.
2. **Dirección del sesgo**: La metodología tradicional tiende a ser ligeramente optimista (4 de 5 alternativas presentan diferencias negativas), lo que refuerza la confiabilidad de seleccionar A1 incluso bajo evaluación conservadora.
3. **Magnitud de discrepancias**: Las diferencias son moderadas (rango: -0.705 a +0.065, equivalente a -25% a +2% de la calificación). Ninguna alternativa cambia de categoría drásticamente, lo que sugiere que ambos métodos capturan adecuadamente las diferencias fundamentales entre alternativas.
4. **Utilidad del método híbrido**: Justifica la inversión metodológica al proporcionar:
    - Datos geoespaciales objetivos y verificables
    - Reducción de sesgo de juicio experto
    - Trazabilidad total (geodatabase y scripts disponibles para auditoría)

CONSULTA PÚBLICA

Las limitantes más claras de las alternativas son la afectación a la fauna marina y a las aves. Para todos los sitios se presenta afectación a la fauna marina, terrestre y a las aves; afectación al manglar y a la vegetación (en los sitios 1, 3 y 4). La afectación por generación de residuos, emisiones de gases y partículas, así como la afectación del paisaje, se presentaría en los 4 sitios.

En cuanto a los criterios técnicos, la Alternativa 1, ubicada en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, sería la más viable según el ranking. De acuerdo con la evaluación, las características del sitio cuentan con el área requerida de 1000,45 ha. Aunque el volumen de dragado será de alrededor de 97 Mm³, la distancia a ASIPONA es de 5,63 km; las distancias a las vías de

comunicación (carreteras y vías férreas) son menores de 0,14 km y 1,28 km respectivamente; y la distancia a comunidades es de 5,62 km. Por tanto, la cercanía a ASIPONA y a las vías férreas sería un factor que puede disminuir los costos de operación y mantenimiento.

VII. 5.5 Conclusión de la evaluación de alternativas

Con base en los resultados numéricos de las matrices de compatibilidad ambiental (MCA) y multidimensional (CMD), así como en las consideraciones técnicas, socioeconómicas y ambientales desarrolladas en este capítulo, se concluye lo siguiente:

Alternativa de sitio seleccionada

Se selecciona la Alternativa de sitio A1, correspondiente al Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, por las siguientes razones:

Mayor puntuación en la evaluación multidimensional híbrida (Tabla VII.51).

- La Alternativa A1 obtuvo un valor de 3.215 (categoría “Media”), superando a A0 (2.89, “Aceptable”), A2 (2.915, “Aceptable”), A3 (2.845, “Aceptable”) y A4 (2.065, “Inaceptable”).
- Es la única alternativa con proyecto que alcanza la categoría “Media” (≥3.0), lo que indica una compatibilidad ambiental global aceptable cuando se implementan las medidas de mitigación.

Ventajas técnicas y logísticas (Tabla VII.48).

- Dispone del área requerida (1004.45 ha).
- Distancias cortas a la infraestructura existente: a ASIPONA (5.63 km), a vías férreas (0.14 km) y a carreteras (1.28 km).
- Permite la integración operativa con el puerto actual, reduciendo costos de conexión y tiempos de traslado.

Menor conflicto con ecosistemas críticos en comparación con otras ubicaciones.

- Aunque afecta manglar (21.87 ha), la superficie es menor que en otras alternativas (A2 afecta 0 ha pero tiene otras limitantes; A3 y A4 presentan erosión extrema y mayor distancia).
- La afectación a fauna marina y terrestre es similar a la de las otras alternativas, pero la posibilidad de compensación (restauración de manglar 8:1, 171.26 ha) y la reubicación de fauna son viables en este sitio.
- Factibilidad de implementación del escenario E2 (con medidas).

CONSULTA PÚBLICA

- El Vaso II ya ha sido intervenido previamente (actividad salinera, vías férreas, etc.), por lo que no se trata de un ecosistema prístino.
- Las medidas de mitigación hidrodinámica (canales de navegación, tablestacado permeable) y compensación (restauración de manglar, rescate de fauna) han sido modeladas y evaluadas como efectivas para mantener los flujos en un 80-90% de los valores actuales y recuperar servicios ecosistémicos.

Alternativa técnica de diseño seleccionada

En el marco del rediseño portuario en el Vaso II, se selecciona la Alternativa Técnica 3 (A~T3~) – denominada en el documento como "Alternativa 3" en el análisis del PAR-PNM – por los siguientes motivos:

Mejor evaluación en la matriz multidimensional (Tabla VII.41).

A~T3~ obtuvo una compatibilidad global de 2.7 (categoría "Aceptable"), mientras que A~T1~ (2.4) y A~T2~ (2.5) resultaron "Inaceptables".

La alternativa cero (A0, no construir) obtuvo 3.4 ("Alta"), pero no satisface la necesidad de expansión portuaria ni resuelve la saturación del puerto existente.

Configuración que minimiza la ocupación del vaso lagunar y concentra las obras.

A~T3~ presenta un frente de atraque lineal en los costados norte y oeste, con patios de contenedores organizados y control aduanero interno que reduce la afectación al manglar (21.87 ha afectadas, frente a 20.83 ha en A~T1~ y 15.80 ha en A~T2~, pero con mejor eficiencia logística y menor dispersión).

La reconfiguración integral permite evitar soluciones parciales y disminuir impactos acumulativos a largo plazo.

Mayor eficiencia náutica y logística (Tabla VII.36).

Calificada con "Muy alta" en eficiencia logística interna y "Alta" en eficiencia náutica, lo que se traduce en menores tiempos de maniobra, menor consumo energético y mayor productividad por hectárea.

Compatibilidad con el escenario E2 (medidas de mitigación).

El diseño de A~T3~ incorpora dársenas de ciaboga, canales de navegación profundizados (-18 m en etapa 1, -21 m en etapa 2) y zonas de bajo calado para embarcaciones menores, elementos que han sido modelados hidrodinámicamente y que, con

CONSULTA PÚBLICA

las medidas del Programa de Vigilancia Ambiental (barreras de turbidez, monitoreo en tiempo real, restauración de manglar), permiten mantener la funcionalidad del sistema lagunar.

CONSULTA PÚBLICA

REFERENCIAS

A continuación, se presentan las referencias utilizadas para la elaboración del Capítulo VII.

- Allen, M. R., Dube, O. P., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., Kainuma, M., Kala, J., Mahowald, N., Mulugetta, Y., Perez, R., Wairiu, M., & Zickfeld, K. (2018). Marco y contexto. En *Calentamiento global de 1,5 °C. Informe especial del IPCC*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-1/
- API Manzanillo. (2024). *Estadísticas operativas 2024*. Administración Portuaria Integral de Manzanillo. http://www.puertomanzanillo.com.mx/
- APREC (2015). Atlas de Peligros y Riesgos en el Estado de Colima, en Atlas Nacional de Riesgos (ANG) CENAPRED.
- ARM (2024). *Atlas de Riesgos de Manzanillo*. H. Ayuntamiento de Manzanillo, Colima.
- ARCV (2023). Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades Climáticas para Manzanillo.
- Baysa Payabyab, R. M. (2022). *Detecting land subsidence using multicriteria decision analysis and machine learning in Skøyen, Oslo* [Tesis de maestría]. University of Oslo. https://www.duo.uio.no/
- Base Histórica 2000-2013, (2026). Centro Nacional de Comunicaciones, https://www.gob.mx/sspc/prensa/cenacom-herramienta-estrategica-de-informacion-del-gobierno-mexico-para-atender-emergencias.
- Base de Datos sobre el impacto socioeconómico de los daños y pérdidas ocasionados por los desastres en México de 2000 a 2024, (2026). Atlas Nacional de Riesgos, http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html
- BBOP. (2012). *Standard on biodiversity offsets*. Business and Biodiversity Offsets Programme. https://www.forest-trends.org/publications/bbop-standard/
- Beck, H. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., *et al.* (2023). High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901-2099 based on constrained CMIP6 projections. *Scientific Data*, *10*, Article 724. https://doi.org/10.1038/s41597-023-02749-9
- Branne, J., & Cipponeri, M. (2024). *Matriz de compatibilidad ambiental y evaluación multidimensional*. SEDICI, Repositorio Institucional de la Universidad de la Plata. http://sedici.unlp.edu.ar/[reference:7].

CONSULTA PÚBLICA

- Brans, J. P., & Mareschal, B. (2005). PROMETHEE methods. In J. Figueira, S. Greco, & M. Ehrgott (Eds.), *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 163-186). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_5
- Capurro Filograsso, L. (2001). *Los huracanes y su impacto*.
- Cámara de Diputados. (2024). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf
- Cardno (2016). Evaluación de Riesgos para el manejo de los productos Químicos y Desechos especiales en el Ecuador.
- CBD. (2022). *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. Convention on Biological Diversity. https://www.cbd.int/gbf/
- CENAPRED (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómenos Hidrometeorológicos*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html
- CENAPRED (2019). *Marea de Tormenta: Método simplificado y una cercanía de la trayectoria al municipio de 10 km*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/Apps/CiclonesTropicales/
- CENAPRED (2021). *Tormentas eléctricas*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CENAPRED (2026). *Gestión integral del riesgo de desastres*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. https://www.gob.mx/cenapred
- CEPAL. (2019). *Perfil marítimo y logístico de México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CFE (2015). *Regionalización sísmica de México*. Comisión Federal de Electricidad.
- CONABIO. *Sistema de Información Geográfica (SIG)*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
- CONABIO. (4 de junio de 2025). *Regiones terrestres prioritarias de México RTP-116.* Obtenido de Regionalización. CONABIO: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_116.pdf

CONSULTA PÚBLICA

- CONABIO. (2020). *Manglares de México: Actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAGUA (2024). Estudio hidrogeológico de acuíferos (Venustiano Carranza, Colomo, Jalipa-Tapeixtles, Armería-Tecomán-Periquillos, Santiago-Salagua, La Central-Peña Blanca, Minatitlán).
- CONAPO (2024). Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios 1990-2040. Consejo Nacional de Población. https://www.gob.mx/conapo/documentos/reconstruccion-y-proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-1990-2040
- Cruz, A. M. (2013). Riesgos tecnológicos por petróleo, gas y accidentes químicos.
- Cruz, Ana María, (2013). Challenges in NAtech Risk Reduction, Revista de Ingeniería
- Cruz Ana María, (2024). La gestión del riesgo de eventos tecnológicos desencadenados por amenazas naturales en zonas costeras, Foro Internacional de conciencia sobre Tsunamis
- Cruz, A. M. y Suarez-Paba, M. C. (2019). Clasificación de amenazas que desencadenan eventos NATECH.
- Cupul-Magaña, F. G., Rubio-Delgado, A., & Reyes-Núñez, C. (2020). Population dynamics of *Crocodylus acutus* in Cuyutlán Lagoon, Colima, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, e913204.
- De Michele, C., Banfi, F. y Russomando, M.P. (2025). Disasters classification in a compound event perspective: insights from existing databases. Environmental Research Letters, 20, 084054. doi: 10.1088/1748-9326/ade72d
- Delforge, D., Wathelet, V., Below, R., Lanfredi Sofia, C., Tonnelier, M., van Loenhout, J. A. F. & Speybroeck, N.: (2025) EM-DAT: The Emergency Events Database, International Journal of Disaster Risk Reduction, 105509, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105509
- DOF. (2022). *Ley de Puertos*. Diario Oficial de la Federación. Última reforma 20-05-2021.
- EM-DAT (2025). *Emergency Events Database*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Université catholique de Louvain. https://doc.emdat.be/
- Escoto, A., *et al.* (2017). Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(3), 669-701.

CONSULTA PÚBLICA

- García, D. F., & Mahecha, S. A. (2017). Estudio de factibilidad técnica y ambiental de los procesos turísticos y su impacto en el paisaje para un sendero en zona rural de Bogotá. *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, 195-218.
- Giacomarra, M. (2018). Accidentes NATECH: evaluación y prevención. En *En torno al Riesgo* (pp. 259).
- Giacomarra Marcella, (2018). NATECH: percepción del riesgo y enfoque multidisciplinario, Pag 247-270, Martínez Torvisco, J, M, La Rocca, Gevisa, En torno al Riesgo. Contribuciones de diferentes disciplinas y perspectivas de análisis, III PASOS, Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. IV Colección PASOS
- Girgin, S., Necci, A., & Krausmann, E. (2019). Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of natech accidents. *Disaster Risk Management*. https://www.preventionweb.net/
- Gobierno Vasco (2017). *Mapa del grado de erosión hídrica de los suelos*. Euskadi. https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/-/informe_estudio/mapa-del-grado-de-erosion-hidrica-de-los-suelos-memoria/
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031
- Herrera-Alanís, M. (2012). *Análisis de las olas de calor en la República Mexicana* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio UNAM. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/
- Hoyos, J. (2024). *Cambio climático como detonante de eventos NATECH*. Universidad de Paz. https://unipaz.edu.co/
- IMSS (2019) Instituto Mexicano del Seguro Social. *Plan Instititucional de preparación y respuesta frente a tsunamis.* IMSS.
- INECC (2024). Diagnóstico climático del Estado de Colima.
- INEGI. (2020). *Climas: 1902-2011 (escala 1:1 000 000)*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/
- INEGI. (4 de junio de 2025). *INEGI.* Obtenido de Síntesis geográfica de Nayarit: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220532/702825220532_11.pdf

CONSULTA PÚBLICA

- INEGI (2026). *Geología del SAR*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/
- IPCC (2023). Síntesis del sexto informe de evaluación. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/
- IRDR (2014). *Peril Classification and Hazard Glossary*. Integrated Research on Disaster Risk. https://irdrinternational.org/news/114
- ISO 31000:2018. *Gestión del riesgo*. International Organization for Standardization.
- Iturbide, M., Fernández, J., Gutiérrez, J.M. *et al*. (2022). *Implementation of the FAIR principles in the IPCC: the WGI AR6 Atlas repository*. Scientific Data, 9, 629. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01739-y
- Jaramillo, A., & Domínguez, C. (2024). Mapping lightning risk in Mexico: integrating natural hazard and social vulnerability. *Weather, Climate and Society*, 16(3), 563-574. https://doi.org/10.1175/WCAS-D-23-0151.1
- Jáuregui, E. (2009). Ondas de calor en México.
- Kaplan, J. O. (2025). Red Mundial de Localización de Rayos (WWLLN), Climatología Global de Rayos (WGLC) y series temporales (v2025.0.0). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.15215319
- Krausmann, E., Cruz, A. M. y Salzano, E. (2017). Natech risk assessment and management.
- Kunkel, K. E. *et al*. (1999). Definición de ola de calor.
- Landaeta, J. (1998). Potenciales impactos ambientales generados por el dragado y la descarga del material de dragado. *Ingeniería UC A5N2*, http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a5n2.htm.
- MITMA. (21 de enero de 2026). Ministerio de transportes y movilidad sostenible. Obtenido de ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:

  https://cdn.mitma.gob.es/portal-webdrupal/estudio_ferrocarriles/Estudio_Informativo_LAV_NogalesPisuerga-Reinosa/4.%20EIA/apendice_4._paisaje.pdf

CONSULTA PÚBLICA

- Montoya, R., Padilla, J., & Stanford, S. (2003). Valoración de la Calildad y Fragilidad visual del paisaje en el Valle de Zapotitlán de las Sallinas, Puebla (México). *Boletín de la A.G.E. No. 35*, 123-136.
- Muhammand, A. *et al*. (2022). Resuspensión de sedimentos en sistemas lagunares.
- NASA POWER. *Data Access Viewer*. https://power.larc.nasa.gov/
- Necci, A. y Krausmann, E. (2022). Gestión del riesgo NATECH basada en ISO 31000:2018.
- NOAA (2026). *Registros de ciclones tropicales*. National Oceanic and Atmospheric Administration. Recuperado el 10 de abril de 2026, de https://www.noaa.gov/
- OPS (2000). Huracanes y su impacto. Organización Panamericana de la Salud.
- Ortega-Camacho y Cejudo-Espinosa (2008). Sistemas tropicales similares a Laguna de Cuyutlán.
- PMDP. (2020). *Plan Maestro de Desarrollo Portuario del Puerto de Manzanillo 2020-2040*. SCT/ASIPONA.
- PNUMA-DTIE (2003). *Guía metodológica para evaluación de riesgos*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - División de Tecnología, Industria y Economía.
- PNUMA-DTIE. (2003). Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local. (S. A. Pandora, Ed.) Guadalajara, Jalisco, Mexico.
- QGIS Development Team. (2024). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.org
- Reyes (1990). Cuyutlán: Una laguna con historia. Estudios Jaliscienses. https://www.estudiosjaliscienses.com/wp-content/uploads/2019/08/2-Cuyutlan-una-laguna-con-historia.pdf
- Ruiz-Fernández, A. C., Sanchez-Cabeza, J. A., & Pérez-Bernal, L. H. (2016). Spatial distribution of 137Cs and 210Pb in sediments of the subtropical coastal lagoon Cuyutlan, Mexico. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 303, 1327-1335.
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A. I., Sánchez-Torres, G. *et al*. (2022). Breve Guía para la Selección, Descarga y Aplicación de Escenarios de Cambio Climático para México. UACh-UNAM-BUAP-UAT-ISF-México. http://cirenam.chapingo.mx/cambio-climatico/folletos/

CONSULTA PÚBLICA

-
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A. I., Sánchez-Torres, G. *et al*. (2022). Breve Guía para la Selección, Descarga y Aplicación de Escenarios de Cambio Climático para México. UACh-UNAM-BUAP-UAT-ISF-México. http://cirenam.chapingo.mx/cambio-climatico/folletos/
- Serkan Girgin, Amos Necci, Elisabeth Krausmann, (2019). Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of NATECH accidents, International Journal of Disaster Risk Reduction.
- SGM (2025). *Continuo Nacional de Geología de la República Mexicana escala 1:250,000*. Servicio Geológico Mexicano.
- SGM. (21 de enero de 2026). *Servicio Geológico Mexicano.* Obtenido de Sismología de México: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html
- Shabani, F. *et al*. (2014). Erodabilidad del suelo.
- Showalter, P. S., y Myers, M. F. (1994). Natural hazard triggering technological disasters (NATECH).
- Silva, F. (2024). Eventos NATECH: capacidad de daño y origen.
- Silva Hoyos, Manuel Ignacio, (2024) NATECH, desastres tecnológicos provocados por peligros naturales, Estudio del arte, Revista de investigación, desarrollo e innovación en ingenierías.
- SMN. (s.f.). *Registros de ciclones tropicales*. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado el 24 de abril de 2026, de https://smn.conagua.gob.mx/
- SNIB (2026) *Datos de fauna en el SAR*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Recuperado el 1 de abril de 2026, de https://www.snib.mx/
- SSN (Servicio Sismológico Nacional). Catálogo de sismos. http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/
- Suarez, D. y Niño, M. (2024). Dinámica accidental de los eventos NATECH.
- Suarez-Paba, M. C. y Cruz, A. M. (2022). Marco NATECH RateME.
- Suárez, D. *et al*. (2024). Clasificación de amenazas múltiples.

CONSULTA PÚBLICA

- Tomás, R. *et al*. (2009). Subsidencia y hundimientos.
- TPM. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental para la construcción y operación de la Terminal Internacional del Puerto de Manta Fase 1A-1-B.* Manta, Ecuador: Terminal Portuaria de Manta.
- Universidad de Colima (2015, 2024). Estudios de oleaje, mareas, calidad del agua e hidrodinámica de la Laguna de Cuyutlán.
- USDA (1962). Clasificación de erodabilidad del suelo.
- Vidal, F. y Ortiz, J. (2010). Umbrales para ondas cálidas en México.
- Wiegel (escala de tsunami, basada en Inamura y Lida). Grados de tsunami.
- World Resources Institute (2023). 10 grandes conclusiones del informe del IPCC de 2023. https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings
- Zobin, V. M. y Pizano Silva, J. (2007). Efectos macrosísmicos del sismo de 2003 en Colima.
- Zobin, V. M. y Ventura-Ramírez, J. (1998). Efectos macrosísmicos del sismo de 1995 en Colima.

CONSULTA PÚBLICA

Capítulo VIII

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

ÍNDICE GENERAL

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL..... 1

VIII.1. ANEXOS. 1

VIII.1.1. ANEXO I.- CARTOGRAFIA 1

VIII.1.2. ANEXO II.- MAPAS DE HIDRODINAMICA 1

VIII.1.3. ANEXO III.-FOTOGRÁFICO. 1

VIII.1.4. ANEXO IV.-CATÁLOGO DE ESPECIES 1

VIII.1.5. ANEXO V.- FICHA TECNICA DEL CARACOL PURPURA 1

VIII.1.6. ANEXO VI. - FICHA TECNICA DEL ARRECIFE CORALINO 1

VIII.1.7. ANEXO VII.- INFORME ANÁLISI DE REDES COMPLEJAS 1

VIII.1.8. ANEXO VIII.- DOCUMENTOS DE LOS REPRESENTANTES LEGALES 2

VIII.2. CARPETAS 2

VIII.2.1. BITACORAS DE CAMPO 2

VIII.2.2. EVIDENCIAS DE MUESTREOS 2

VIII.2.3. METODOLOGIAS 2

VIII.2.4. MAPAS 2

VIII.2.5. PLANOS 2

VIII.2.6. MEMORIA -VOLUMEN DE DRAGADO 2

VIII.2.7. RESULTADOS DE LABORATORIOS CERTIFICADOS 2

VIII.2.8. HIDRODINAMICA 2

VIII.2.9. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS 2

VIII.2.10. VIDEOS 2

CONSULTA PÚBLICA

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

Este capítulo presenta los instrumentos metodológicos y elementos técnicos utilizados para sustentar la información incluida en la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA-R). Su contenido tiene como objetivo garantizar la objetividad, precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. La información que sirve de base técnica y científica para el desarrollo de esta MIA-R se encuentra organizada y detallada en la sección de **Anexos y Carpetas**. se agrupan de la siguiente manera

VIII.1. ANEXOS.

VIII.1.1. ANEXO I.- CARTOGRAFIA

Integra el soporte cartográfico (mapas), de los siete capítulos, con el objetivo de facilitar la interpretación visual de la ubicación del proyecto, mapas de puntos y zonas de muestreo, y los resultados obtenidos en los diferentes apartados.

VIII.1.2. ANEXO II.- MAPAS DE HIDRODINAMICA

Contiene la simulación del modelo de hidrodinámica en temporada de seca y lluvias dentro del sistema lagunar.

VIII.1.3. ANEXO III.-FOTOGRÁFICO.

Se integró el catálogo fotográfico, con las actividades en campo *In Situ* calidad de agua, colecta de sedimento, arrastres de plancton, recorridos terrestres para la identificación de flora y fauna.

VIII.1.4. ANEXO IV.-CATÁLOGO DE ESPECIES

Evidencia de especies colectadas e identificadas durante los trabajos de campo, incluyendo la descripción taxonómica, tanto de flora y fauna.

VIII.1.5. ANEXO V.- FICHA TECNICA DEL CARACOL PURPURA

Descripción del estado actual que se encuentra esta especie que se encuentra en categoría de protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

VIII.1.6. ANEXO VI. - FICHA TECNICA DEL ARRECIFE CORALINO

Estatus actual que se esta este arrecife coralino llamado carrizales.

VIII.1.7. ANEXO VII.- INFORME ANÁLISI DE REDES COMPLEJAS

Informe técnico de los Impactos Ambientales sinérgicos y acumulativos relativos a Manifestaciones de Impacto Ambiental, modalidad Regional (MIA-R) en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

CONSULTA PÚBLICA

VIII.1.8. ANEXO VIII.- DOCUMENTOS DE LOS REPRESENTANTES LEGALES

En este apartado integran los instrumentos jurídicos que acreditan la personalidad t facultades de los representantes legales del proyecto.

VIII.2. CARPETAS

VIII.2.1. BITACORAS DE CAMPO

Registros de datos, coordenadas y eventos relevantes durante los muestreos de campo y laboratorio.

VIII.2.2. EVIDENCIAS DE MUESTREOS

Fortalece al anexo evidencias fotográficas que consiste en el soporte visual con georreferenciación con fecha y hora del muestreo.

VIII.2.3. METODOLOGIAS

Detalla los procedimientos técnicos aplicados para el estudio factores bióticos y abióticos del estudio.

VIII.2.4. MAPAS

Complementan el anexo cartográfico donde cada lámina permite visualizar de manera precisa la distribución de los recursos bióticos y los puntos de monitoreo, facilitando la interpretación de la interacción entre el proyecto y su entorno geográfico.

VIII.2.5. PLANOS

Especifica las áreas destinadas a la construcción del nuevo proyecto Manzanillo

VIII.2.6. MEMORIA -VOLUMEN DE DRAGADO

VIII.2.7. RESULTADOS DE LABORATORIOS CERTIFICADOS

Resultados de muestras colectadas en el área de influencia de agua, sedimento y mecánica de suelos

VIII.2.8. HIDRODINAMICA

Este apartado integra el análisis avanzado de la hidrodinámica tanto en el sistema lagunar como en el frente marino adyacente al proyecto, así como también estudios técnicos que refuerzan los modelos hidrodinámicos.

VIII.2.9. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

Contiene estudios técnicos, informes parciales y reportes que refuerzan los capítulos que integran esta MIA-R.

VIII.2.10. VIDEOS

Se integran archivos de videos que documentan la ejecución de algunas actividades realizadas en muestreo de campo

CONSULTA PÚBLICA

ANEXO I

CARTOGRAFÍA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

Contenido

CAPÍTULO I 2

Mapa I. 1. Ubicación del Proyecto Puerto 2

CAPITULO II 3

Mapa II. 2. Principales obras por realizar en el proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" – Zonas de dragado y relleno. 3

Mapa II. 3. Ubicación geográfica regional del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) en el municipio de Manzanillo, Colima. 4

Mapa II. 4. Vías de acceso al área en donde se realizarán las obras o actividades del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), Manzanillo, Colima. 5

Mapa II. 5. Zonas de fondeo actuales y la propuesta para los buques. 6

Mapa II. 6. Uso de suelo en el polígono del proyecto. ADV: Área desprovista de vegetación, AH: Asentamientos humanos, RP: Agricultura de riego permanente, RSP: Agricultura de riego semipermanente y permanente, VHH: Vegetación halófila hidrófila, VM: Manglar, VSa/S BC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia de acuerdo con datos de INEGI – Serie VII. 7

Mapa II. 7. Tipo de vegetación presente en el área del proyecto. 8

Mapa II. 8. Localización del sitio de tiro para el vertimiento de los sedimentos dragados. 9

CAPITULO III 10

Mapa III. 9. Incidencia del Proyecto sobre la Ubicación del Proyecto respecto a la Unidades Ambientales biofísicas del POEGT (UAB). 10

Mapa III. 11. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET Laguna de Cuyutlán 2003 con reforma del 2007 y adición 2014) que inciden en el proyecto. 12

Mapa III. 12. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima. (POET Manzanillo 2016). 13

Mapa III. 13. Cercanía del Proyecto con las ANP´s. 14

CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 14. Cercanía del Proyecto con respecto a Región Terrestre Prioritaria (RTP) Manantlán-Volcan de Colima. 15

Mapa III. 15. Incidencia del Proyecto con respecto a Región Hidrológica Prioritaria (RHP), Rio Purificación-Armería. 16

Mapa III. 16. Incidencia del Proyecto con respecto a Región Marina Prioritaria (RMP), Rio Cuyutlán-Chupadero. 17

Mapa III. 17. Incidencia del Proyecto con respecto al Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA Laguna de Cuyutlán y Estero Palo Verde 18

Mapa III 18. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad donde recae el Proyecto. 19

Mapa III. 19. Cercanía del Proyecto con el sitio RAMSAR 20

CAPITULO IV 21

Mapa IV. 20. Área del proyecto con respecto a la superficie del SAR y el área de influencia. 21

Mapa IV. 21. UAB 119. Lomeríos de las Costa de Jalisco y Colima 22

Mapa IV. 22. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima 23

Mapa IV. 23. Cuenca del Río Chacala-Purificación 24

Mapa IV. 24. Provincia Fisiográfica Sierra madre del sur. (Conjunto de datos vectoriales Fisiográficas. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas (INEGI, s/f) 25

Mapa IV. 25. Sistema de Topoformas. 26

Mapa IV. 27. Región Hidrológica-Administrativa (RHA) VIII Lerma-Santiago-Pacífico 28

Mapa IV. 28. Cuenca Chacala-Purificación 29

Mapa IV. 29. Subcuenca Laguna de Cuyutlán. 30

Mapa IV. 30. Microcuencas que rodean la Laguna de Cuyutlán. 31

Mapa IV. 31. Microcuenca El Colomo. 32

Mapa IV. 32. Microcuenca San Buenaventura 33

Mapa IV. 33 Microcuenca Venustiano Carranza 34

Mapa IV. 34. Microcuenca Los Reyes. 35

Mapa IV. 35. Microcuenca Los Reyes (Zorrillos). 36

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 36. Microcuenca Ciudad de Armería. 37
Mapa IV. 37. Mapa de los seis acuíferos dentro del SAR....38
Mapa IV. 38. Acuífero El Colomo....39
Mapa IV. 39 Acuífero Venustiano Carranza 40
Mapa IV. 40. Acuífero Jalipa – Tapeixtles (0608). 41
Mapa IV. 41. Acuífero Armería Tecomán Periquillos....42
Mapa IV. 42. Acuífero Santiago - Salagua....43
Mapa IV. 43. Acuífero La Central - Peña Blanca. 44
Mapa IV. 44.Ubicación y usos de la base de datos histórica del INEGI sobre el agua subterránea....45
Mapa IV. 45. Distribución graduada de las concentraciones de Ca^{2+} de la base de datos INEGI. 46
Mapa IV. 46. Distribución graduada de las concentraciones de Mg^{2+} de la base de datos INEGI....47
Mapa IV. 47. Distribución graduada de las concentraciones de Na^{+} de la base de datos INEGI. 48
Mapa IV. 48. Distribución graduada de las concentraciones de K^{+} de la base de datos INEGI. 49
Mapa IV. 49. Distribución graduada de las concentraciones de SO_4^{2-} de la base de datos INEGI....50
Mapa IV. 50. Distribución graduada de las concentraciones de HCO_{3-} de la base de datos INEGI. 51
Mapa IV. 51. Distribución graduada de las concentraciones de Cl^{-} de la base de datos INEGI. 52
Mapa IV. 52. Distribución graduada de las concentraciones de NO_{3-} de la base de datos INEGI....53
Mapa IV. 53. Distribución graduada de las concentraciones de pH de la base de datos INEGI....54
Mapa IV. 54. Distribución graduada de las concentraciones de CE de la base de datos INEGI. 55
Mapa IV. 55. Distribución graduada de las concentraciones de STD de la base de datos INEGI. 56
Mapa IV. 56. Configuración de los niveles estáticos para el año 1996....57
Mapa IV. 57. Configuración de los niveles estáticos para el año 1998....58
Mapa IV. 58. Configuración de los niveles estáticos para el año 2000....59
Mapa IV. 59. Configuración de los niveles estáticos para el año 2001....60

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 60. Configuración de los niveles estáticos para el año 2003. 61
Mapa IV. 61. Configuración de los niveles estáticos para el año 2004. 62
Mapa IV. 62. Configuración de los niveles estáticos para el año 2005. 63
Mapa IV. 63. Configuración de los niveles estáticos para el año 2006. 64
Mapa IV. 64. Configuración de los niveles estáticos para el año 2007. 65
Mapa IV. 65. Configuración de los niveles estáticos para el año 2008. 66
Mapa IV. 66. Configuración de los niveles estáticos para el año 2010. 67
Mapa IV. 67. Configuración de los niveles estáticos para el año 2018. 68
Mapa IV. 68. Configuración de los niveles estáticos para el año 2025. 69
Mapa IV. 69. Ubicación de los puntos censados. 70
Mapa IV. 70. Configuración del nivel estático alrededor de la laguna Cuyutlán con los puntos obtenidos. 71
Mapa IV. 71. Configuración de las celdas de descarga para el cálculo del aporte de los acuíferos a la Laguna Cuyutlán. 72
Mapa IV. 72. Configuración de la salinidad durante febrero de 2026. 73
Mapa IV. 73. Salinidad en el Vaso III. Octubre 2026. 74
Mapa IV. 74. Salinidad en el Vaso III durante noviembre de 2025. 75
Mapa IV. 75. Distribución de la salinidad en el Vaso III en temporada de lluvias. 76
Mapa IV. 76. Tiempo del primer arribo de agua de mar a cada uno de los 4 vasos sin proyecto. 77
Mapa IV. 77. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso sin proyecto. 78
Mapa IV. 78. Tiempo para la renovación completa de agua sin proyecto. 79
Mapa IV. 79. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 1 del proyecto. 80
Mapa IV. 80. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 1. 81
Mapa IV. 81. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 2 del proyecto. 82
Mapa IV. 82. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 2. 83
Mapa IV. 83. Tiempo del primer arribo por incremento de marea en temporada de lluvia. 84

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 84. Tiempo del inicio de mezcla por incremento de marea en temporada de lluvia. 85
Mapa IV. 85. Tiempo para el primer arribo. Fase 1 86
Mapa IV. 86. Tiempo del inicio de mezcla Fase 1. 87
Mapa IV. 87. Tiempo para el primer arribo con escurrimientos para la Fase 2. 88
Mapa IV. 88. Tiempo para el inicio de mezcla con escurrimientos para la Fase 2. 89
Mapa IV. 89. Cambios en los TR con Fase 1 del proyecto. 90
Mapa IV. 90. Cambios en los TR con Fase 2 del proyecto. 91
Mapa IV. 91. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.25 m. 92
Mapa IV. 92. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.50 m. 93
Mapa IV. 93. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.0 m. 94
Mapa IV. 94. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.5 m. 95
Mapa IV. 95. Velocidades máximas en condiciones base. 96
Mapa IV. 96. Velocidades máximas en condición de la fase 1 97
Mapa IV. 97. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 1 del proyecto. 98
Mapa IV. 98. Velocidades máximas en condición de la fase 2. 99
Mapa IV. 99. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 2 del proyecto. 100
Mapa IV. 100. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto. 101
Mapa IV. 101. Ubicación de las estaciones de monitoreo en el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026. 102
Mapa IV. 102. Plano de uso de suelo y vegetación del SAR de acuerdo serie VII INEGI 103
Mapa IV. 103. Plano del estado de conservación de la vegetación en la SAR. 104
Mapa IV. 104. Plano de uso de suelo y vegetación elaborada por fotointerpretación 105
Mapa IV. 105. Vista de la ubicación de la Selva baja caducifolia en el SAR 106
Mapa IV. 106. Ubicación de la selva mediana subcaducifolia del SAR. 107
Mapa IV. 107. Plano de ubicación del manglar en el SAR 108

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 108. Plano de ubicación del bosque de encino en el SAR 109
Mapa IV. 109. Plano de ubicación de la vegetación Halófila – Hidrófita en el SAR 110
Mapa IV. 110. Uso de suelo y vegetación del proyecto elaboración propia 111
Mapa IV. 111. Vista de la ubicación de la SBC en el área del proyecto 112
Mapa IV. 112. Plano de ubicación del manglar en el área del proyecto 113
Mapa IV. 113. Manglar en el SAR de acuerdo con Conabio 114
Mapa IV. 114. Sitios RAMSAR en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto. 115
Mapa IV. 115. Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación en relación con el SAR.. 116
Mapa IV. 116. Sitio Marino Prioritario en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto. 117
Mapa IV. 117. Regiones Marinas Prioritarias en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto. 118
Mapa IV. 118. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 119
Mapa IV. 119. Corredores bioclimáticos en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto. 120
Mapa IV. 120. RHP-25 (Ríos Purificación-Armería) relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 121
Mapa IV. 121. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 122
Mapa IV. 122. Sitios Prioritarios para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 123
Mapa IV. 123. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 124
Mapa IV. 1244. Regiones Terrestres Prioritarias y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 125
Mapa IV. 125. Sitios de Atención para la Restauración del Paisaje y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 126
Mapa IV. 126. Áreas Elegibles para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto 127
Mapa IV. 127. Comportamiento térmico observado en la laguna de Cuyutlán 128
Mapa IV. 128. Sitios previos al muestreo de fauna 129
Mapa IV. 129. Sitios de muestreo proyecto 1 130

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 130. Transectos de cocodrilo 131

Mapa IV. 131. Sitios de muestreo de zonificación. 132

Mapa IV. 132. Acercamiento de sitios de muestreo 133

Mapa IV. 133. Transectos de muestreo de cocodrilos Vaso II 134

Mapa IV. 134. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad. 135

Mapa IV. 135. Polígonos forestales que serán afectados por el proyecto. 136

Mapa IV. 136. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. 137

Mapa IV. 137. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 138

Mapa IV. 138. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 139

Mapa IV. 139. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. 140

Mapa IV. 140. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023 141

Mapa IV. 141. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024 142

Mapa IV. 142. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 143

Mapa IV. 143. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 144

Mapa IV. 144. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 145

Mapa IV. 145. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. 146

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 146. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023. 147

Mapa IV. 147. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 148

Mapa IV. 148. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024. 149

Mapa IV. 149. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 150

Mapa IV. 150. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026. 151

Mapa IV. 151. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023 152

Mapa IV. 152. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 153

Mapa IV. 153. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 154

Mapa IV. 154. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 155

Mapa IV. 155. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 156

Mapa IV. 156. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 157

Mapa IV. 157. Ubicación geográfica de las ballenas jorobadas foto-recapturadas en la costa de Colima durante el primer periodo (agosto 2022–julio 2023). 158

Mapa IV. 158. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el segundo periodo (noviembre 2023–diciembre 2024). 159

Mapa IV. 159. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el tercer periodo (diciembre 2025–febrero 2026). 160

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 160. Ubicación geográfica del avistamiento en el periodo 1 (13 marzo 2023) y el re-avistamiento en el periodo 2 (11 febrero 2024) del individuo #74 de ballena jorobada que retornó a la costa de Colima. 161

Mapa IV. 161. Localización geográfica de los delfines foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo. 162

Mapa IV. 162. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023. 163

Mapa IV. 163. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 164

Mapa IV. 164. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026. 165

Mapa IV. 165. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023. 166

Mapa IV. 166. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023. 167

Mapa IV. 167. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 168

Mapa IV. 168. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 169

Mapa IV. 169. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026. 170

Mapa IV. 170. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, diciembre 2025-febrero 2026. 171

Mapa IV. 171. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 1, agosto 2022–julio 2023. 172

Mapa IV. 172. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024. 173

Mapa IV. 173. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 3, diciembre 2025–febrero 2026. 174

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 174. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 175

Mapa IV. 175. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 176

Mapa IV. 176. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. 177

Mapa IV. 177. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. 178

Mapa IV. 178. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. 179

Mapa IV. 179.. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2 que comprende los meses de noviembre 2023 a diciembre 2024. 180

Mapa IV. 180. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026. 181

Mapa IV. 181. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026. 182

Mapa IV. 182. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026. 183

Mapa IV. 183. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 184

Mapa IV. 184. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 185

Mapa IV. 185. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023. 186

Mapa IV. 186. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 187

Mapa IV. 187. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registradas en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024. 188

CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 188. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.....189

Mapa IV. 189. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 190

Mapa IV. 190. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026. 191

Mapa IV. 191. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.....192

CAPITULO V 193

Mapa V. 192. Áreas de vegetación de Manglar y Selva Baja Caducifolia (SBC) con afectación conforme el Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna Cuyutlán, Col.....193

Mapa V. 193. Áreas con potencial de Compensación del Manglar (restauración, recuperación, reforestación) y su relación con los Tiempos de Residencia (TR) obtenidos de la modelación hidrodinámica en el Vaso II. 194

Mapa V. 194. Ubicación de los proyectos MIA-R ubicados al interior del SAR del Manifiesto en ejecución. 195

CAPITULO VII 196

Mapa VII. 195. SAR en 1986 (Imagen de Google Earth de diciembre de 1986). 196

Mapa VII. 196. SAR en 2006 (Imagen de Google Earth de diciembre de 2006). 197

Mapa VII. 197. Mancha urbana y red Carretera 2012-2024 198

Mapa VII. 198. Tipos de Climas dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.....199

Mapa VII. 199. Temperatura media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.....200

Mapa VII. 200. Temperatura mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 201

Mapa VII. 201. Temperatura máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 202

Mapa VII. 202. Precipitación media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.....203

CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 203. Precipitación mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 204

Mapa VII. 204. Precipitación máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011. 205

Mapa VII. 205. Fisiografía del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO 206

Mapa VII. 206. Geología del SAR. Fuente INEGI 2026. 207

Mapa VII. 207. Litología en la zona del proyecto. Fuente SGM 208

Mapa VII. 208. Permeabilidad del suelo en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI). 209

Mapa VII. 209. Cauces, microcuencas y acuíferos en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO 210

Mapa VII. 210. Regionalización Sísmica (Mapa elaborados con datos de CFE 2015). 211

Mapa VII. 211. Marco Tectónico del Occidente de México (Catálogo de sismos del SSN 212

Mapa VII. 212. Sismo del 09 de octubre de 1995. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015) 213

Mapa VII. 213. Sismo del 21 de enero del 2003 (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 214

Mapa VII. 214. Aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 100 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 215

Mapa VII. 215. Aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 500 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 216

Mapa VII. 216. Zonificación de peligro sísmico según la intensidad máxima esperada para un sismo con Ms= 8.0, Escala MM. (Elaboración propia con datos con datos del APREC, 2015) 217

Mapa VII. 217. Caída de Tefra 1 kg/m^2 Erupción Subpliniana (Tipo 1913) (OES) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015. 218

Mapa VII. 218. Erupción Pliniana (1913 ERS) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015. 219

Mapa VII. 219. Cota máxima de inundación por Tsunami en el SAR. 220

Mapa VII. 220. Susceptibilidad a deslizamientos en el SAR. 221

Mapa VII. 221. Erodabilidad del suelo en el SAR. Fuente APREC, 2015. 222

Mapa VII. 222. Erosión del suelo anual en el SAR. Fuente APREC, 2015. 223

CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 223. Radios de riesgo por explosión en ductos. Fuente ARM, 2024. 224

Mapa VII. 224. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto. Fuente APREC, 2015. 225

Mapa VII. 225. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS. Fuente ARM, 2024. 226

Mapa VII. 226. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas. Fuente ARM, 2024. 227

Mapa VII. 227. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025. 228

Mapa VII. 228. Periodo de retorno de Depresión Tropical. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 229

Mapa VII. 229. Periodo de retorno de Tormenta Tropical (Elaboración propia con datos del APREC, 2015). 230

Mapa VII. 230. Periodo de retorno de Huracán Categoría 1 231

Mapa VII. 231. Periodo de retorno de Huracán Categoría 2 232

Mapa VII. 232. Periodo de retorno de Huracán Categoría 233

Mapa VII. 233. Periodo de retorno de Huracán Categoría 4 234

Mapa VII. 234. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025. 235

Mapa VII. 235. Inundación por marea de tormenta. Elaboración propia con datos del ANR (2026) 236

Mapa VII. 236. Temperatura máxima para un periodo de retorno de 50 años en el SAR. Fuente APREC, 2015 237

Mapa VII. 237. Peligro por ondas cálidas. Fuente ARM, 2024. 238

Mapa VII. 238. Descargas eléctricas mayo-noviembre, nube a tierra. Periodo 2010-2024. Elaboración propia con datos de Kaplan, JO (2025) 239

Mapa VII. 239. Riesgo de muertes por rayo en el SAR. Elaboración propia con datos de Jaramillo A., Domínguez C. (2024) 240

Mapa VII. 240. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 241

Mapa VII. 240. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 242

CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 241. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 243

Mapa VII. 242. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 244

Mapa VII. 243. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 245

Mapa VII. 244. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 246

Mapa VII. 245. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 247

Mapa VII. 246. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014. 248

Mapa VII. 247. Riesgo NATECH en el SAR. 249

Mapa VII. 248. Visibilidad del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI 250

Mapa VII. 249. Fragilidad Visual Intrínsica en el SAR. (Elaboración propia con datos de INEGI y CONABIO).....251

Mapa VII. 250. Sismos ocurridos en la zona del proyecto a menos de 10 km con (Magnitud M_W>4.5).....252

Mapa VII. 251. Cota máxima de inundación por tsunami 253

Mapa VII. 252. Susceptibilidad por deslizamiento en el área de influencia y en la zona del proyecto.....254

Mapa VII. 253. Radios de riesgo por explosión en ductos en el área de influencia y la zona del proyecto. 255

Mapa VII. 254. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto en el área de influencia y la zona del proyecto. Fuente APREC, 2015. 256

Mapa VII. 255. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS en la zona del proyecto. Fuente ARM, 2024.....257

Mapa VII. 256. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas en la zona del proyecto. Fuente ARM, 2024. ...258

Mapa VI. 257. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025, en el área de influencia y en la zona del proyecto.259

Mapa VII. 258. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025 260

CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 259. Inundación por marea de tormenta en el área de influencia y la zona del proyecto. Elaboración propia con datos del ANR (2026). 261

Mapa VII. 260. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 262

Mapa VII. 261. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en la zona del proyecto. 263

Mapa VII. 262. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 264

Mapa VII. 263. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 265

Mapa VII. 264. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 266

Mapa VII. 265. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 267

Mapa VII. 266. Anomalía por emisiones antropogénicas de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 268

Mapa VII. 267. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 269

Mapa VII. 268. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto. 270

Mapa VII. 269.. Riesgo NATECH en el área de influencia. 271

Mapa VII. 270. Fragilidad visual en la zona del proyecto. 272

Mapa VII. 271. Alternativa cero (A_0). 273

Mapa VII. 272. Alternativa técnica 1 (AT1). 274

Mapa VII. 273. Alternativa 2 (A_2). 275

Mapa VII. 274. Alternativa 3 (A_{T3}). 276

Mapa VII. 275. Alternativas de sitio. 277

CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 276. Alternativa 1 (A_1).....278

Mapa VII. 277. Alternativa 2 (A_2).....279

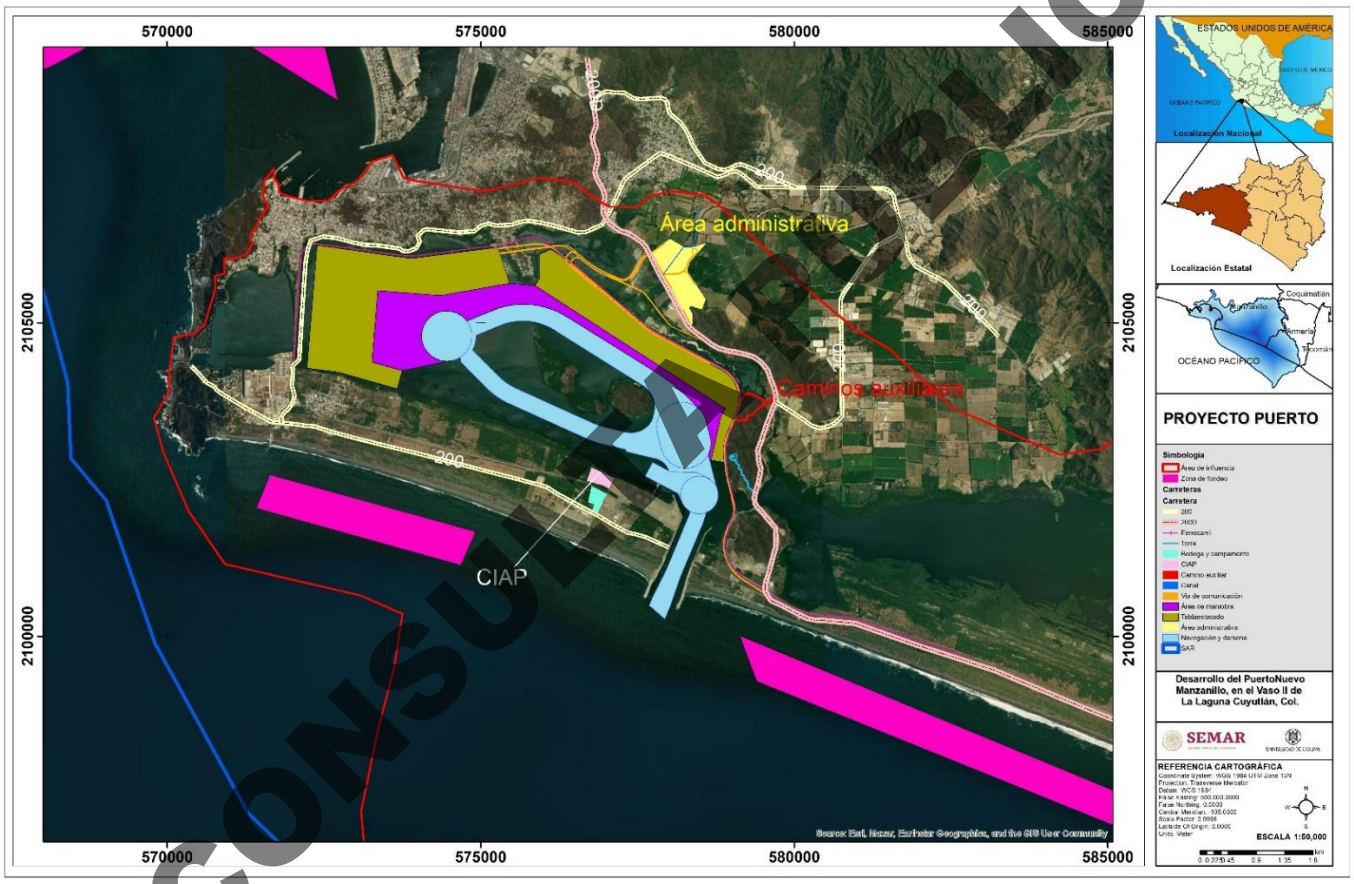
Mapa VII. 278. Alternativa 3 (A_3).....280

Mapa VII. 279. Alternativa 4 (A_4).....281

Mapa VUI. 280. Alternativa 5 (A_5).....282

CONSULTA PÚBLICA

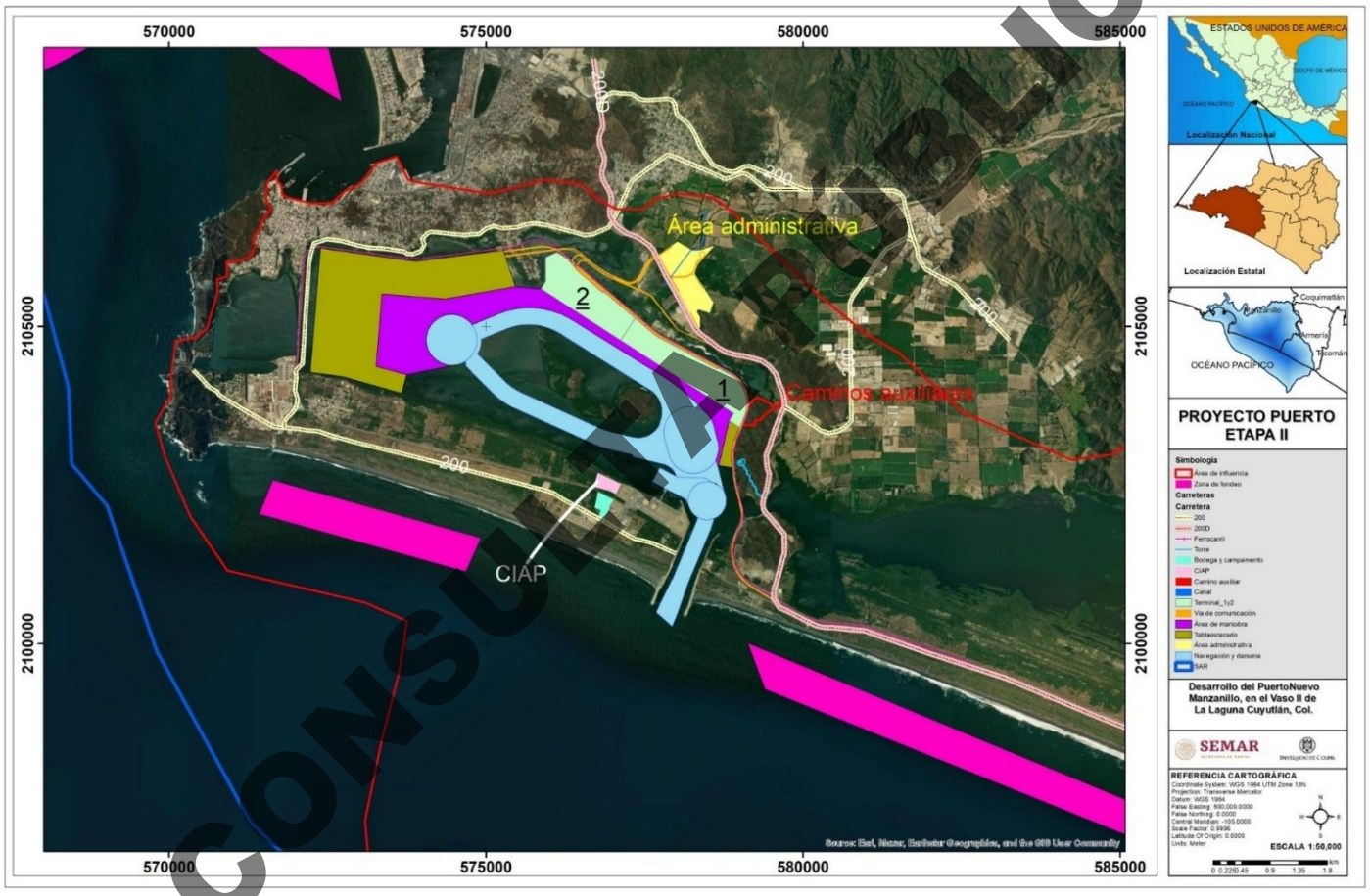
CAPÍTULO I



Mapa I. 1. Ubicación del Proyecto Puerto

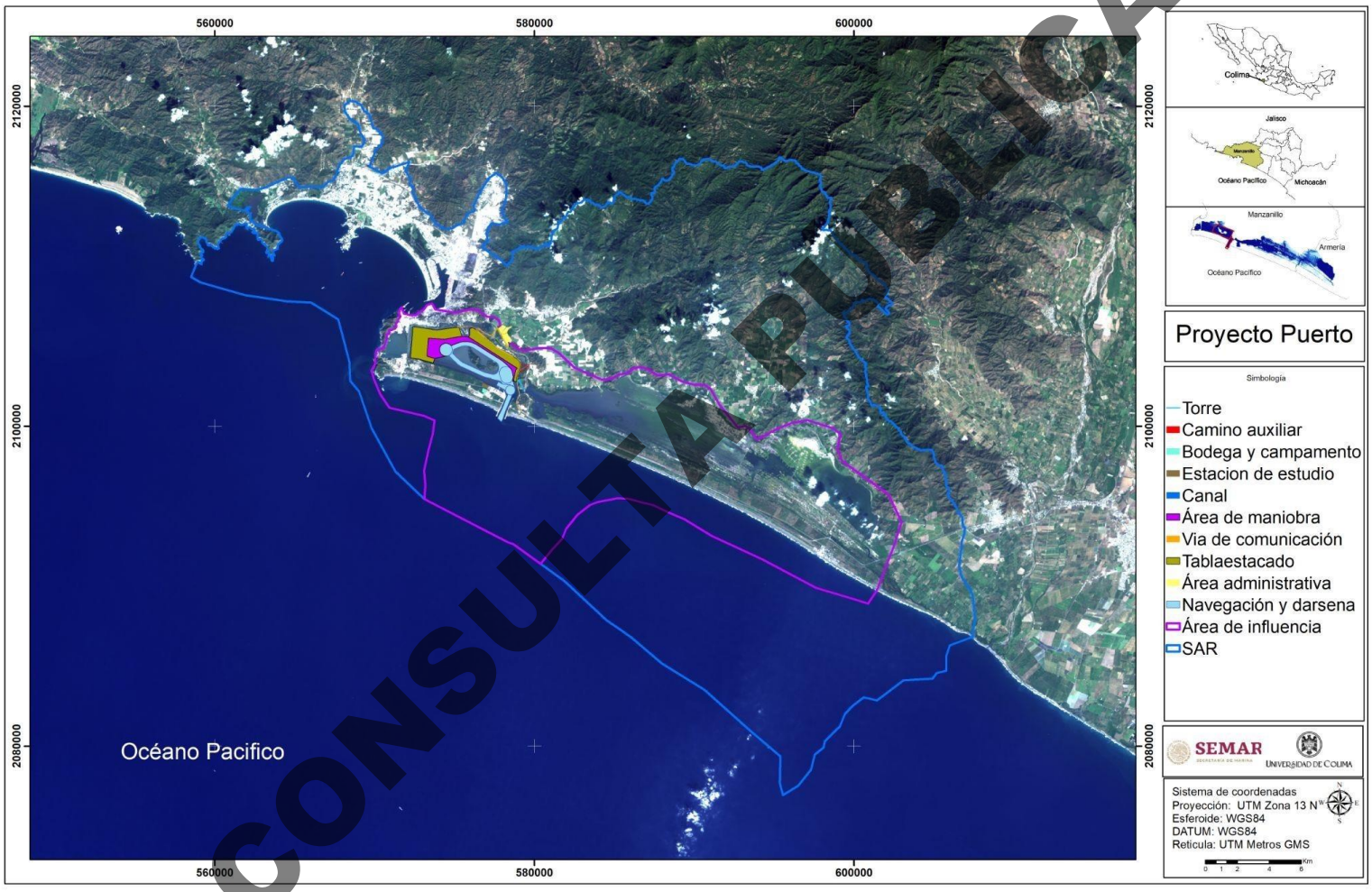
CONSULTA PÚBLICA

CAPITULO II



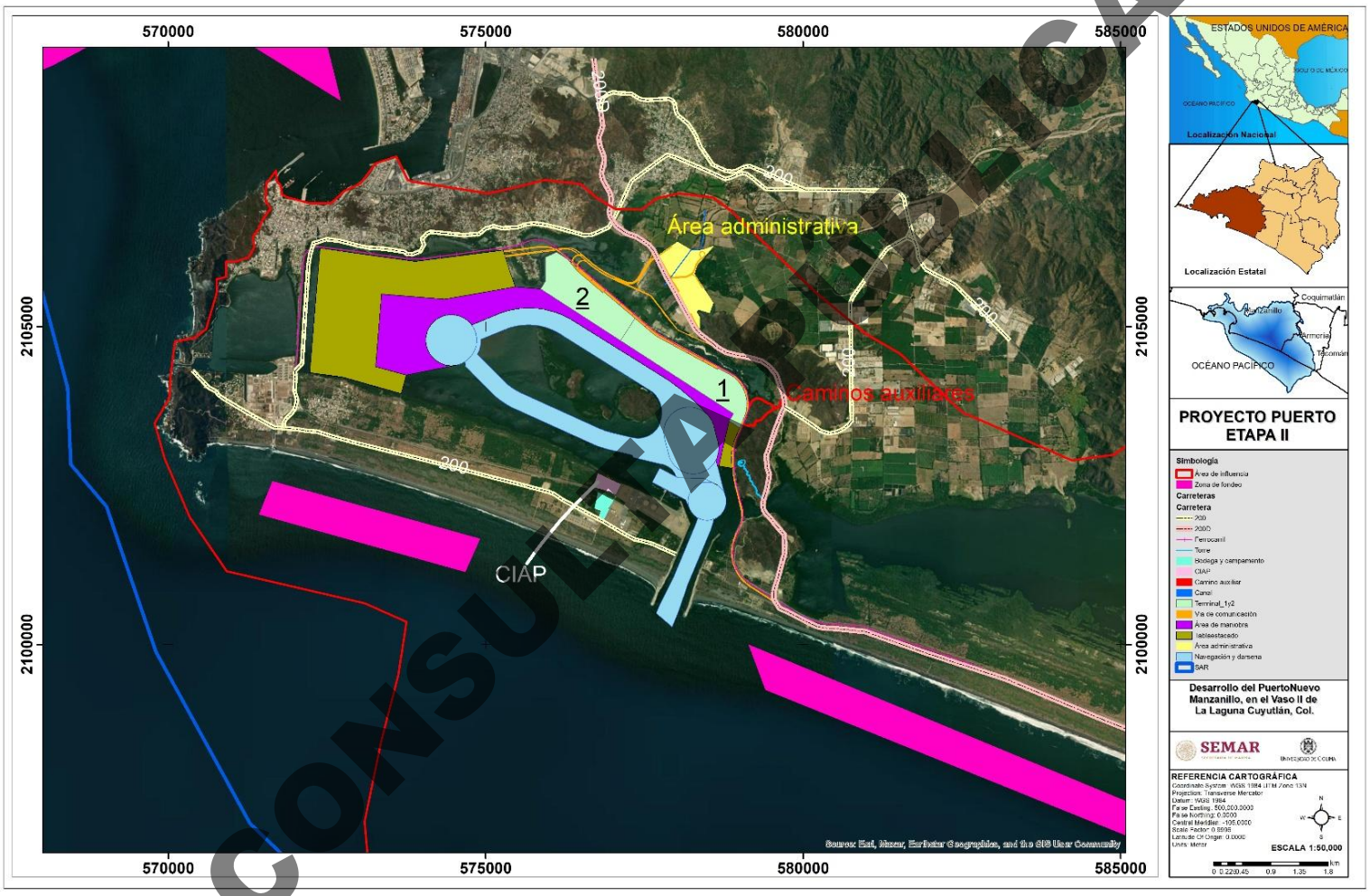
Mapa II. 2. Principales obras por realizar en el proyecto "Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo)" – Zonas de dragado y relleno.

CONSULTA PÚBLICA



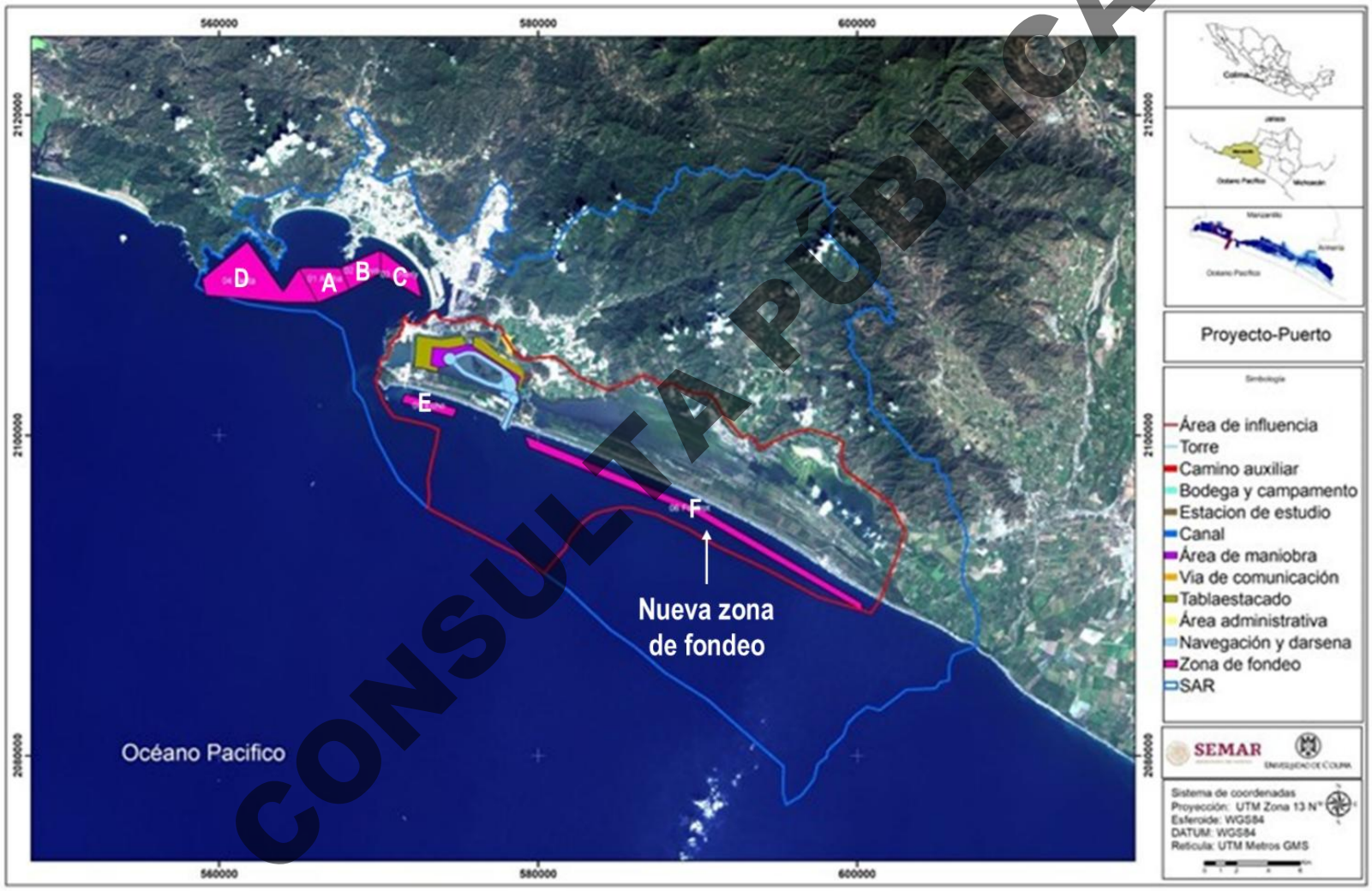
CONSULTA PUBLICA

Mapa II. 3. Ubicación geográfica regional del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo) en el municipio de Manzanillo, Colima.



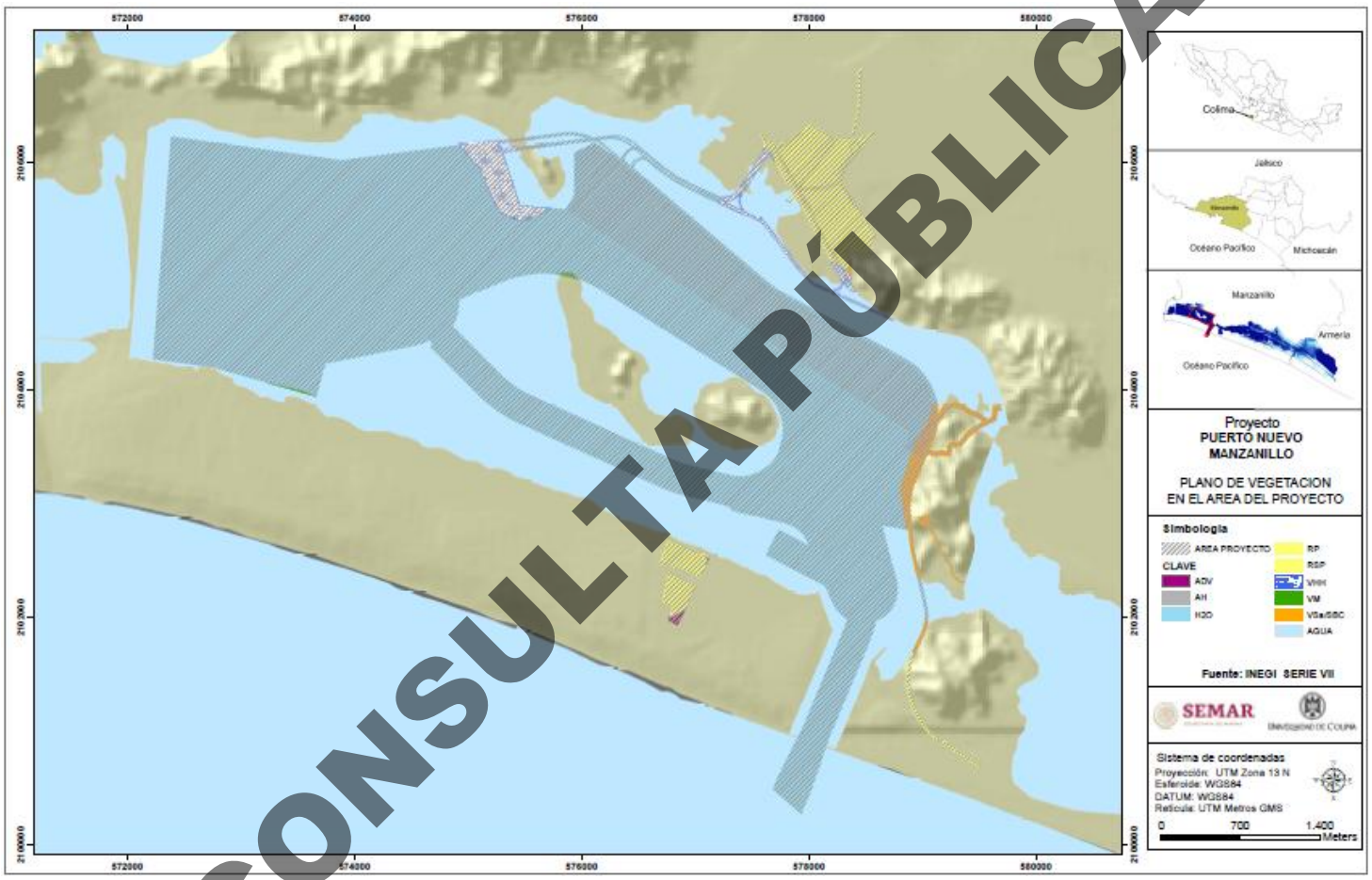
CONSULTA PÚBLICA

Mapa II. 4. Vías de acceso al área en donde se realizarán las obras o actividades del proyecto Puerto Laguna Cuyutlán (Puerto Nuevo Manzanillo), Manzanillo, Colima.



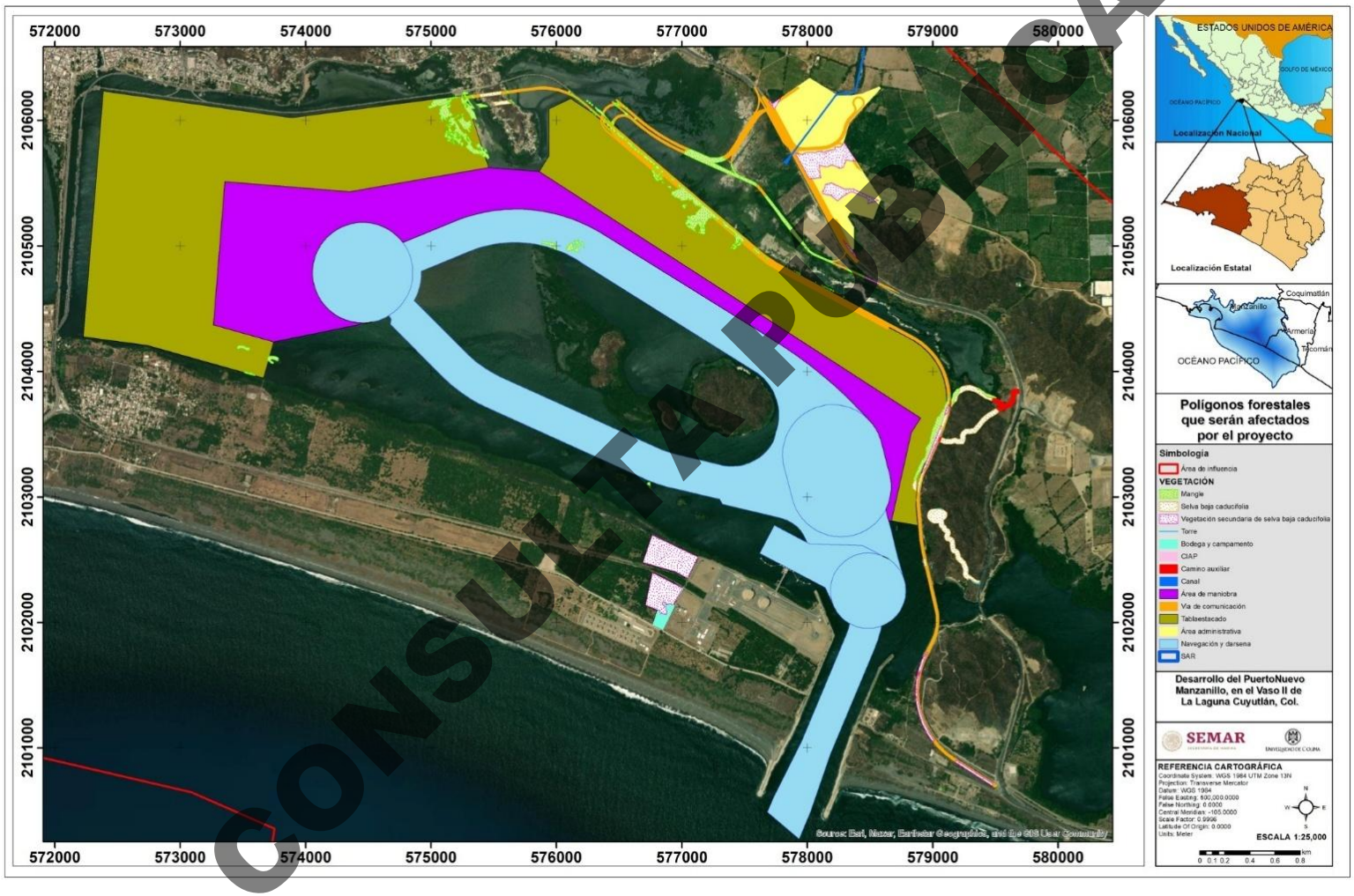
CONSULTA PÚBLICA

Mapa II. 5. Zonas de fondeo actuales y la propuesta para los buques.



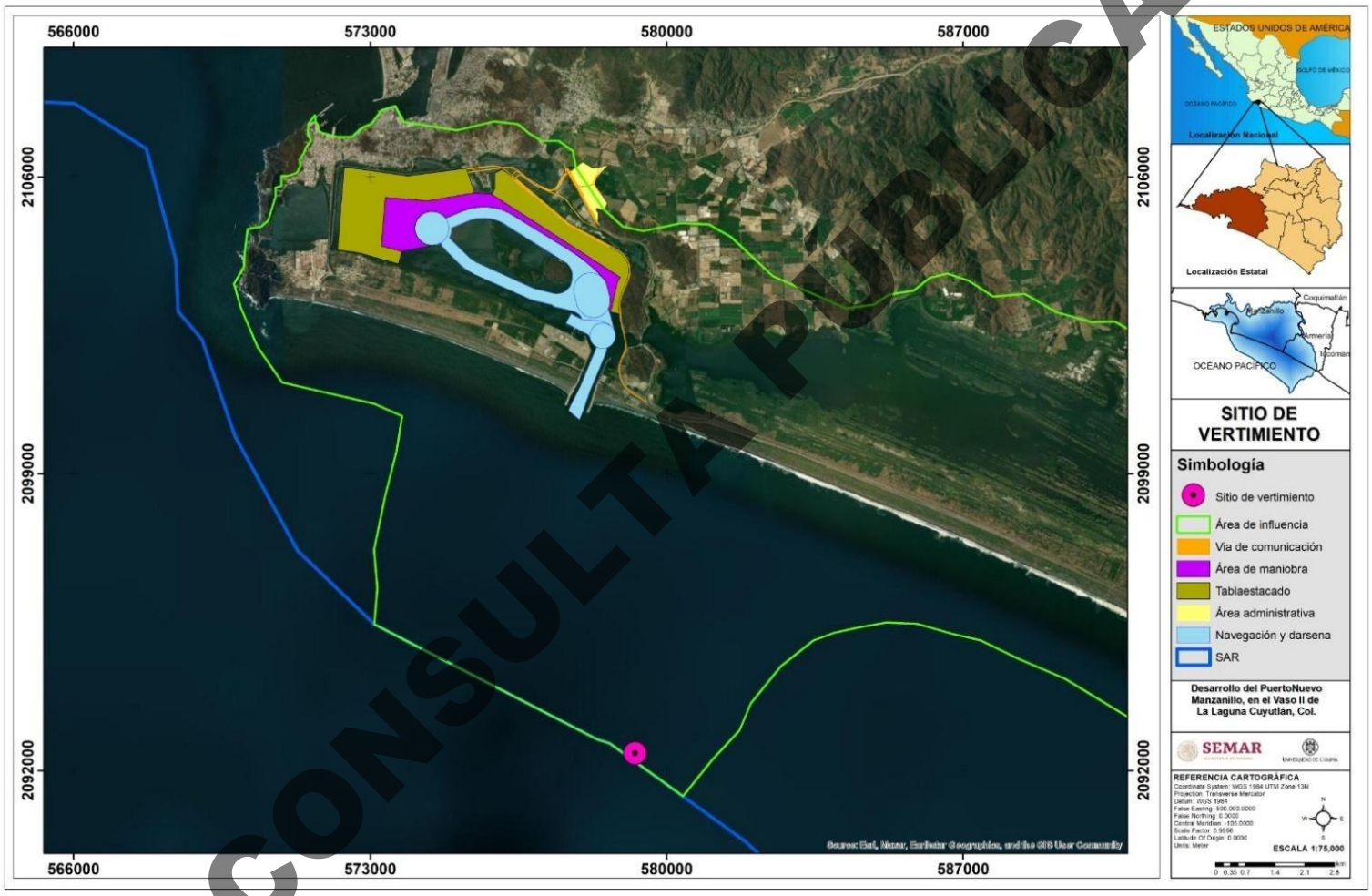
CONSULTA PÚBLICA

Mapa II. 6. Uso de suelo en el polígono del proyecto. ADV: Área desprovista de vegetación, AH: Asentamientos humanos, RP: Agricultura de riego permanente, RSP: Agricultura de riego semipermanente y permanente, VHH: Vegetación halófila hidrófila, VM: Manglar, VSa/S BC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia de acuerdo con datos de INEGI – Serie VII.



CONSULTA PÚBLICA

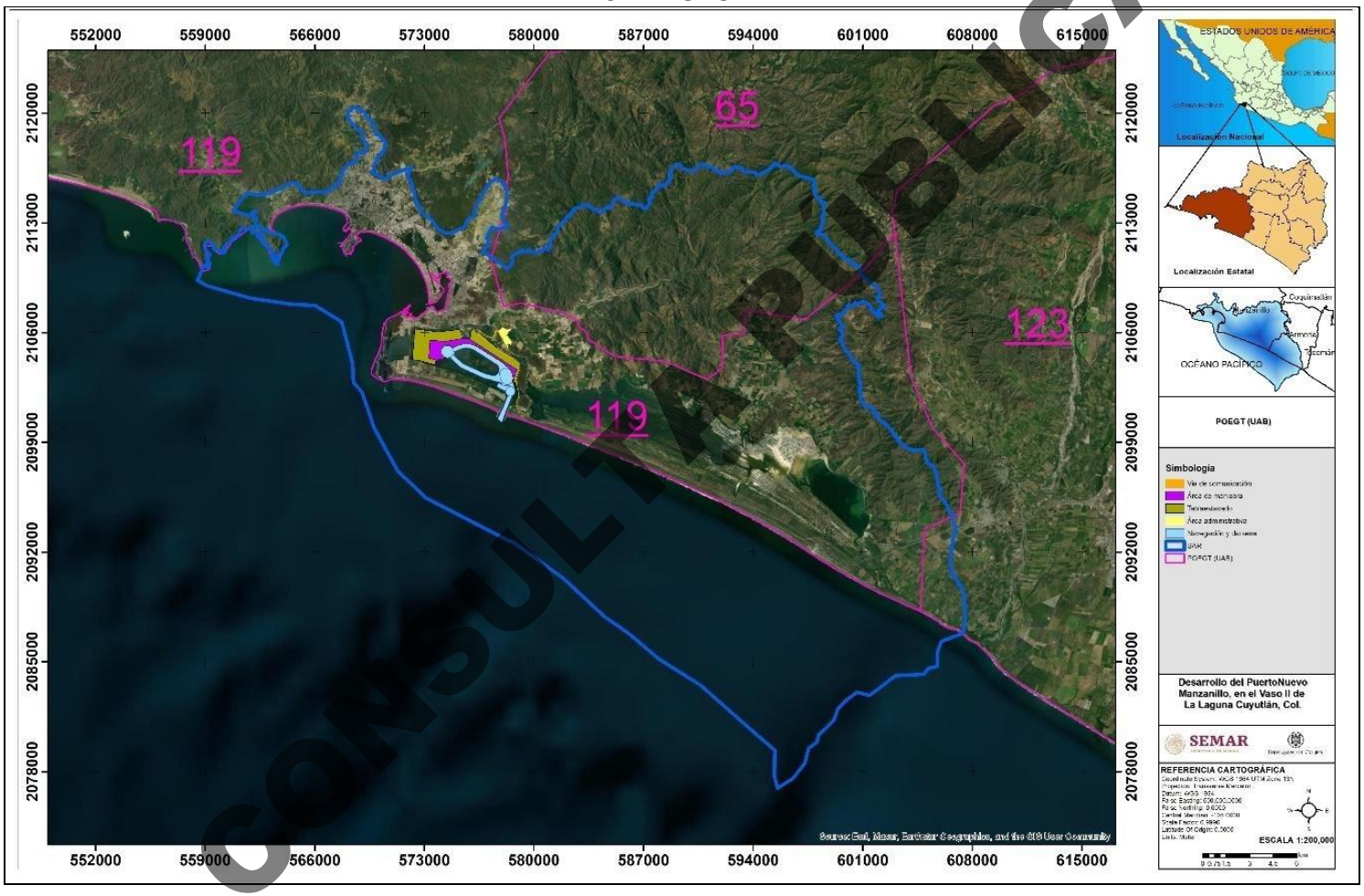
Mapa II. 7. Tipo de vegetación presente en el área del proyecto.



CONSULTA PÚBLICA

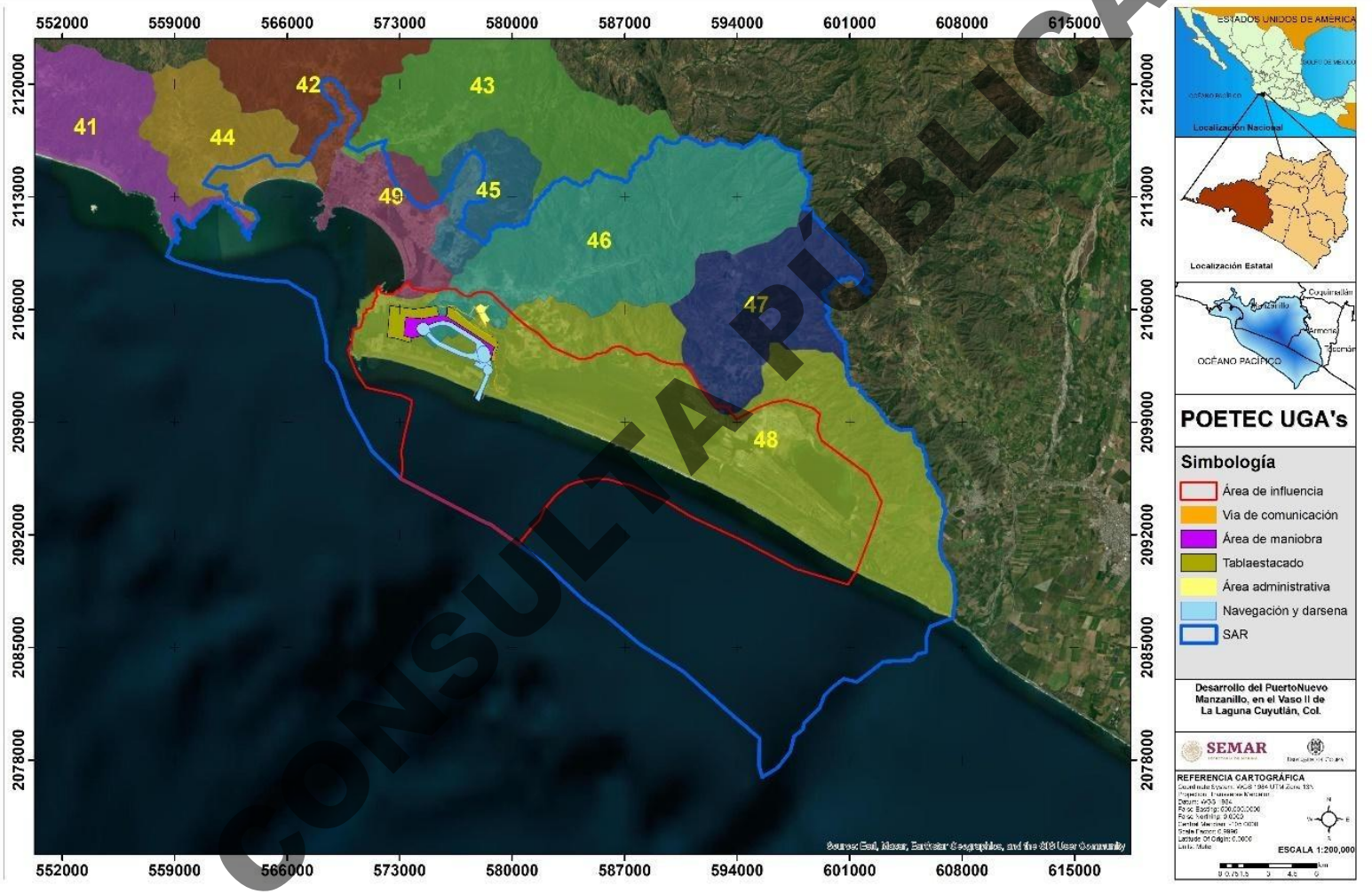
Mapa II. 8. Localización del sitio de tiro para el vertimiento de los sedimentos dragados.

CAPITULO III

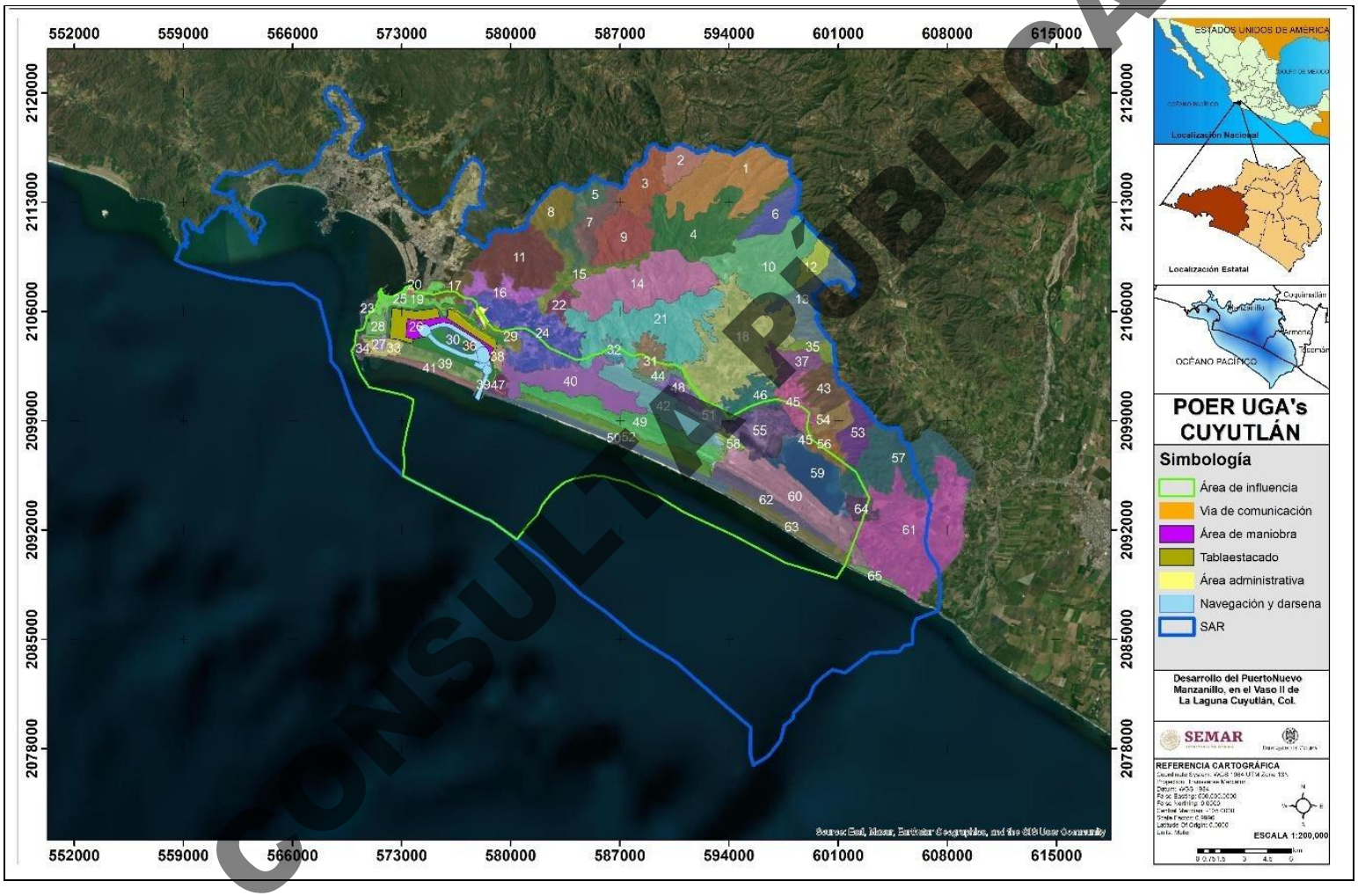


CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 9. **Incidencia del Proyecto sobre la Ubicación del Proyecto respecto a la Unidades Ambientales biofísicas del POEGT (UAB).**

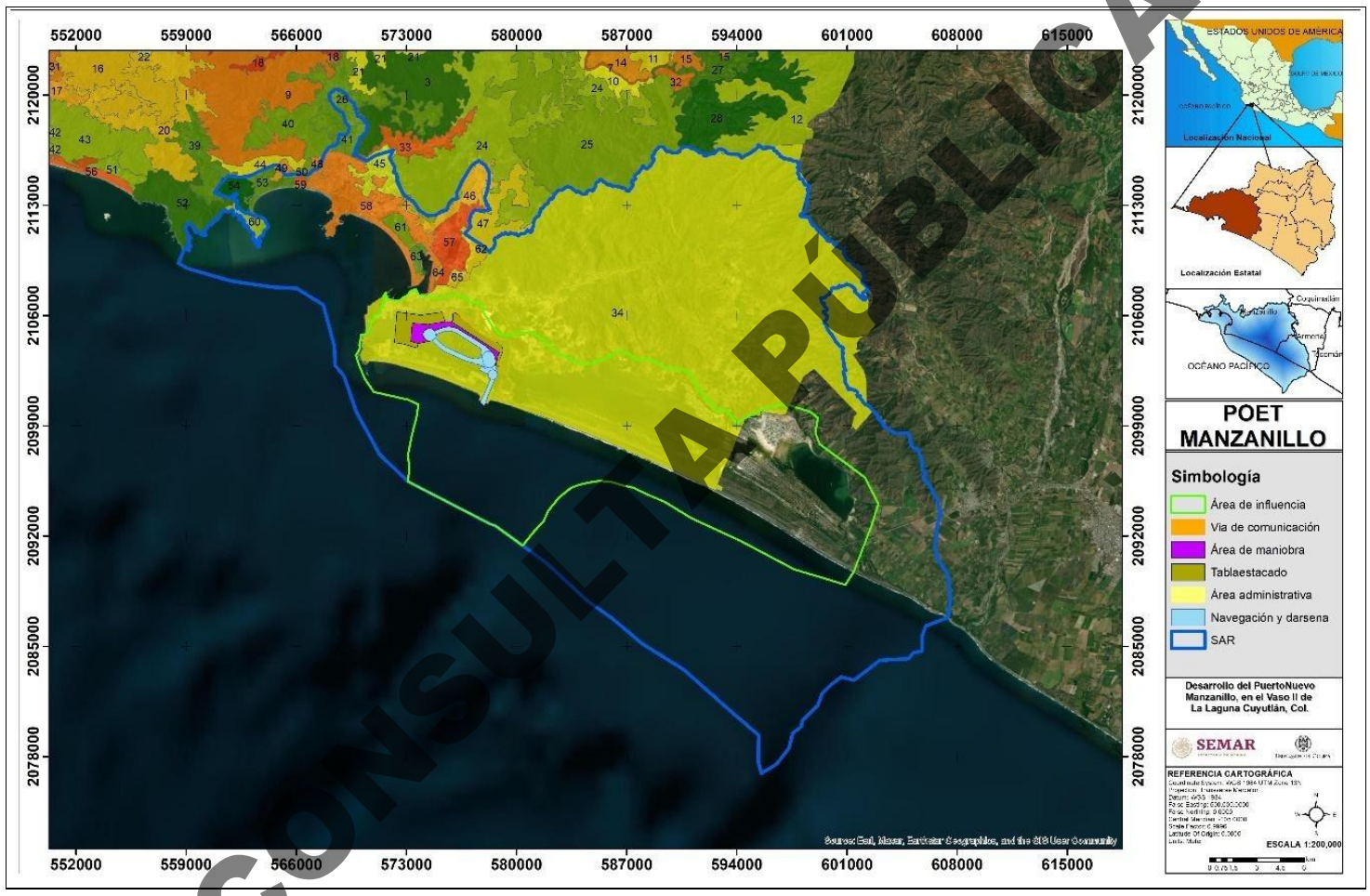


Mapa III. 10. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del POETEC del estado de Colima que se localizan dentro del SAR.



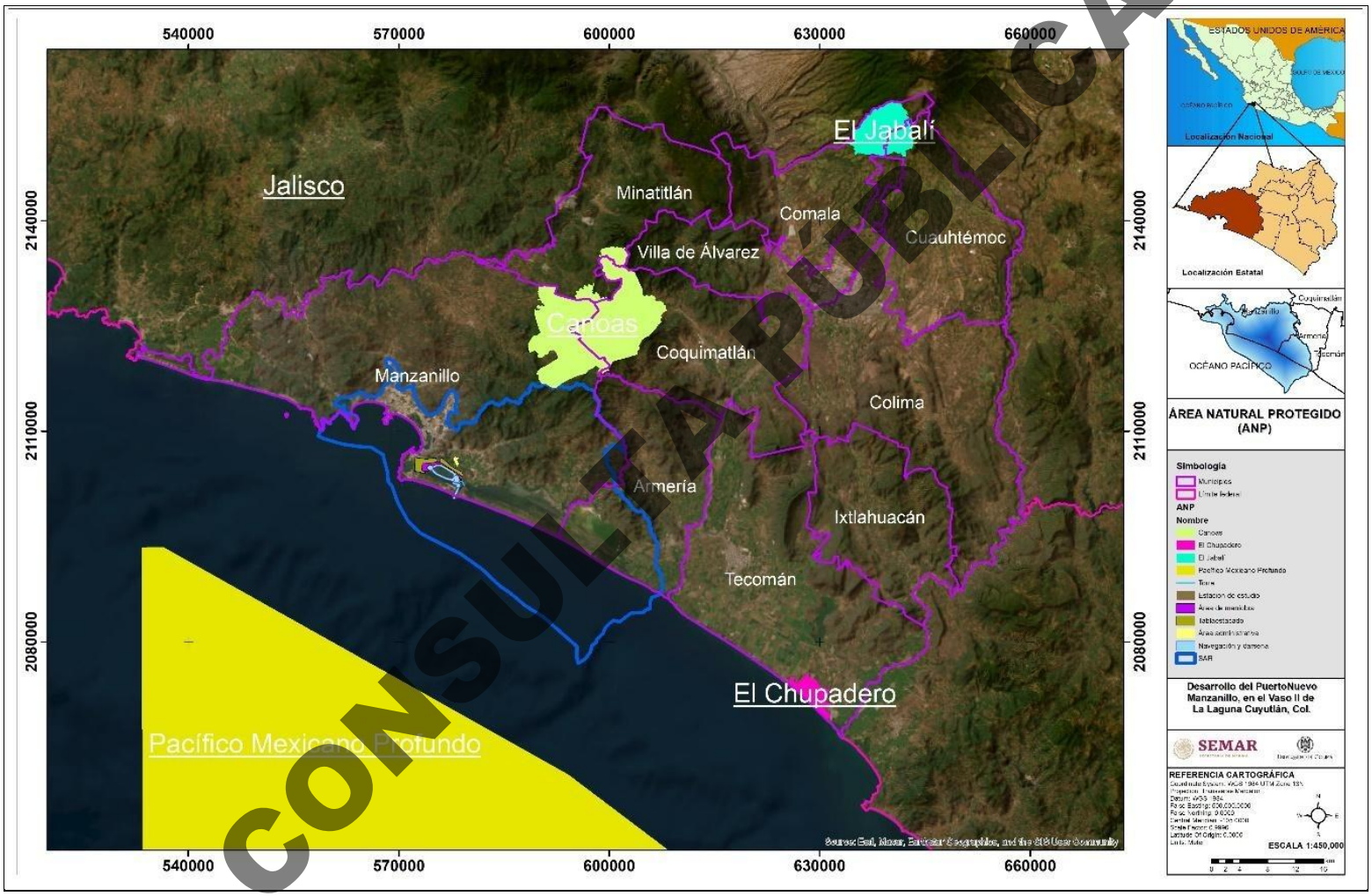
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 11. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa Regional de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Subcuenca Laguna de Cuyutlán (POET Laguna de Cuyutlán 2003 con reforma del 2007 y adición 2014) que inciden en el proyecto.



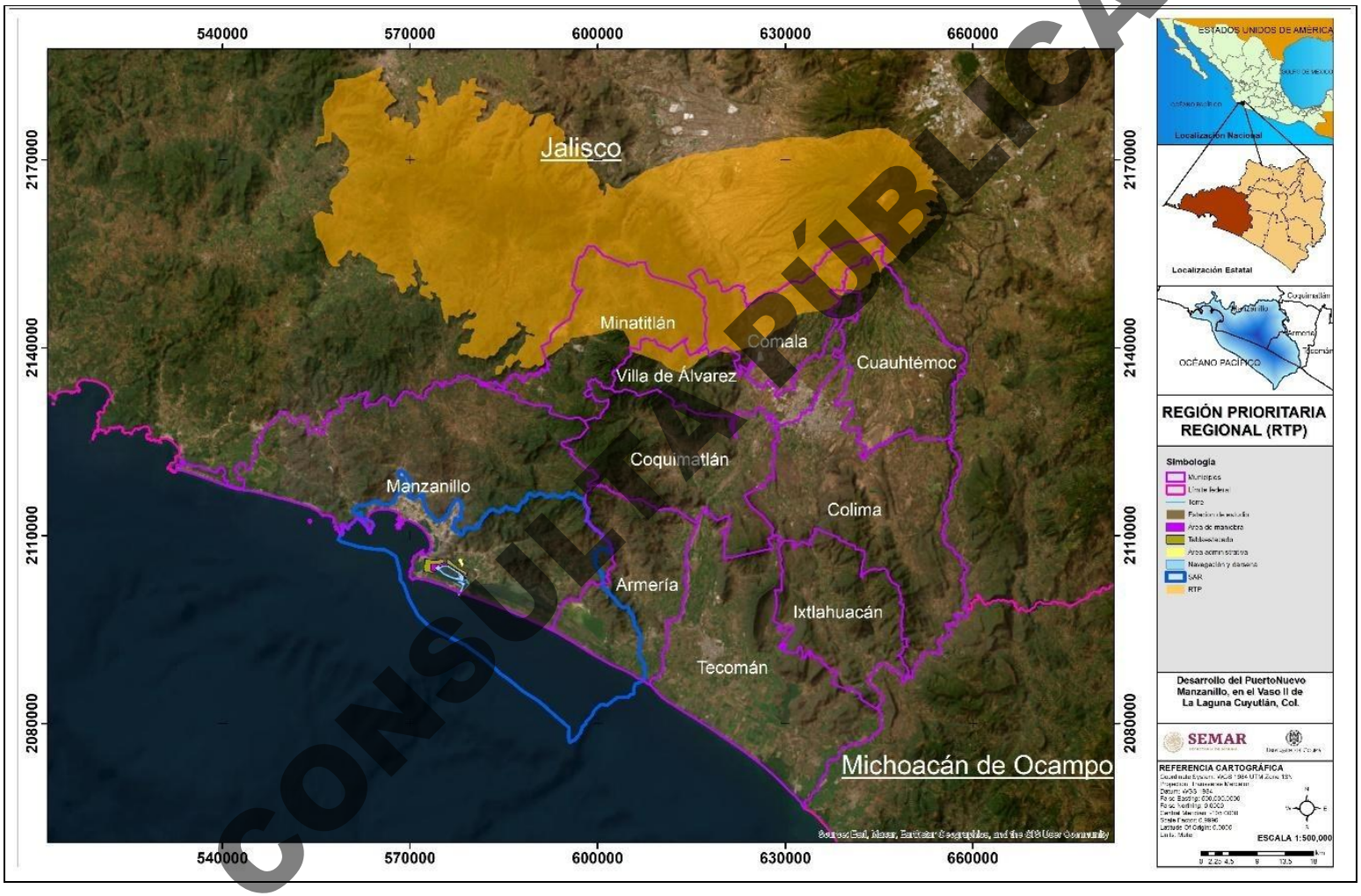
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 12. Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima. (POET Manzanillo 2016).



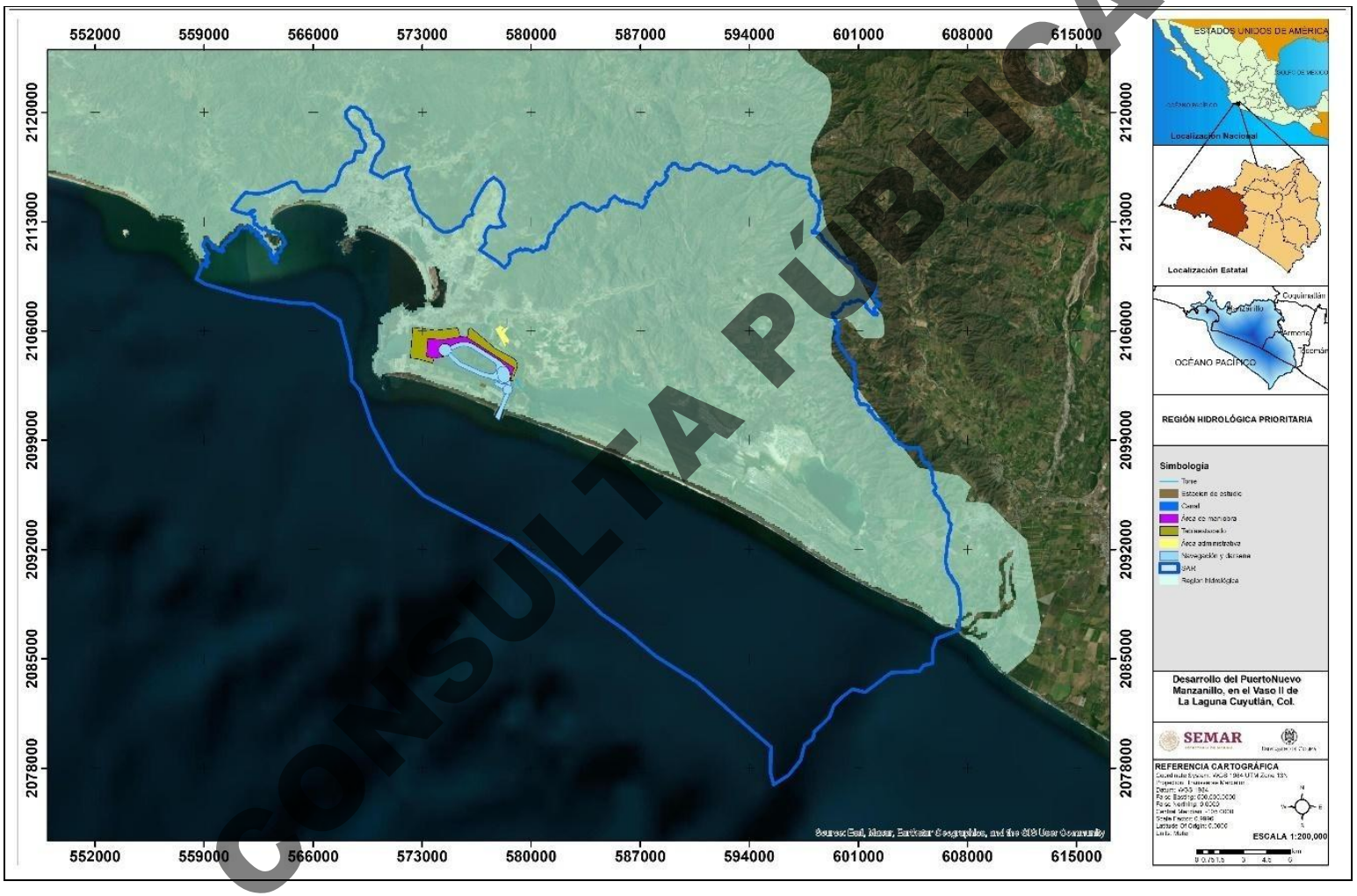
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 13. Cercanía del Proyecto con las ANP´s.



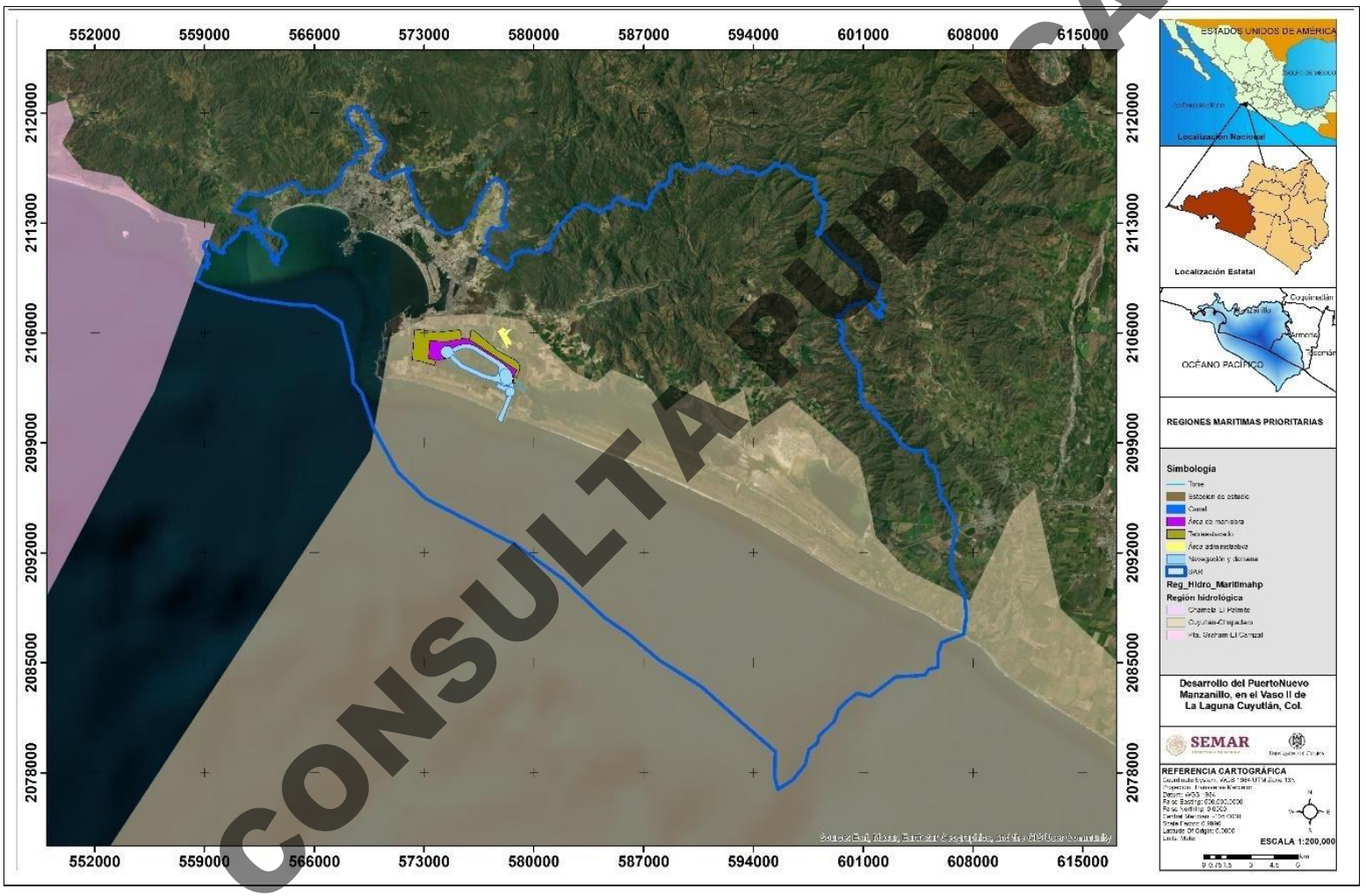
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 14**. Cercanía del Proyecto con respecto a Región Terrestre Prioritaria (RTP) Manantlán-Volcan de Colima.**



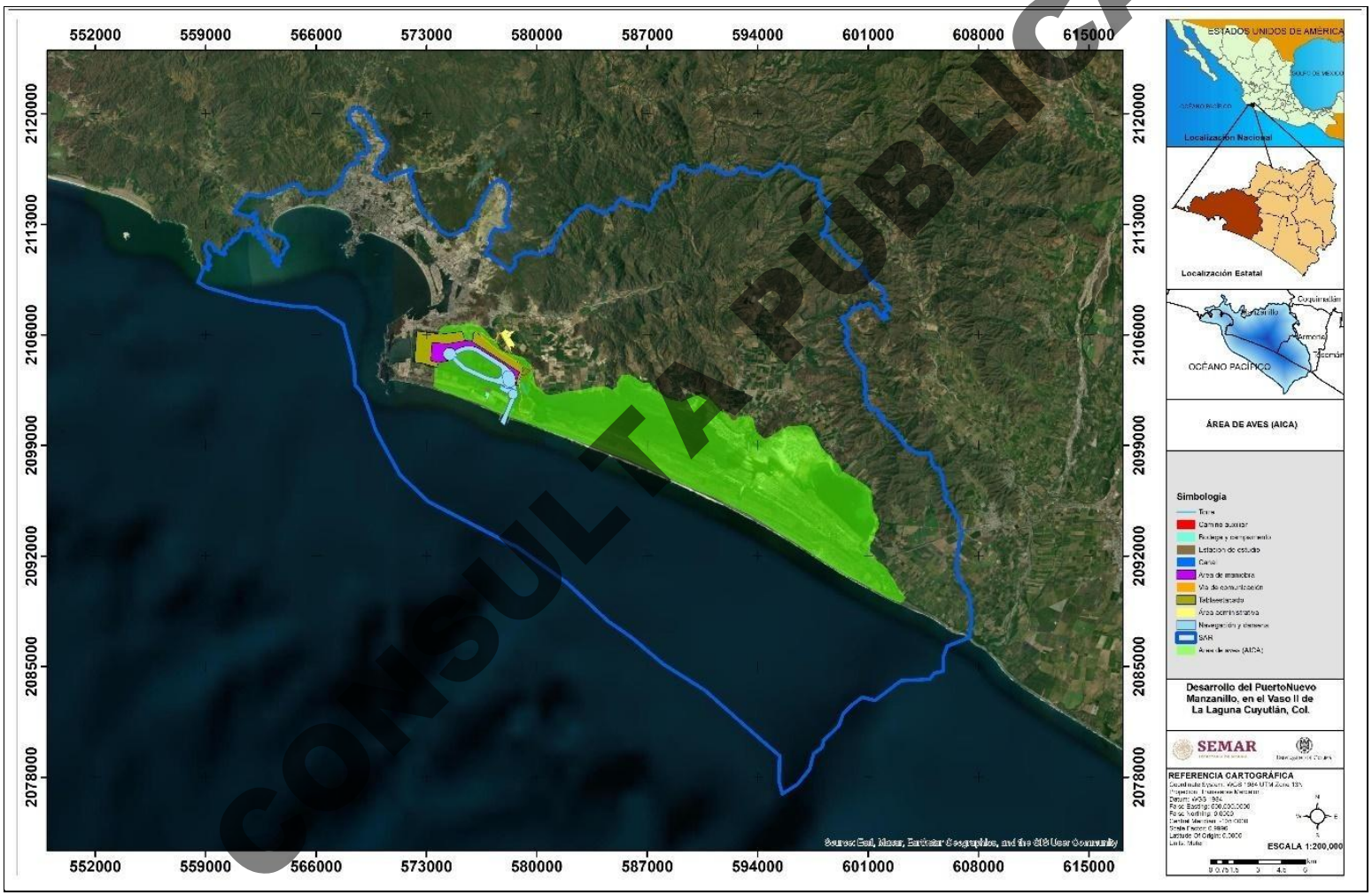
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 15. Incidencia del Proyecto con respecto a Región Hidrológica Prioritaria (RHP), Rio Purificación-Armería.



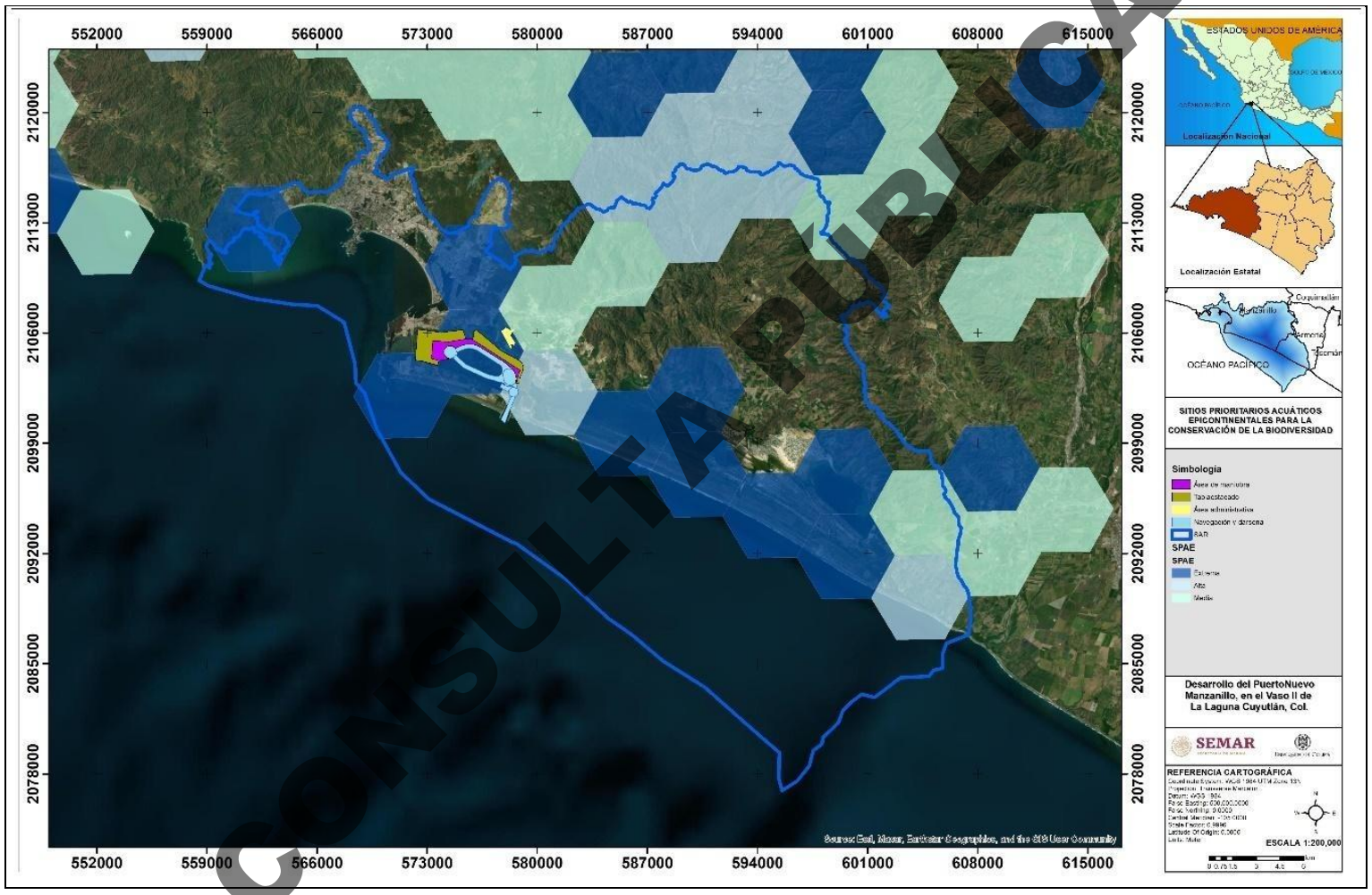
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 16. Incidencia del Proyecto con respecto a Región Marina Prioritaria (RMP), Rio Cuyutlán-Chupadero.



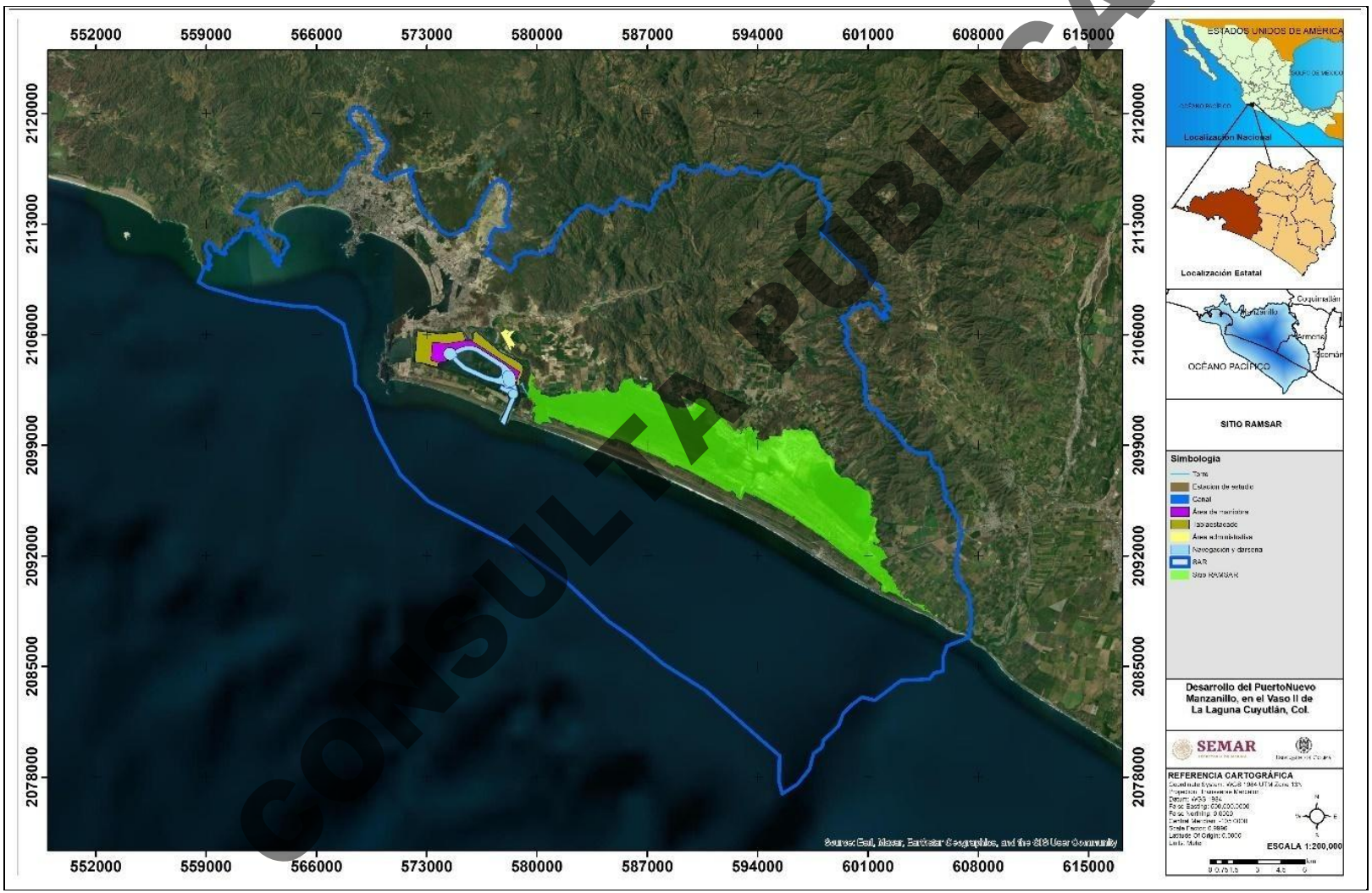
CONSULTA PÚBLICA

Mapa III. 17. Incidencia del Proyecto con respecto al Área de Importancia para la Conservación de las Aves AICA Laguna de Cuyutlán y Estero Palo Verde.



CONSULTA PÚBLICA

Mapa III 18. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad donde recae el Proyecto.

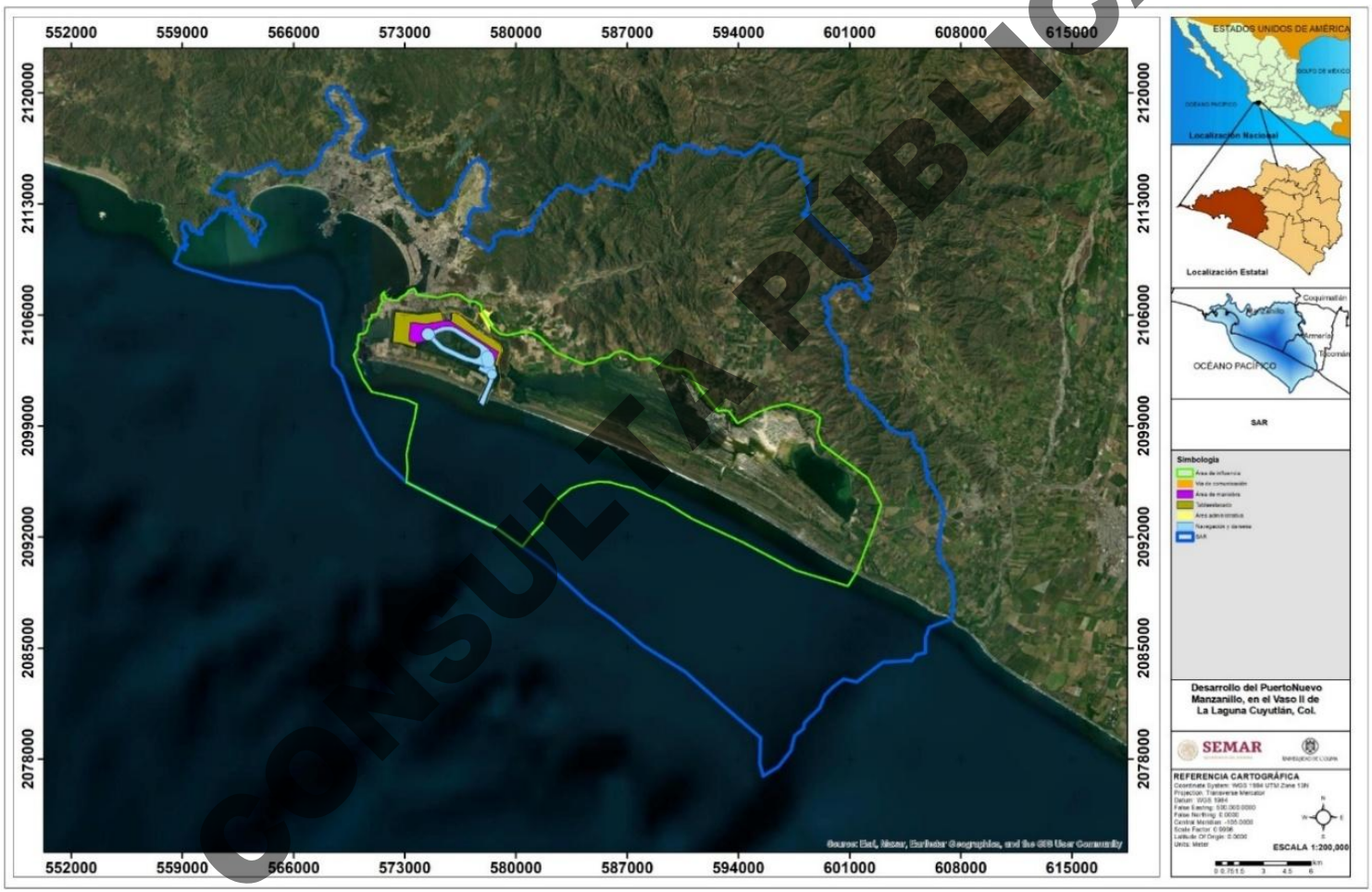


CONSULTA PÚBLICA

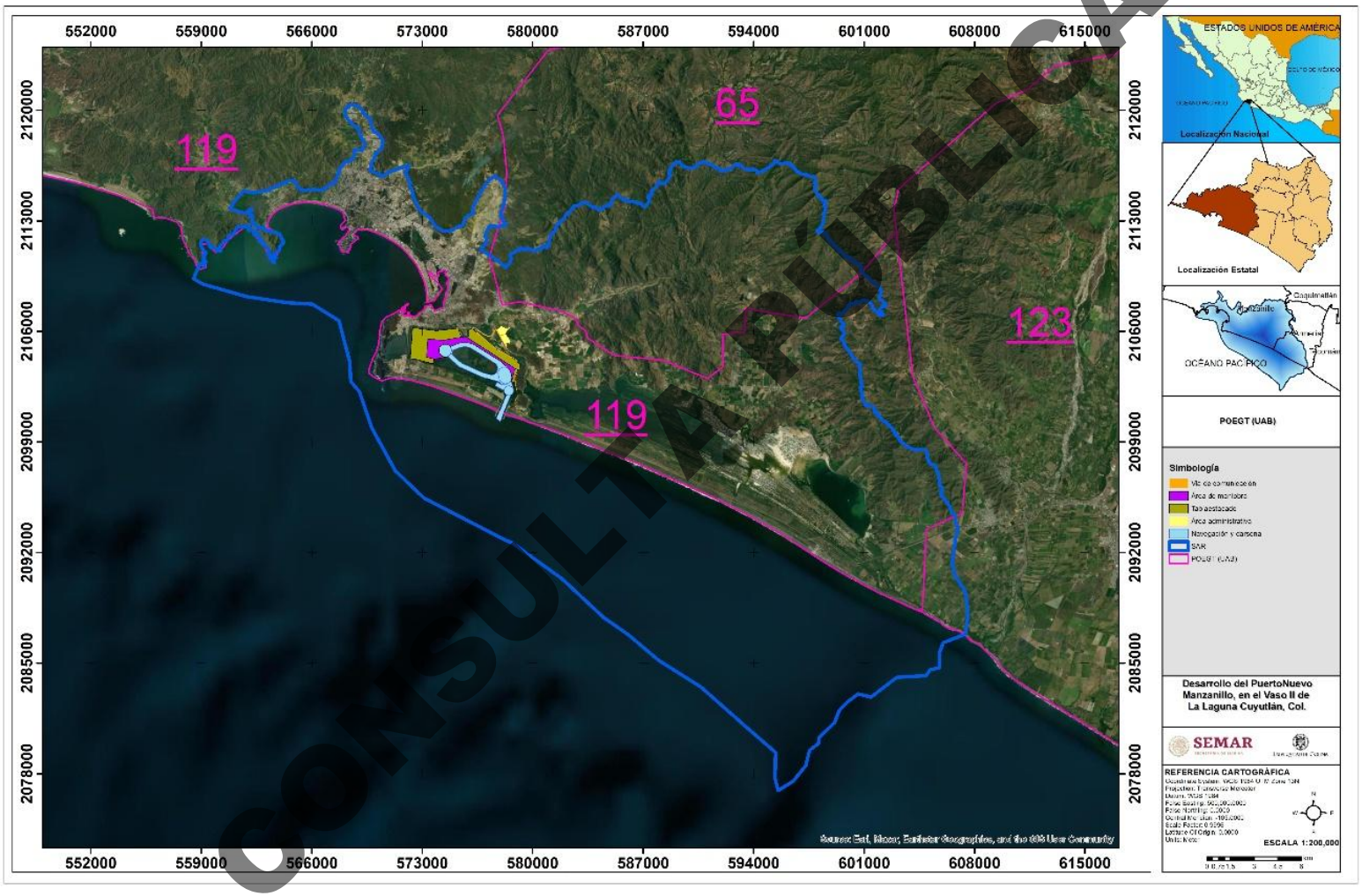
Mapa III. 19. Cercanía del Proyecto con el sitio RAMSAR

CAPITULO IV

CONSULTA PÚBLICA

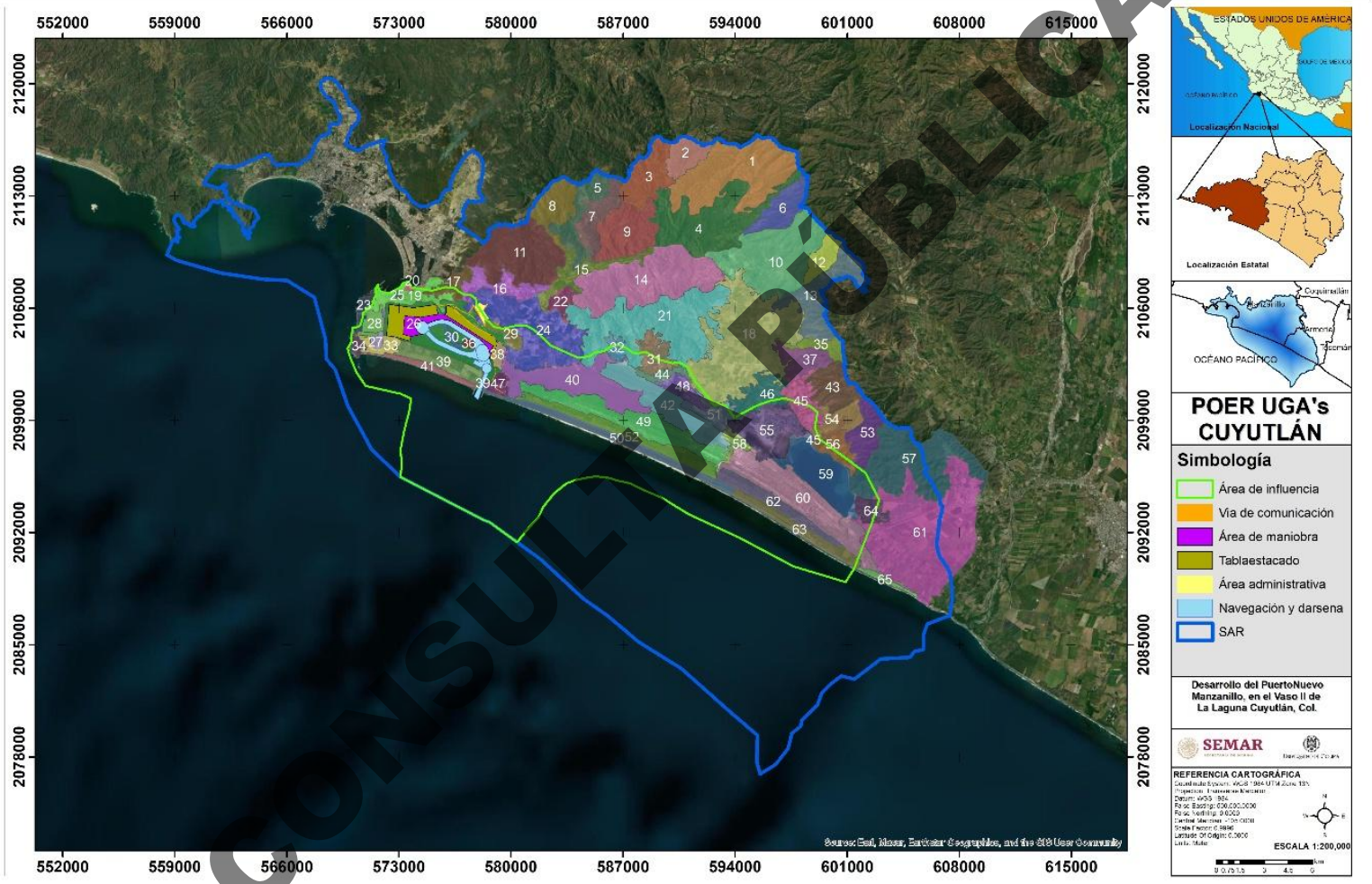


Mapa IV. 20. Área del proyecto con respecto a la superficie del SAR y el área de influencia.



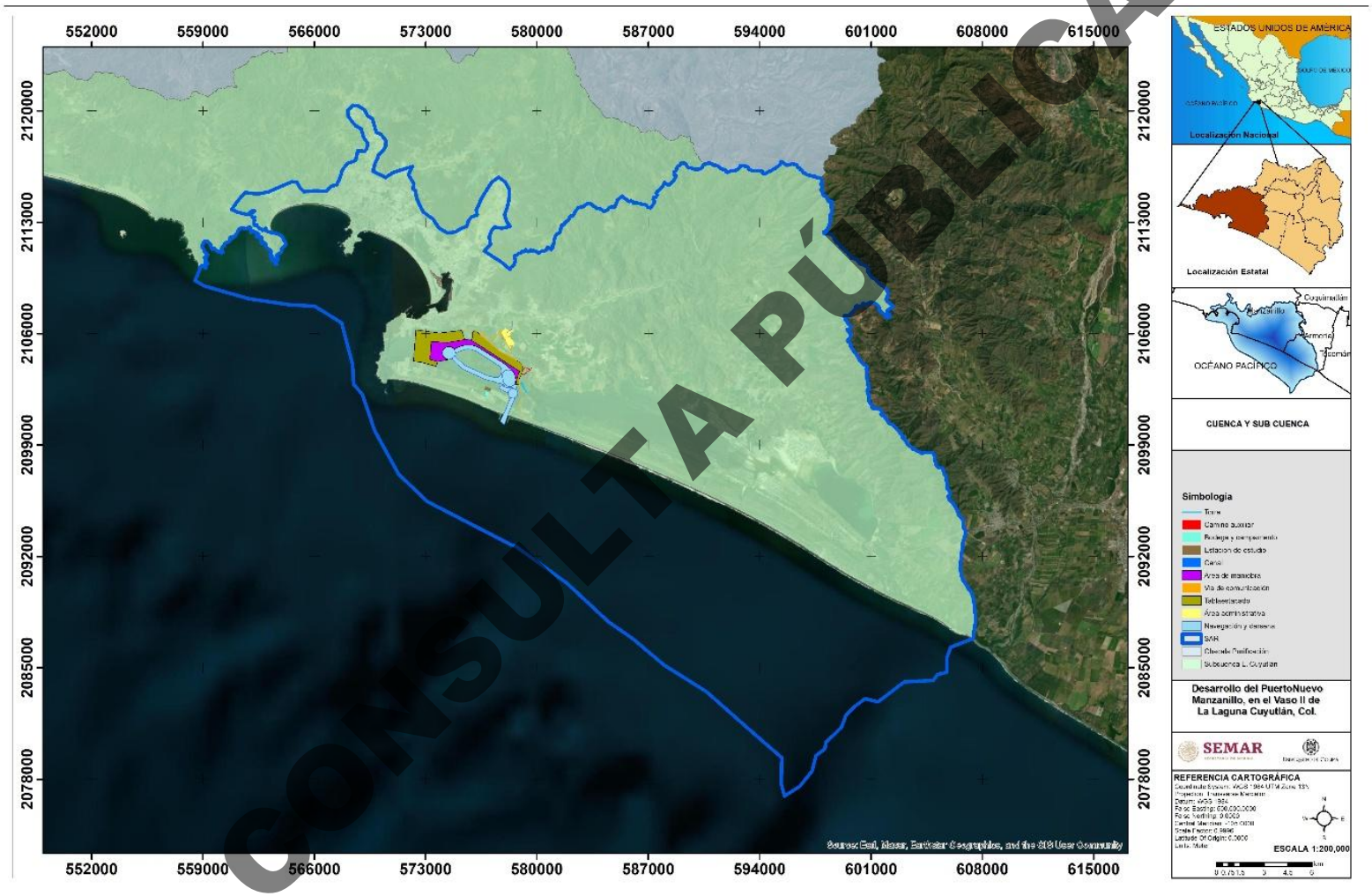
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 21. UAB 119. Lomeríos de las Costa de Jalisco y Colima



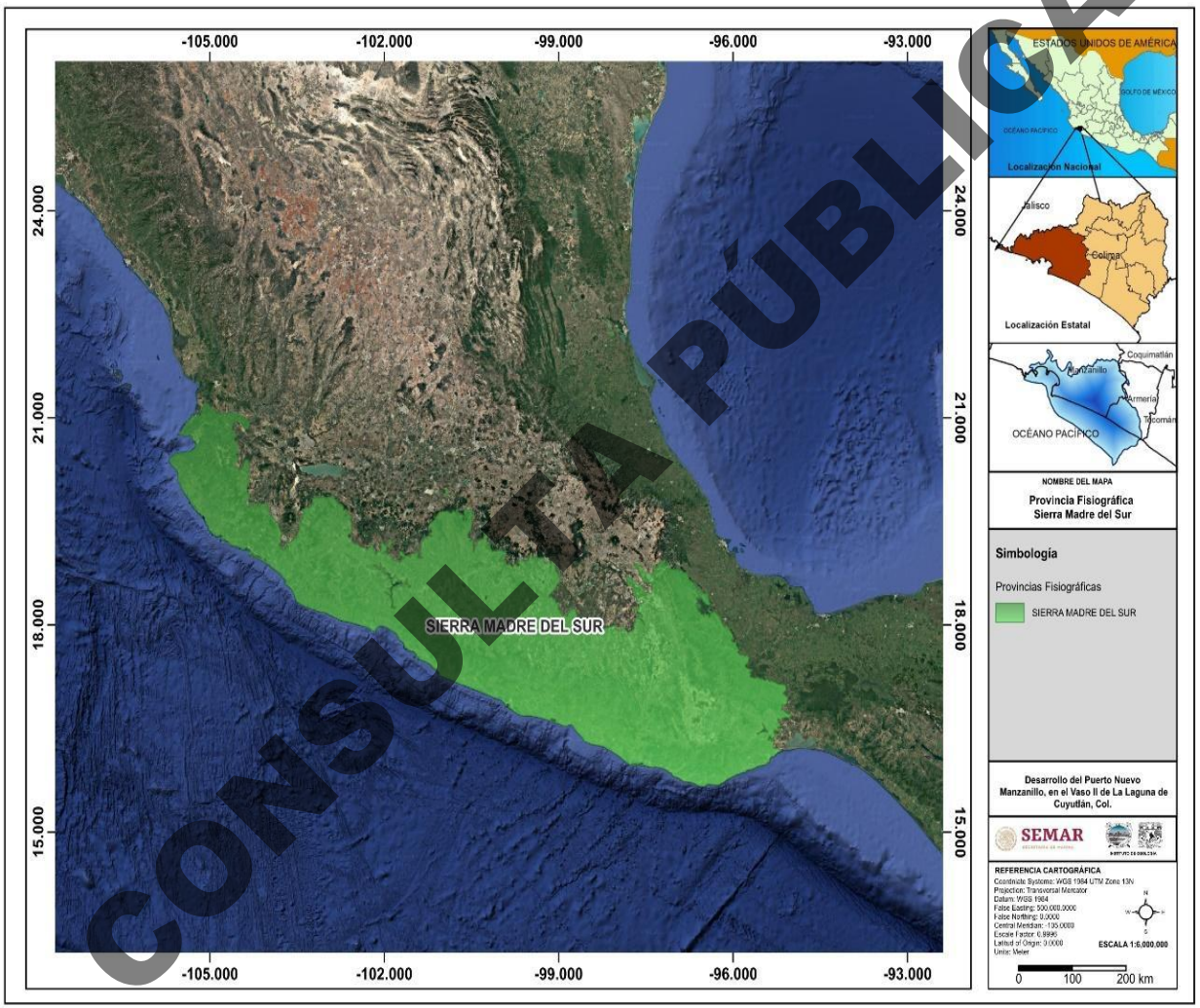
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 22. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial Local del Territorio de Manzanillo, Colima



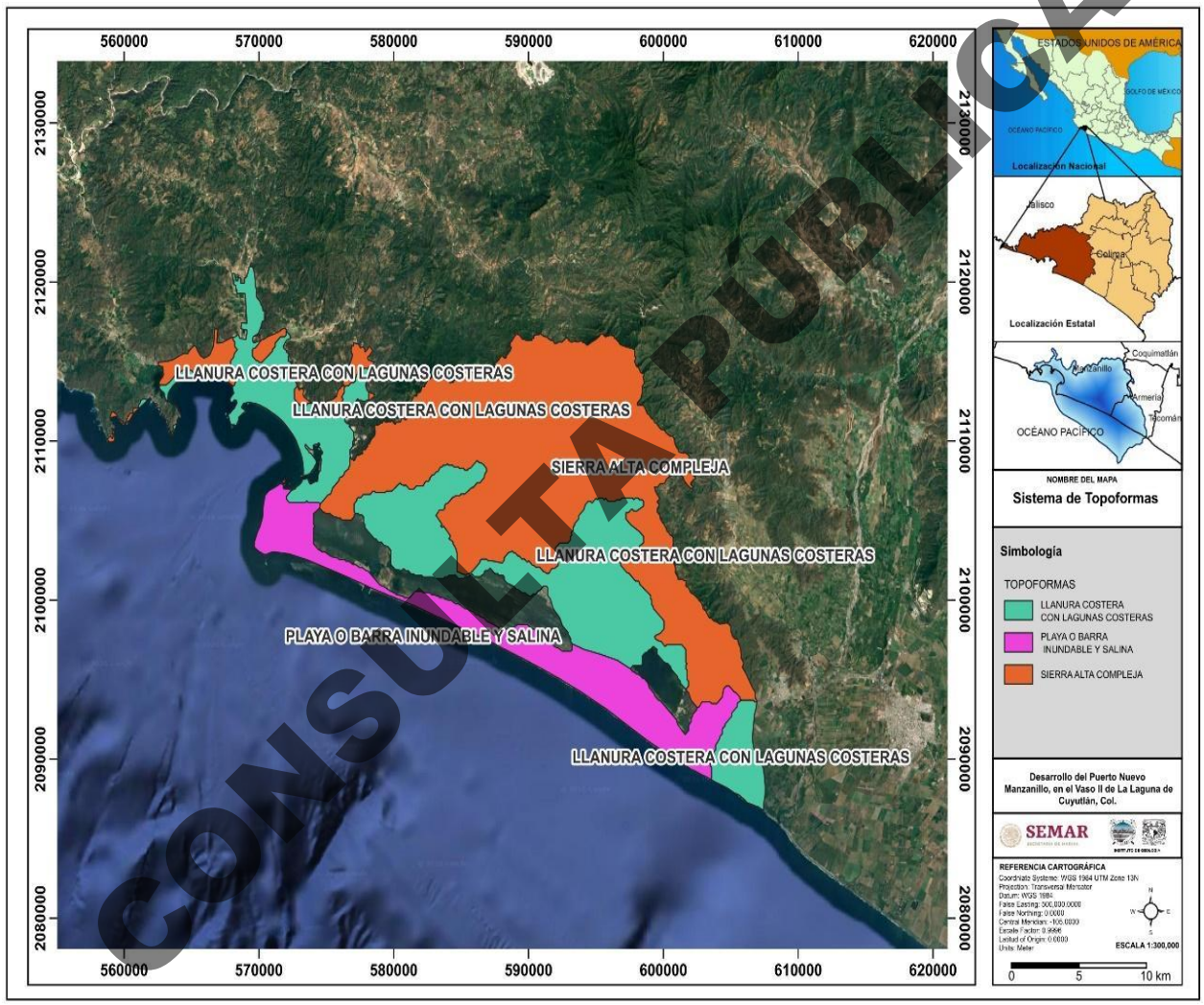
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 23. Cuenca del Río Chacala-Purificación



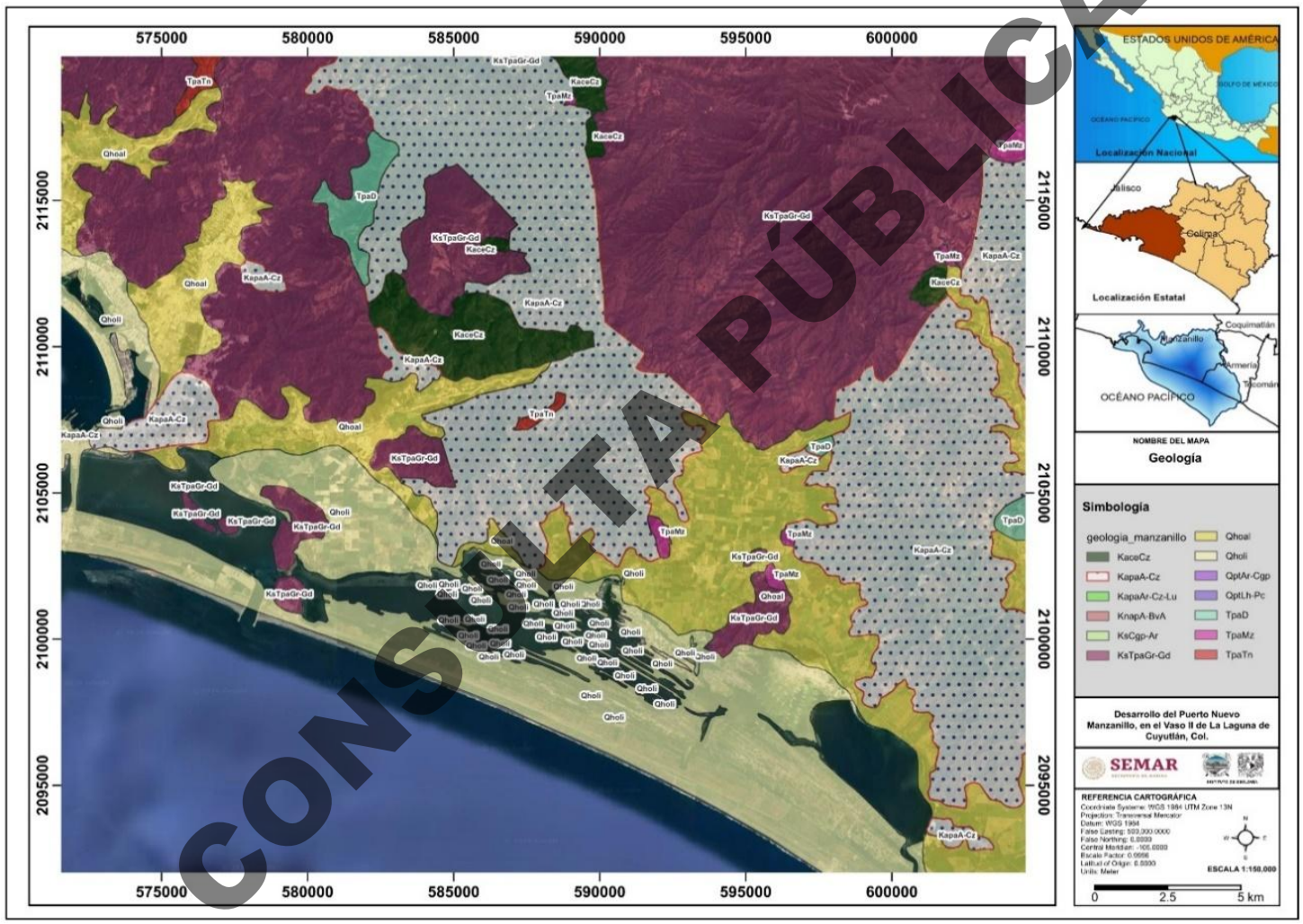
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 24. Provincia Fisiográfica Sierra madre del sur. (Conjunto de datos vectoriales Fisiográficas. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas (INEGI, s/f)



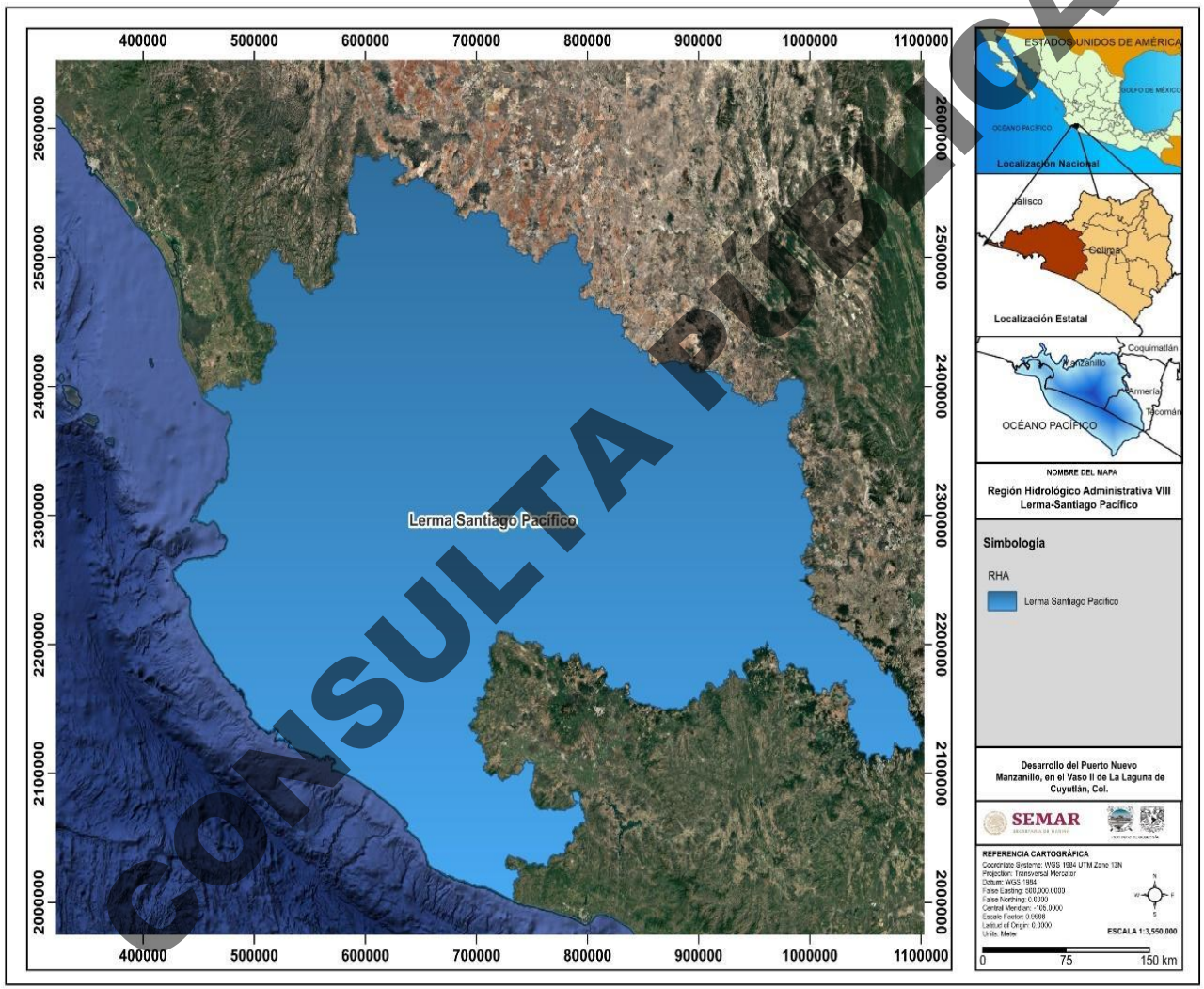
Mapa IV. 25. Sistema de Topoformas.

CONSULTA PÚBLICA



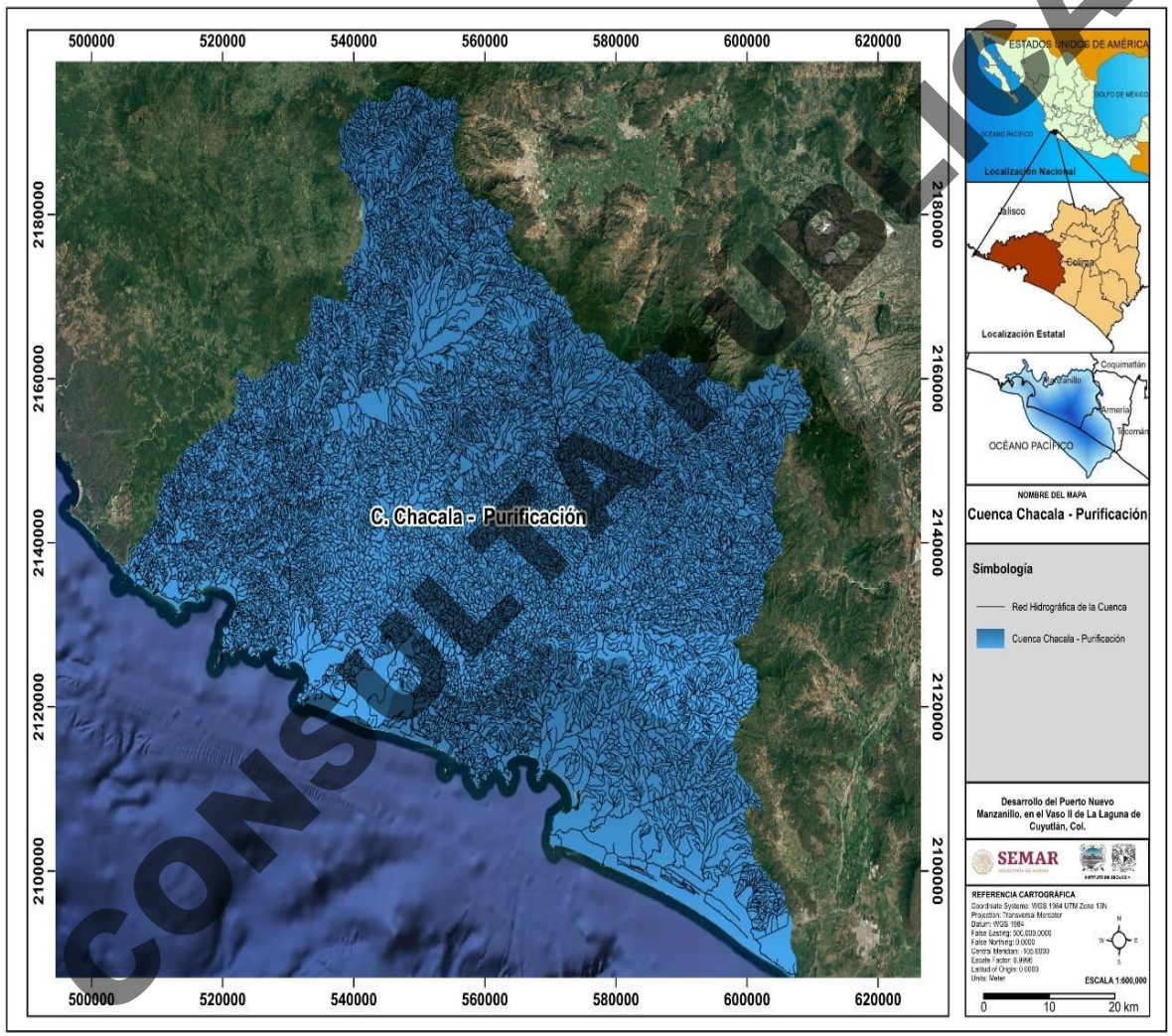
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 26. Mapa Geológico de la zona.



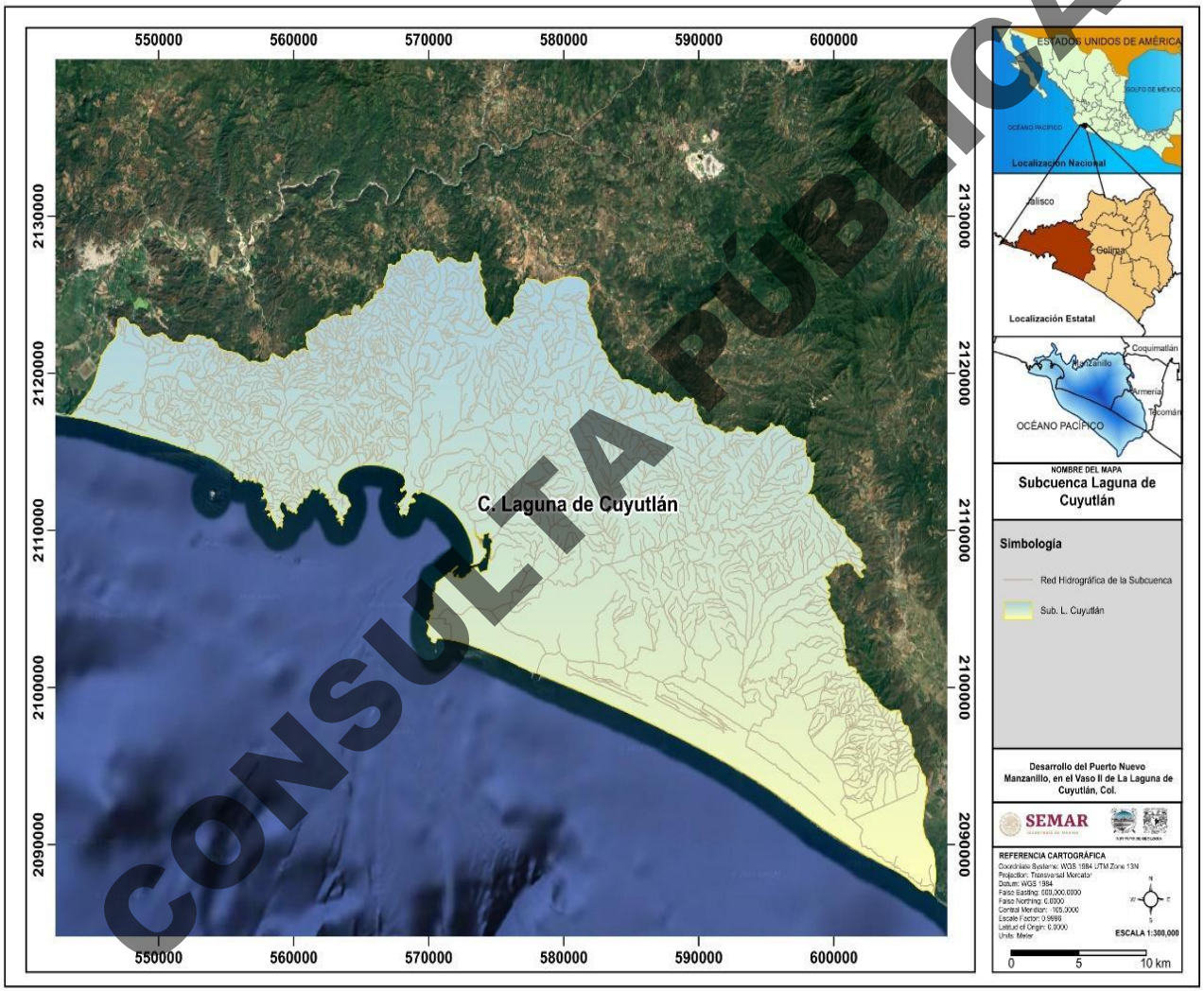
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 27. Región Hidrológica-Administrativa (RHA) VIII Lerma-Santiago-Pacífico.



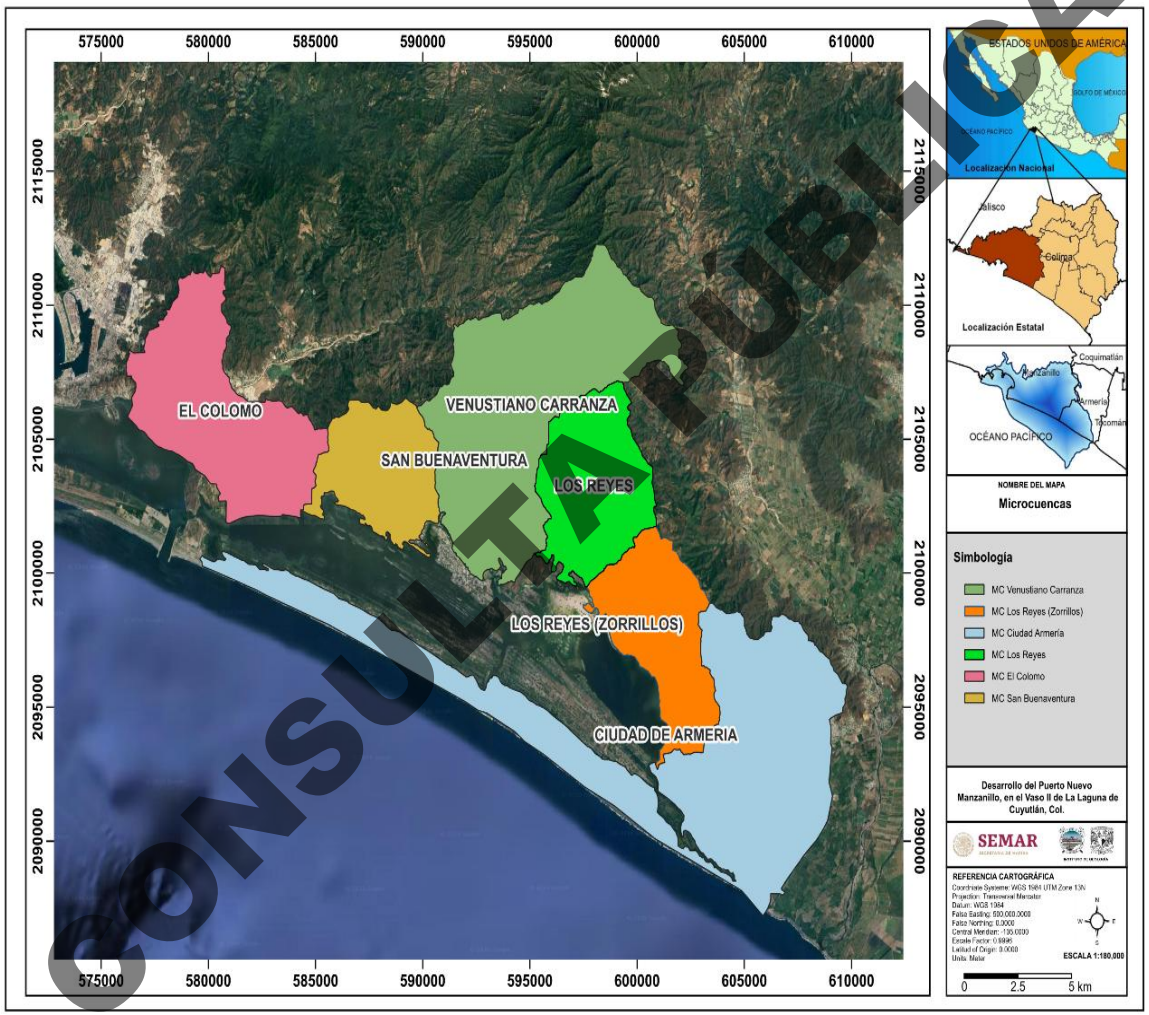
CONSULTA PUBLICA

Mapa IV. 28. Cuenca Chacala-Purificación



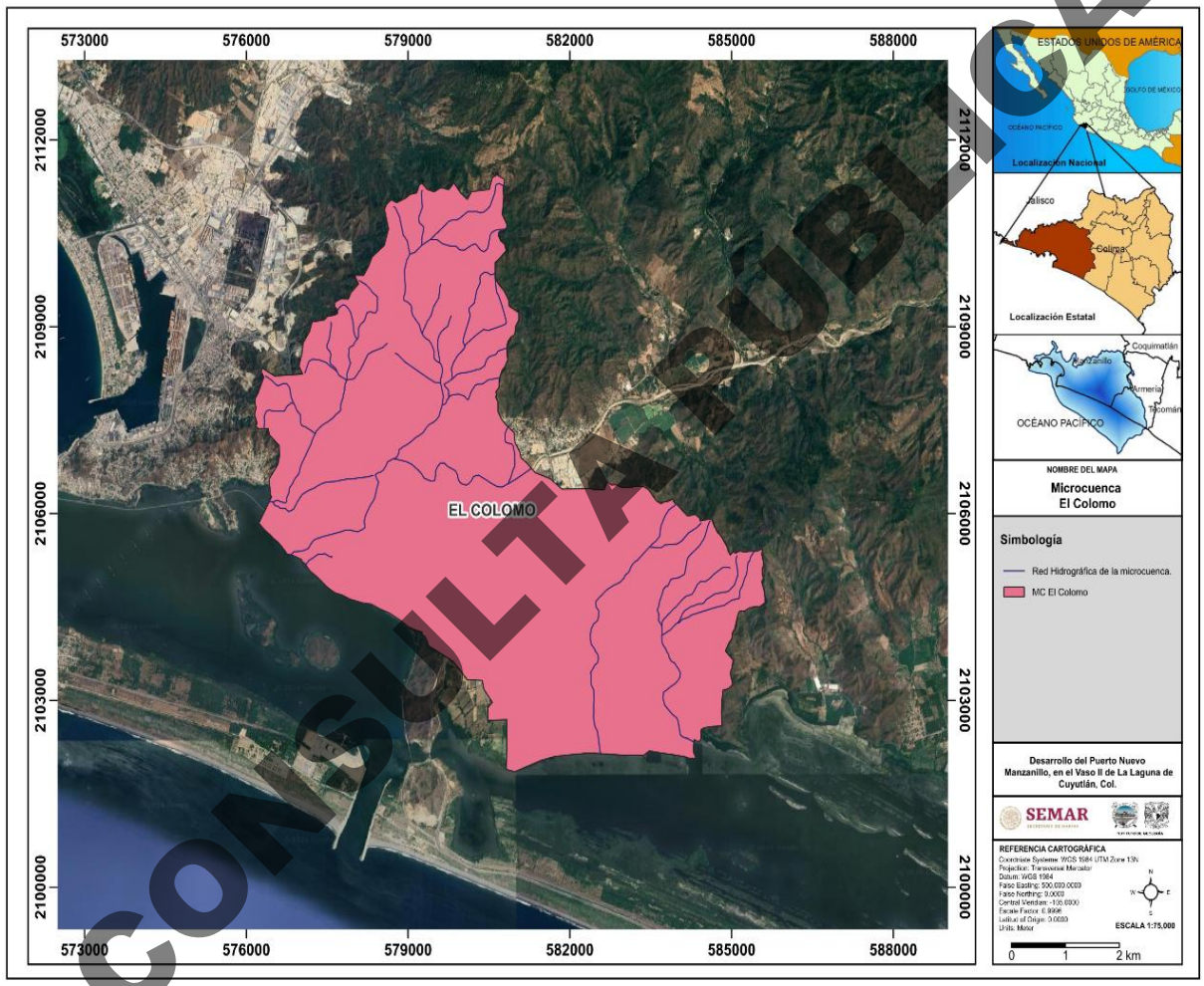
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 29. Subcuenca Laguna de Cuyutlán.



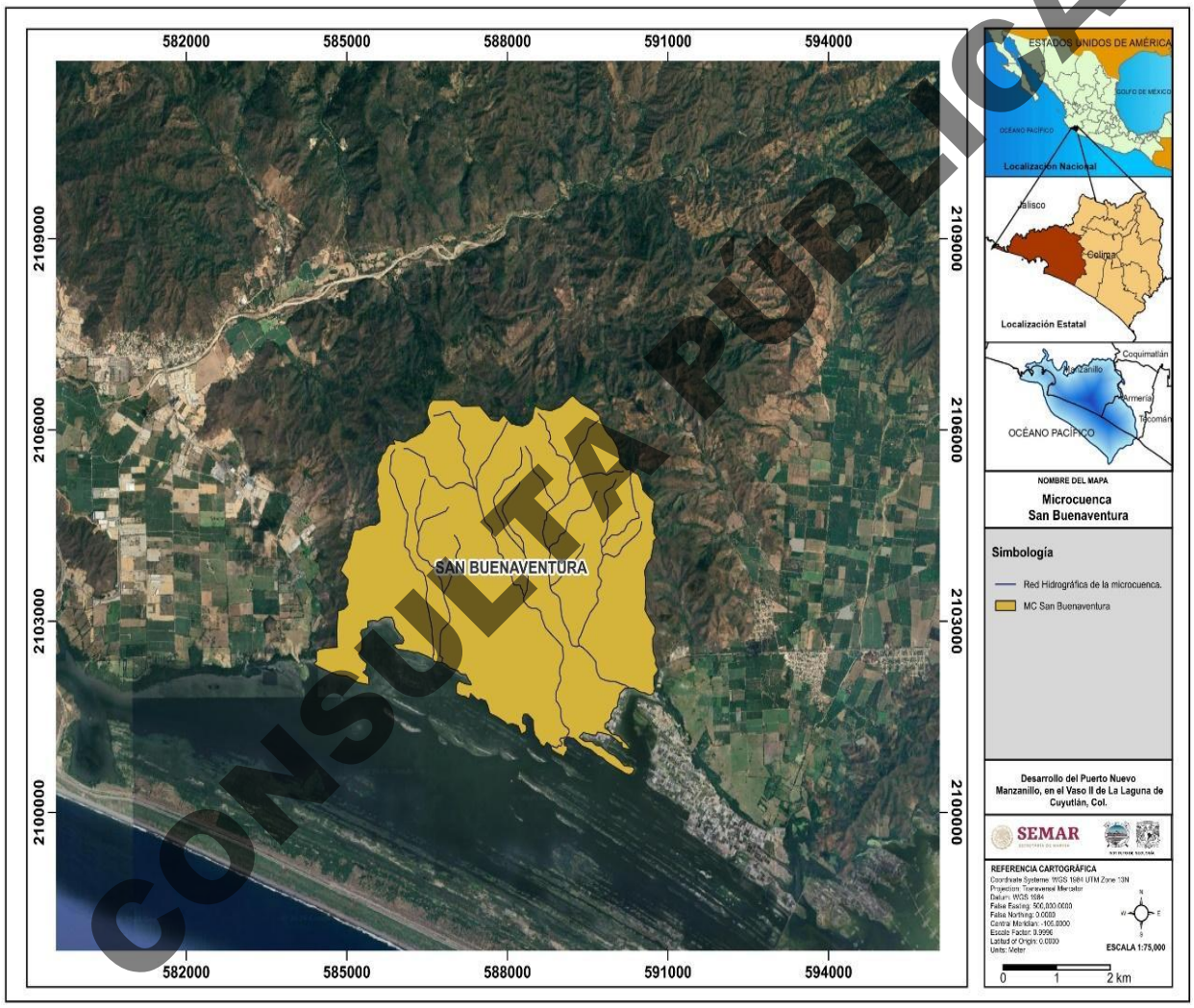
Mapa IV. 30. Microcuencas que rodean la Laguna de Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA



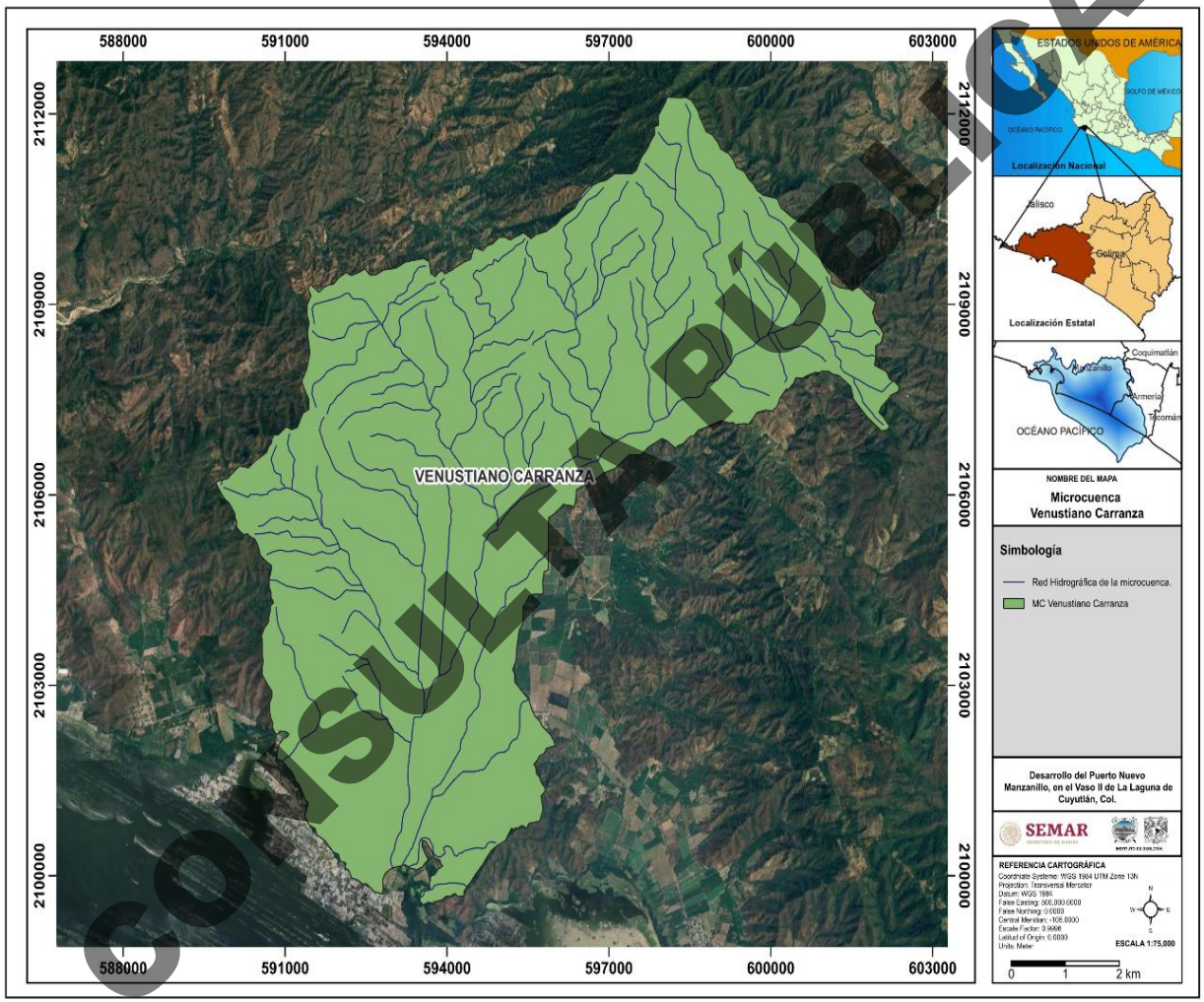
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 31. Microcuenca El Colomo.



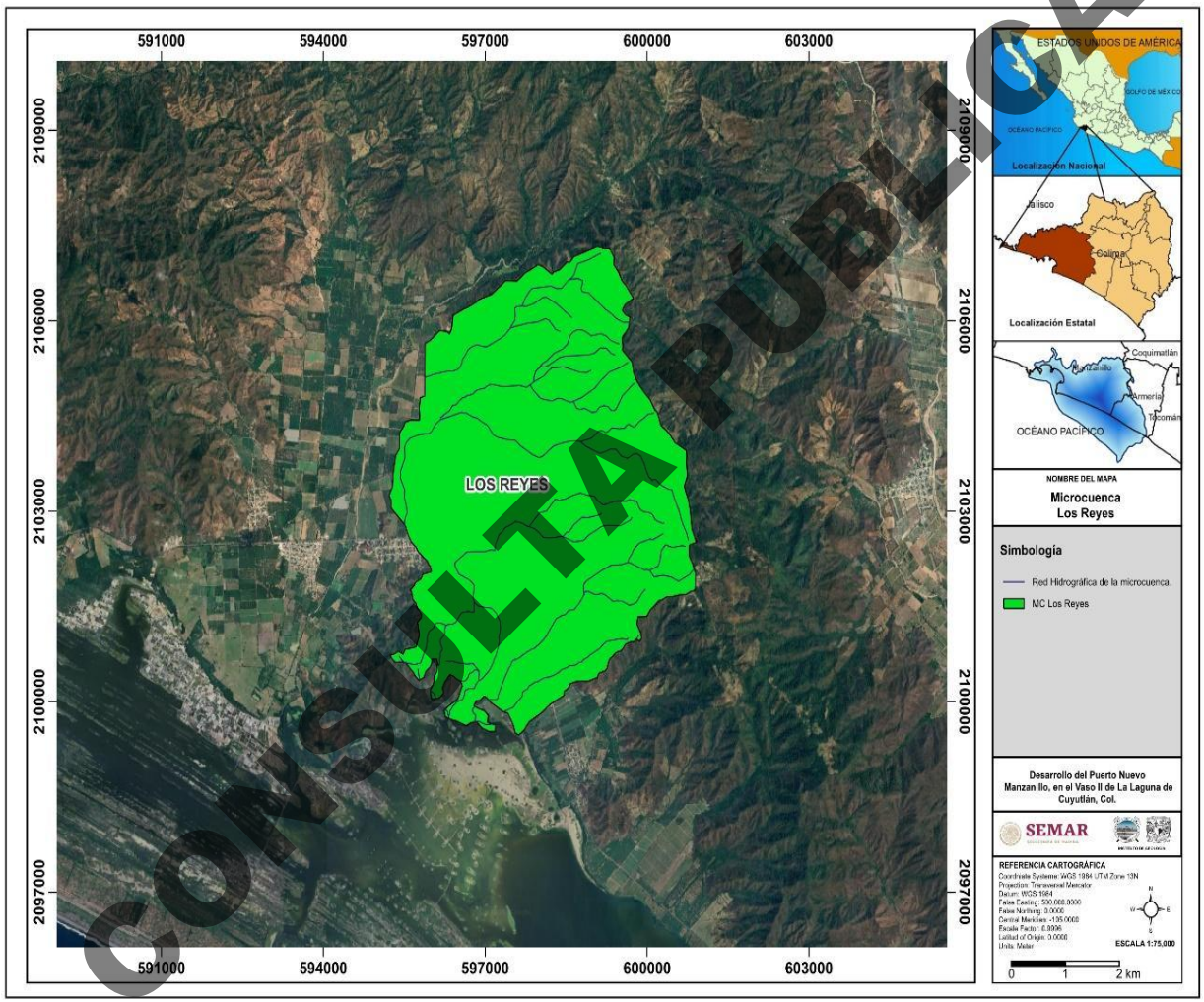
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 32. Microcuenca San Buenaventura



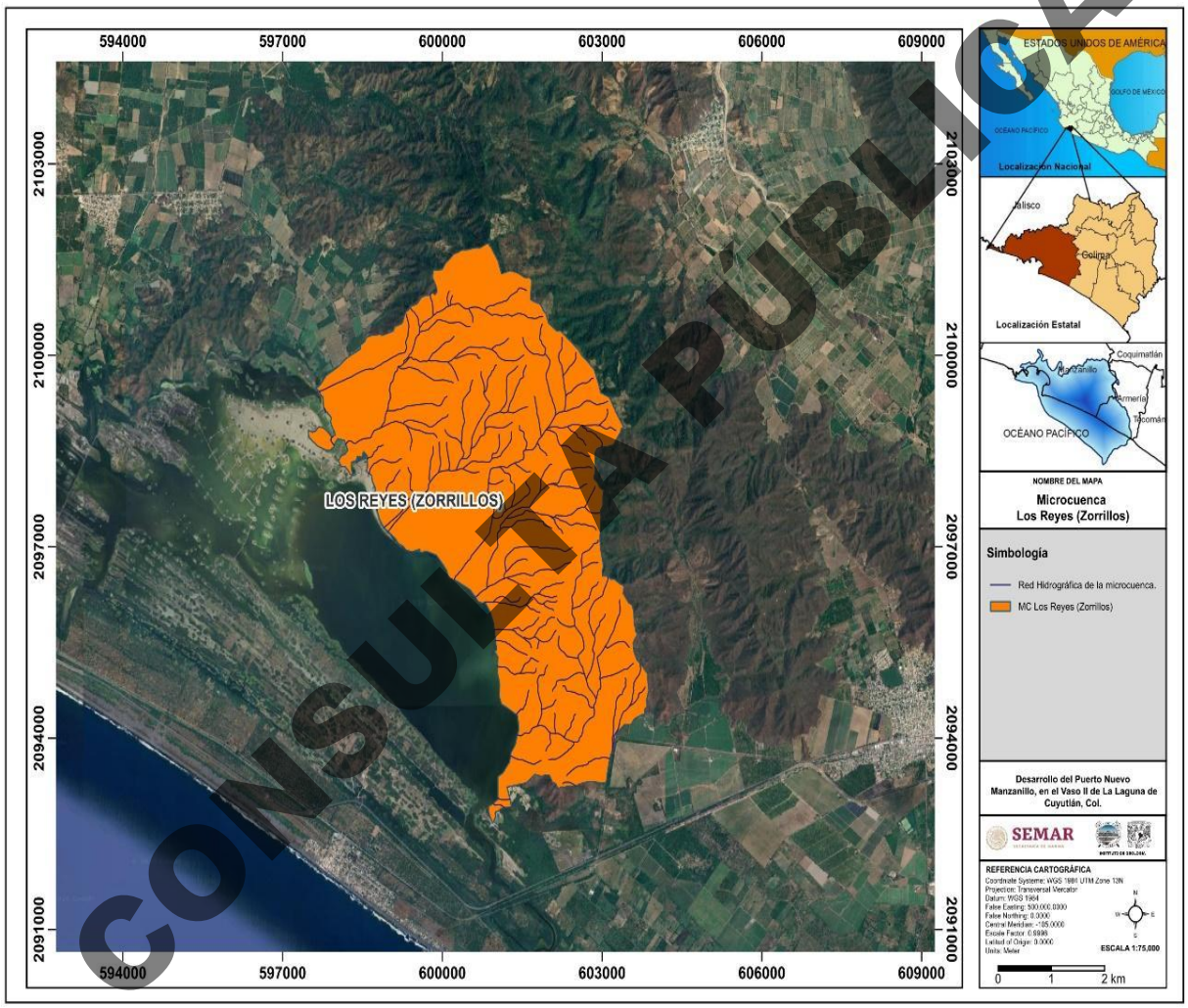
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 33 Microcuenca Venustiano Carranza.



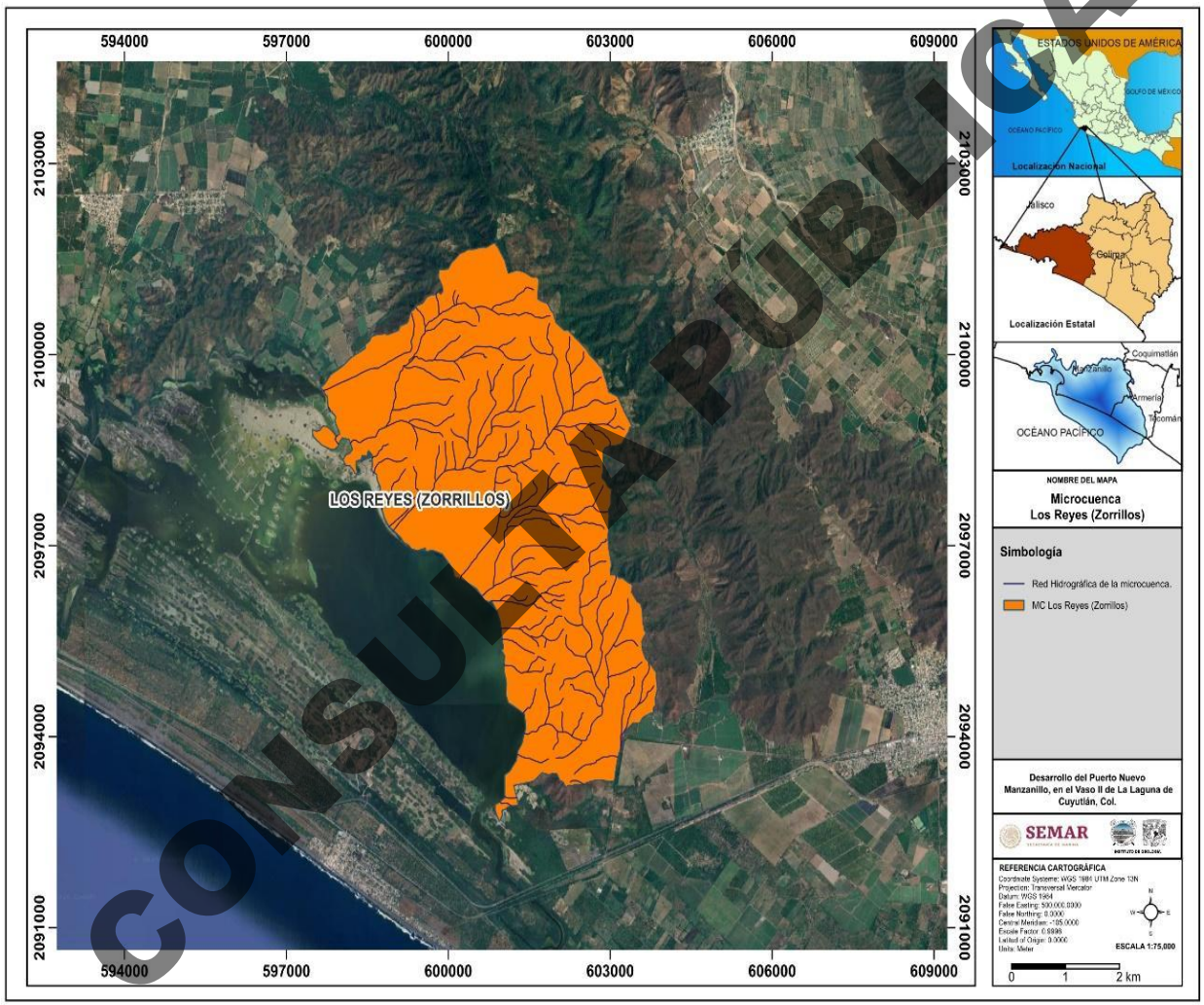
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 34. Microcuenca Los Reyes.



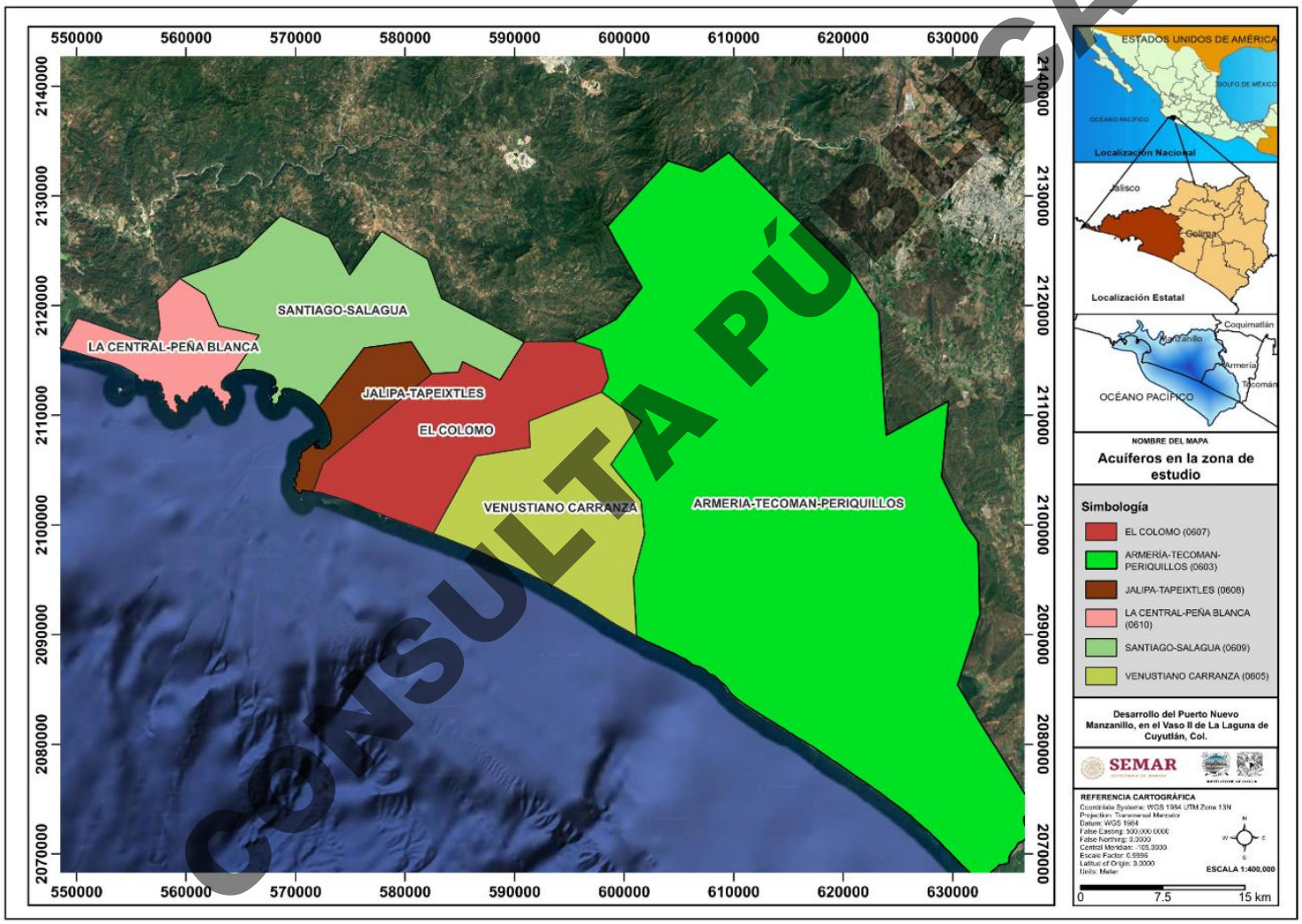
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 35. Microcuenca Los Reyes (Zorrillos).



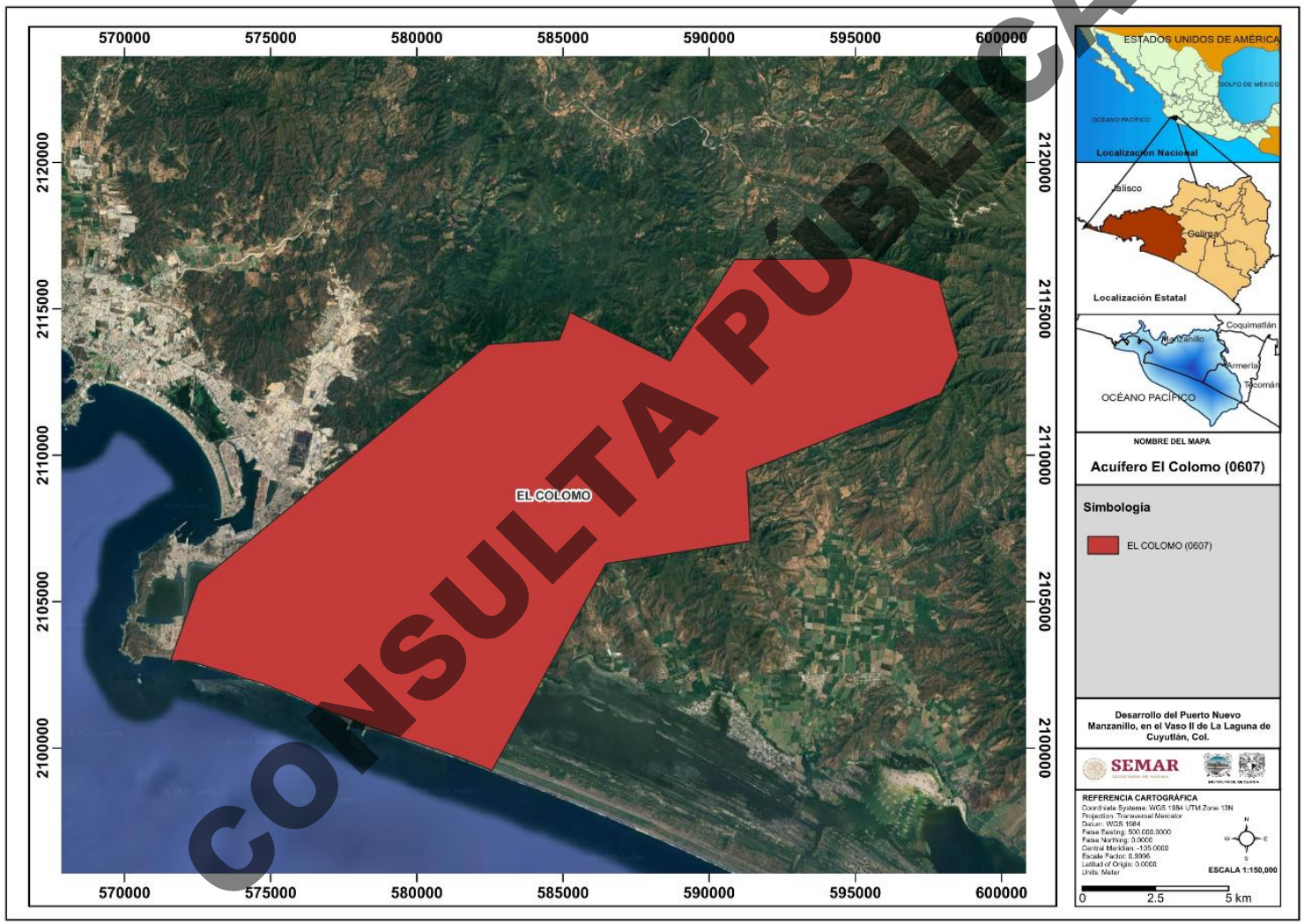
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 36. Microcuenca Ciudad de Armería.



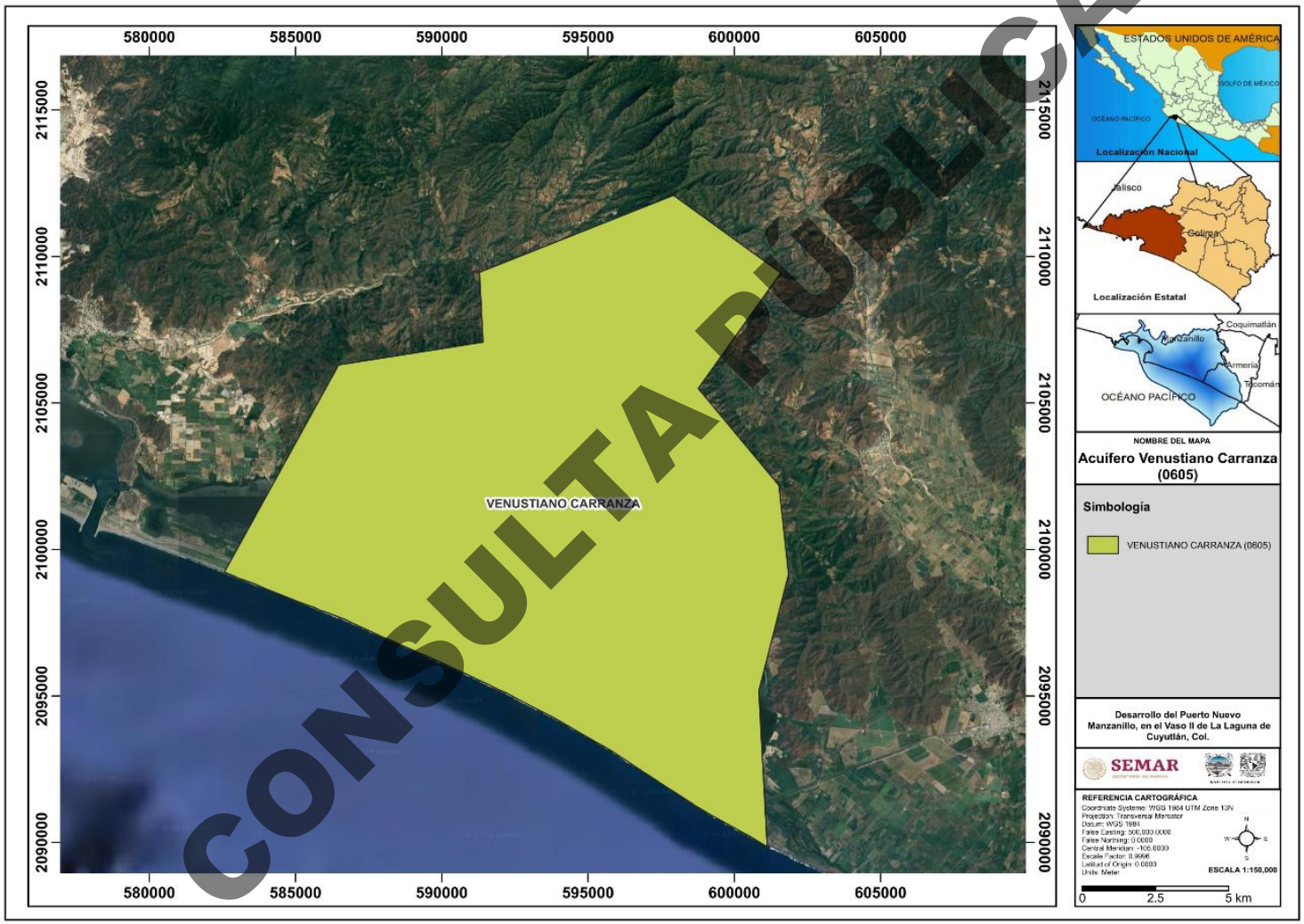
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 37. Mapa de los seis acuíferos dentro del SAR



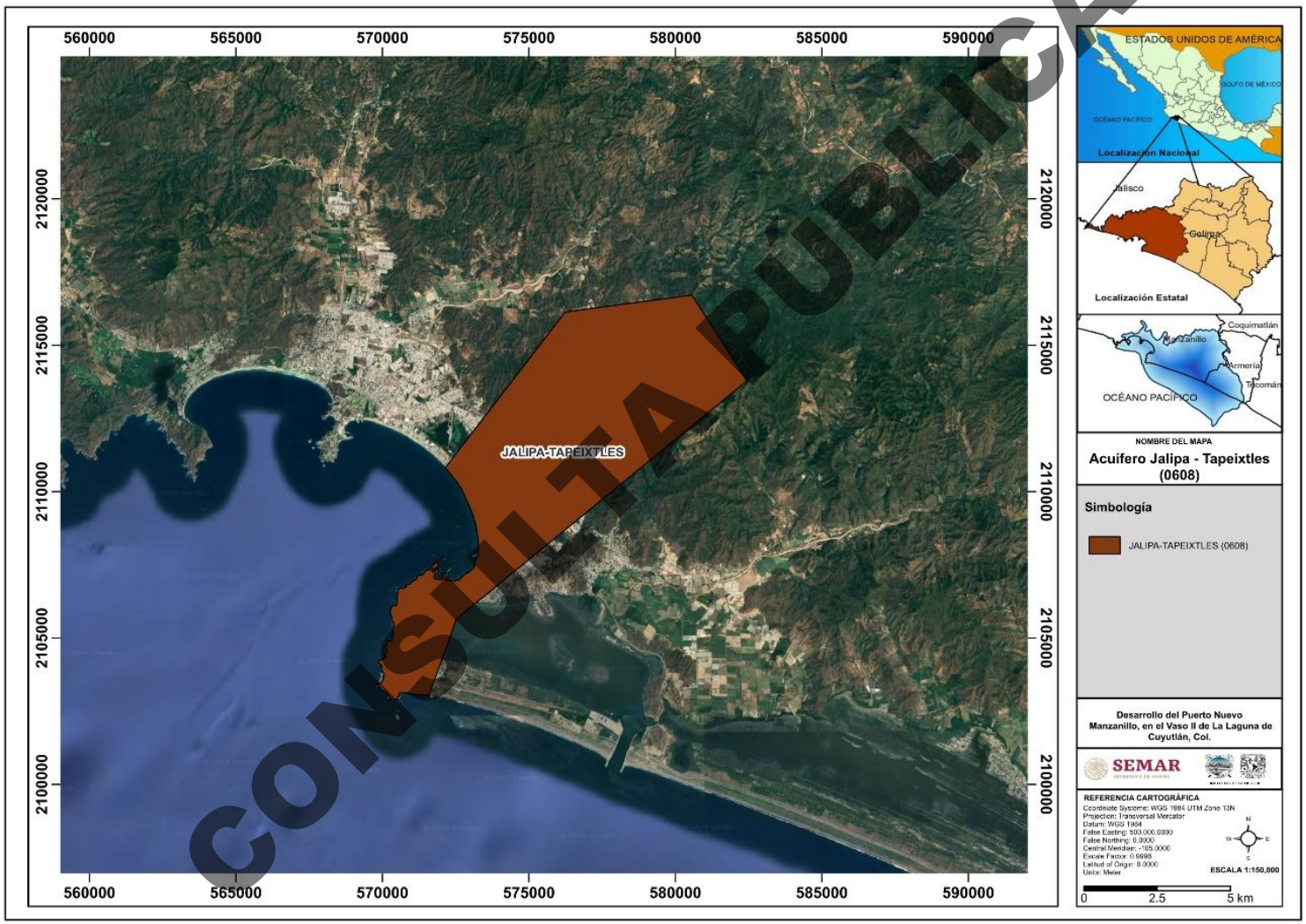
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 38. Acuífero El Colomo



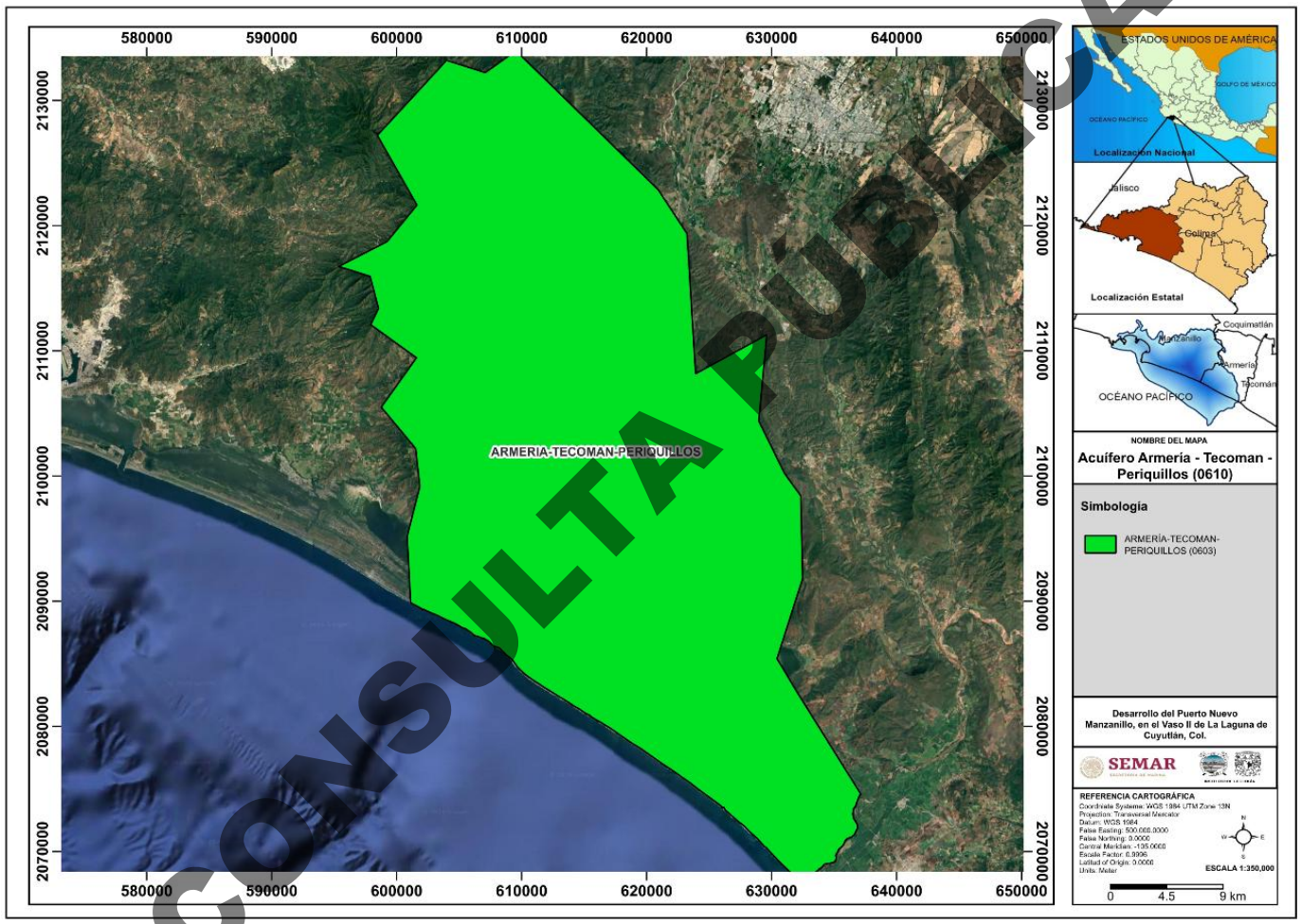
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 39 Acuífero Venustiano Carranza



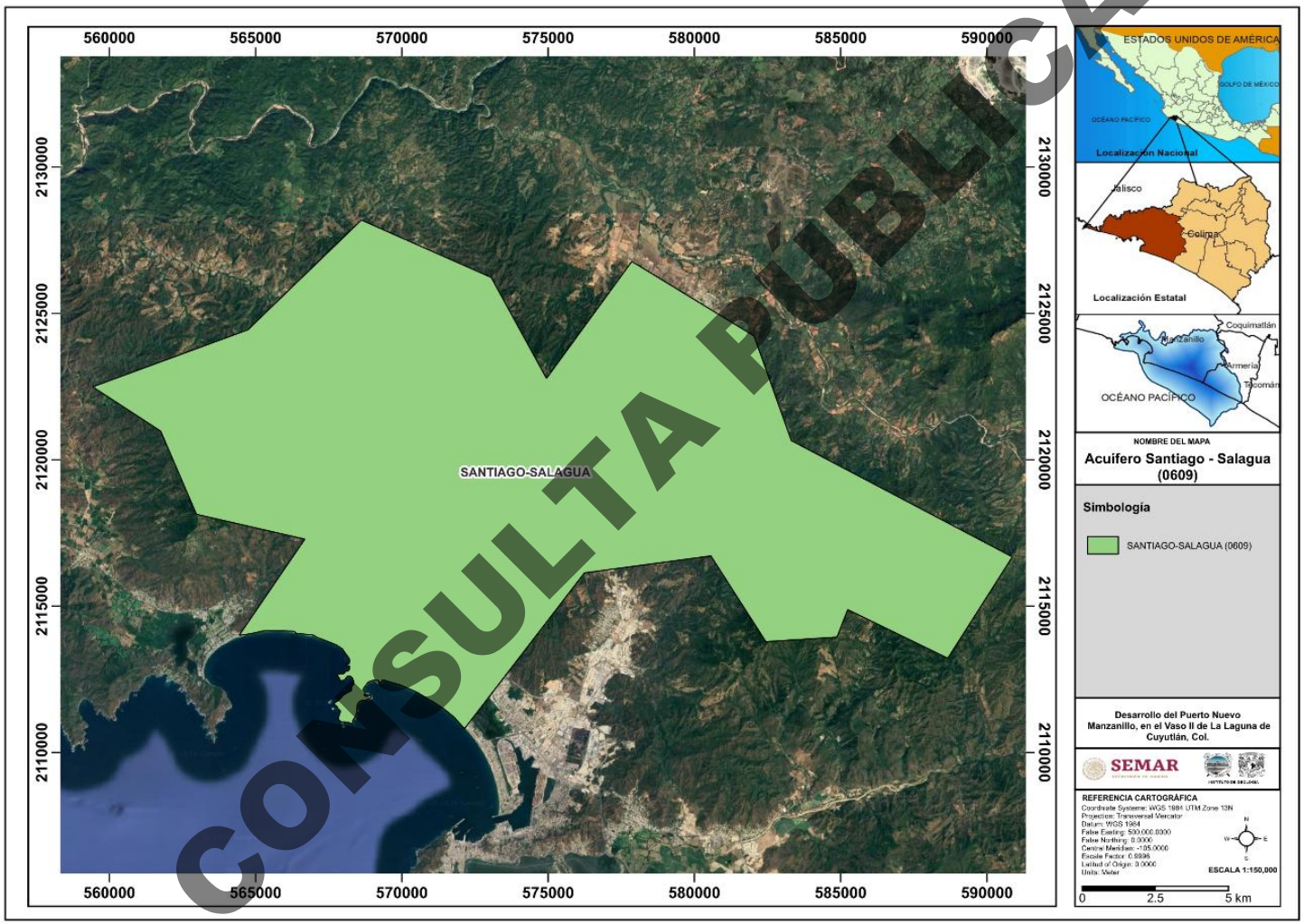
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 40. Acuífero Jalipa – Tapeixtles (0608).



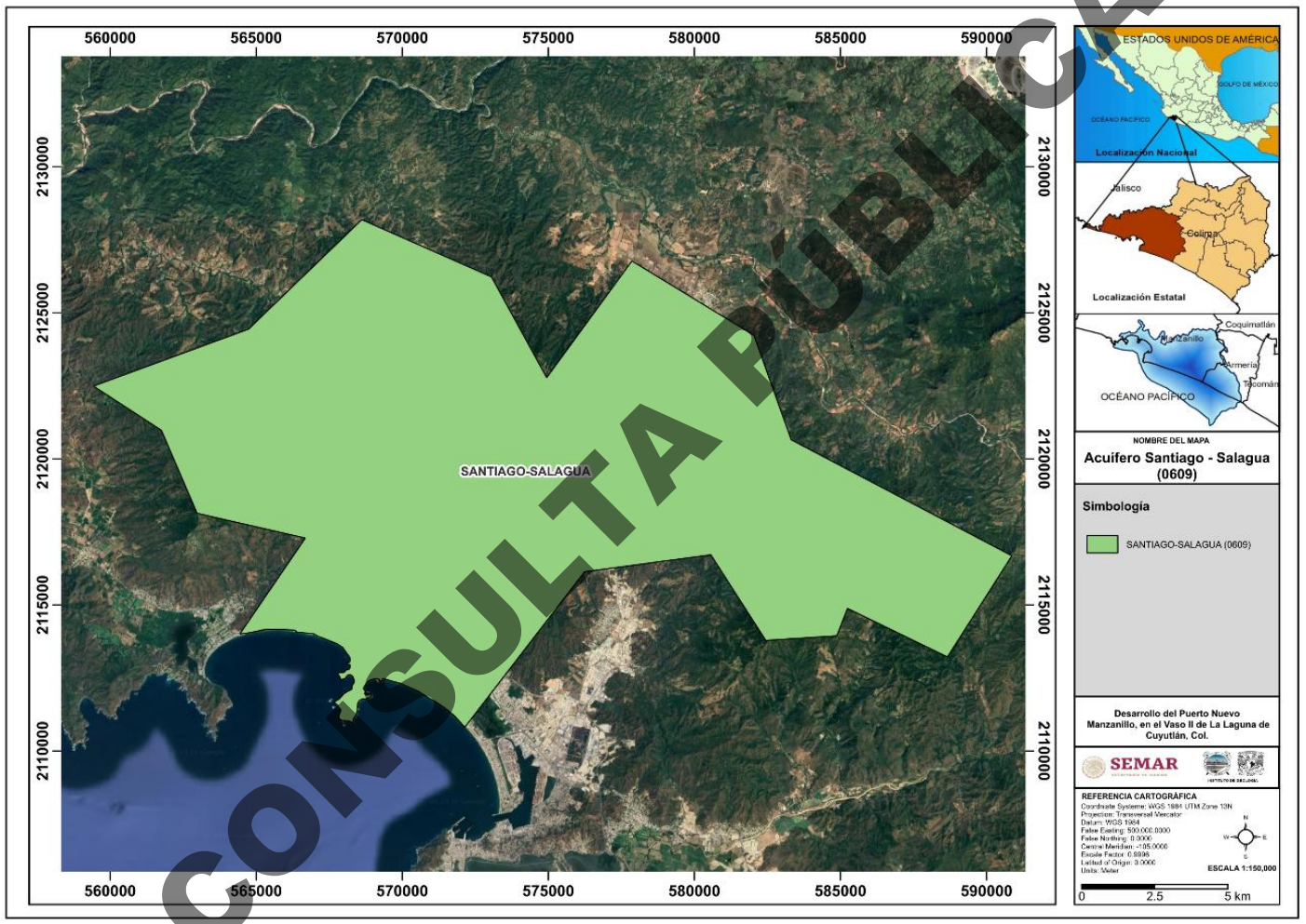
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 41. Acuífero Armería Tecomán Periquillos



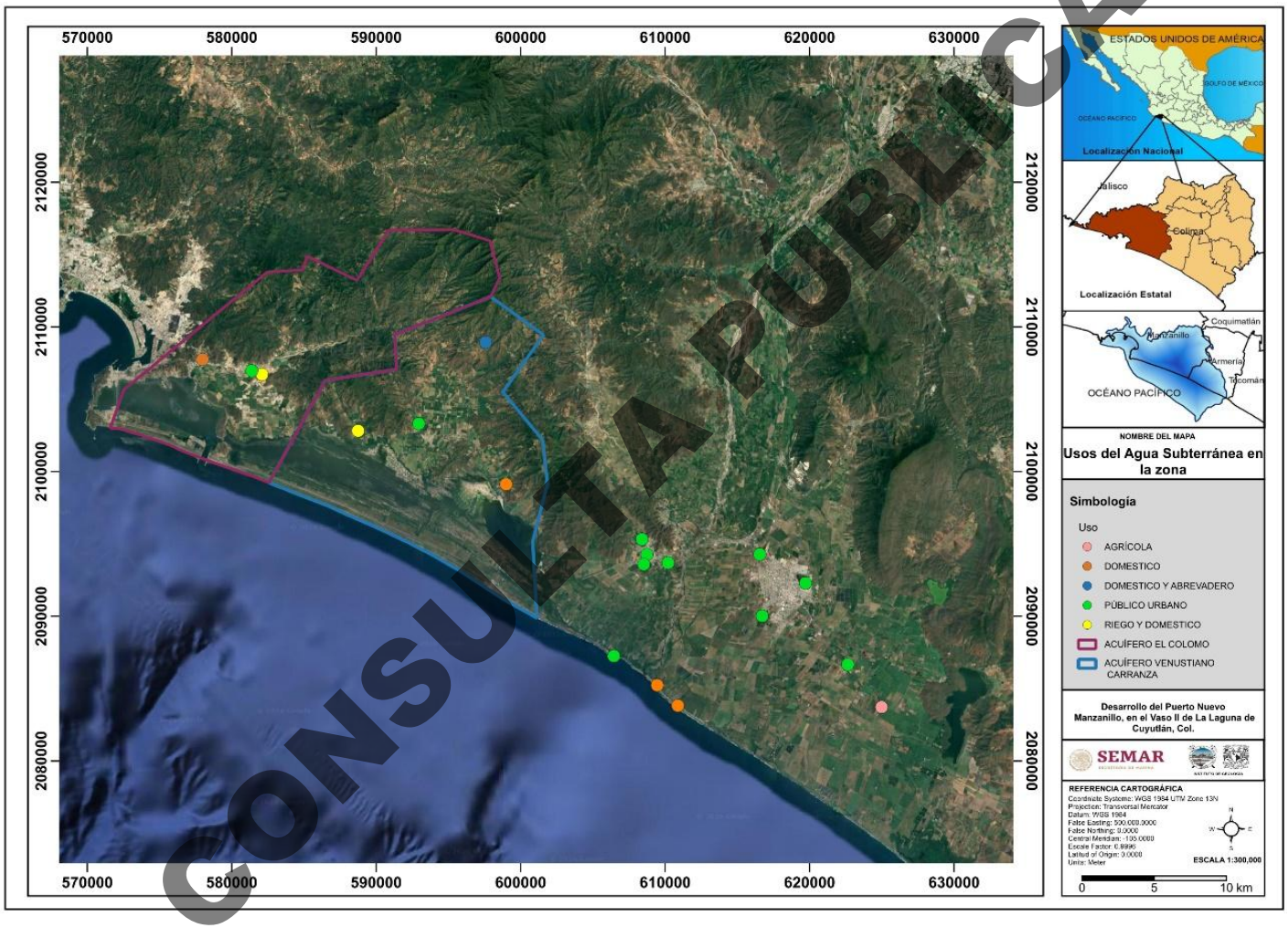
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 42. Acuífero Santiago - Salagua.



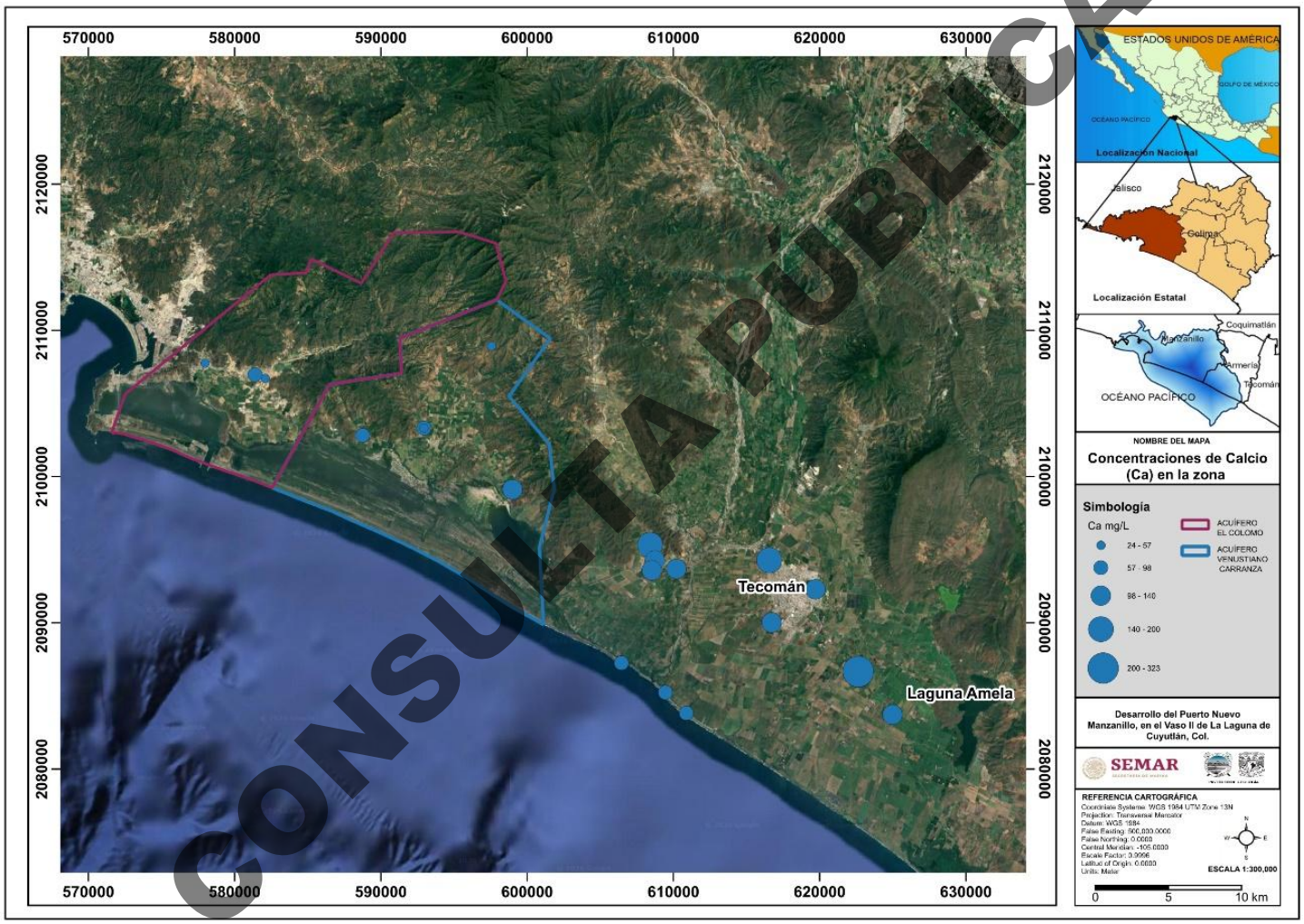
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 43. Acuífero La Central - Peña Blanca.



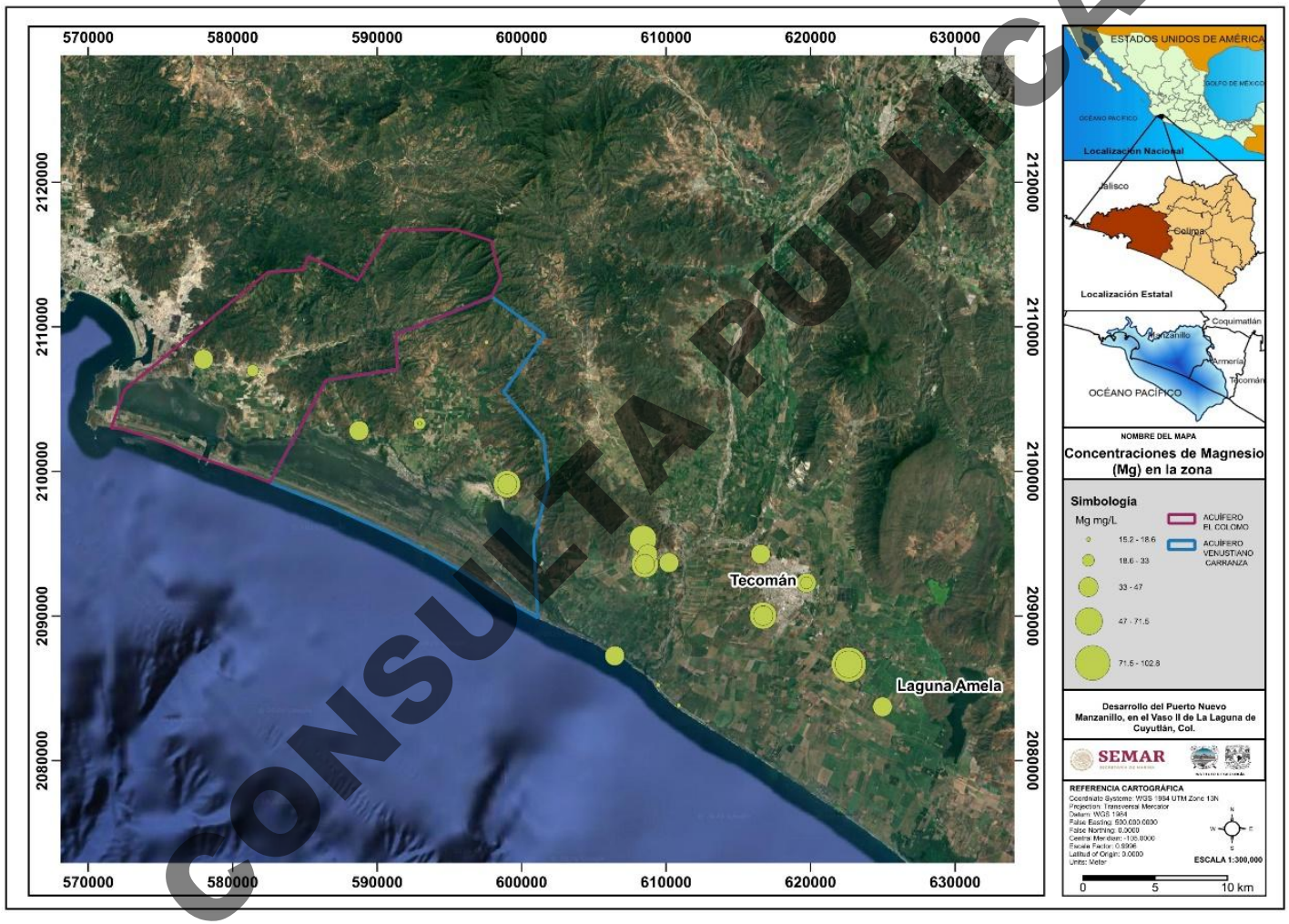
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 44.Ubicación y usos de la base de datos histórica del INEGI sobre el agua subterránea.



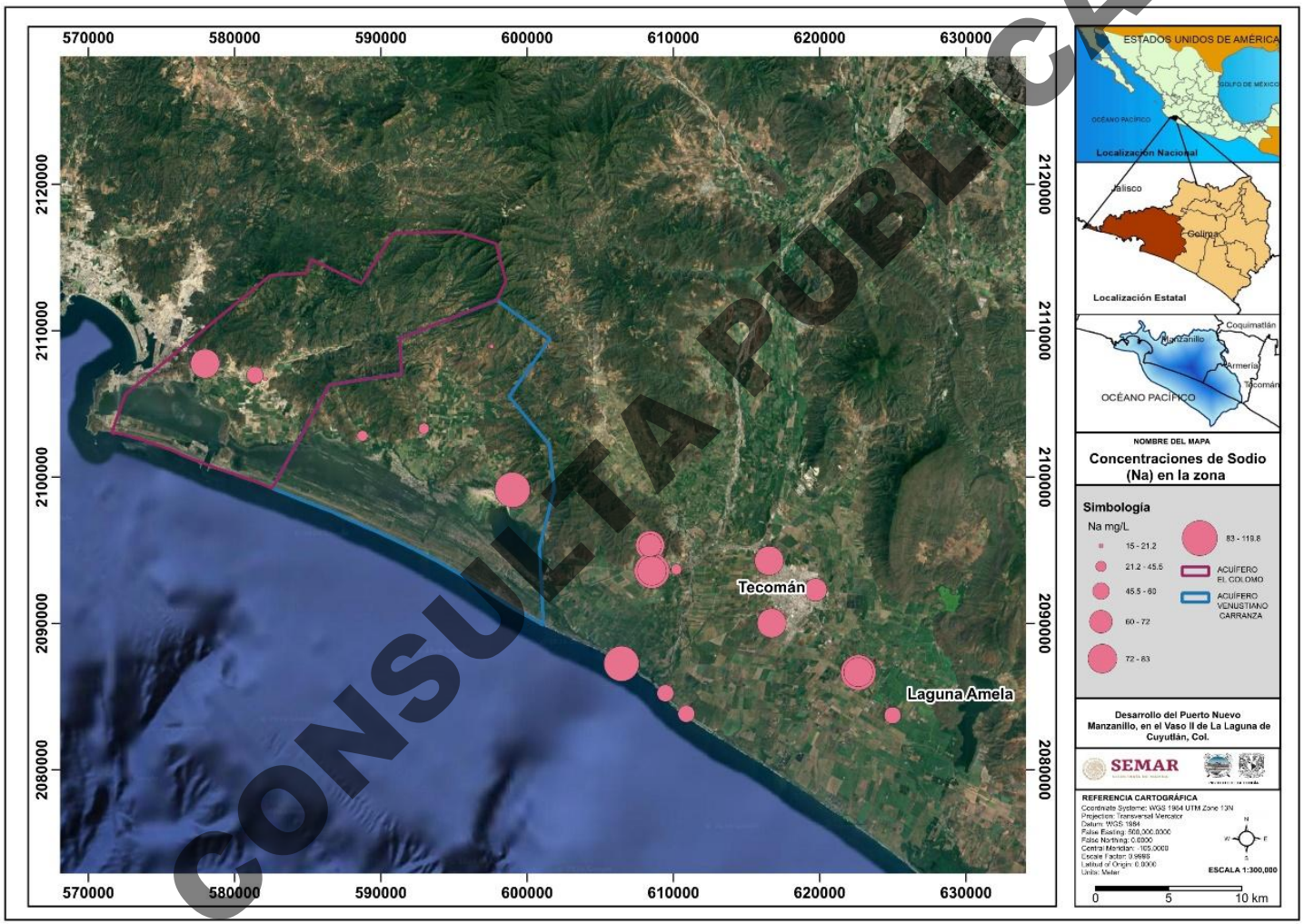
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 45. Distribución graduada de las concentraciones de Ca^{2+} de la base de datos INEGI.



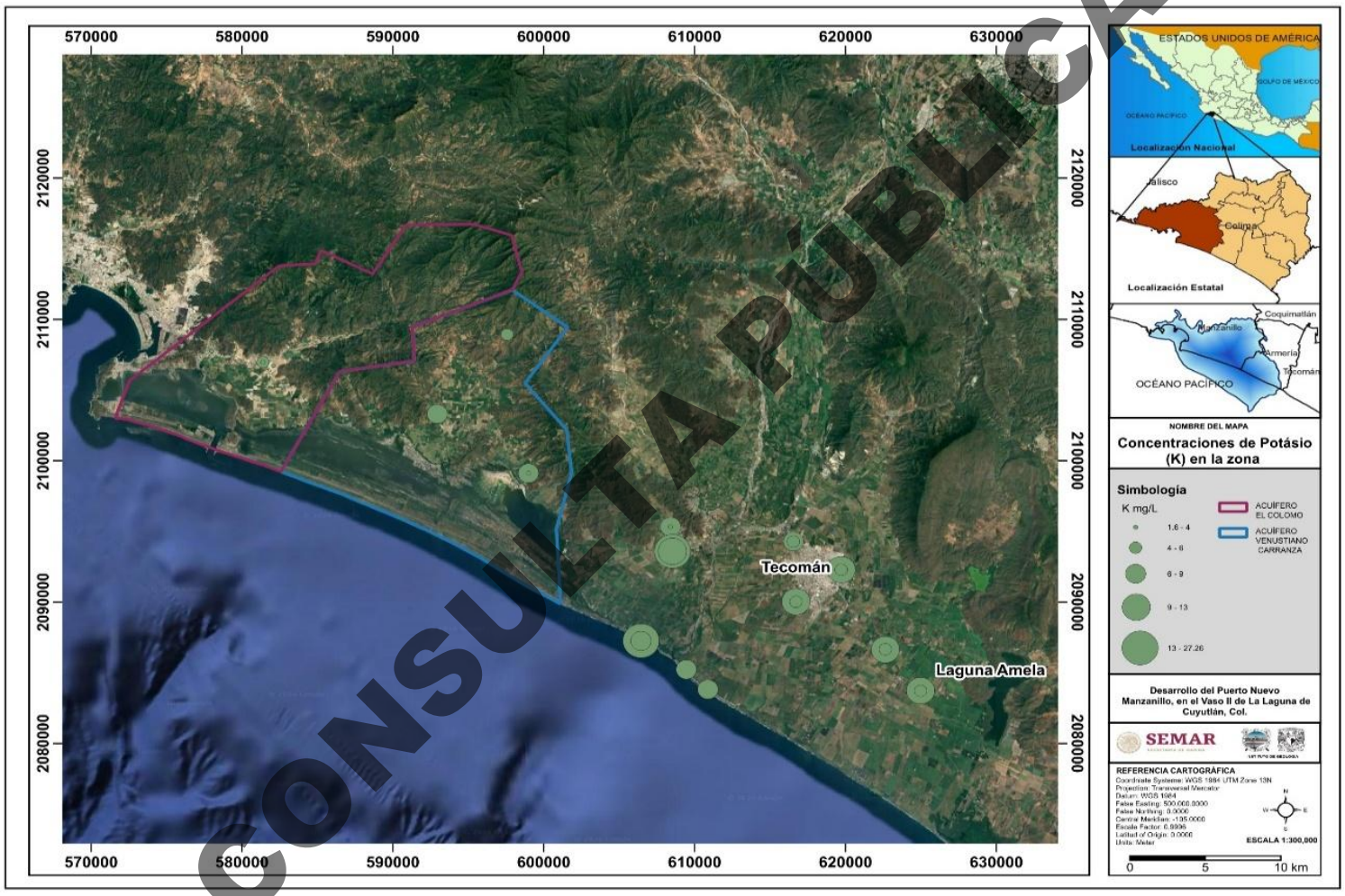
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 46. Distribución graduada de las concentraciones de Mg^{2+} de la base de datos INEGI.



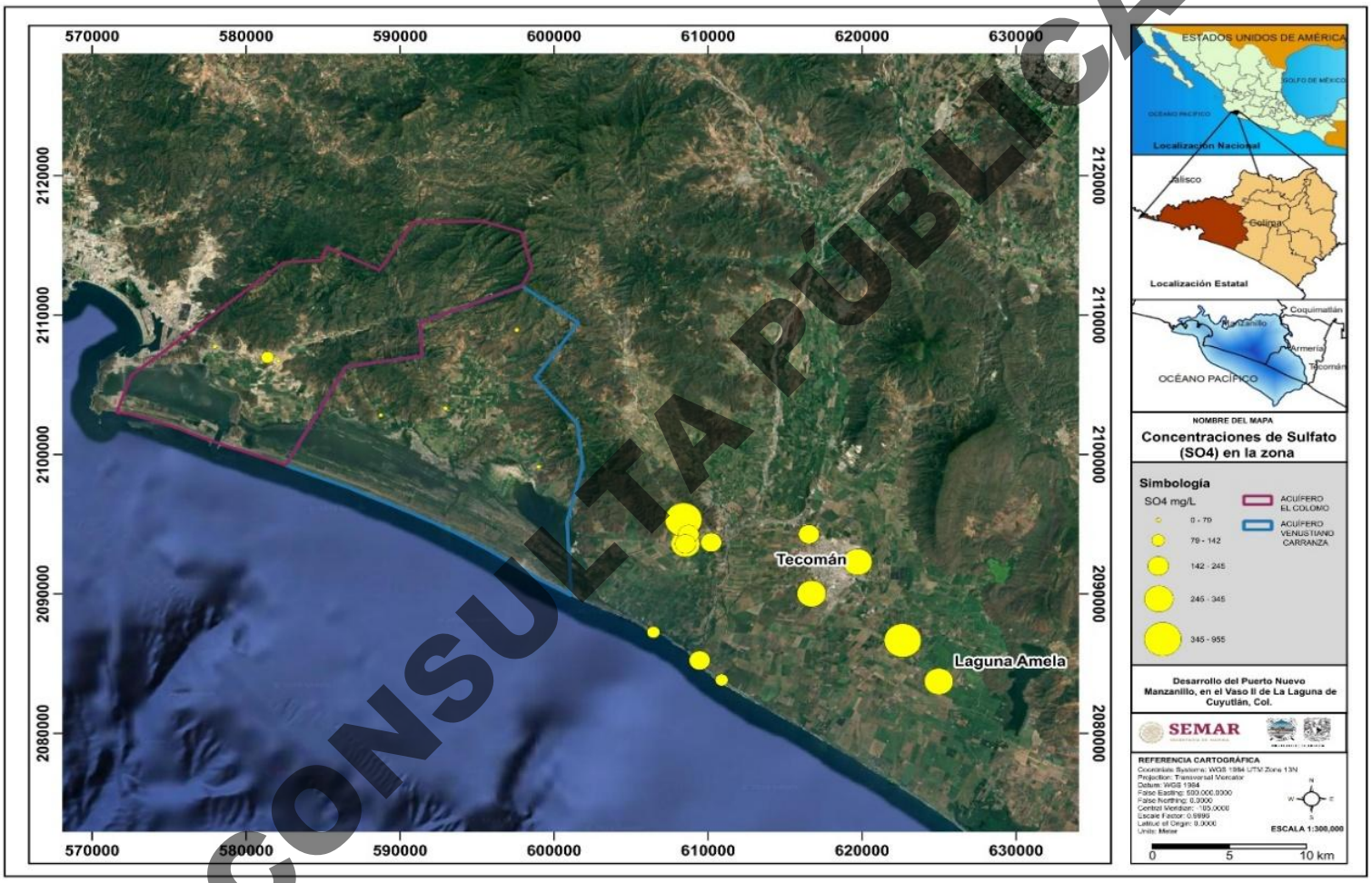
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 47. Distribución graduada de las concentraciones de Na^+ de la base de datos INEGI.



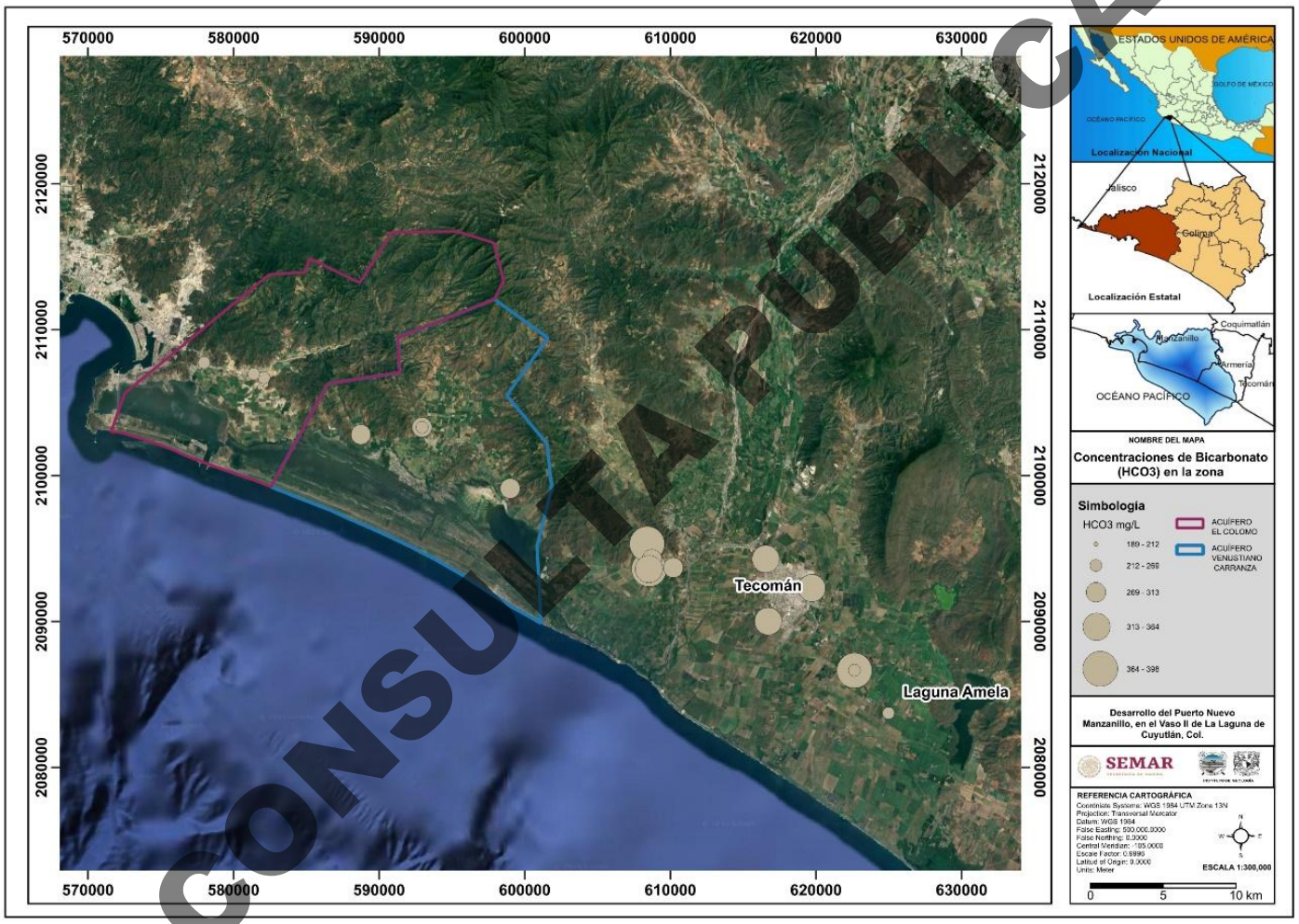
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 48. Distribución graduada de las concentraciones de K^+ de la base de datos INEGI.



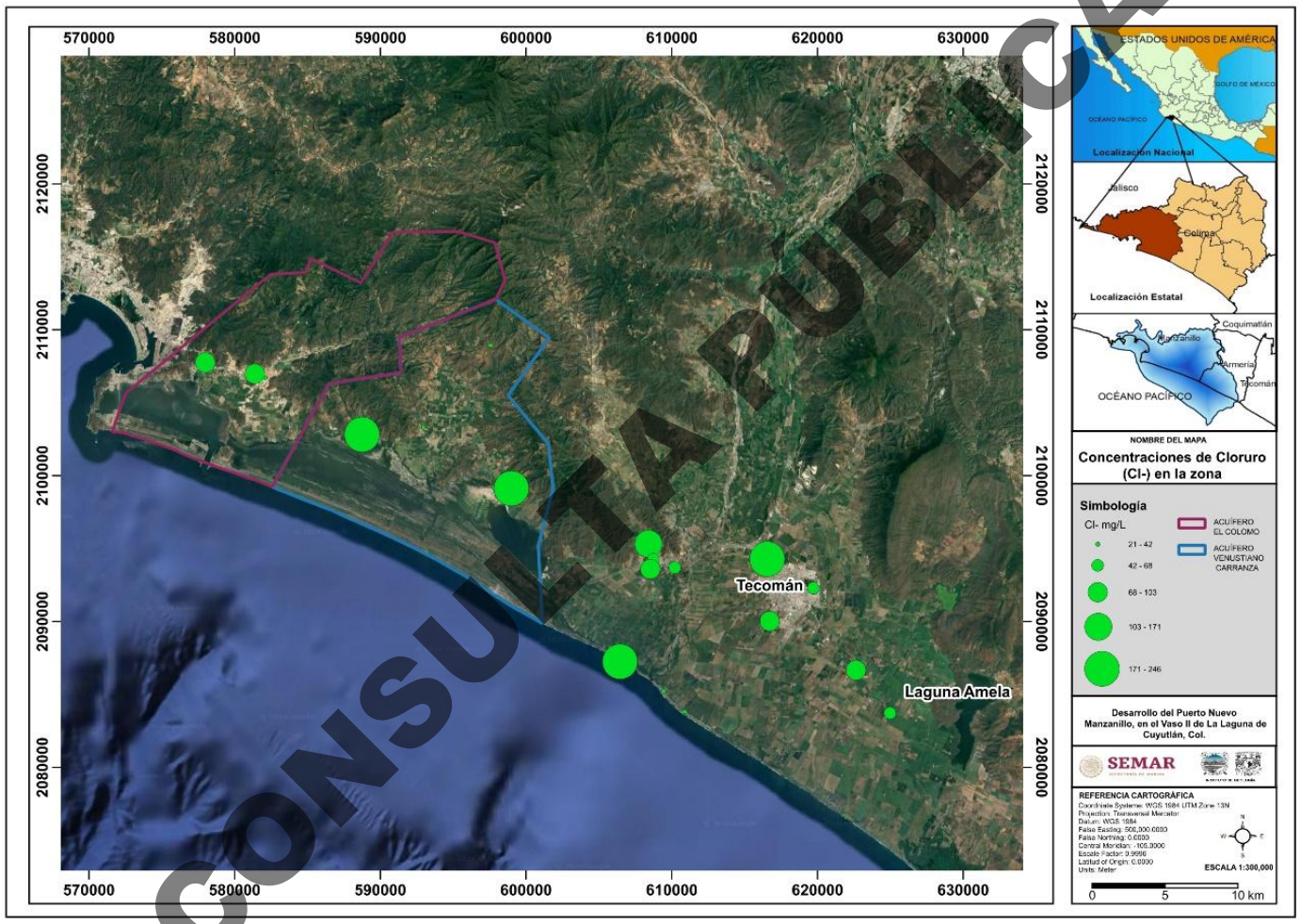
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 49. Distribución graduada de las concentraciones de SO_4^{2-} de la base de datos INEGI.



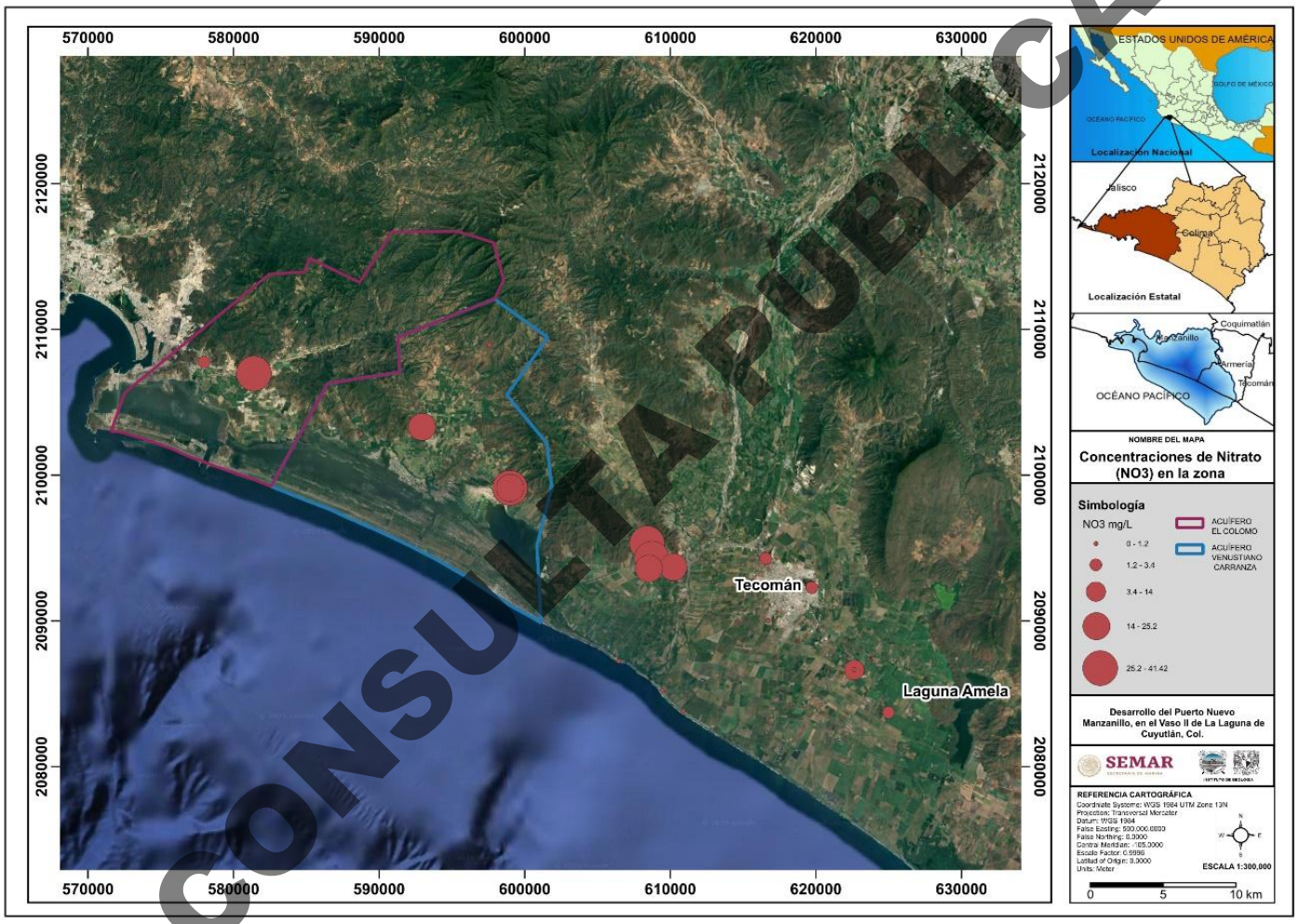
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 50. Distribución graduada de las concentraciones de HCO_3. de la base de datos INEGI.



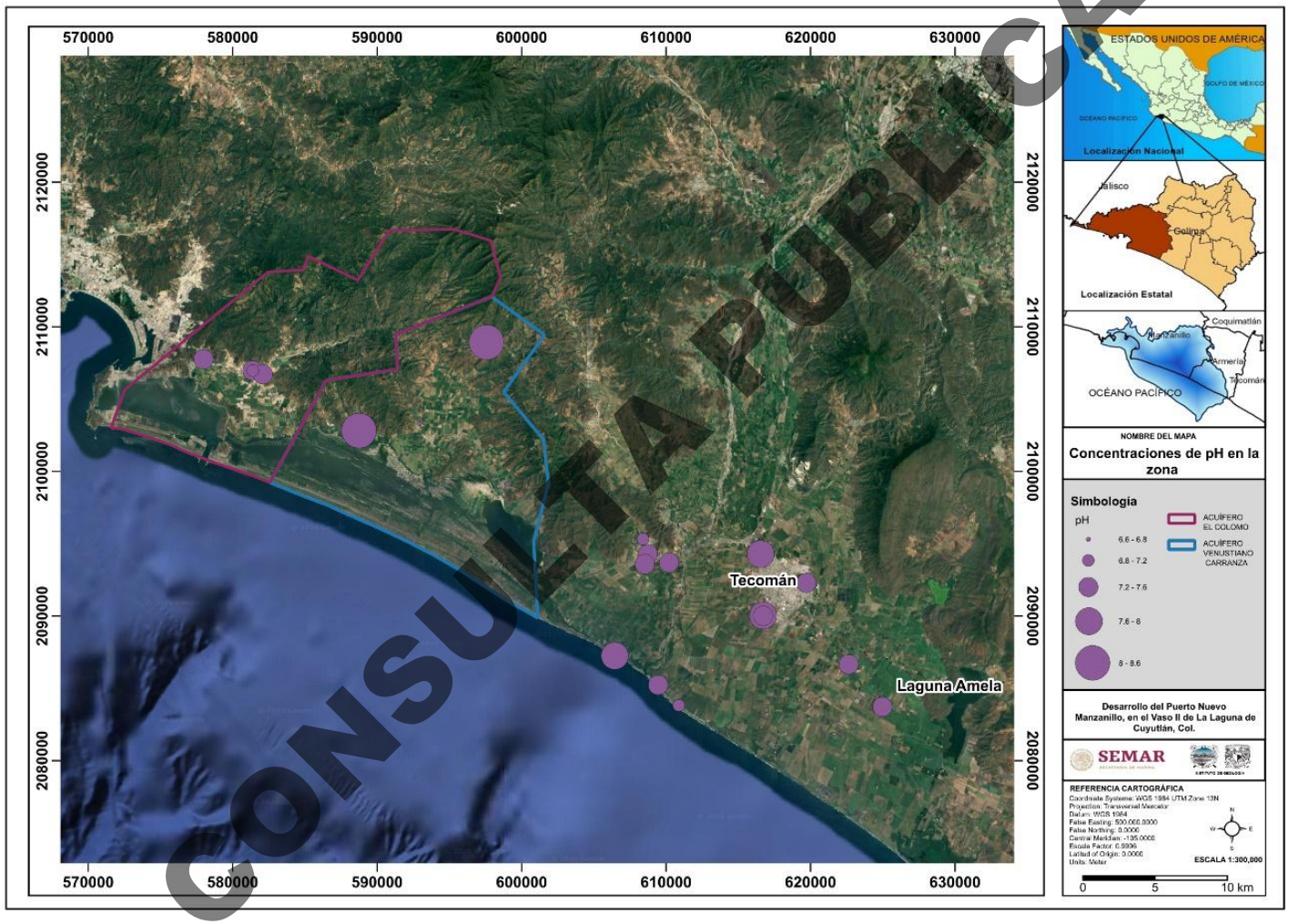
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 51. Distribución graduada de las concentraciones de Cl^- de la base de datos INEGI.



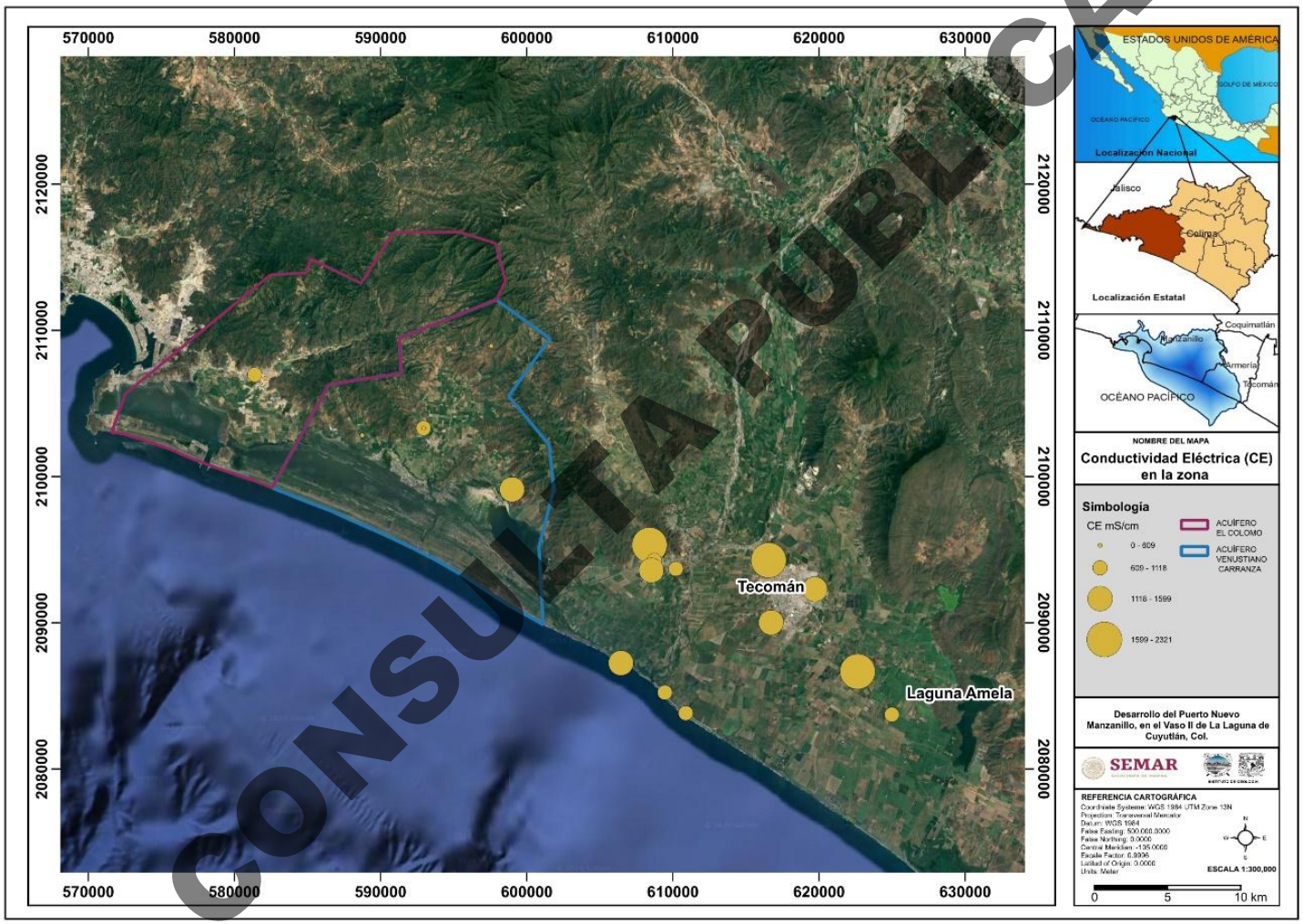
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 52. Distribución graduada de las concentraciones de NO_3- de la base de datos INEGI.



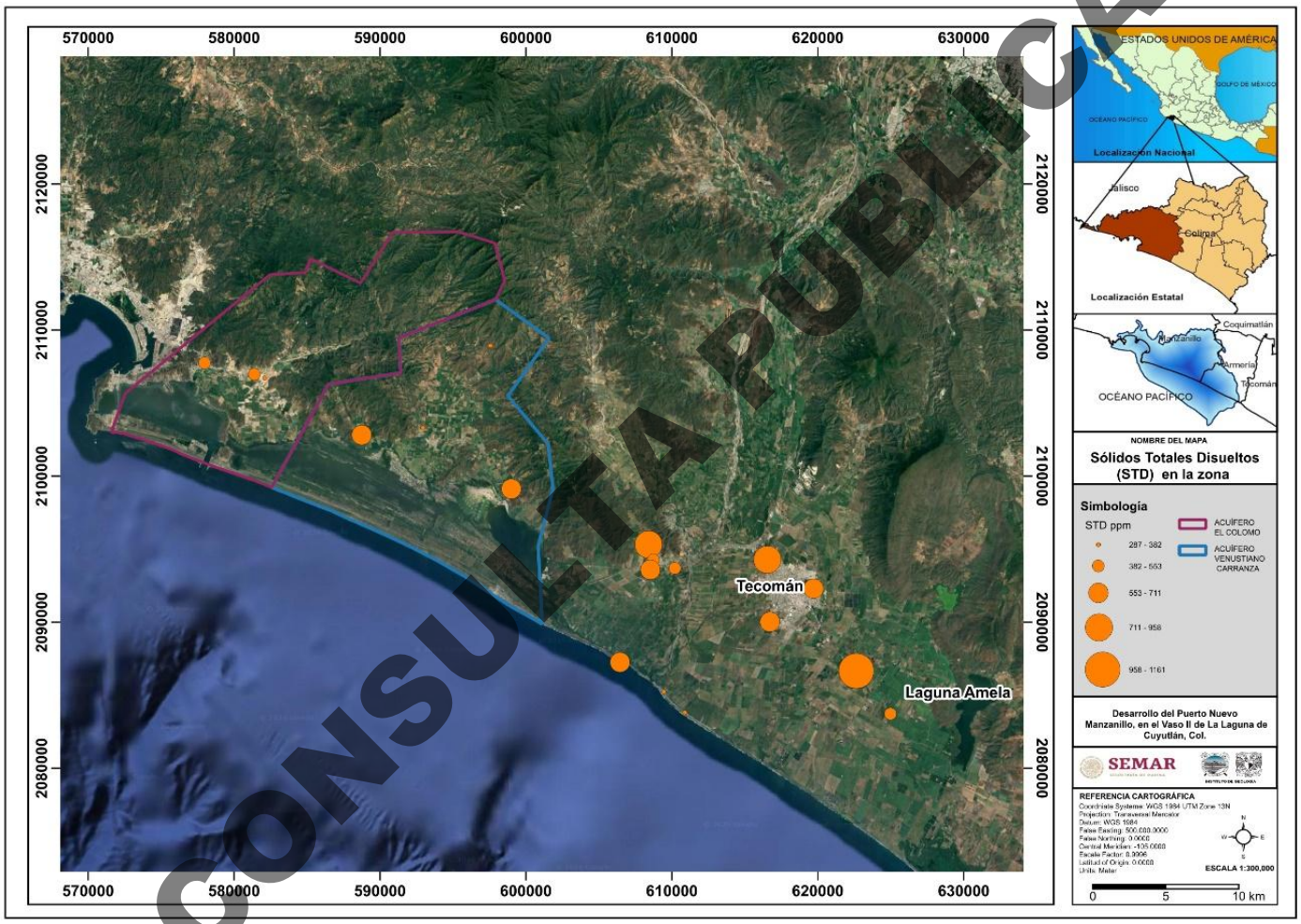
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 53. Distribución graduada de las concentraciones de pH de la base de datos INEGI.



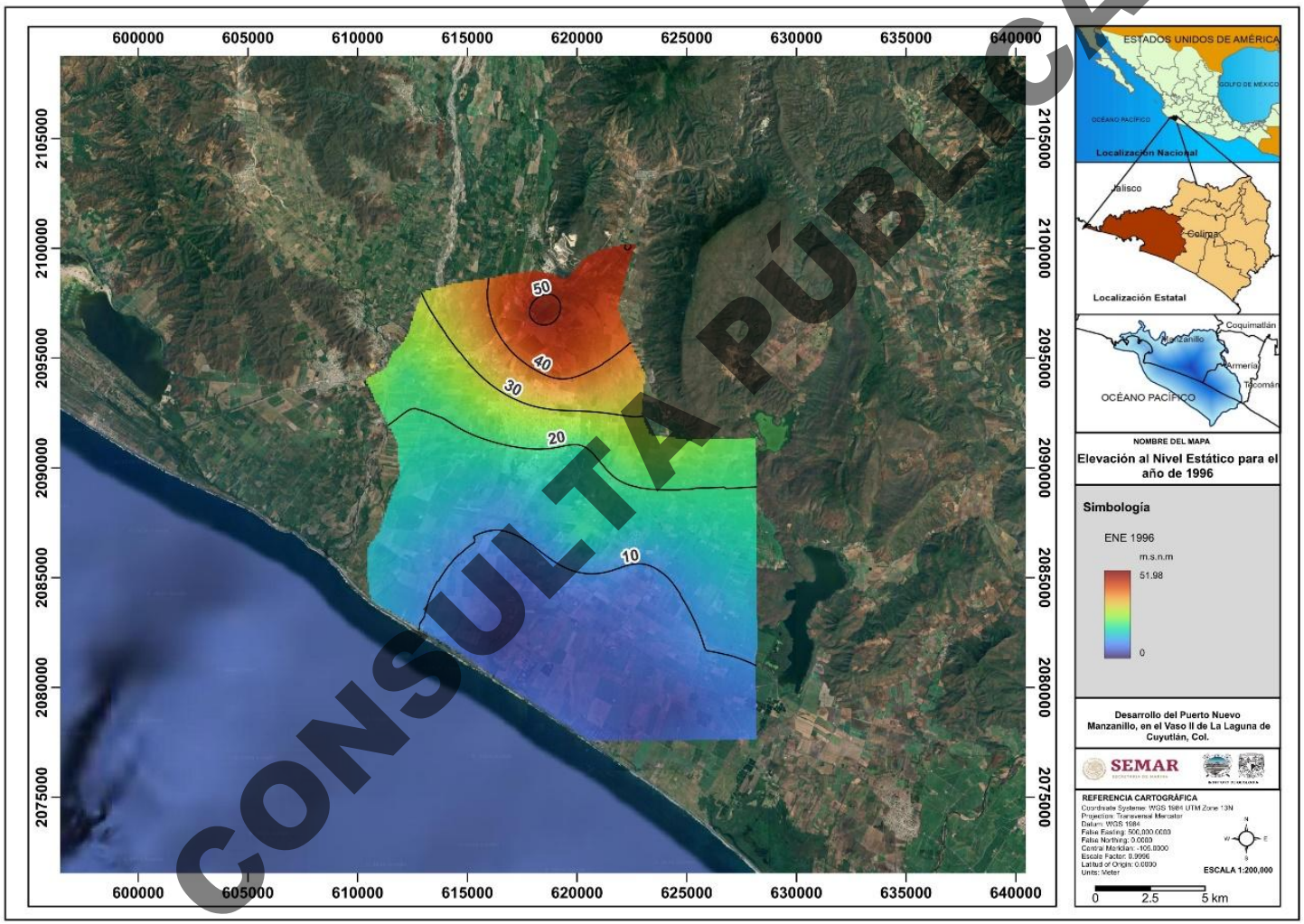
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 54. Distribución graduada de las concentraciones de CE de la base de datos INEGI.



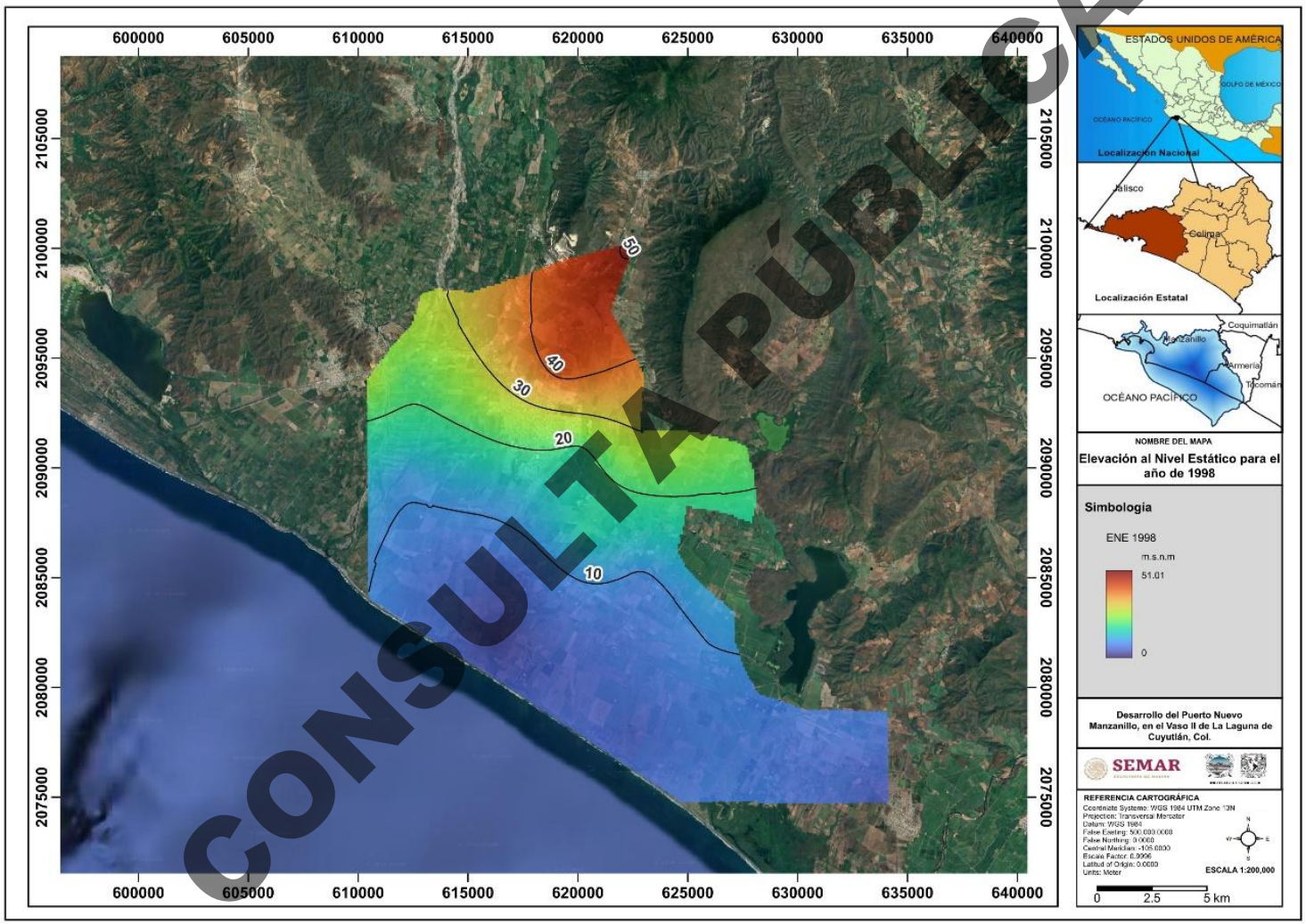
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 55. Distribución graduada de las concentraciones de STD de la base de datos INEGI.



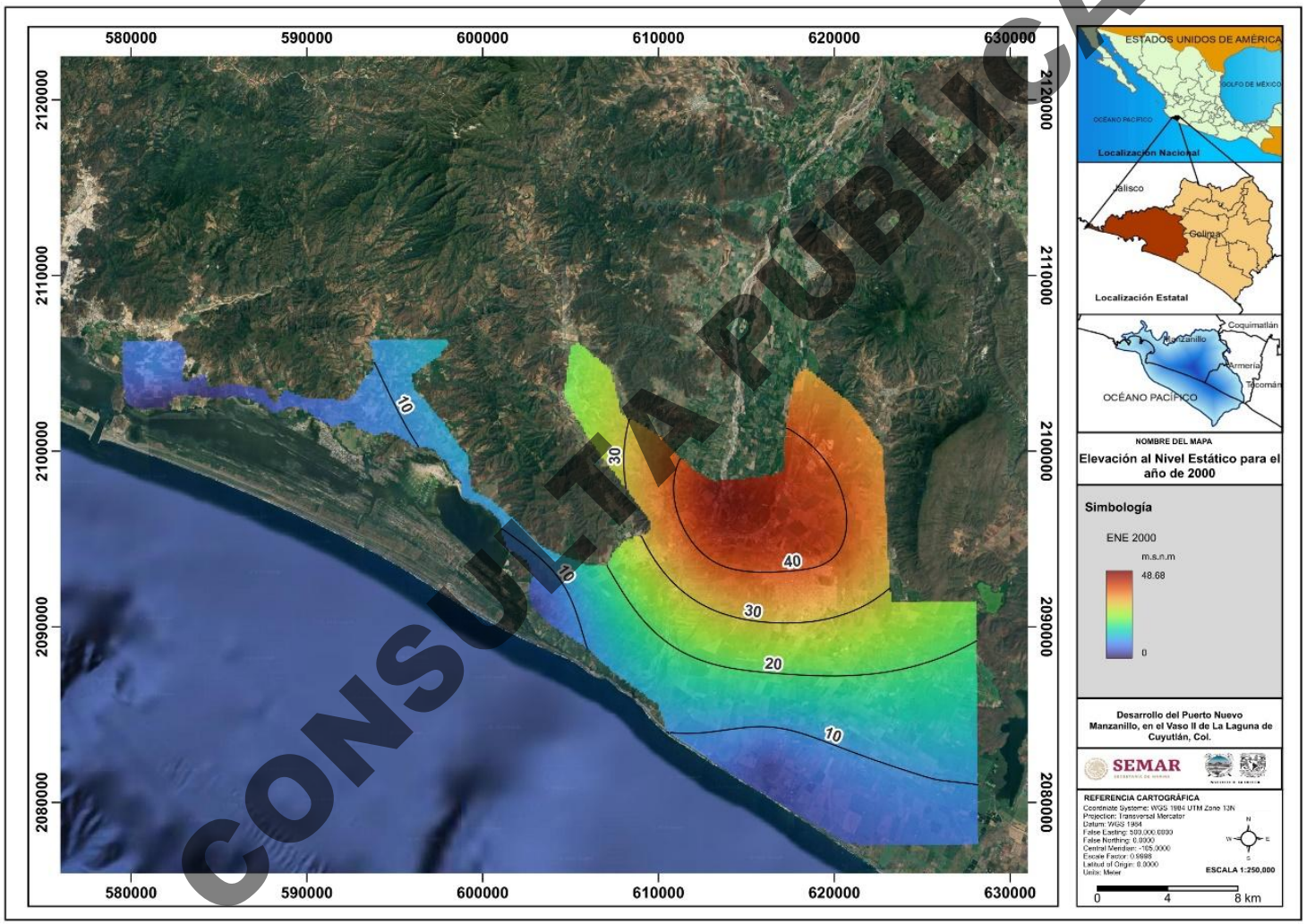
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 56. Configuración de los niveles estáticos para el año 1996.



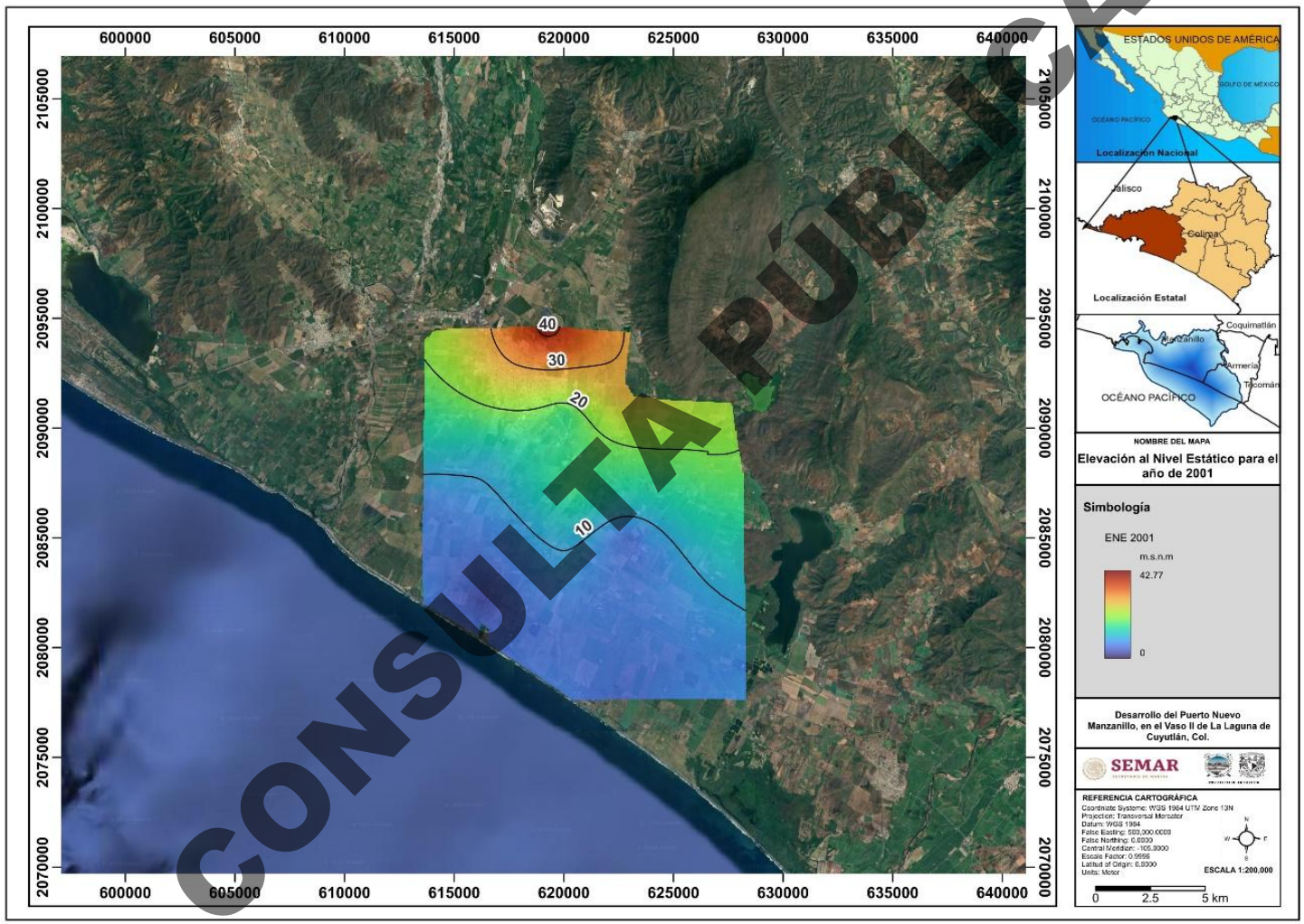
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 57. Configuración de los niveles estáticos para el año 1998.



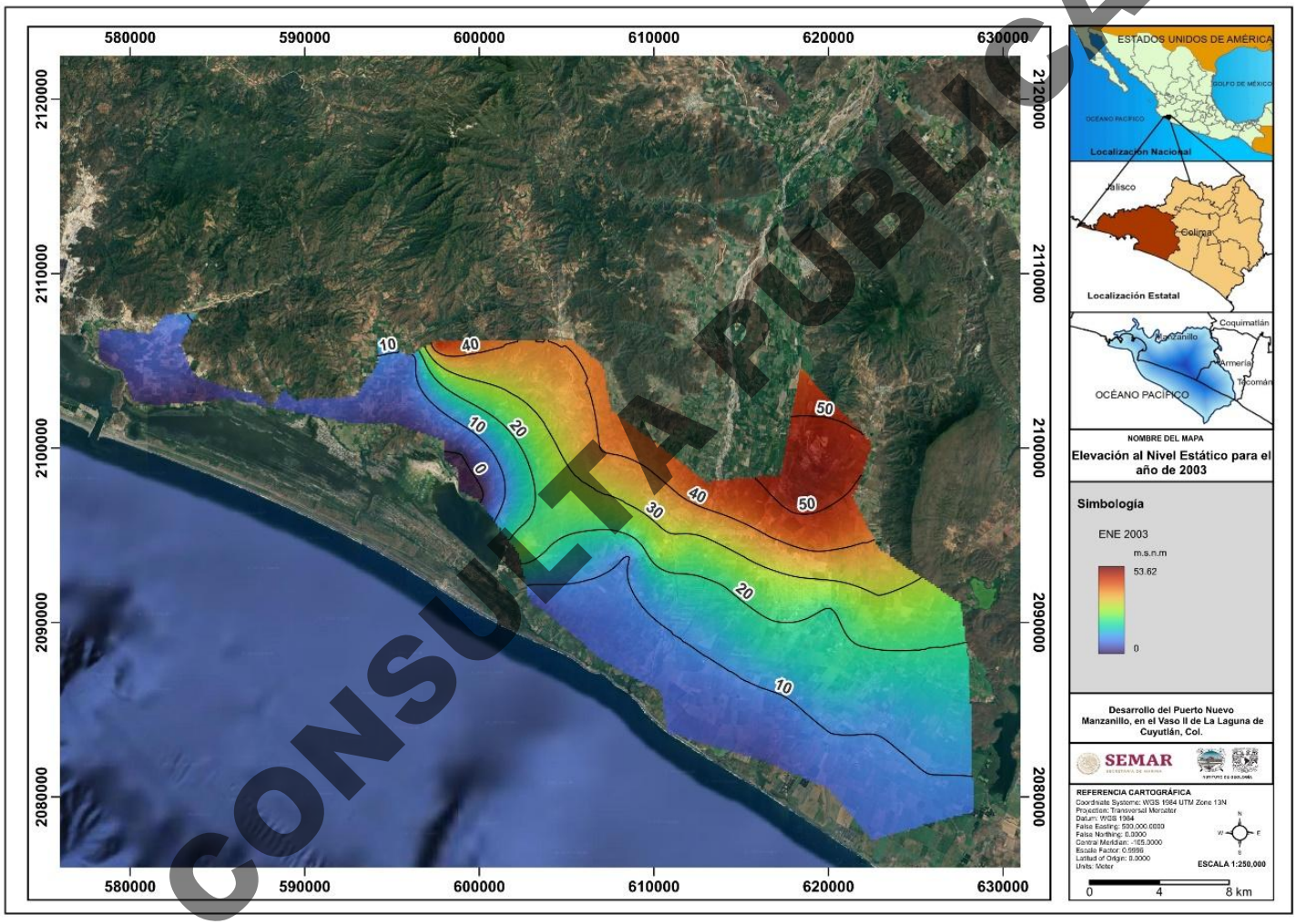
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 58. Configuración de los niveles estáticos para el año 2000.



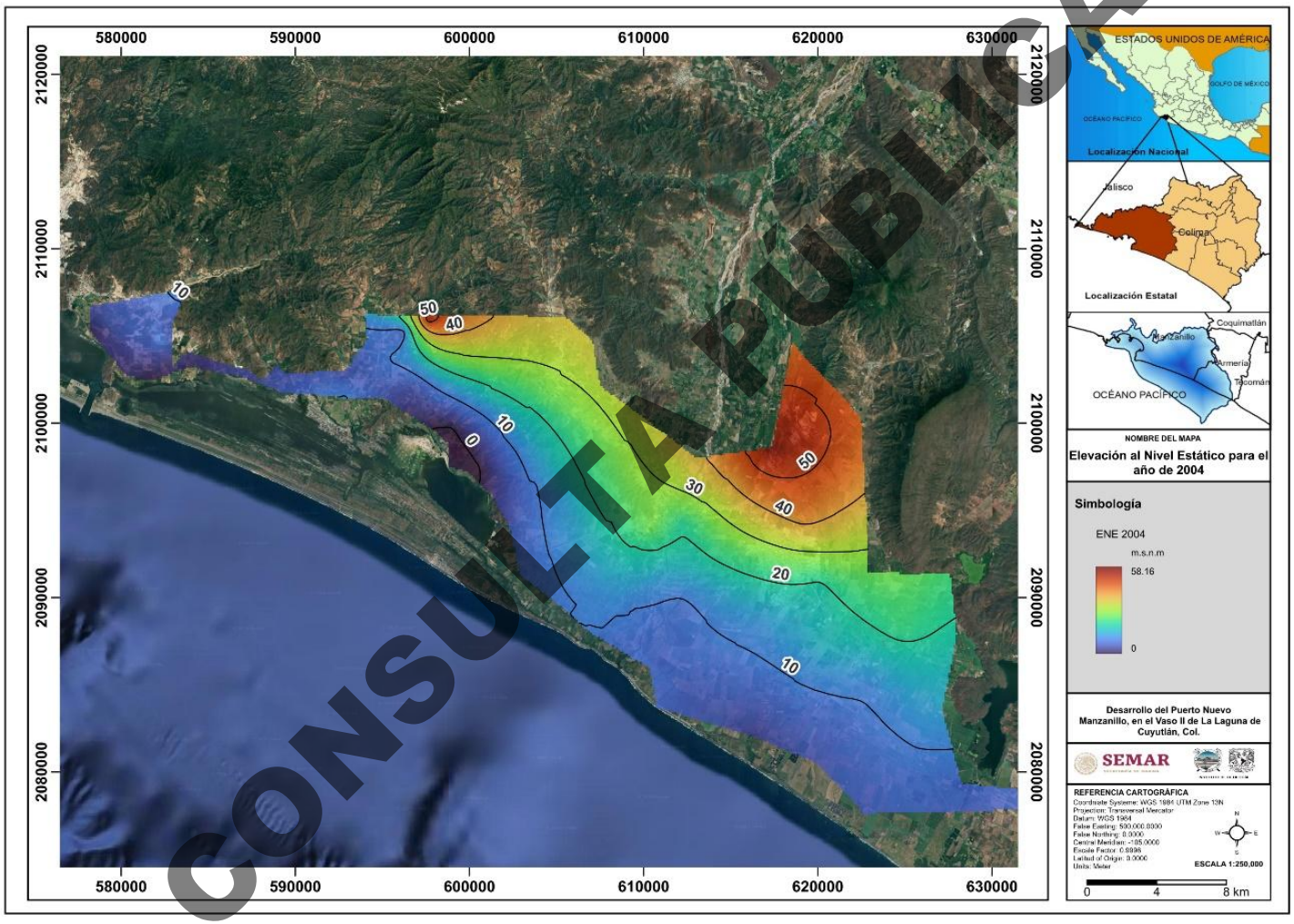
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 59. Configuración de los niveles estáticos para el año 2001.



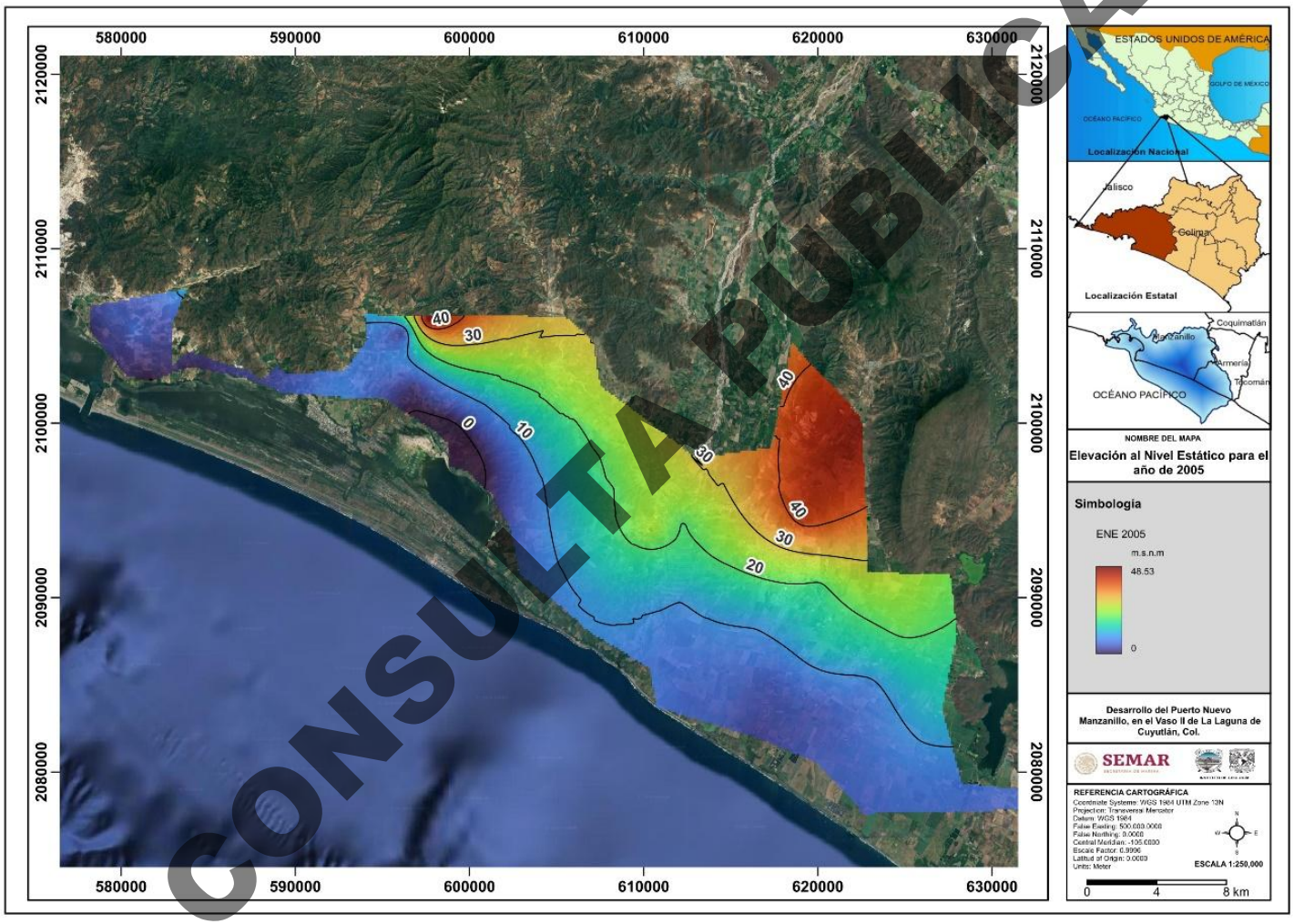
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 60. Configuración de los niveles estáticos para el año 2003.



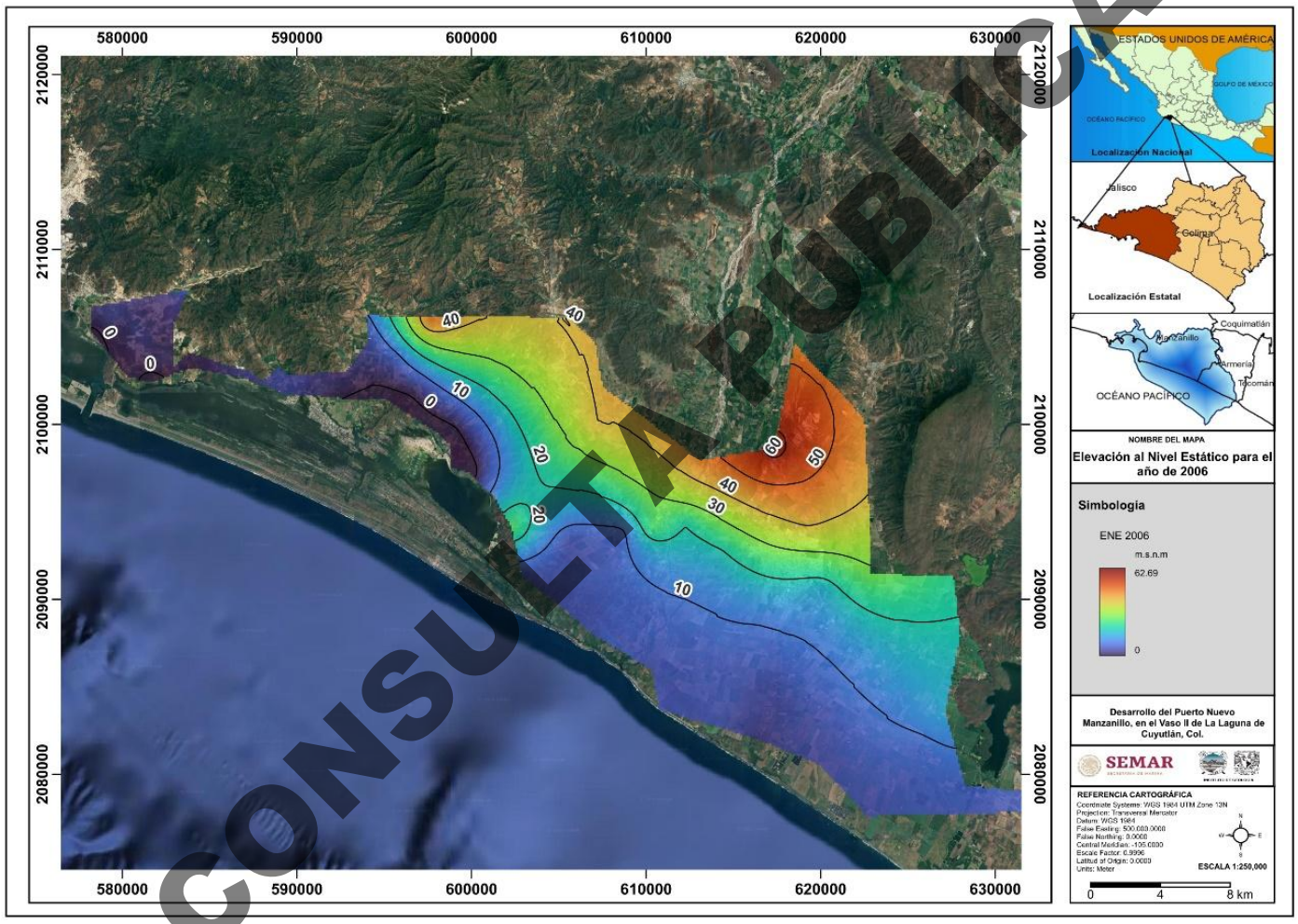
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 61. Configuración de los niveles estáticos para el año 2004.



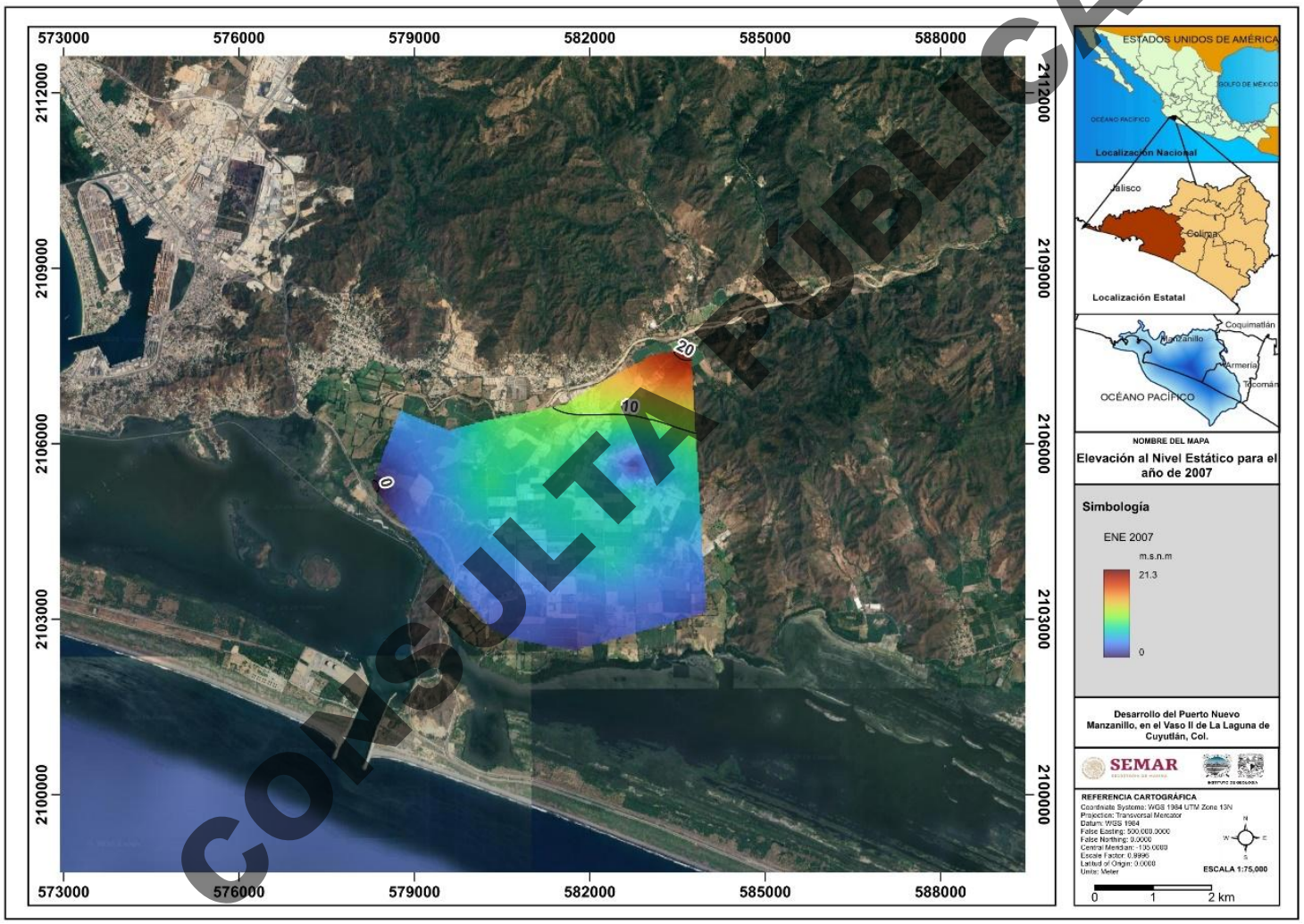
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 62. Configuración de los niveles estáticos para el año 2005.



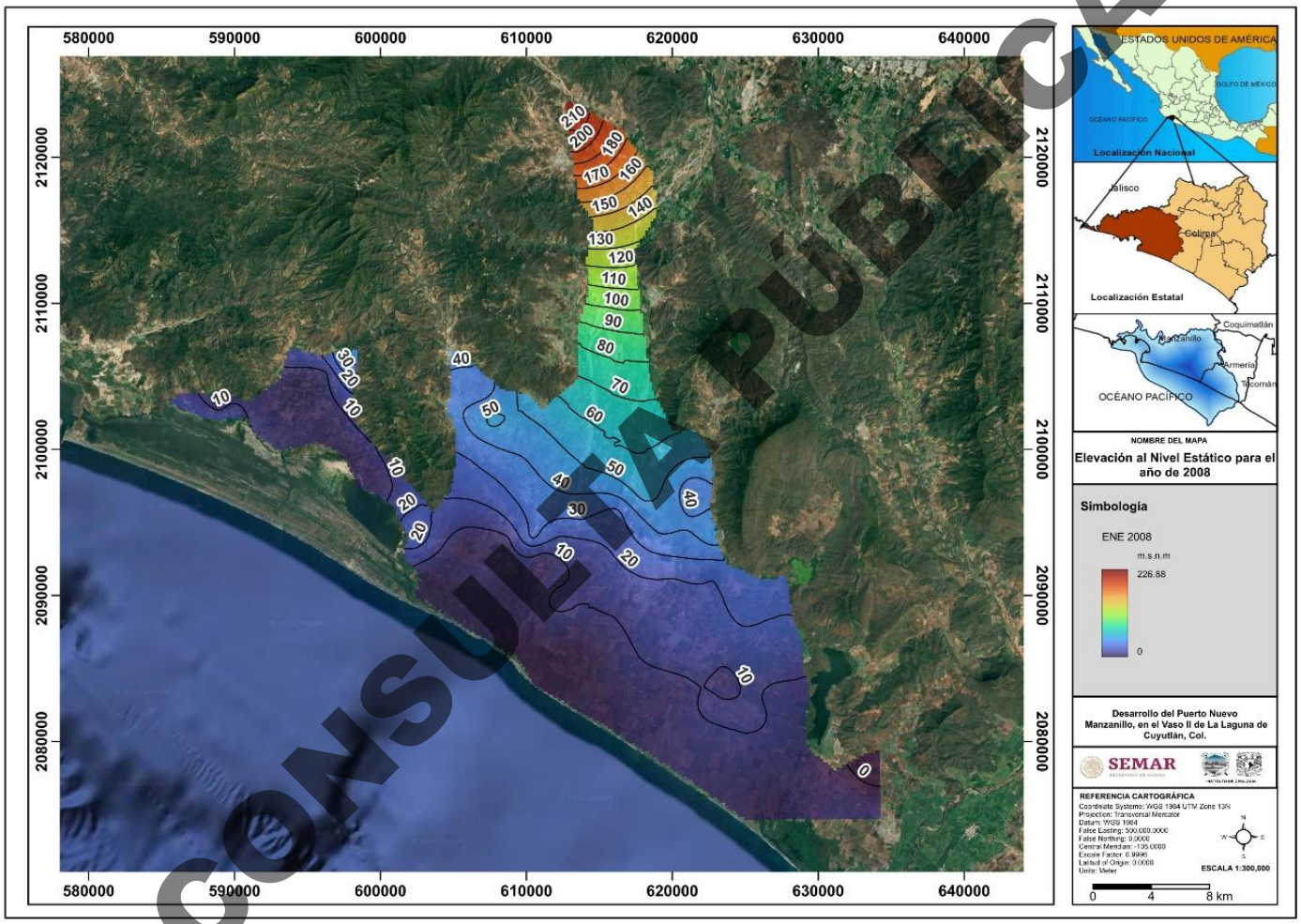
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 63. Configuración de los niveles estáticos para el año 2006.



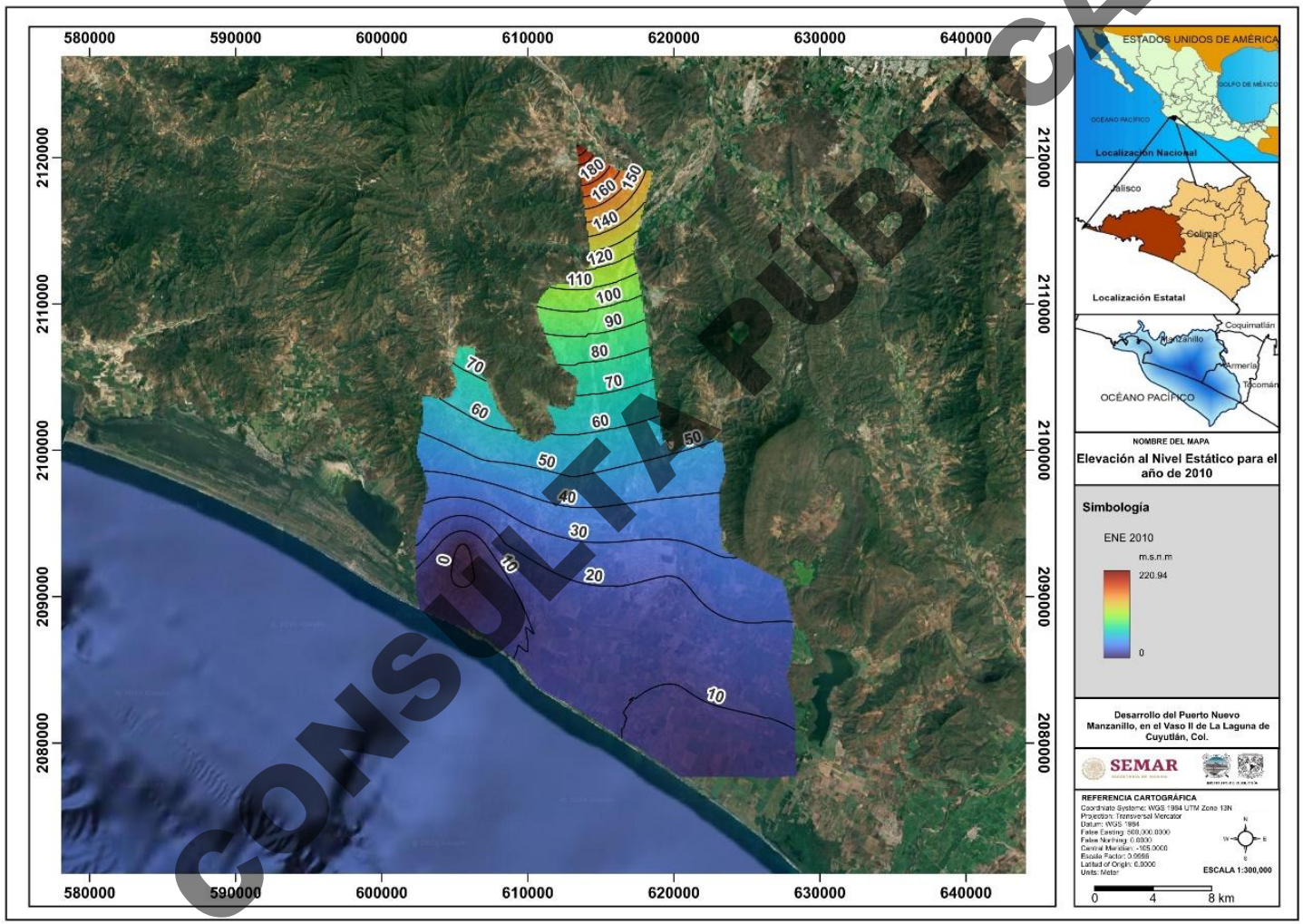
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 64. Configuración de los niveles estáticos para el año 2007.



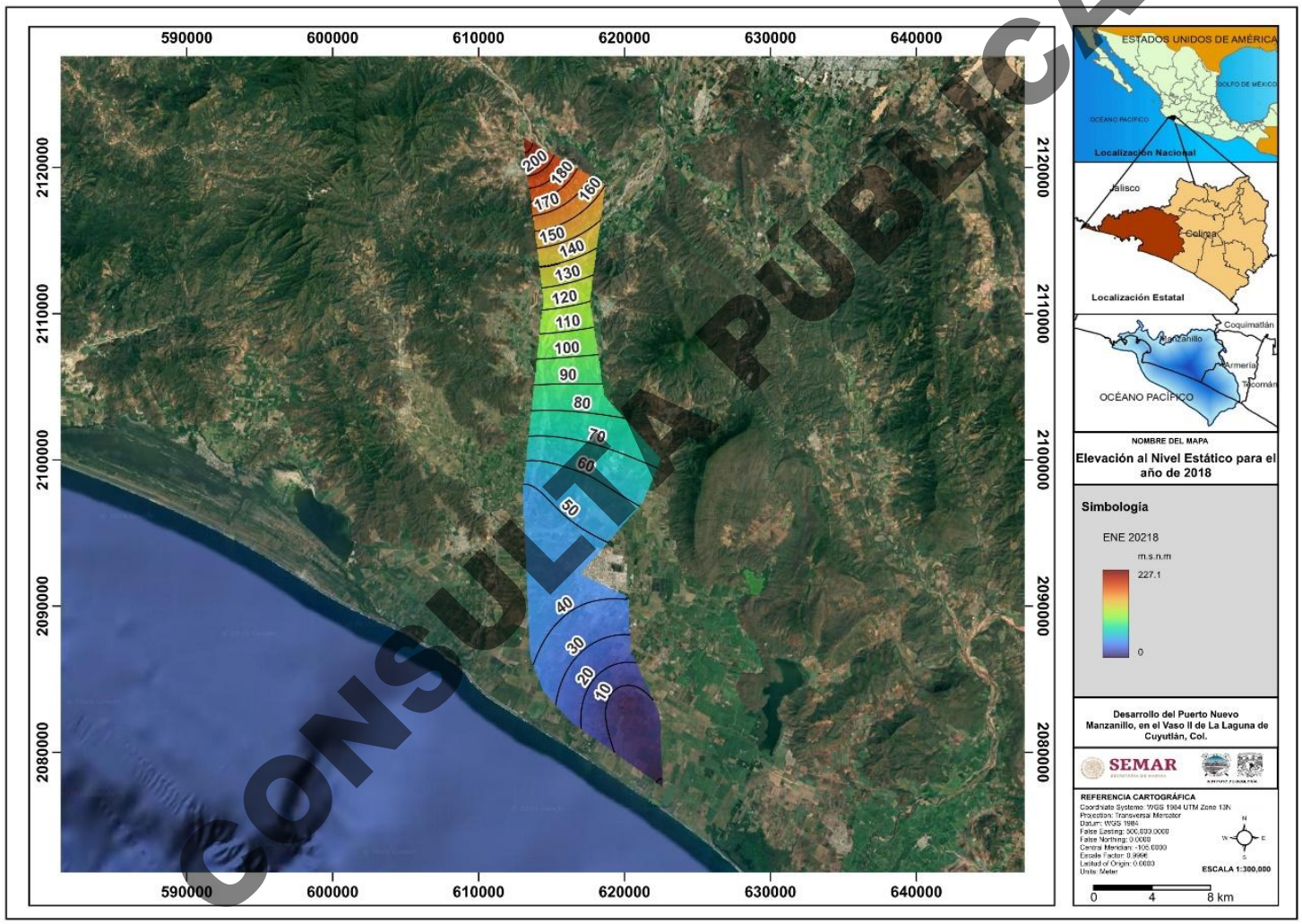
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 65. Configuración de los niveles estáticos para el año 2008.



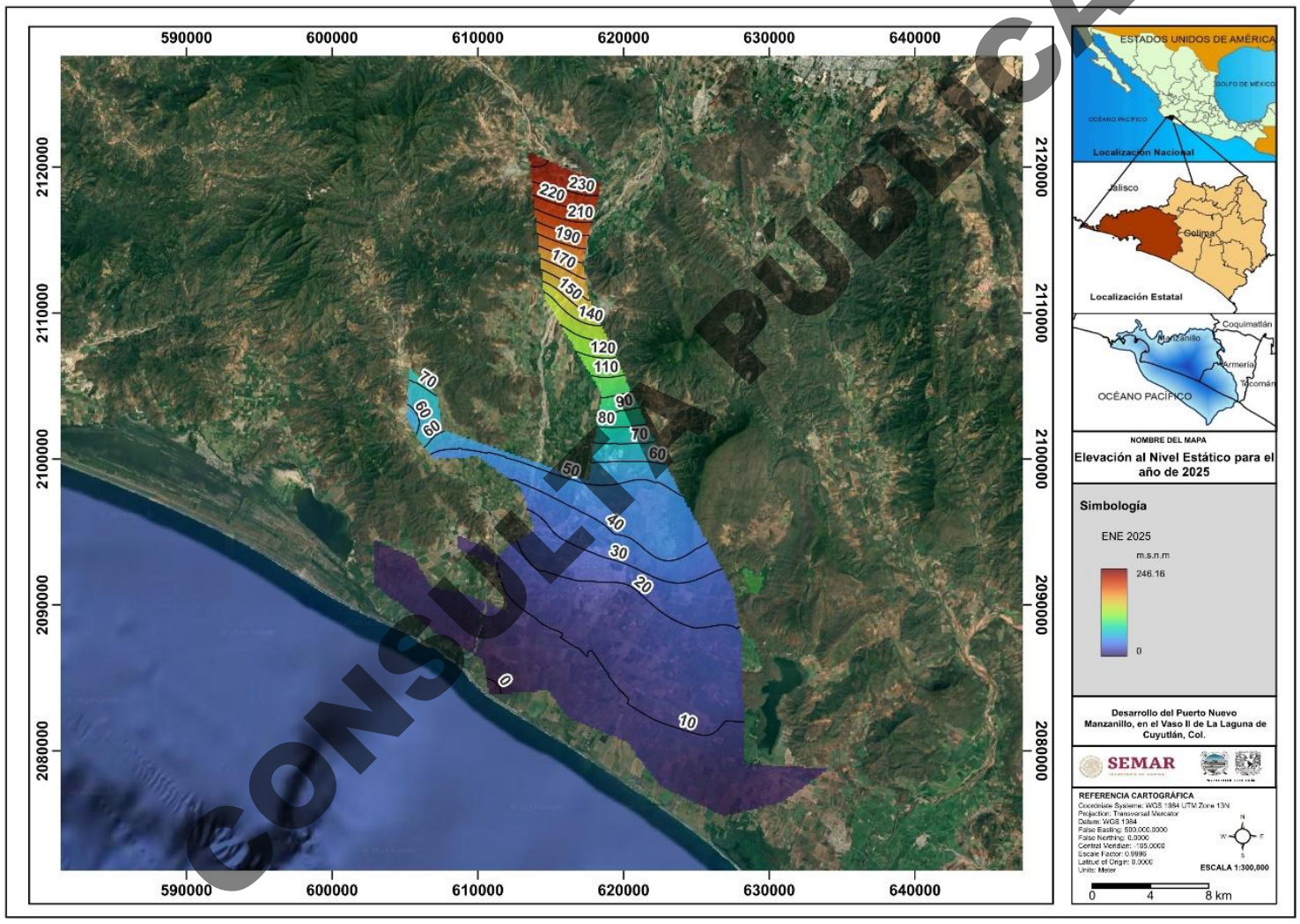
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 66. Configuración de los niveles estáticos para el año 2010.



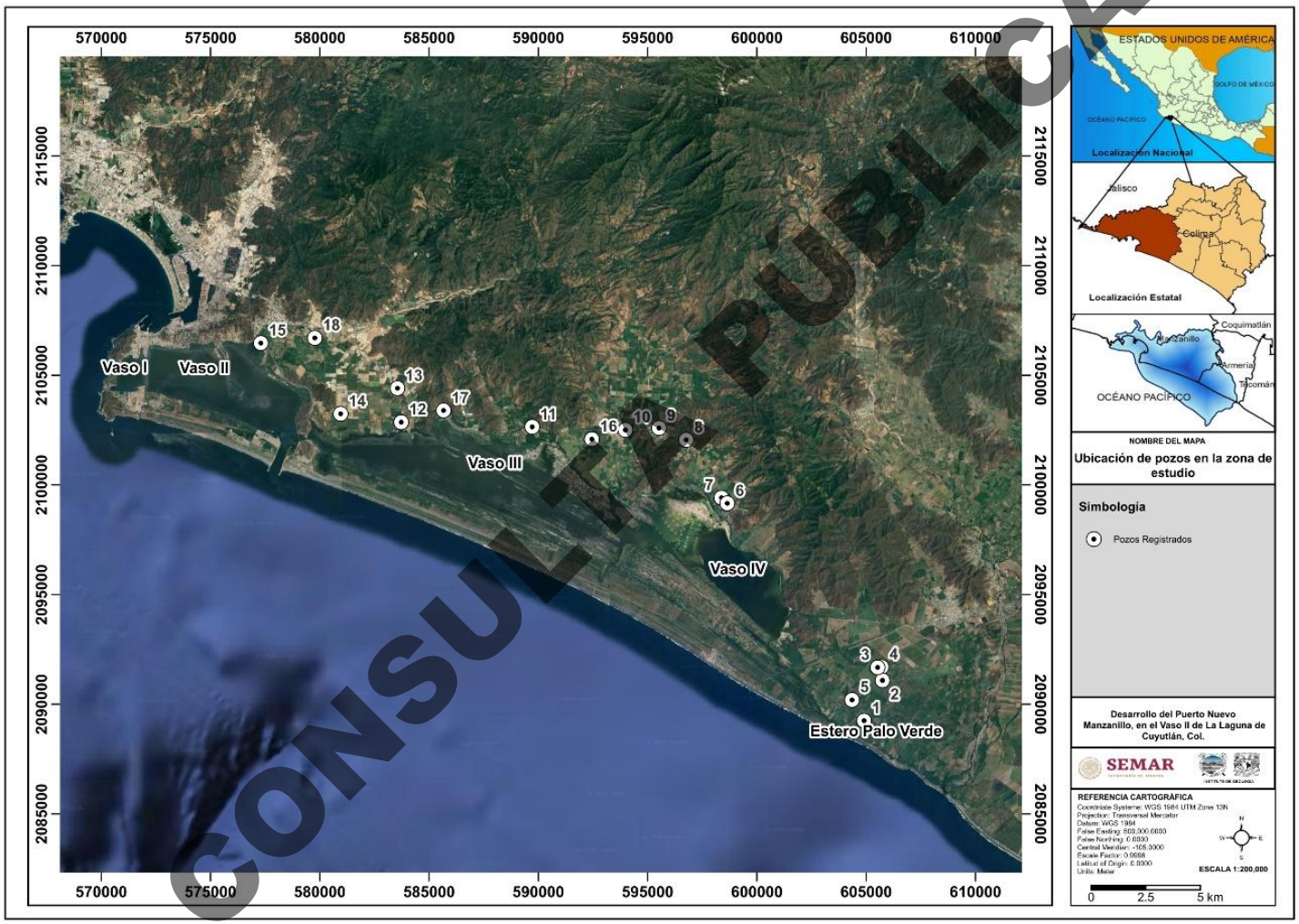
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 67. Configuración de los niveles estáticos para el año 2018.



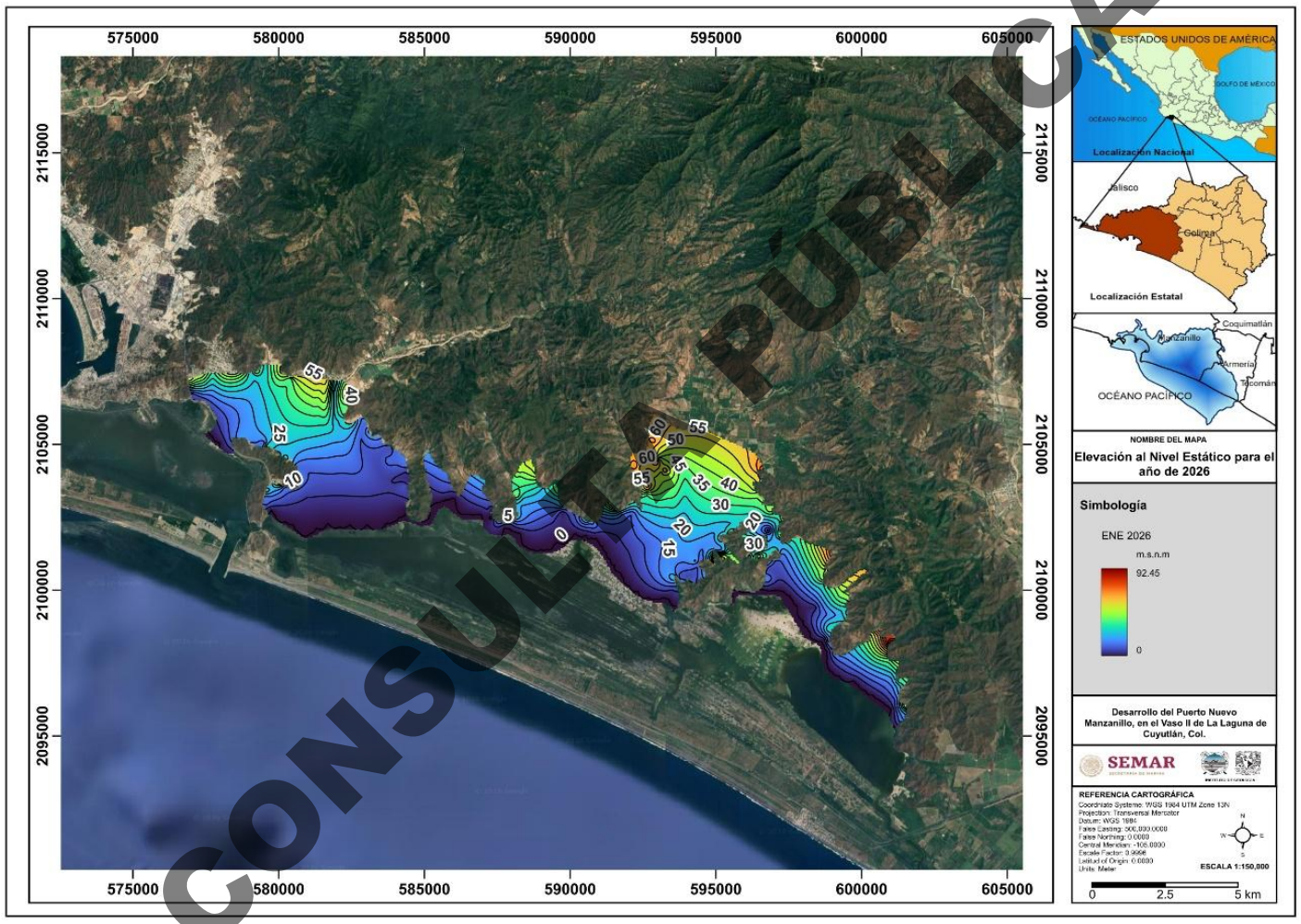
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 68. Configuración de los niveles estáticos para el año 2025.



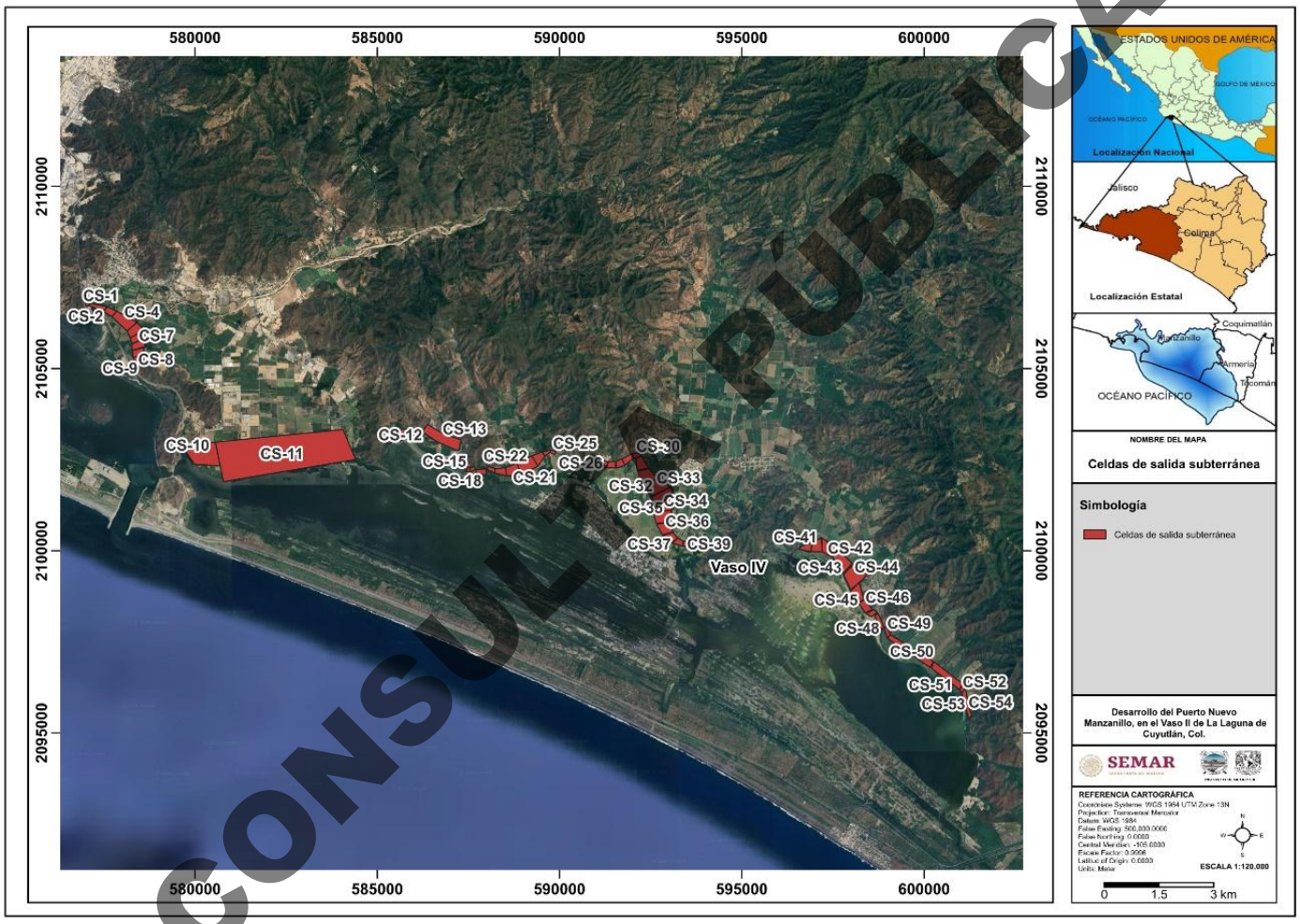
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 69. Ubicación de los puntos censados.



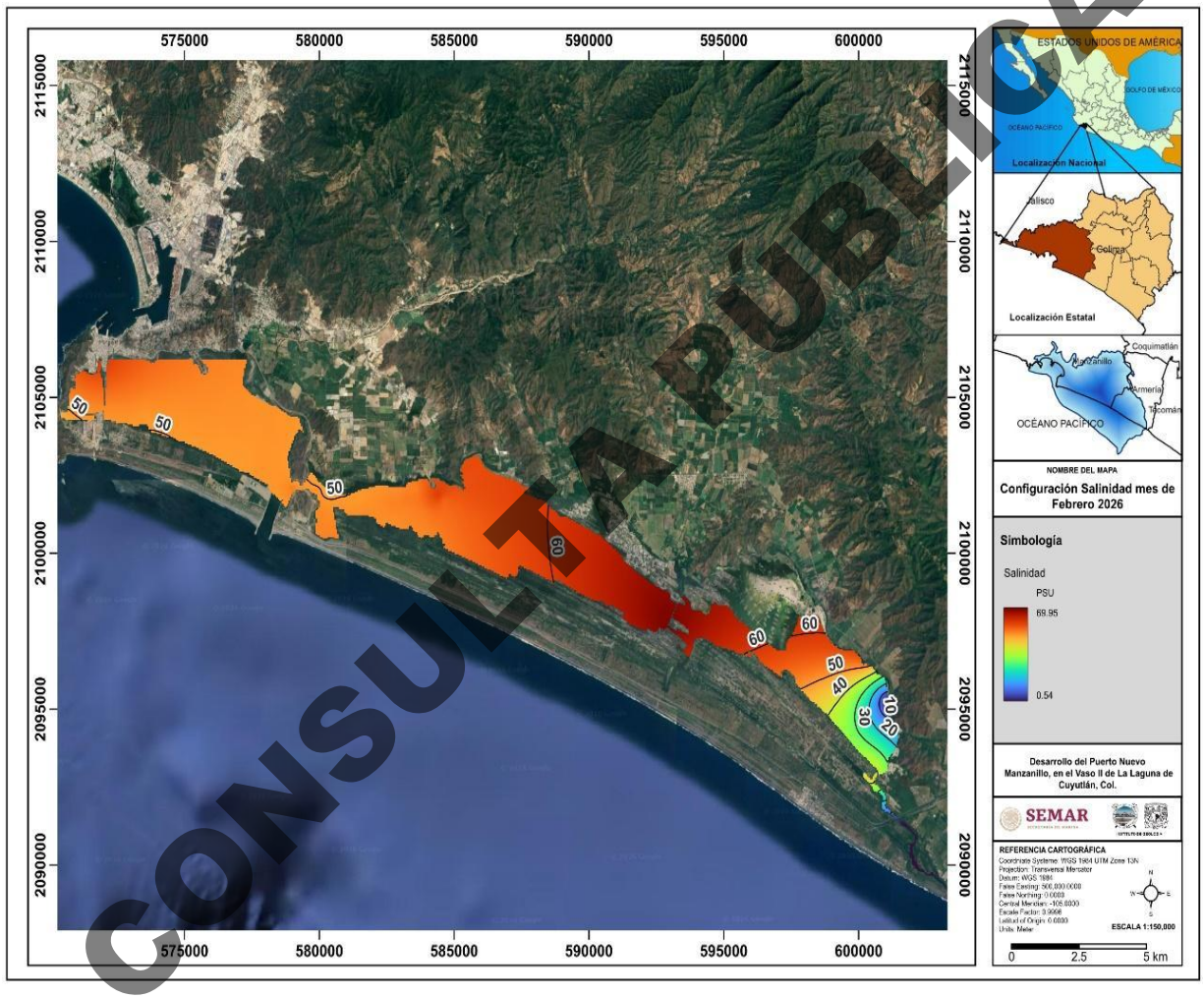
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 70. Configuración del nivel estático alrededor de la laguna Cuyutlán con los puntos obtenidos.



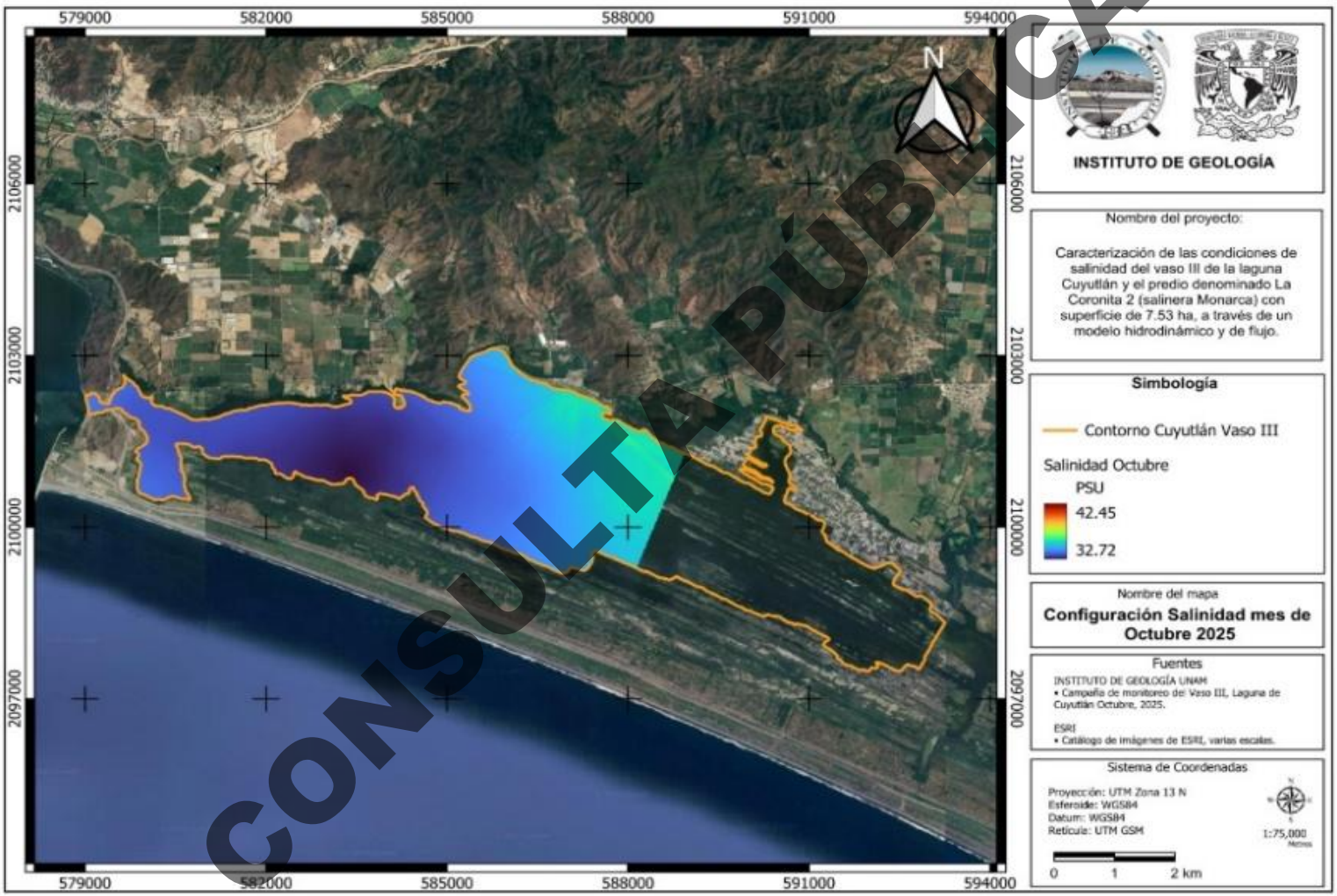
Mapa IV. 71. Configuración de las celdas de descarga para el cálculo del aporte de los acuíferos a la Laguna Cuyutlán.

CONSULTA PÚBLICA



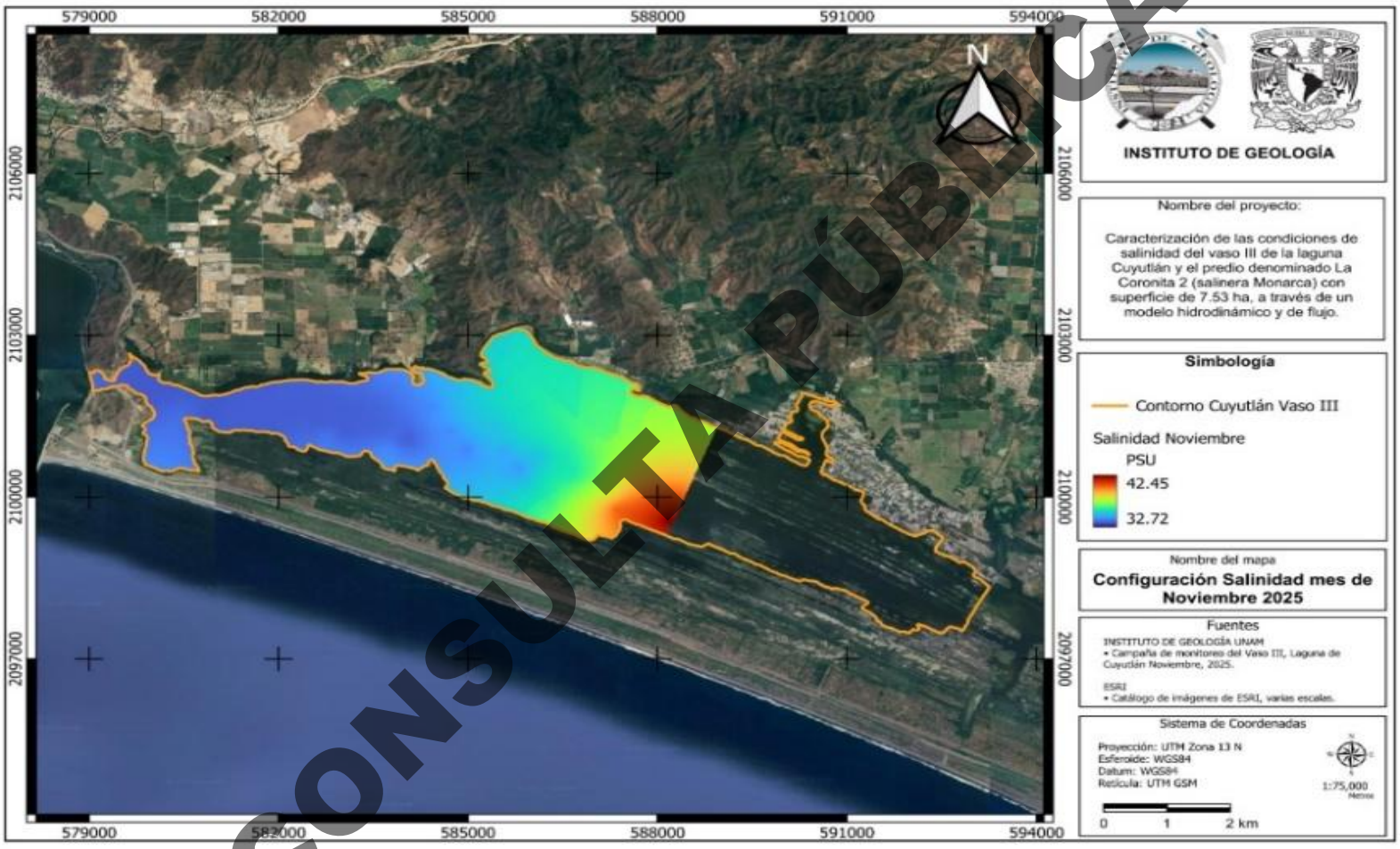
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 72. Configuración de la salinidad durante febrero de 2026.



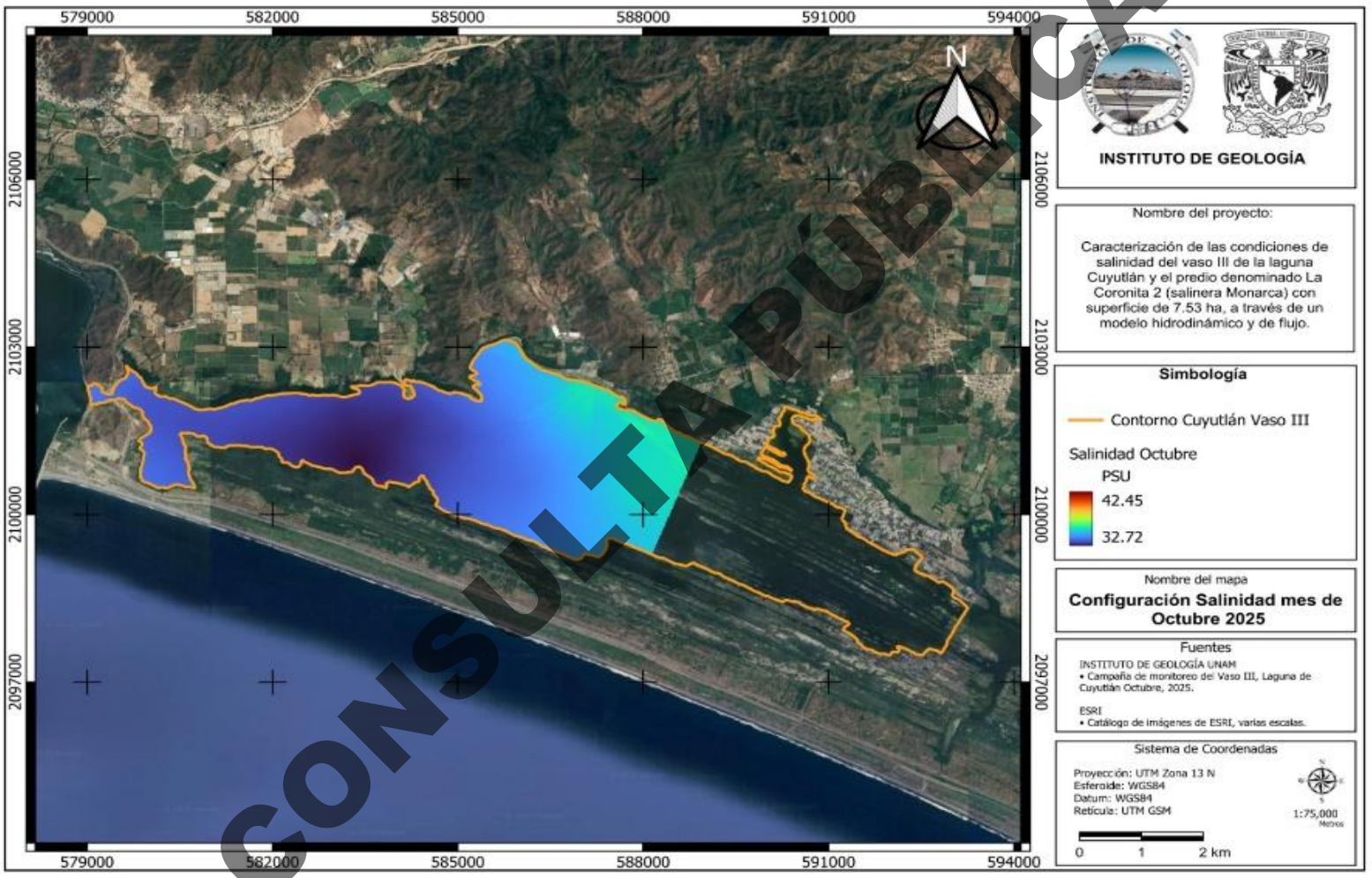
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 73. Salinidad en el Vaso III. Octubre 2026.



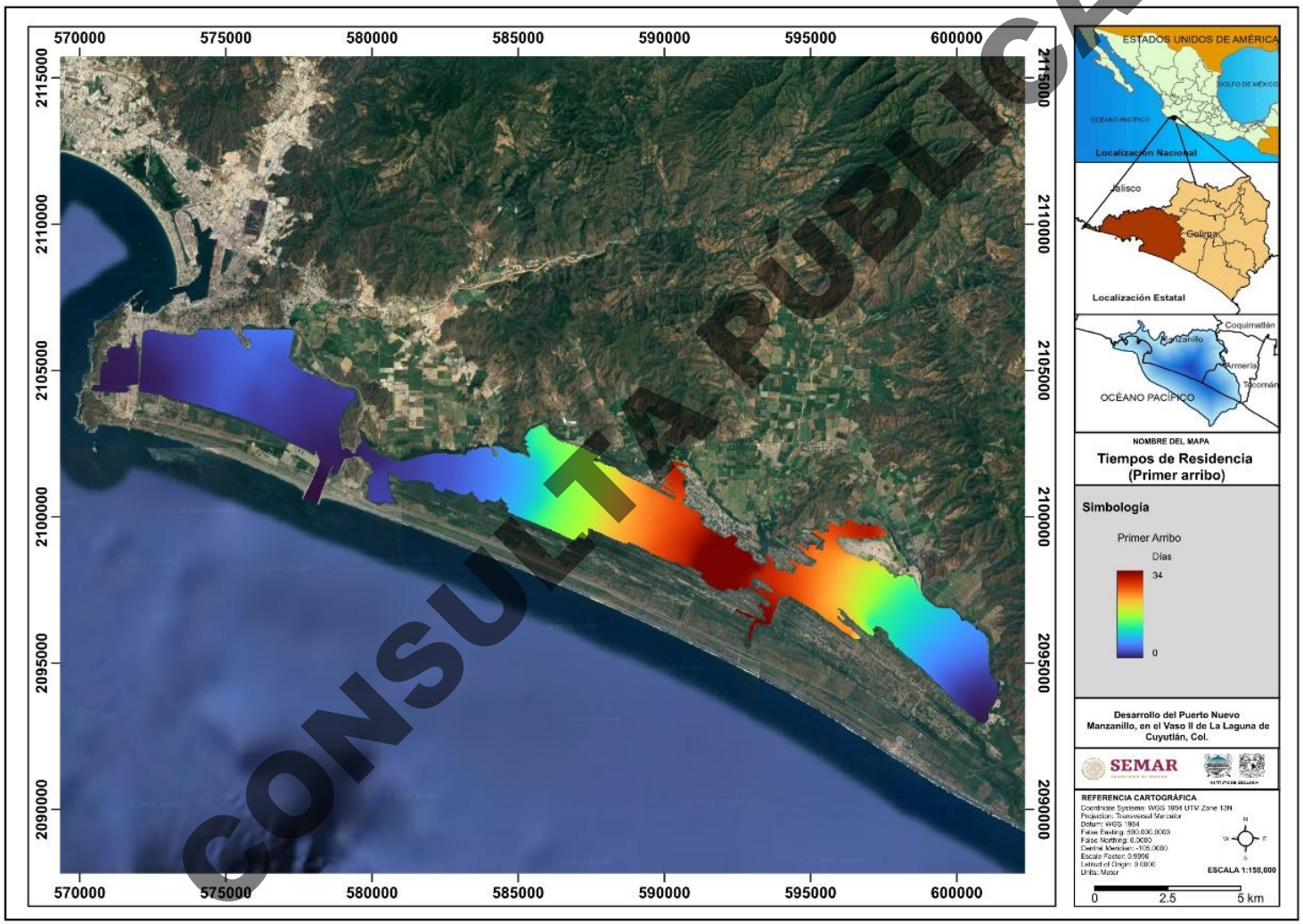
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 74. Salinidad en el Vaso III durante noviembre de 2025.



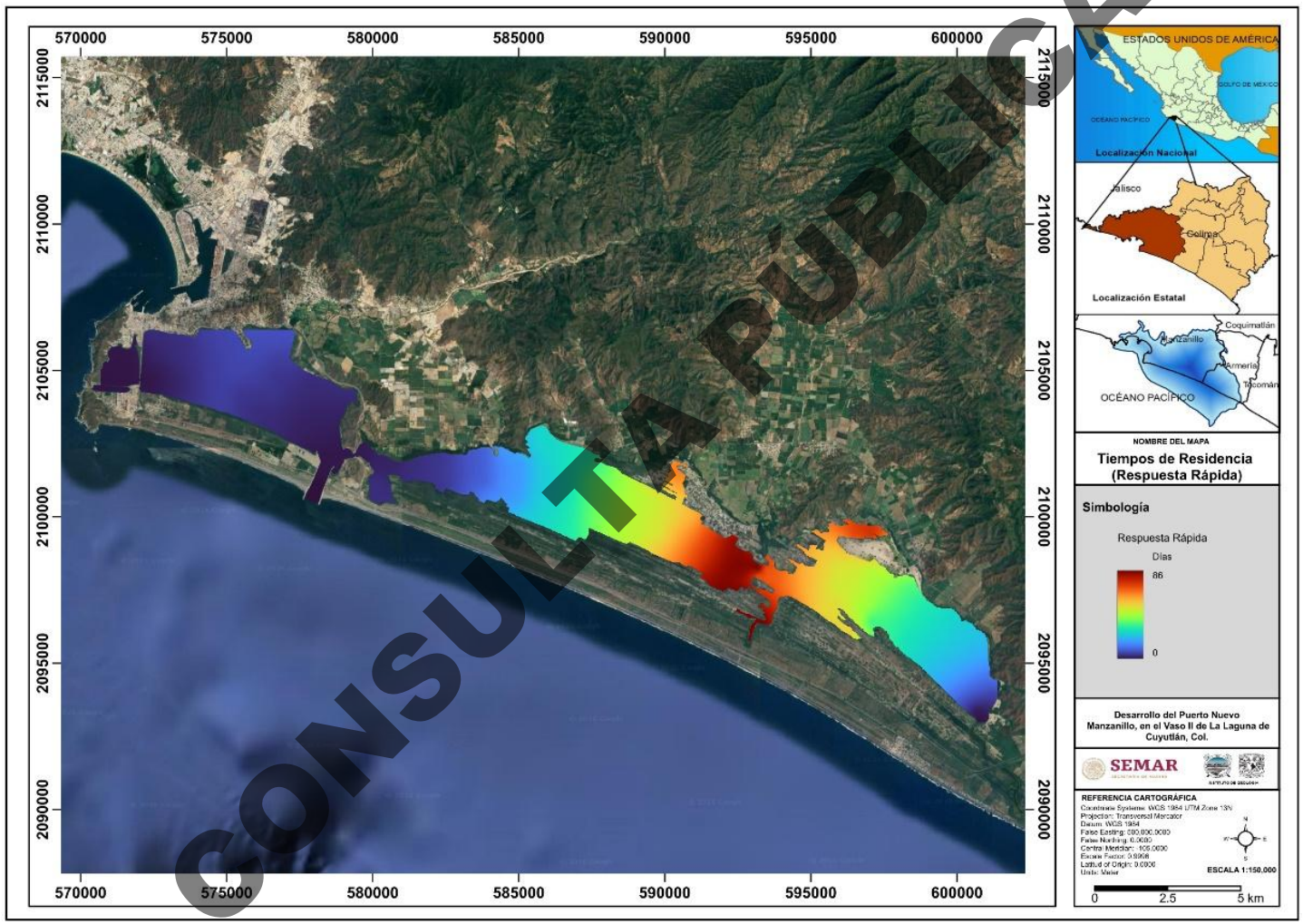
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 75. Distribución de la salinidad en el Vaso III en temporada de lluvias.



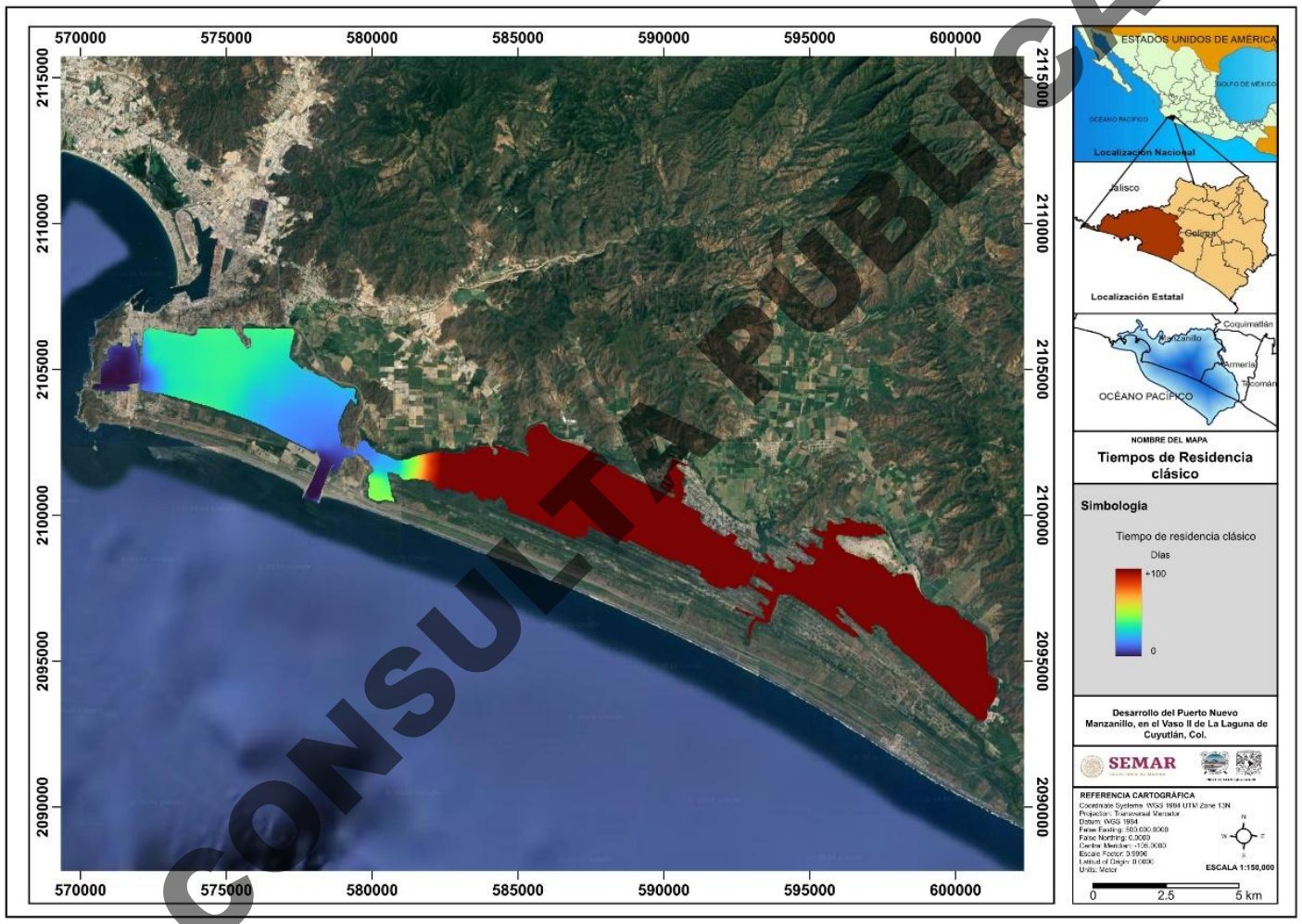
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 76. Tiempo del primer arribo de agua de mar a cada uno de los 4 vasos sin proyecto.



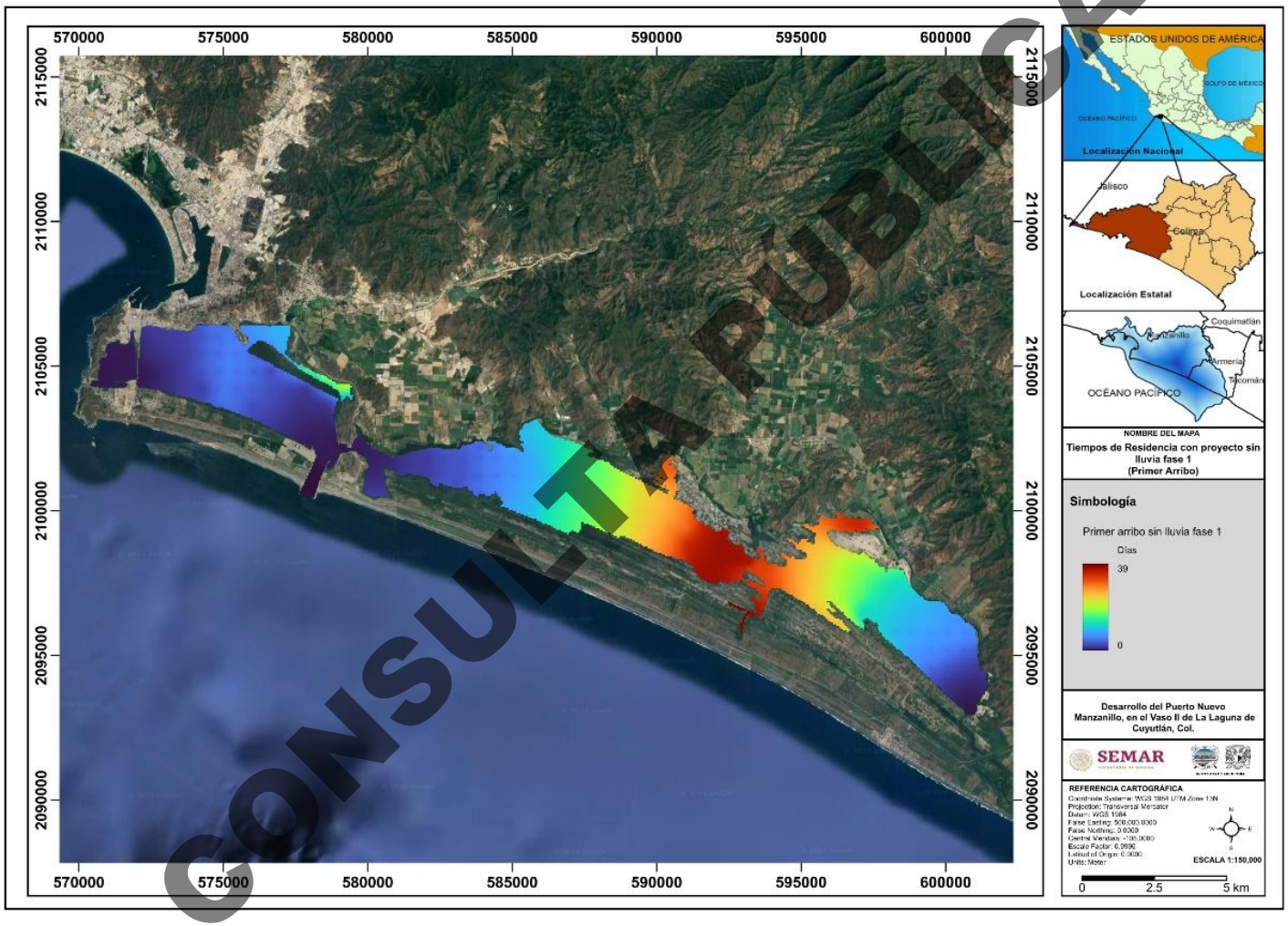
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 77. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso sin proyecto.



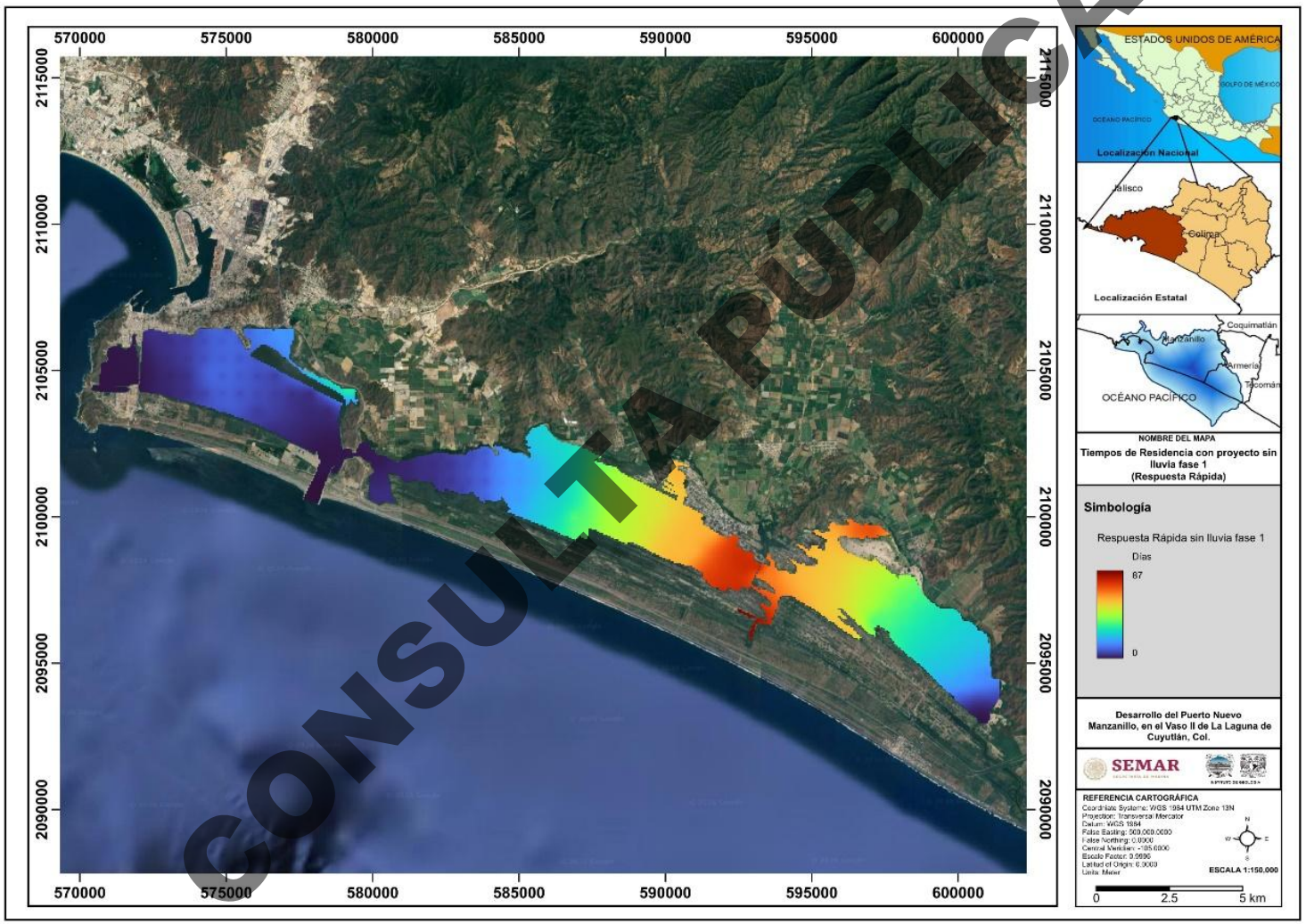
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 78. Tiempo para la renovación completa de agua sin proyecto.



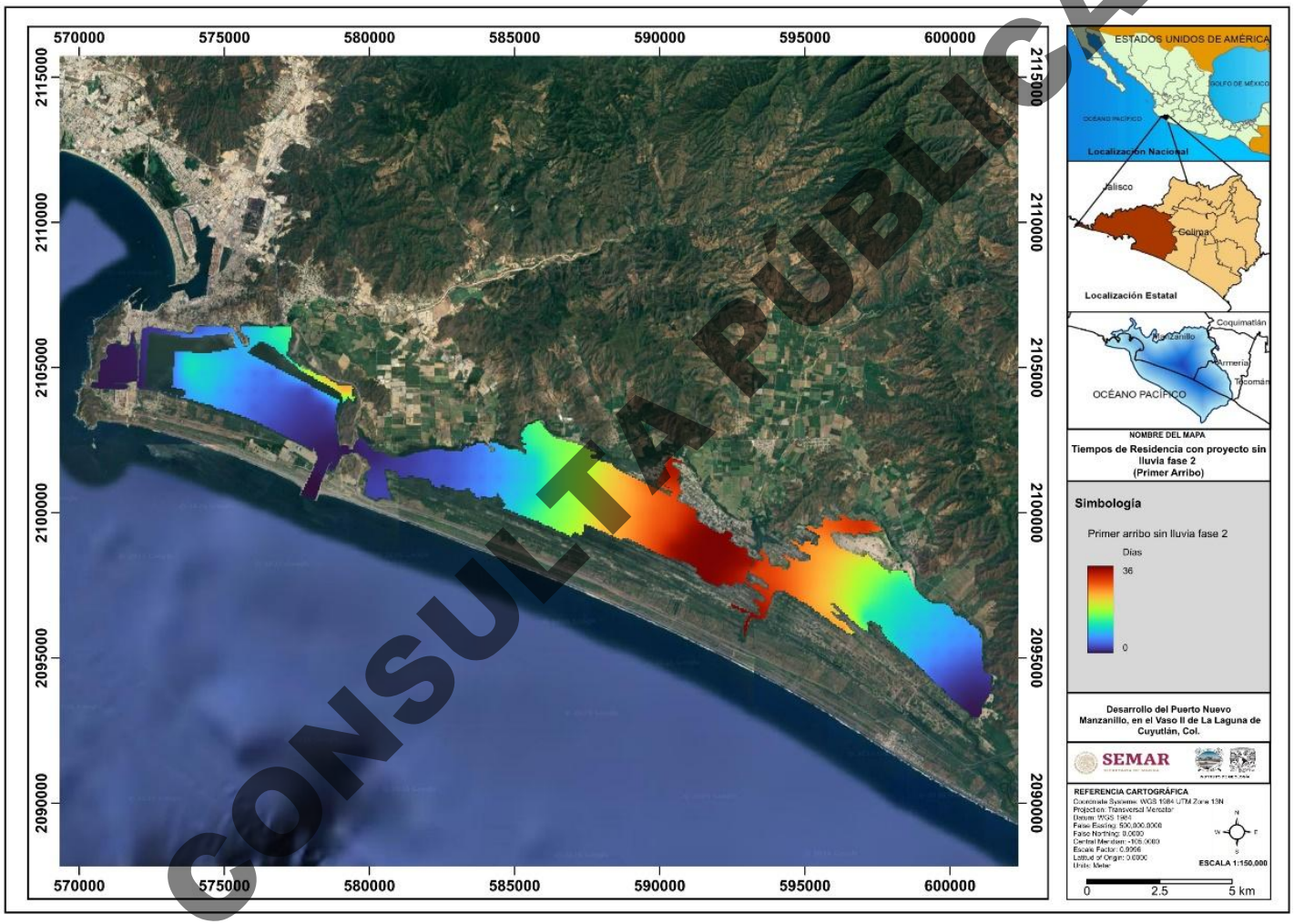
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 79. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 1 del proyecto.



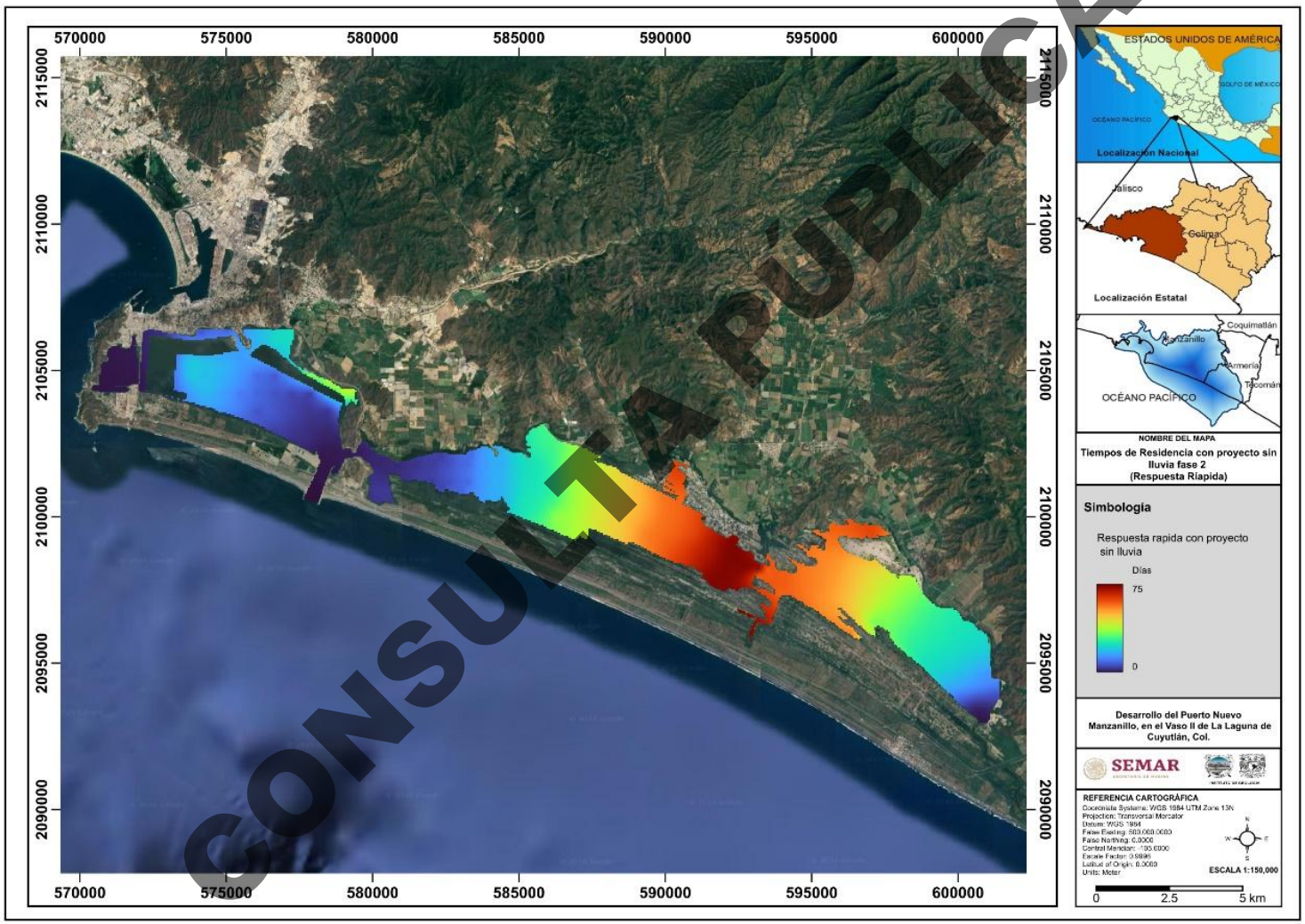
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 80. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 1.



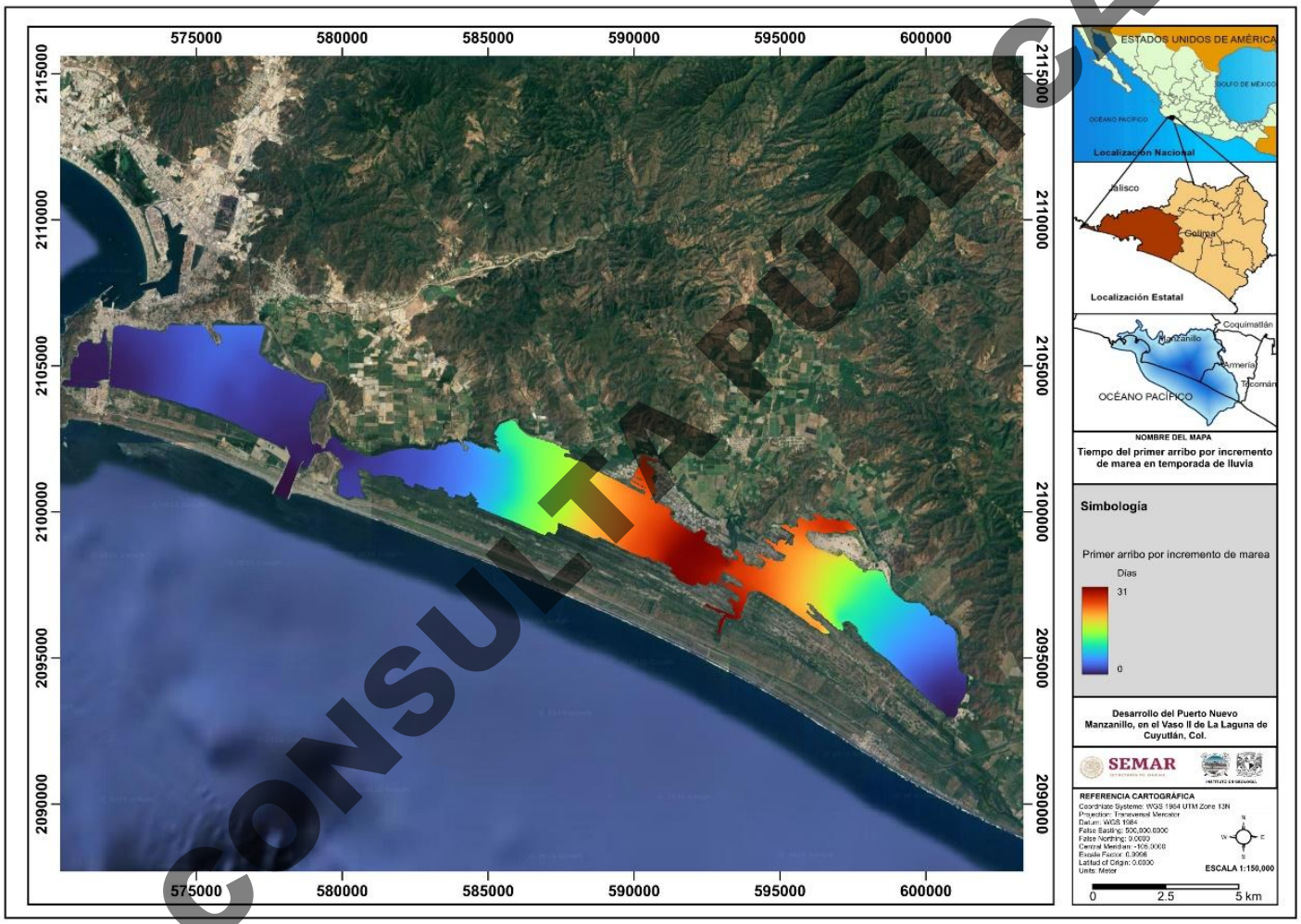
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 81. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 2 del proyecto.



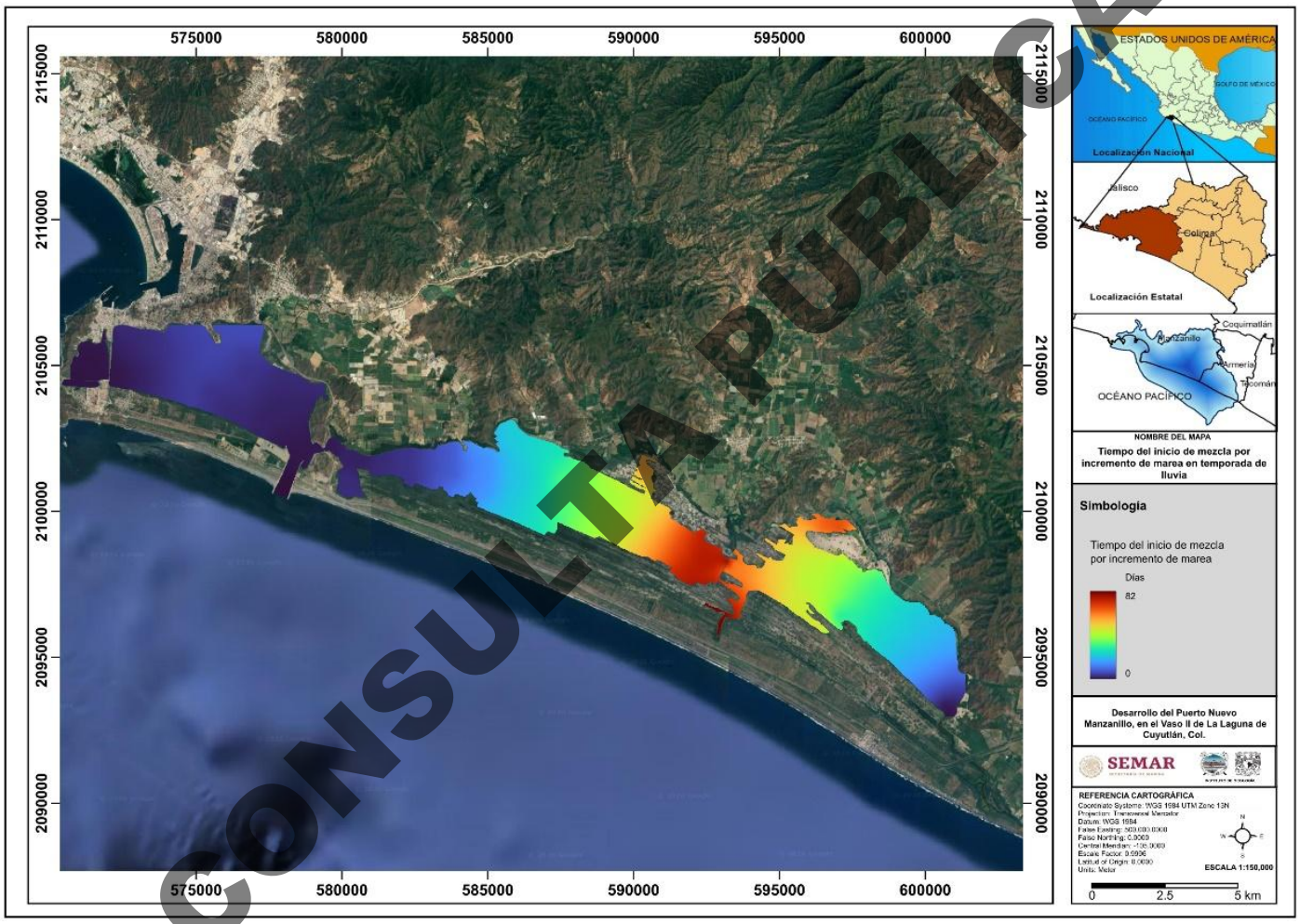
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 82. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 2.



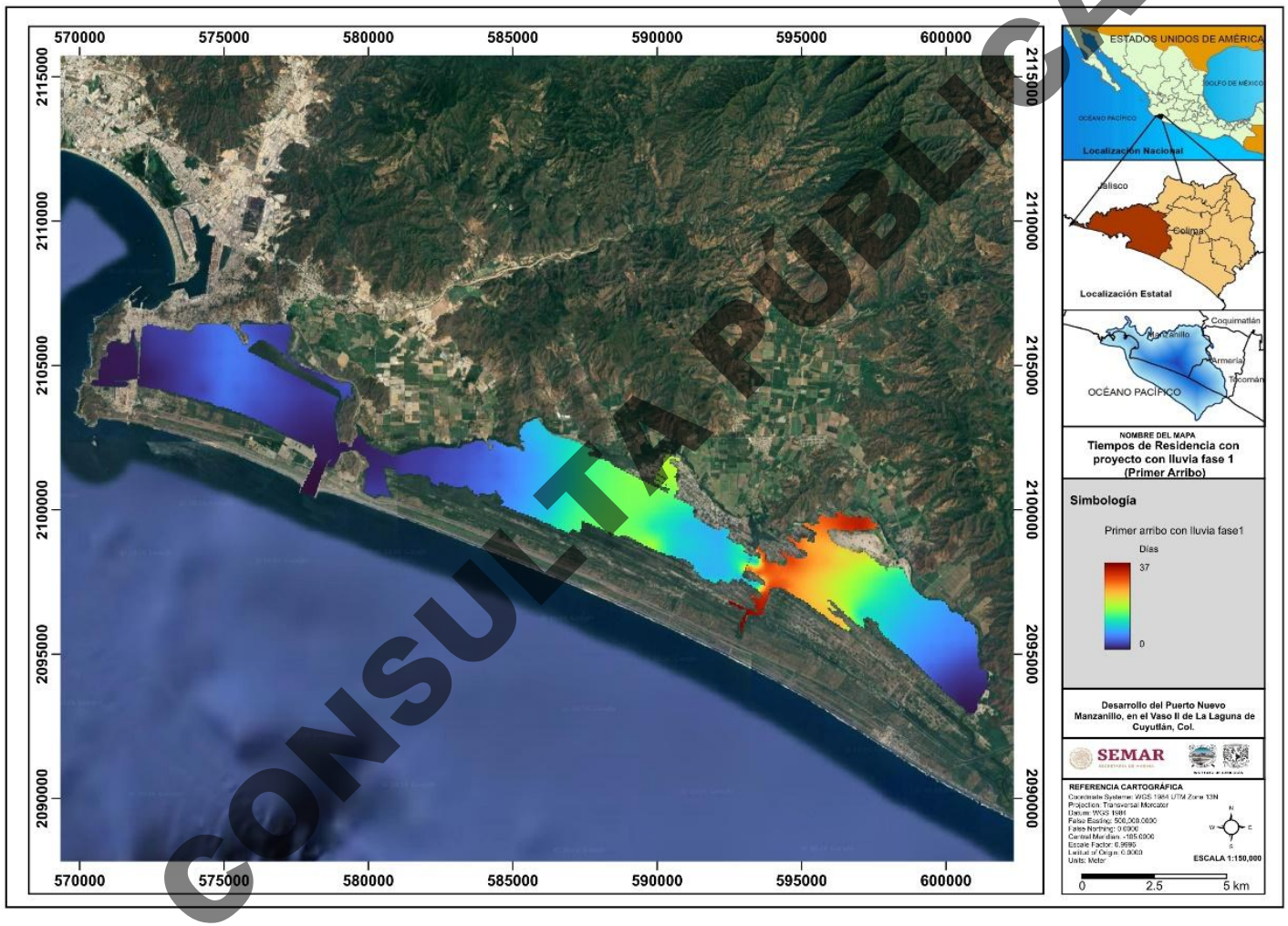
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 83. Tiempo del primer arribo por incremento de marea en temporada de lluvia.



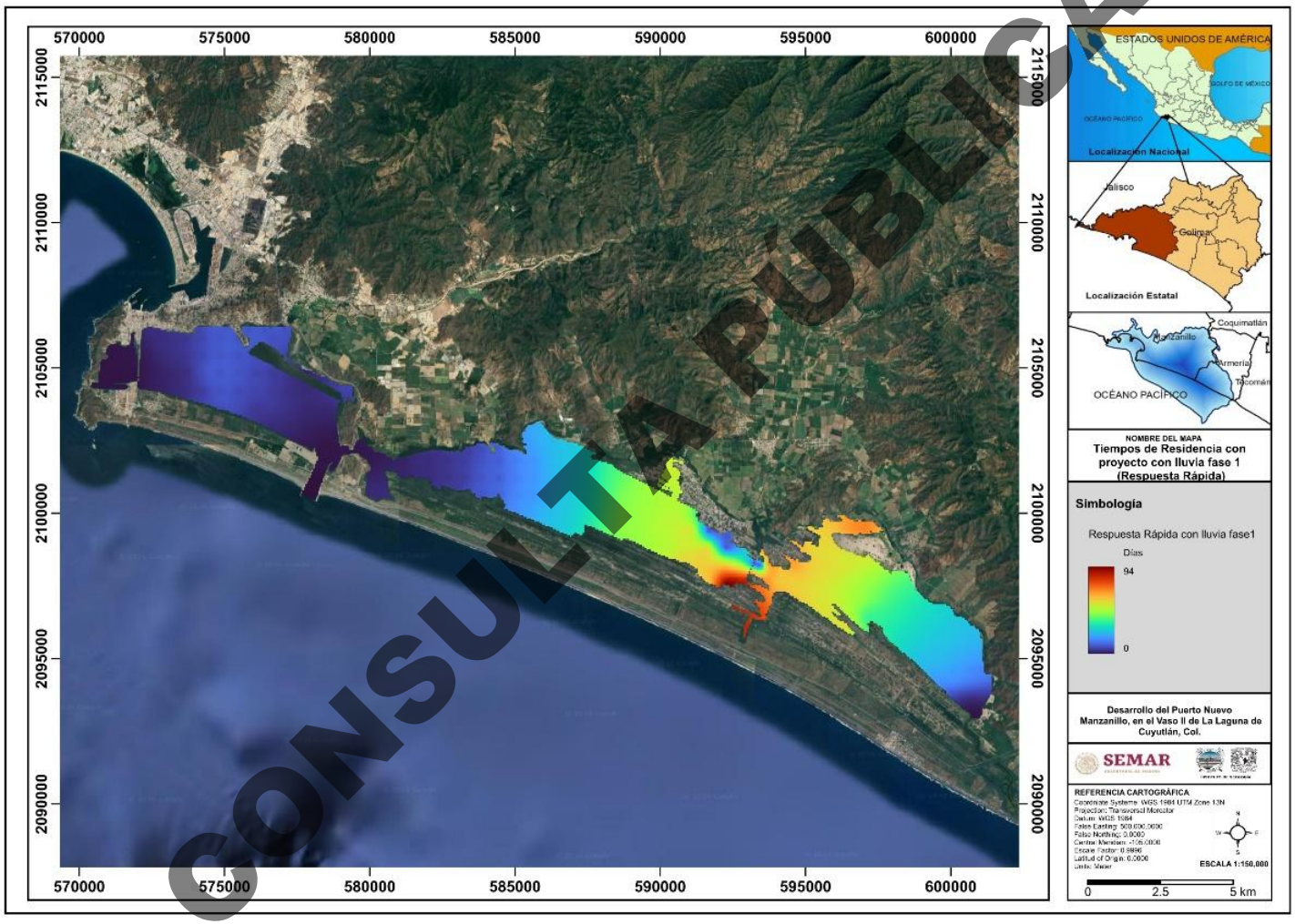
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 84. Tiempo del inicio de mezcla por incremento de marea en temporada de lluvia.



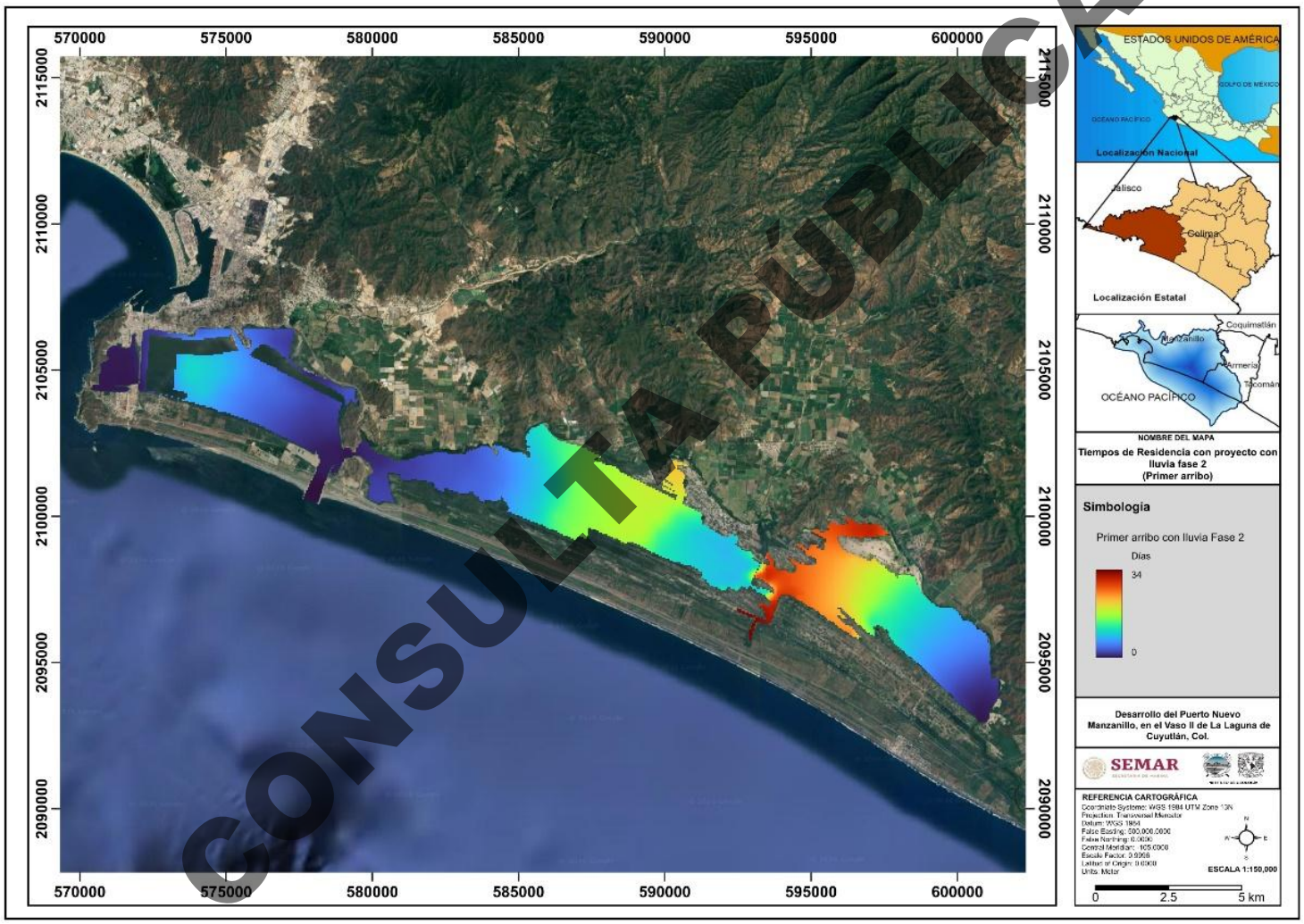
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 85. Tiempo para el primer arribo. Fase 1



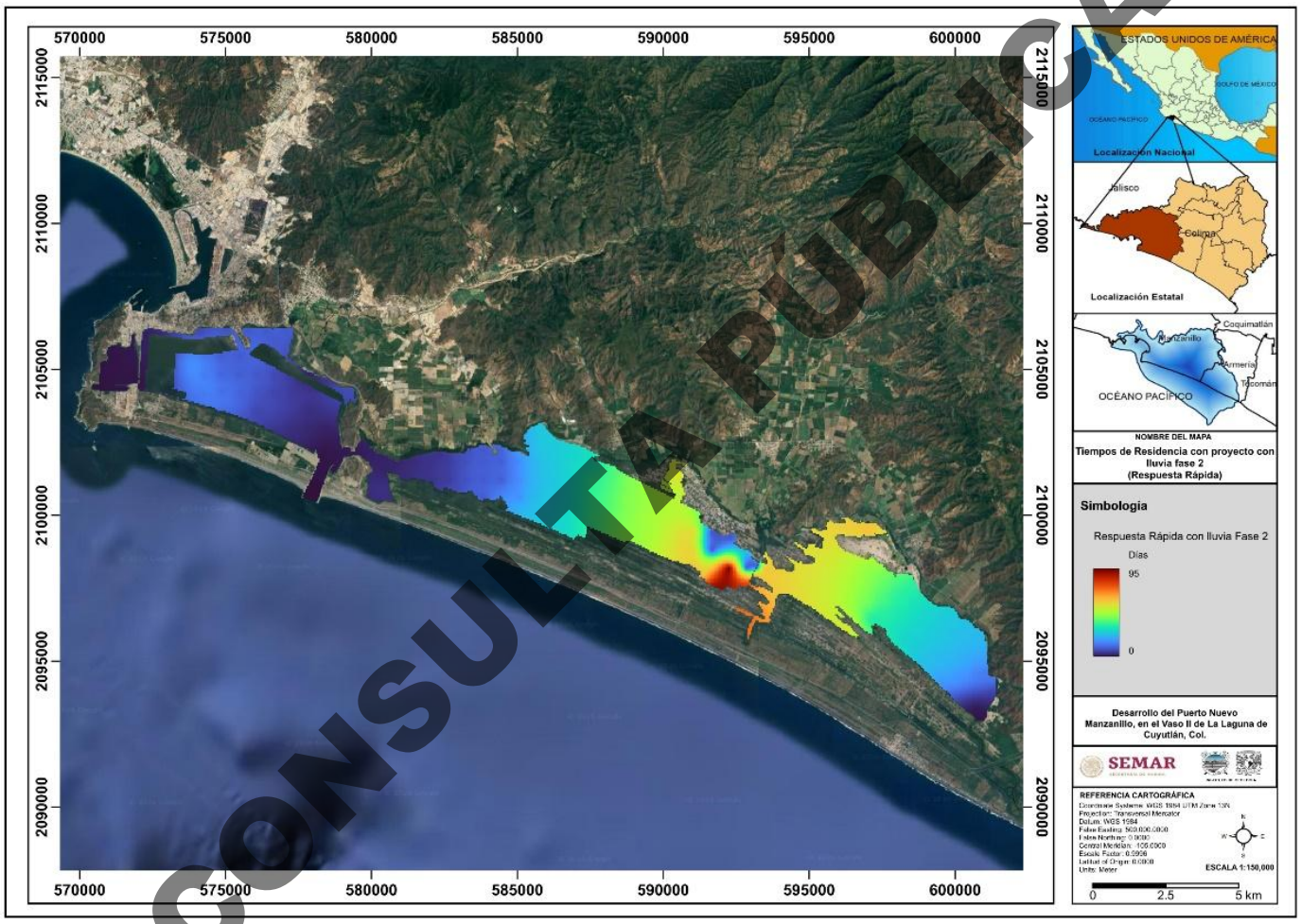
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 86. Tiempo del inicio de mezcla Fase 1.



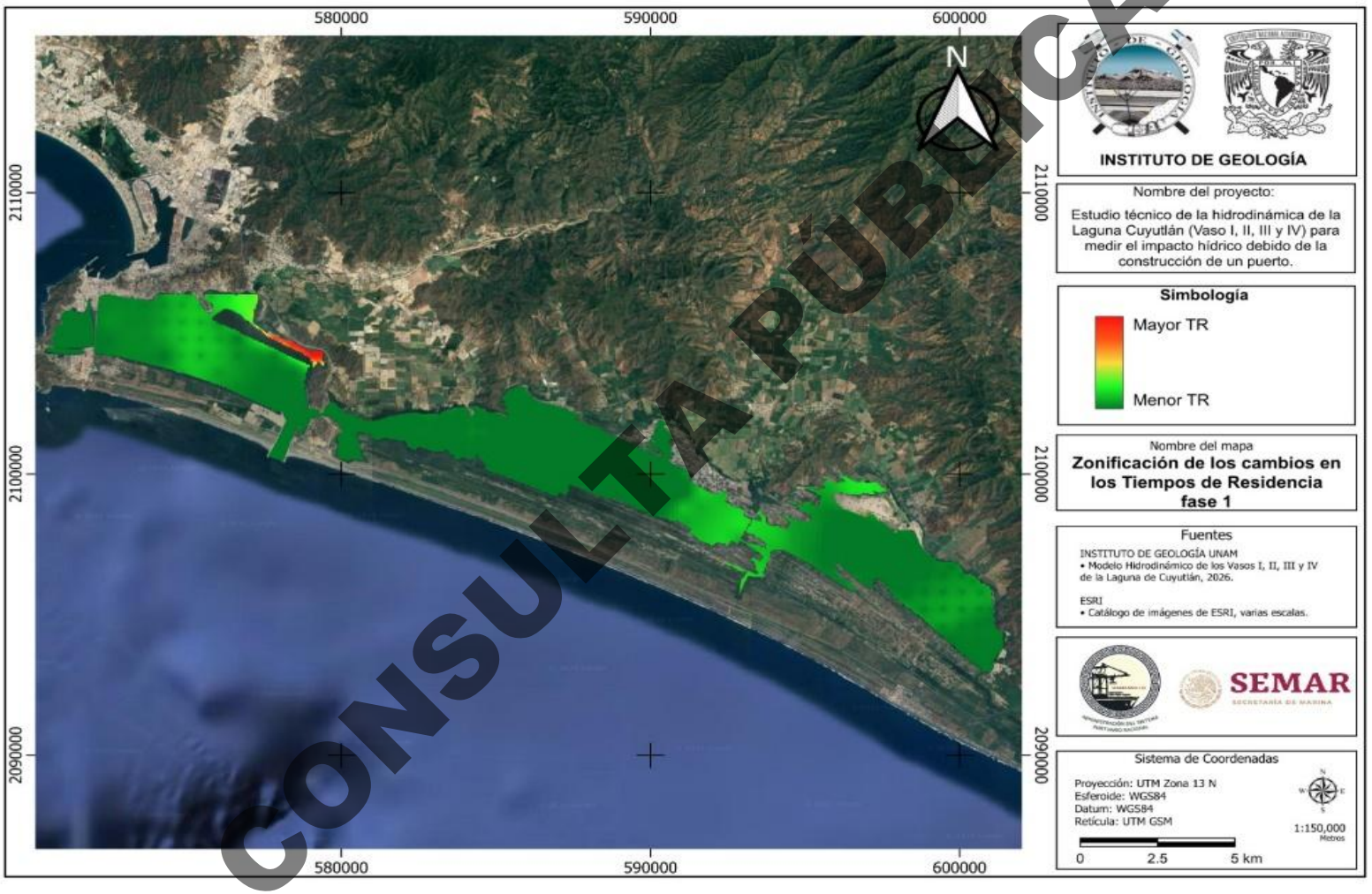
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 87. Tiempo para el primer arribo con escurrimientos para la Fase 2.



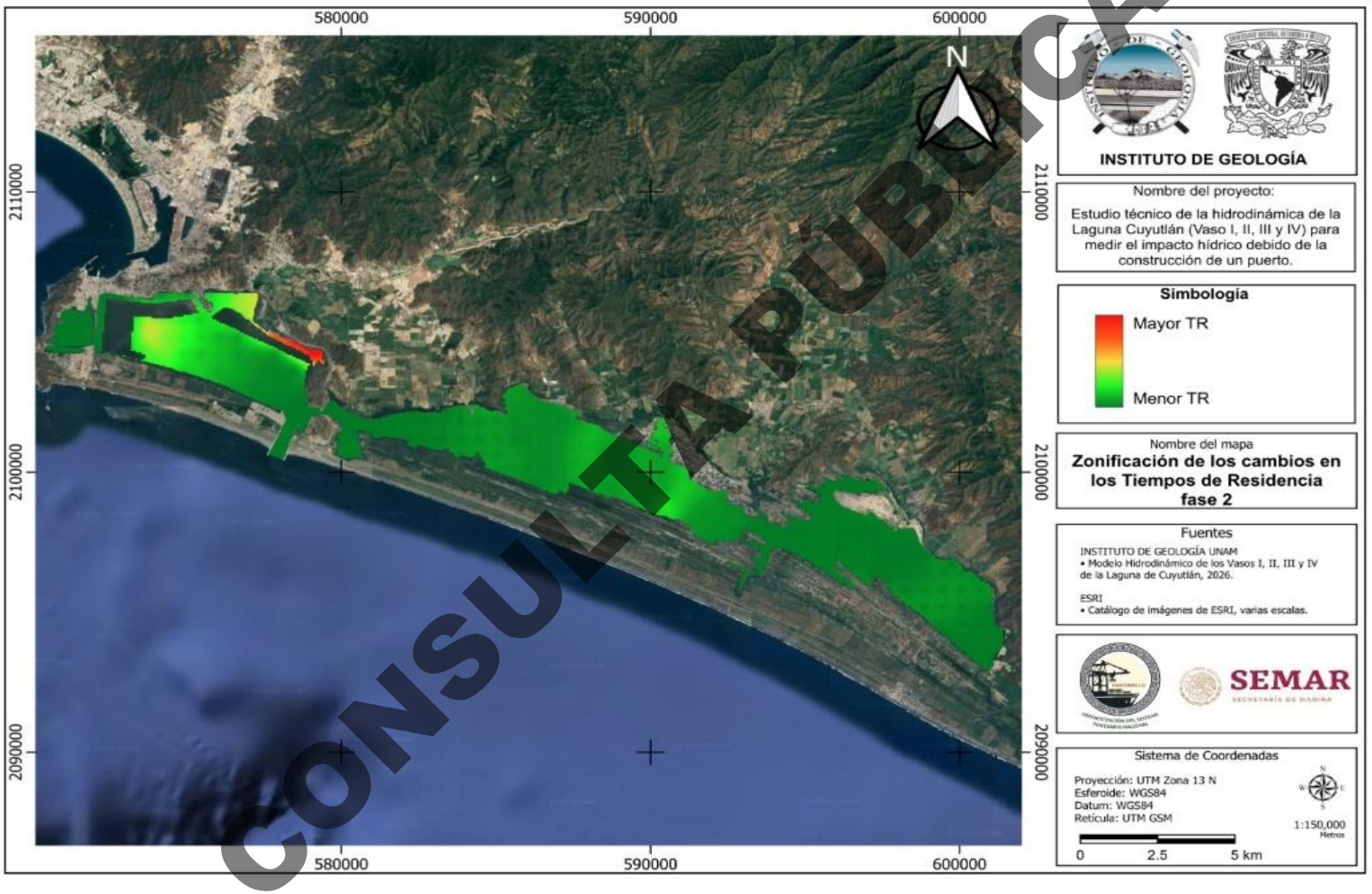
Mapa IV. 88. Tiempo para el inicio de mezcla con escurrimientos para la Fase 2.

CONSULTA PÚBLICA



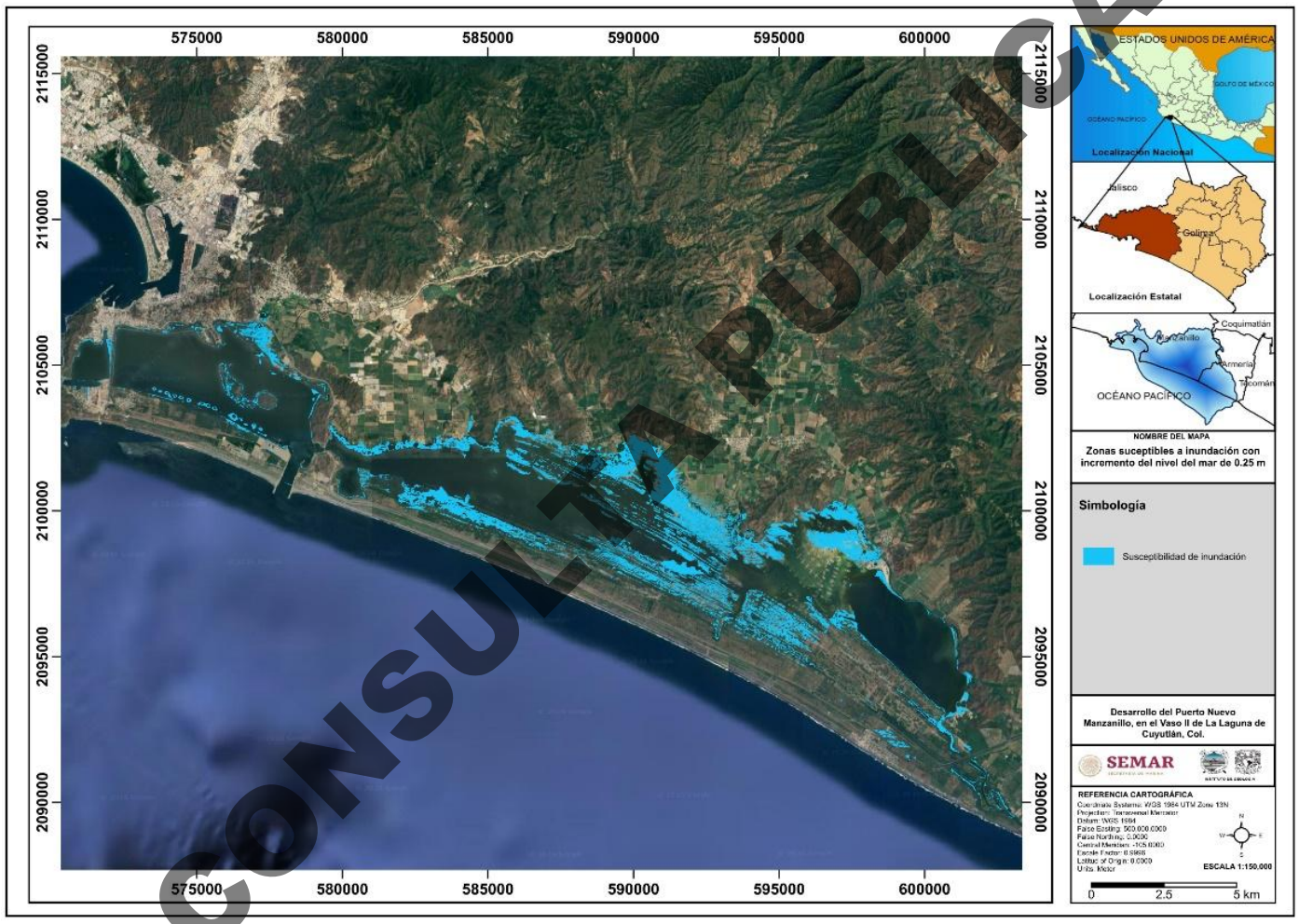
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 89. Cambios en los TR con Fase 1 del proyecto.



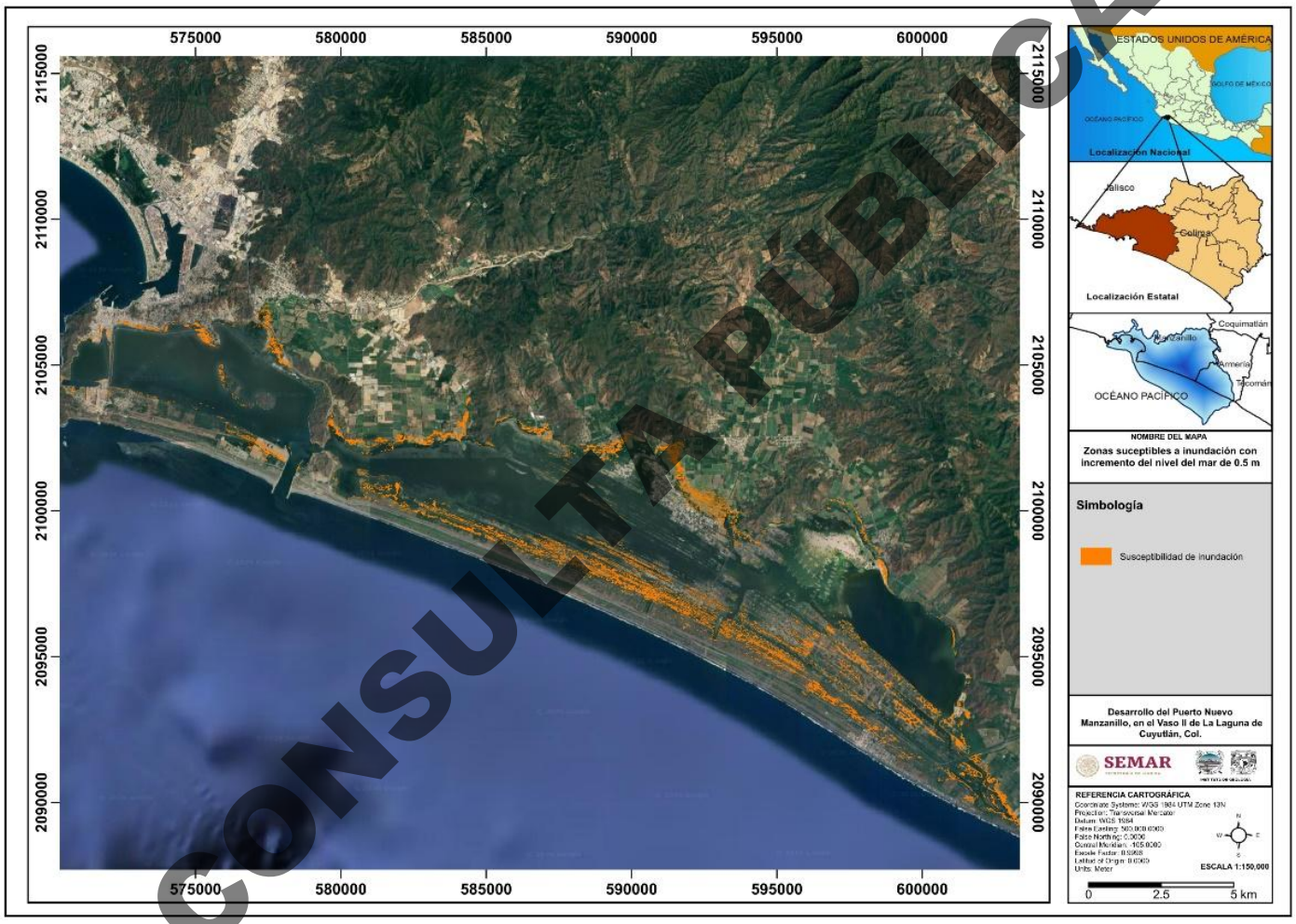
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 90. Cambios en los TR con Fase 2 del proyecto.



CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 91. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.25 m.



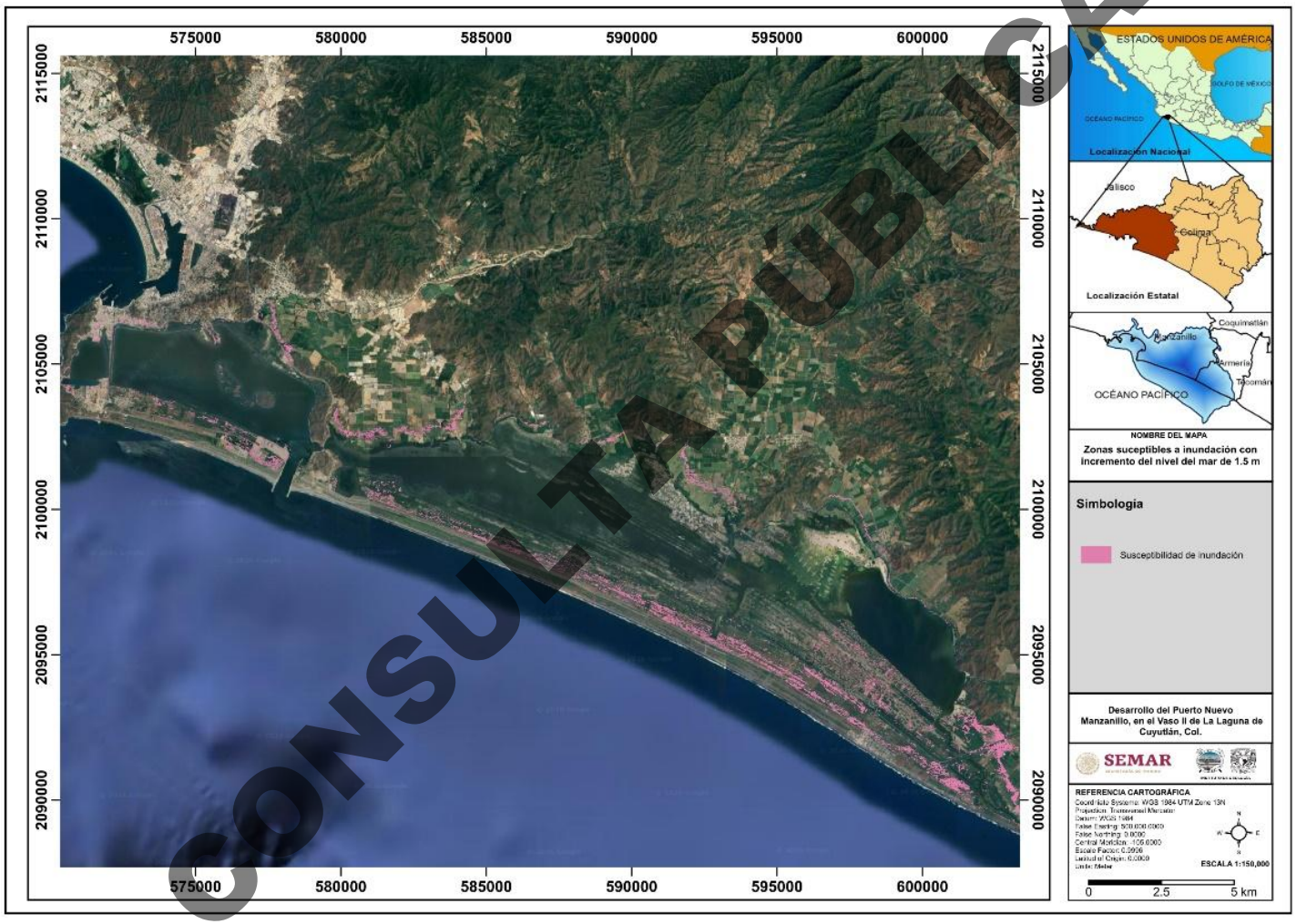
Mapa IV. 92. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.50 m.

CONSULTA PÚBLICA



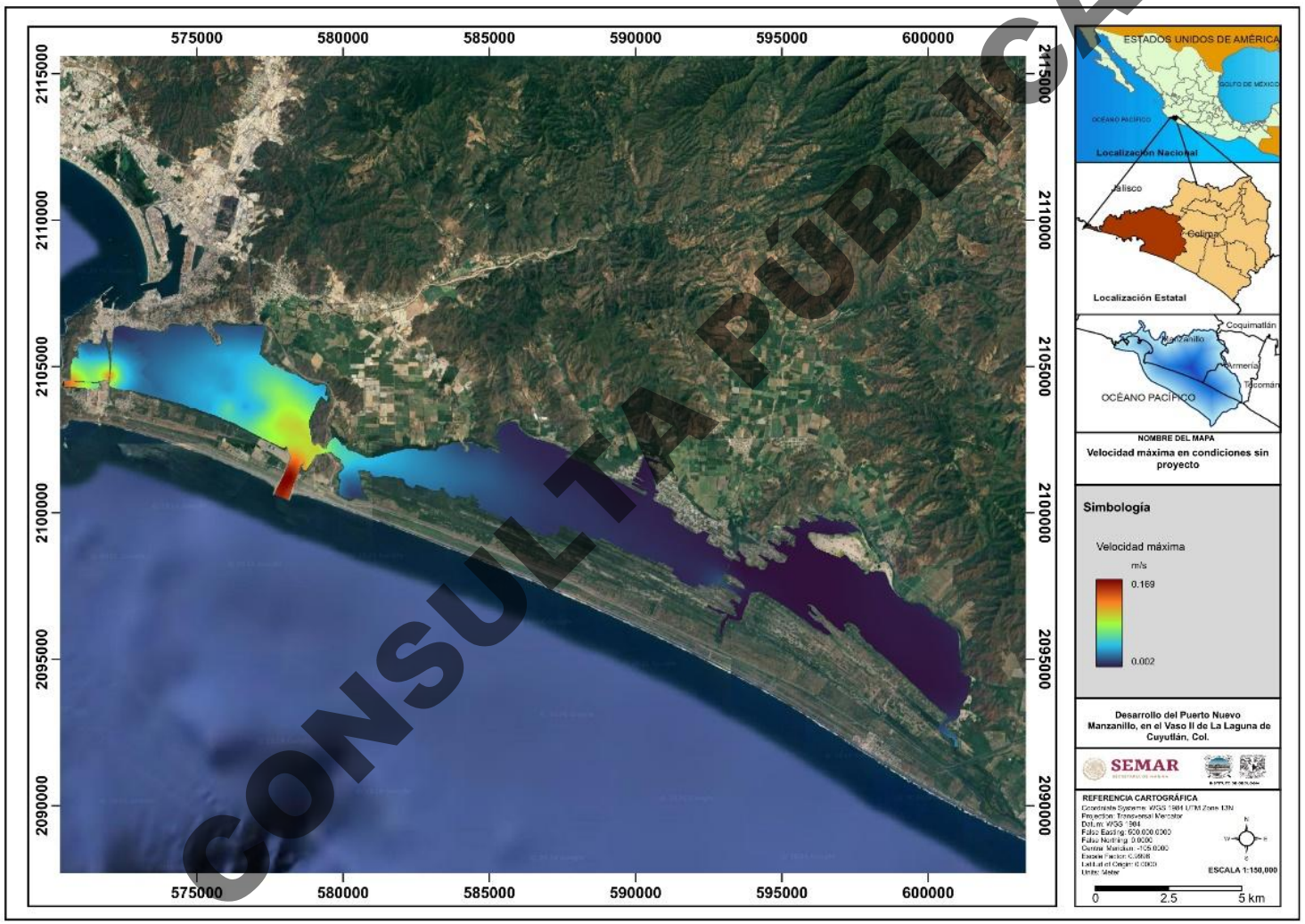
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 93. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.0 m.



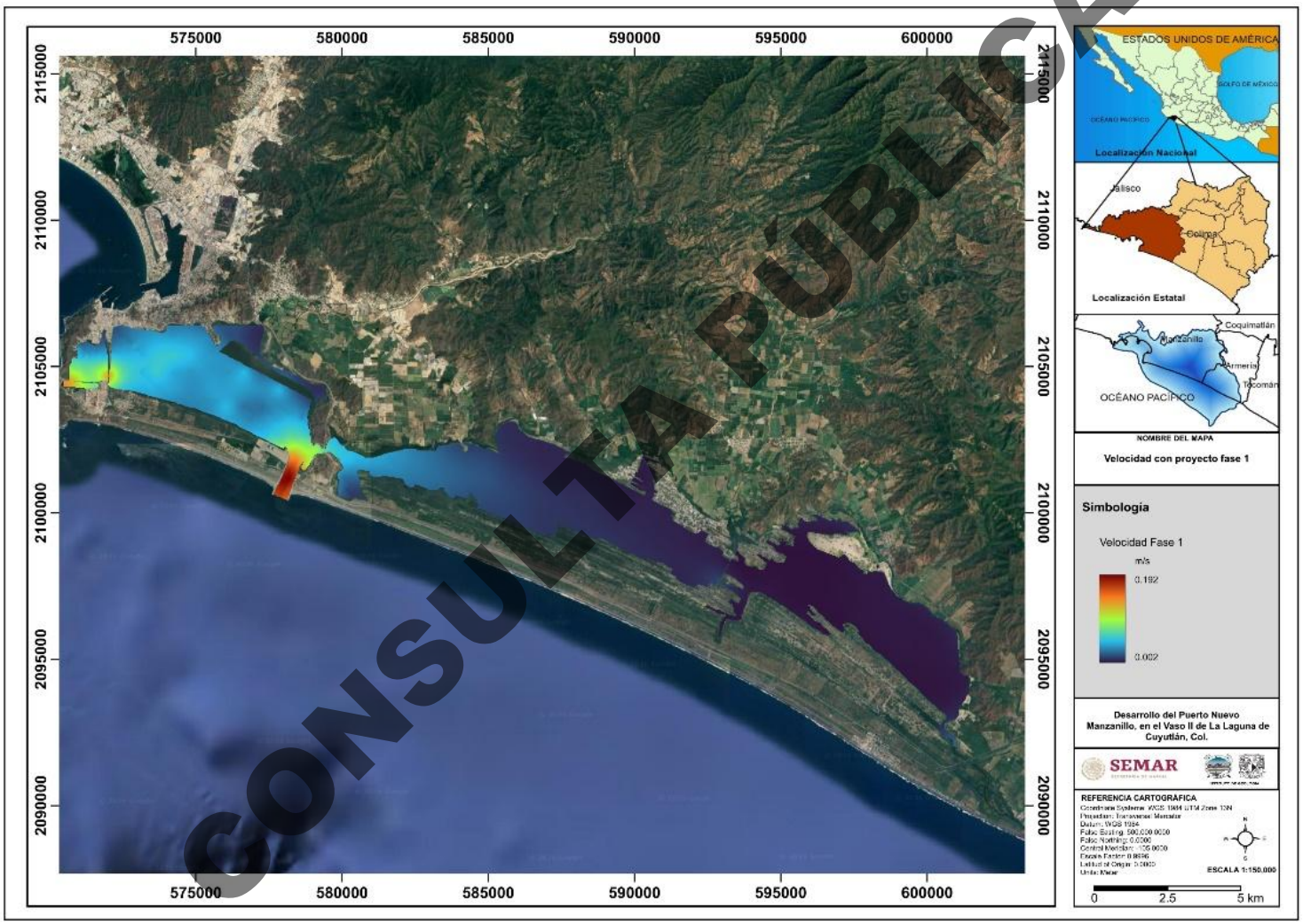
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 94. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.5 m.



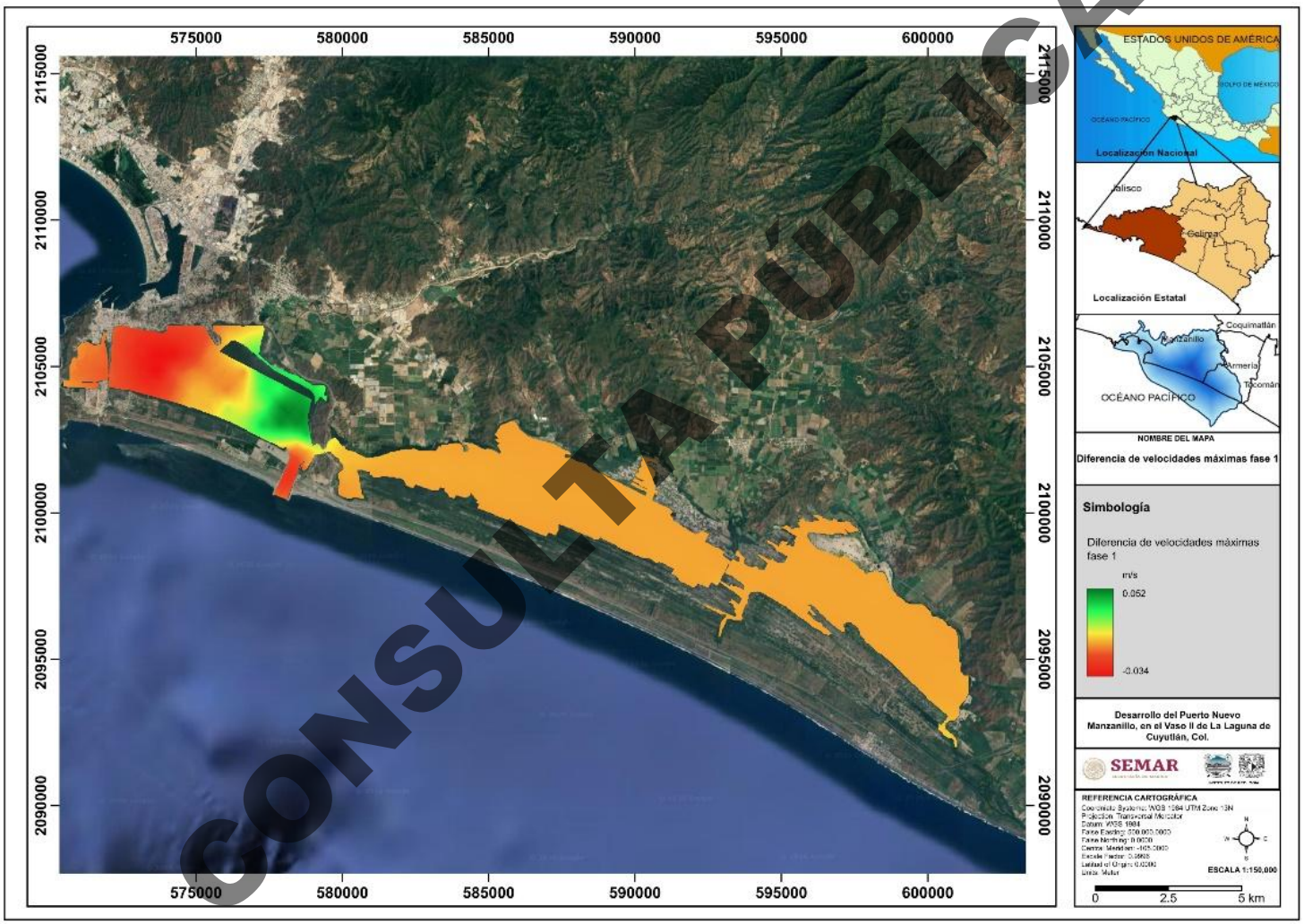
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 95. Velocidades máximas en condiciones base.



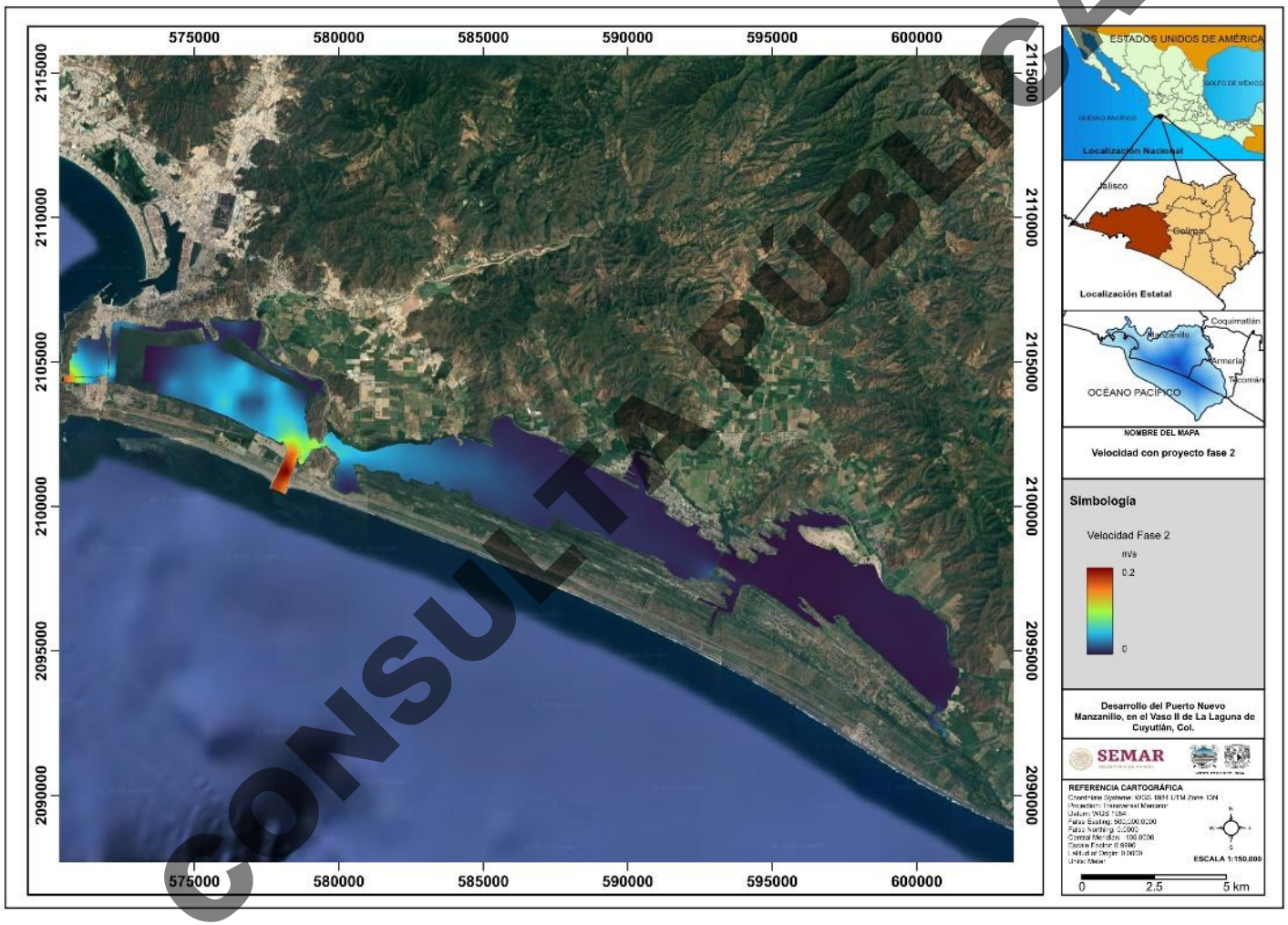
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 96. Velocidades máximas en condición de la fase 1



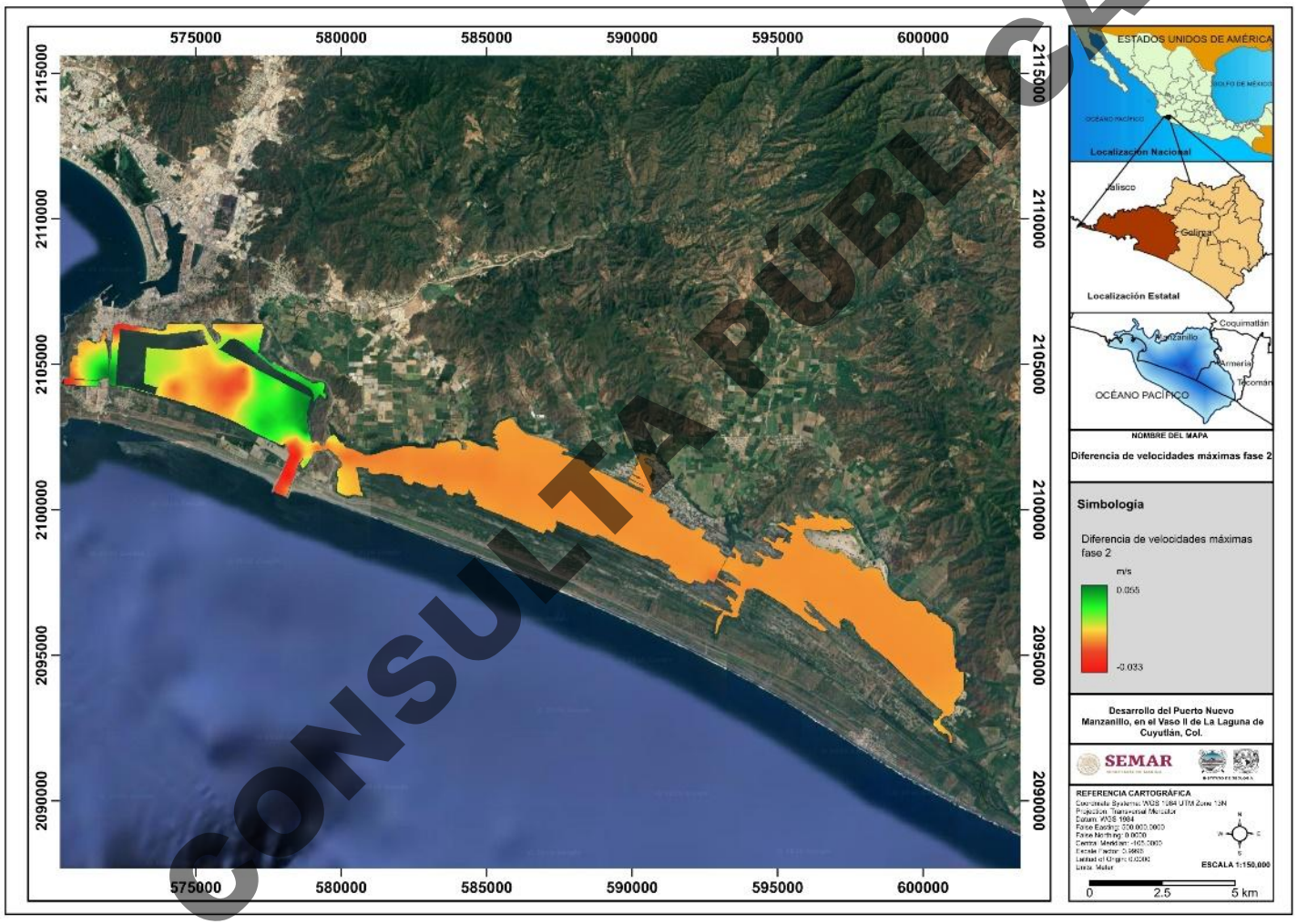
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 97. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 1 del proyecto.



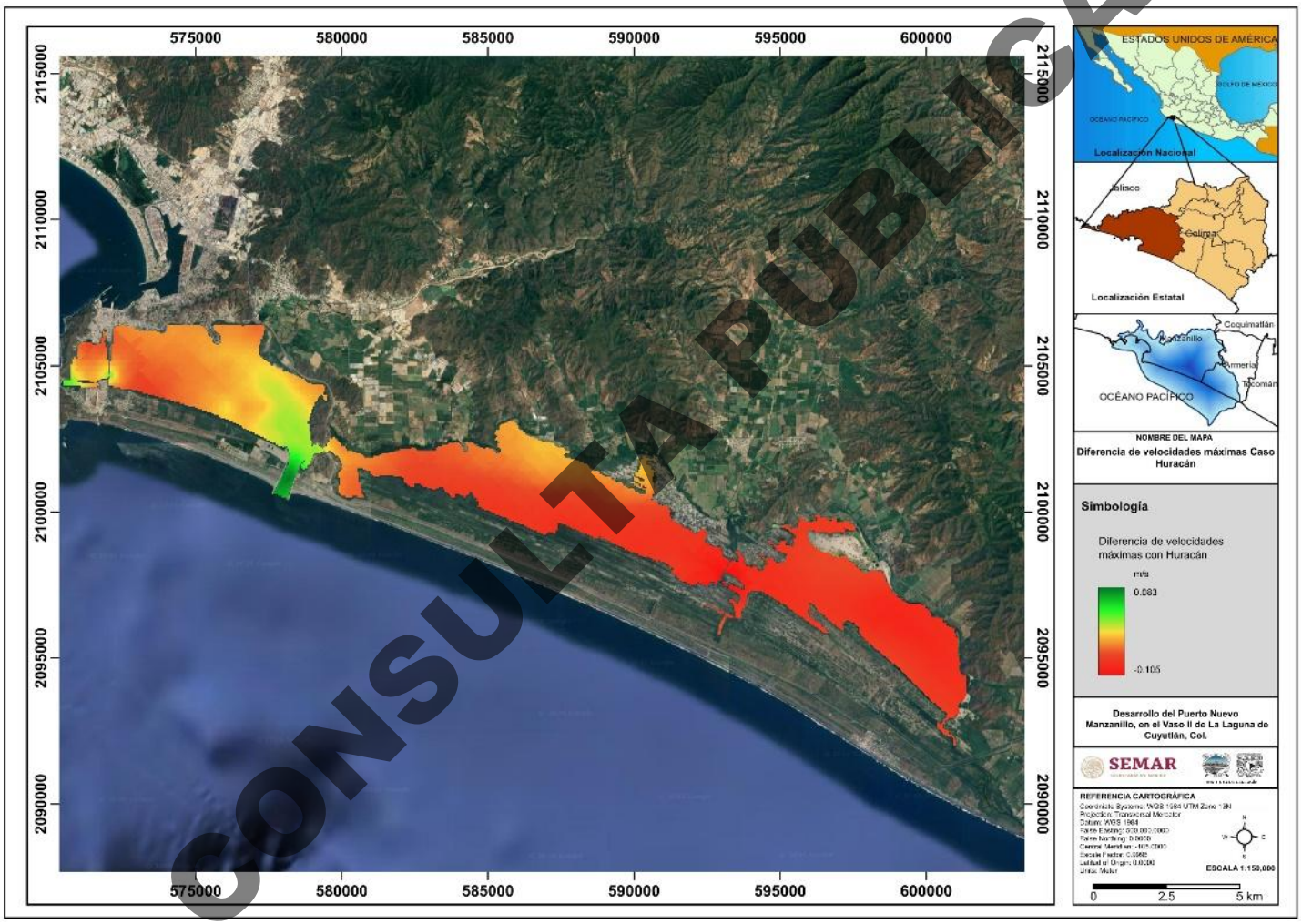
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 98. Velocidades máximas en condición de la fase 2.



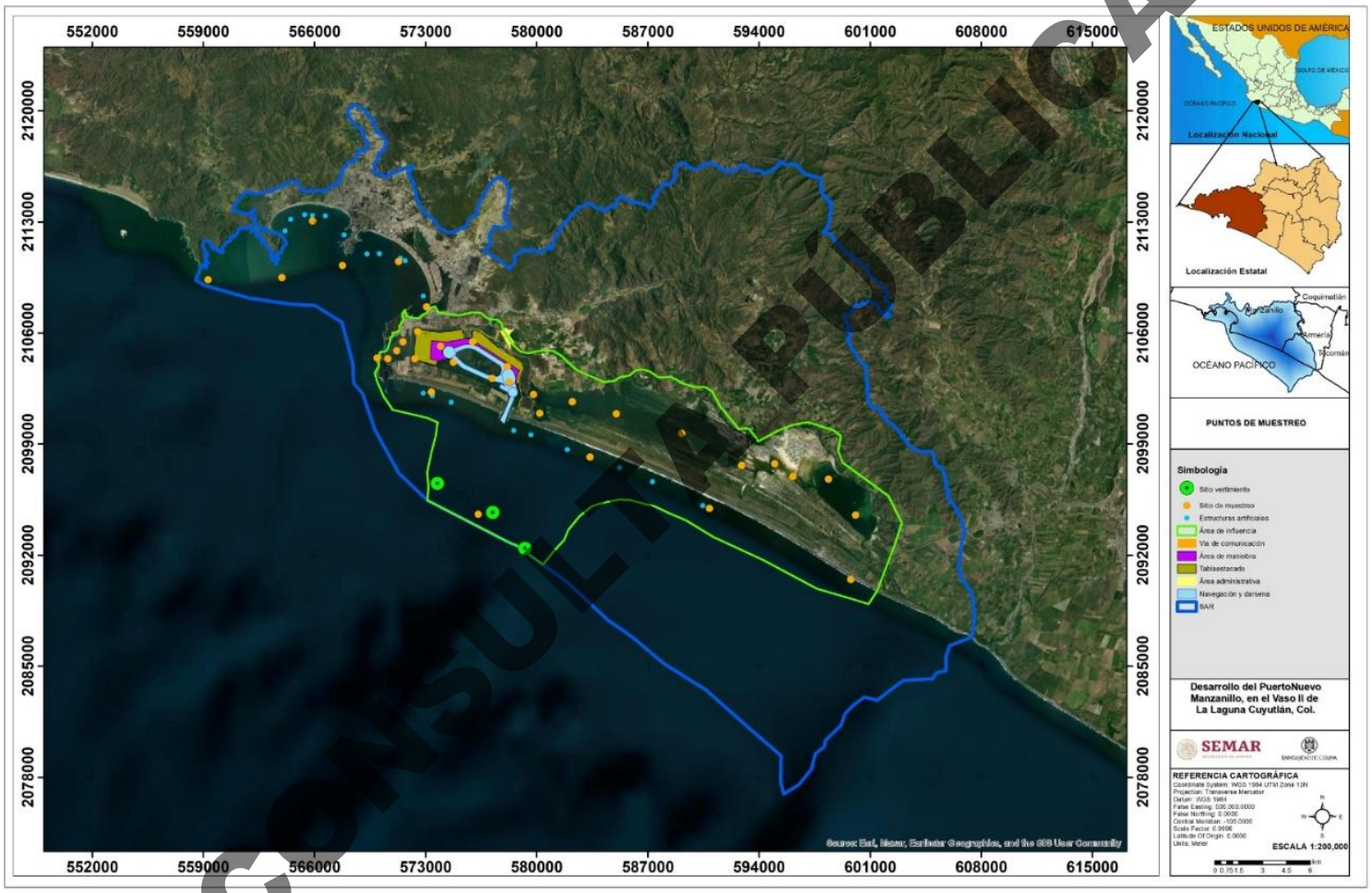
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 99. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 2 del proyecto.



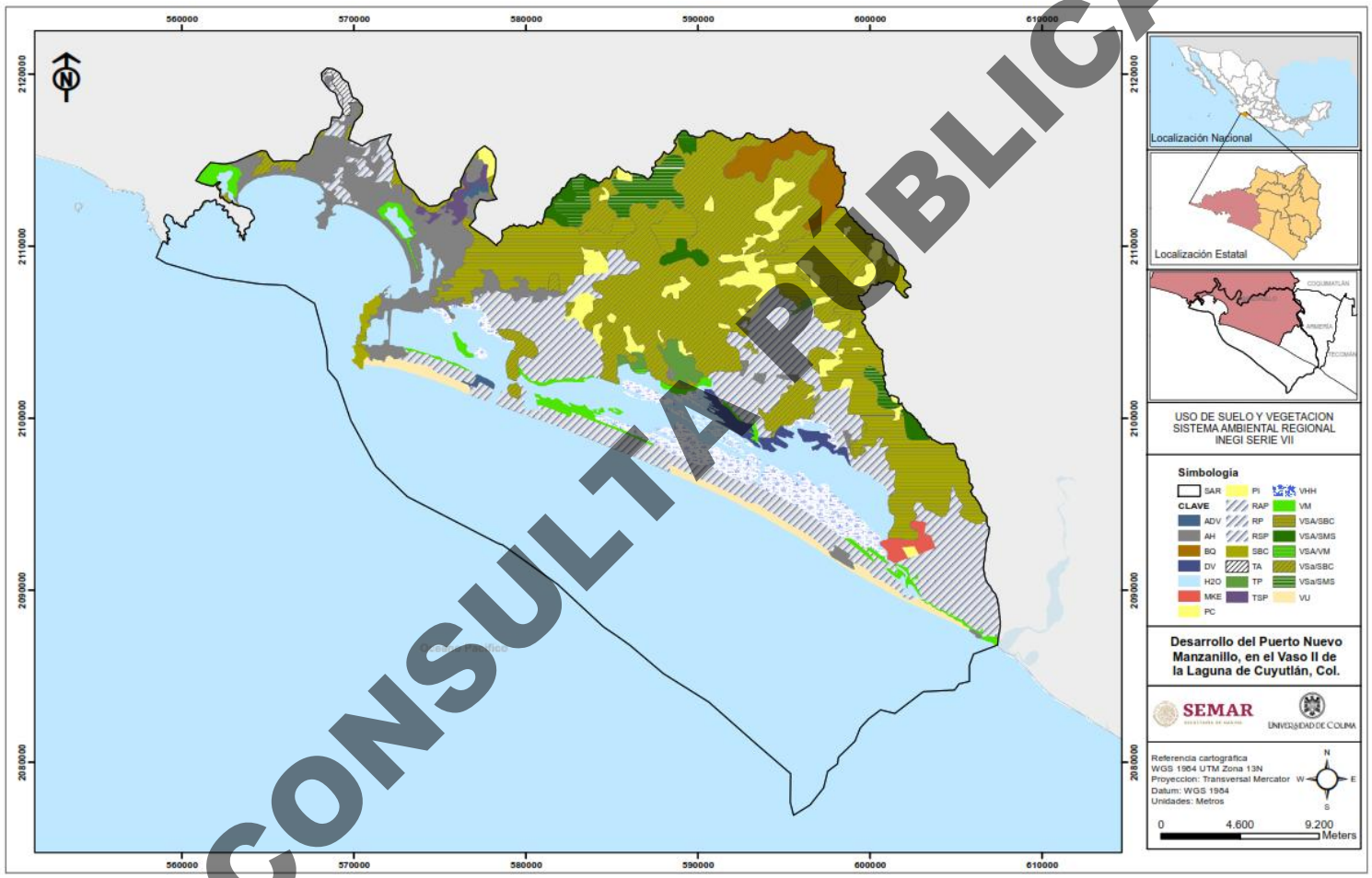
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 100. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.



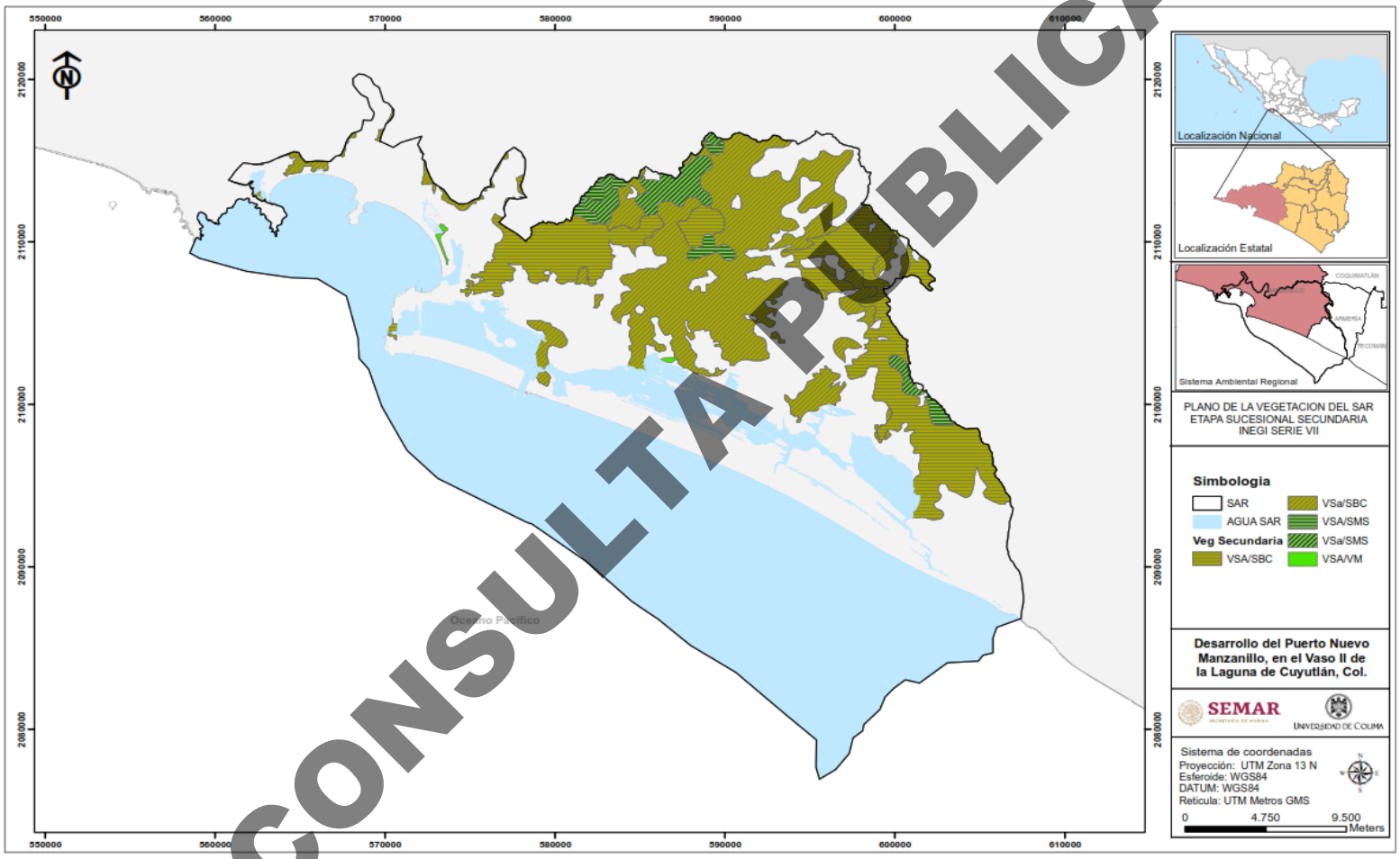
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 101. Ubicación de las estaciones de monitoreo en el periodo de diciembre de 2025 a febrero de 2026.



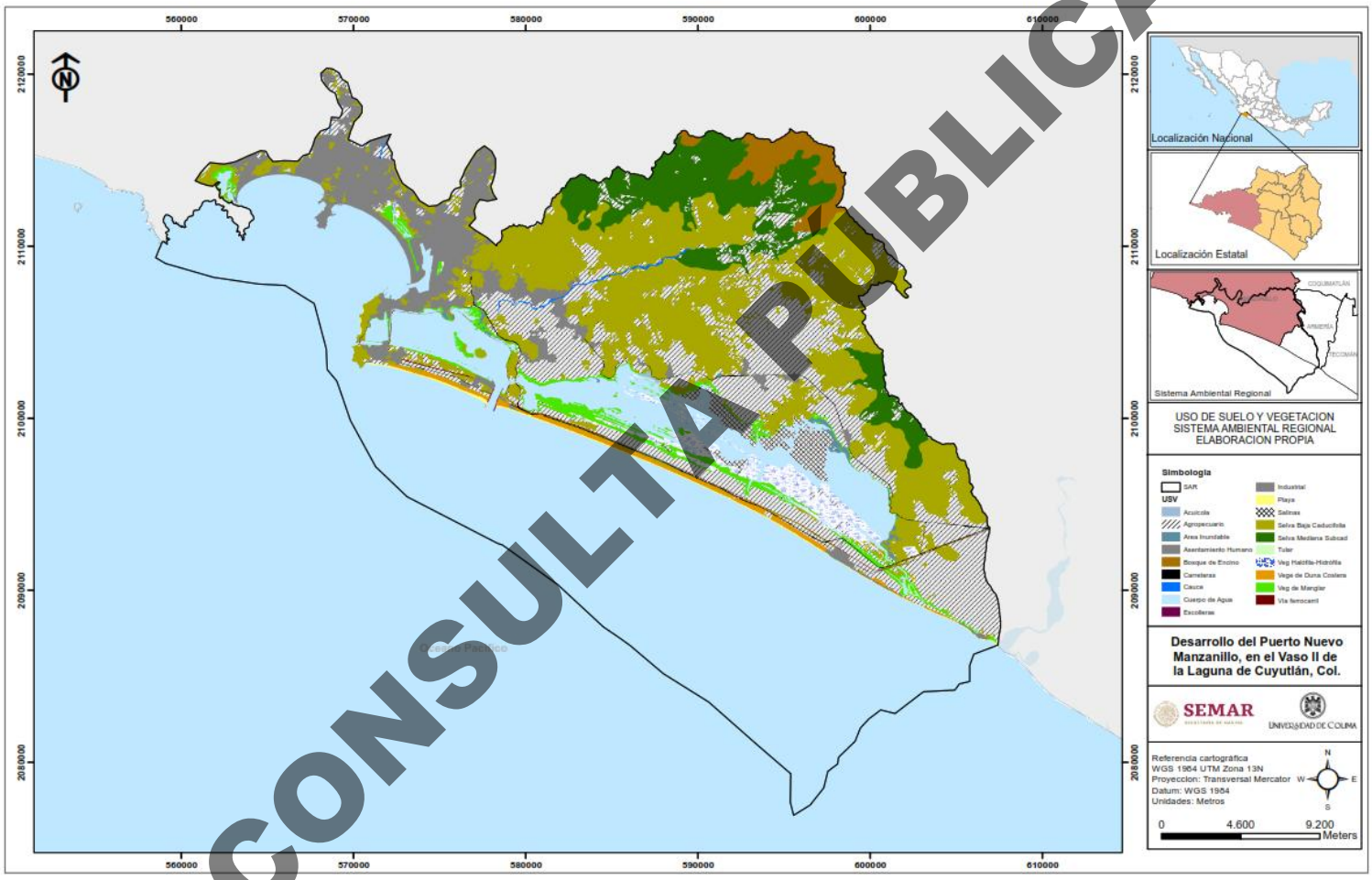
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 102. Plano de uso de suelo y vegetación del SAR de acuerdo serie VII INEGI



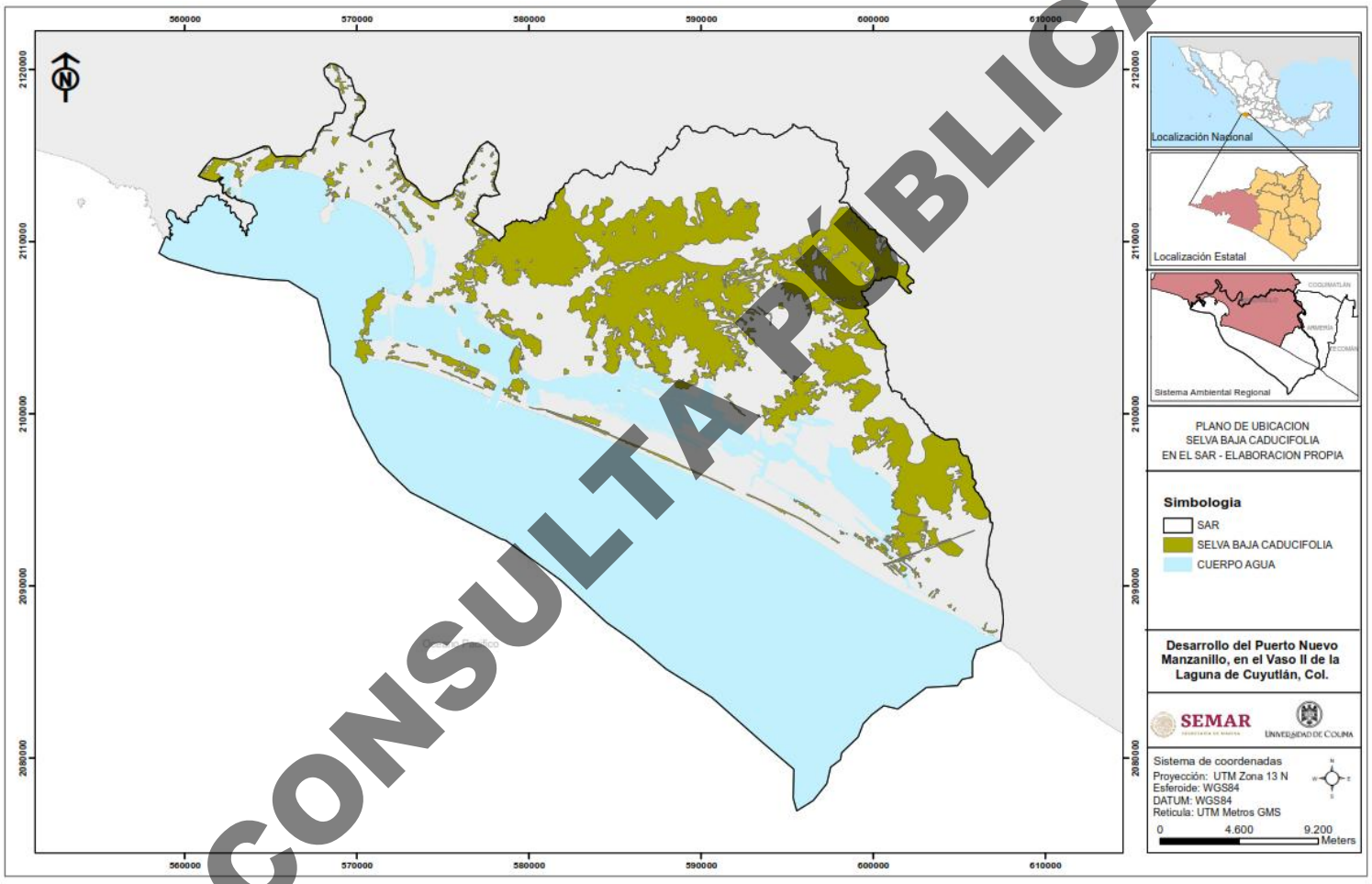
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 103. Plano del estado de conservación de la vegetación en la SAR.



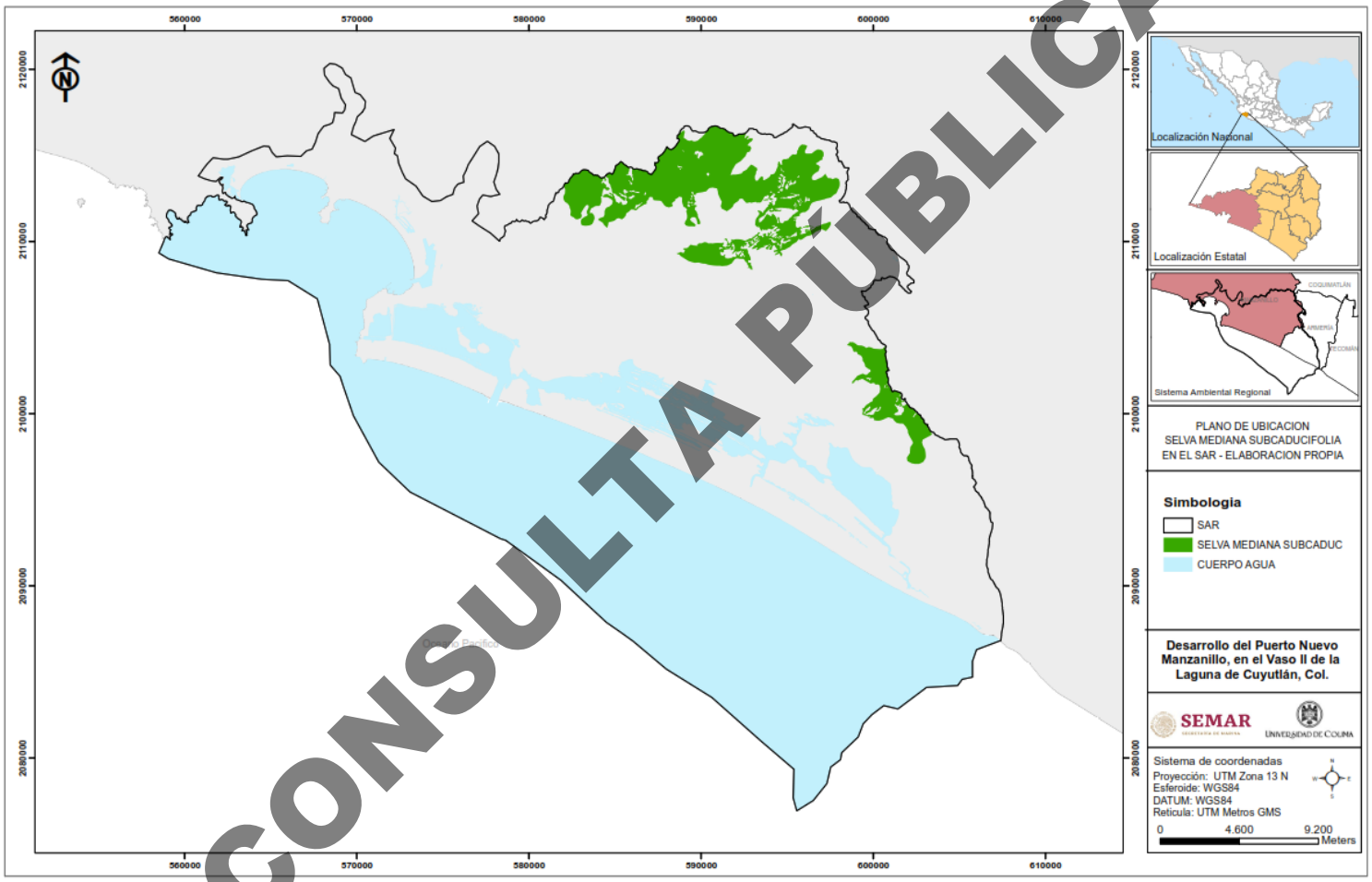
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 104. Plano de uso de suelo y vegetación elaborada por fotointerpretación



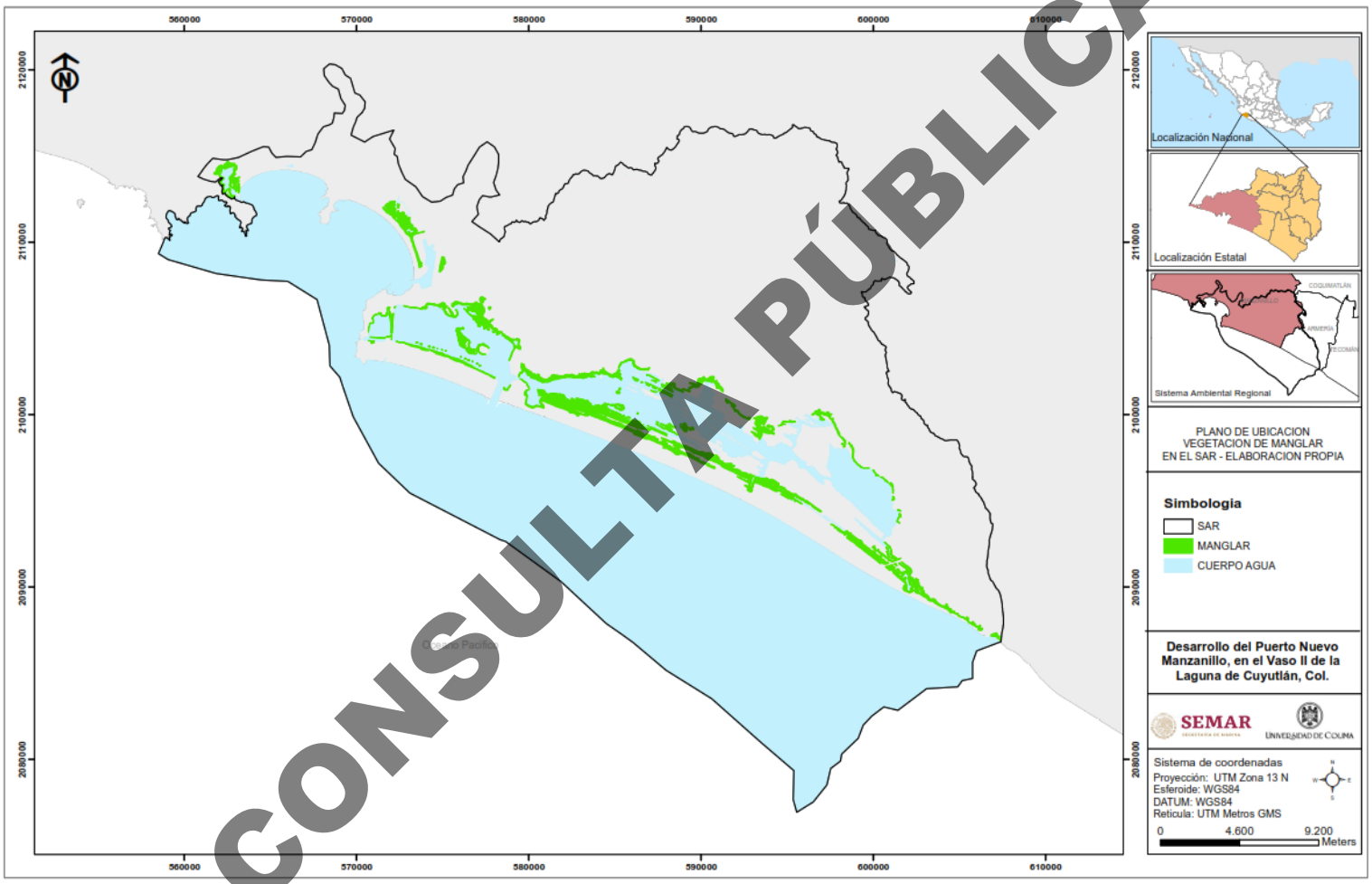
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 105. Vista de la ubicación de la Selva baja caducifolia en el SAR



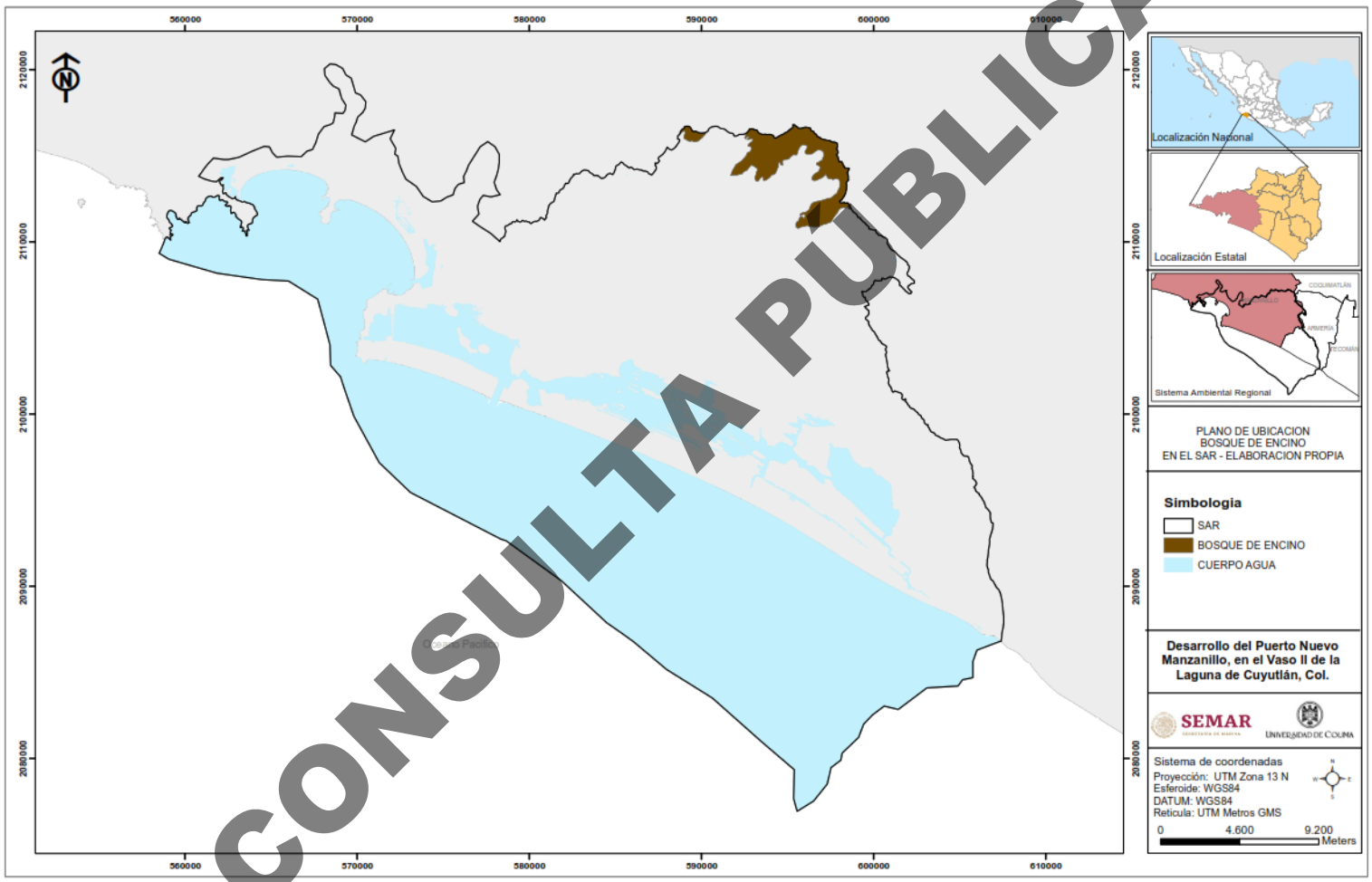
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 106. Ubicación de la selva mediana subcaducifolia del SAR.



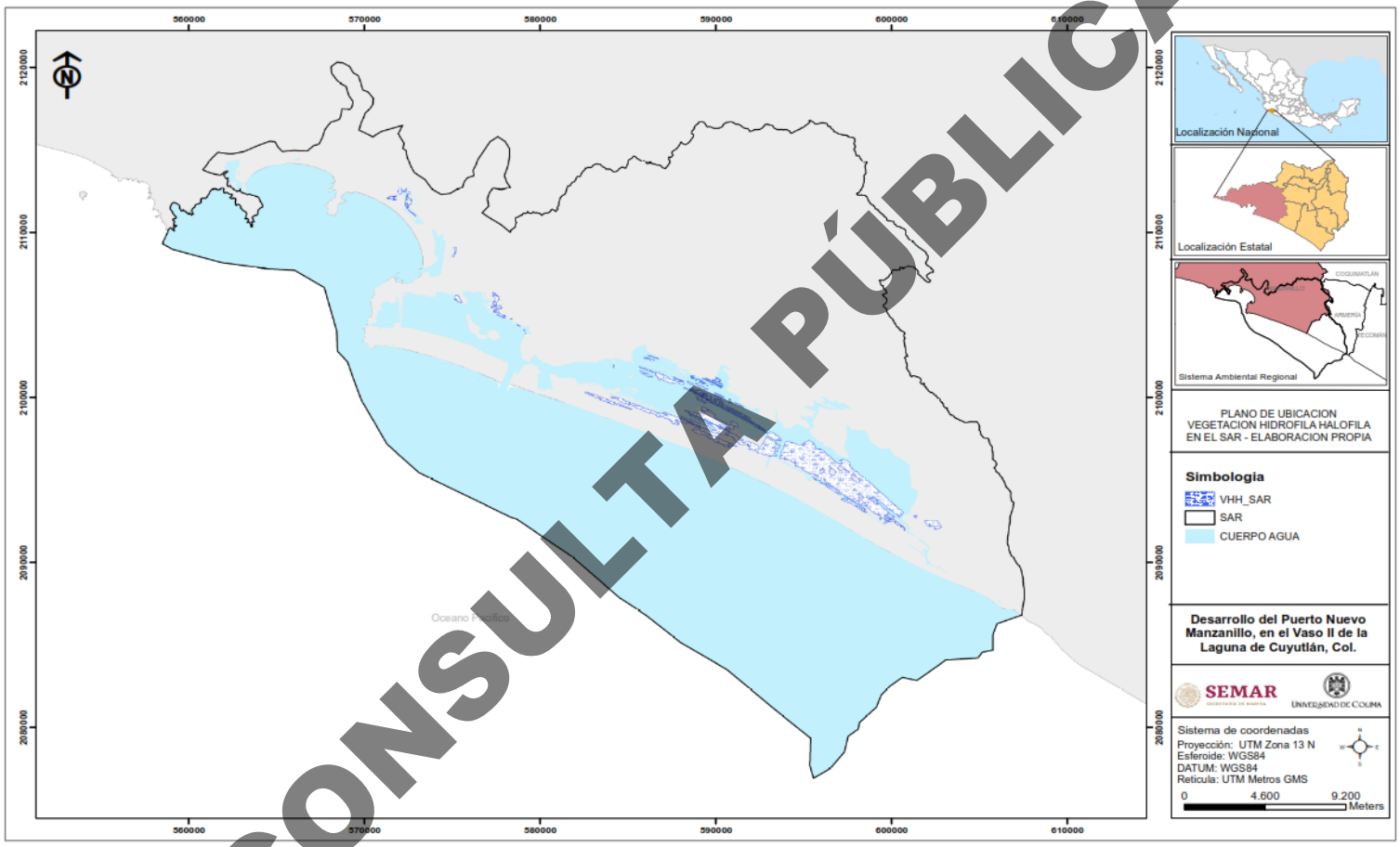
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 107. Plano de ubicación del manglar en el SAR



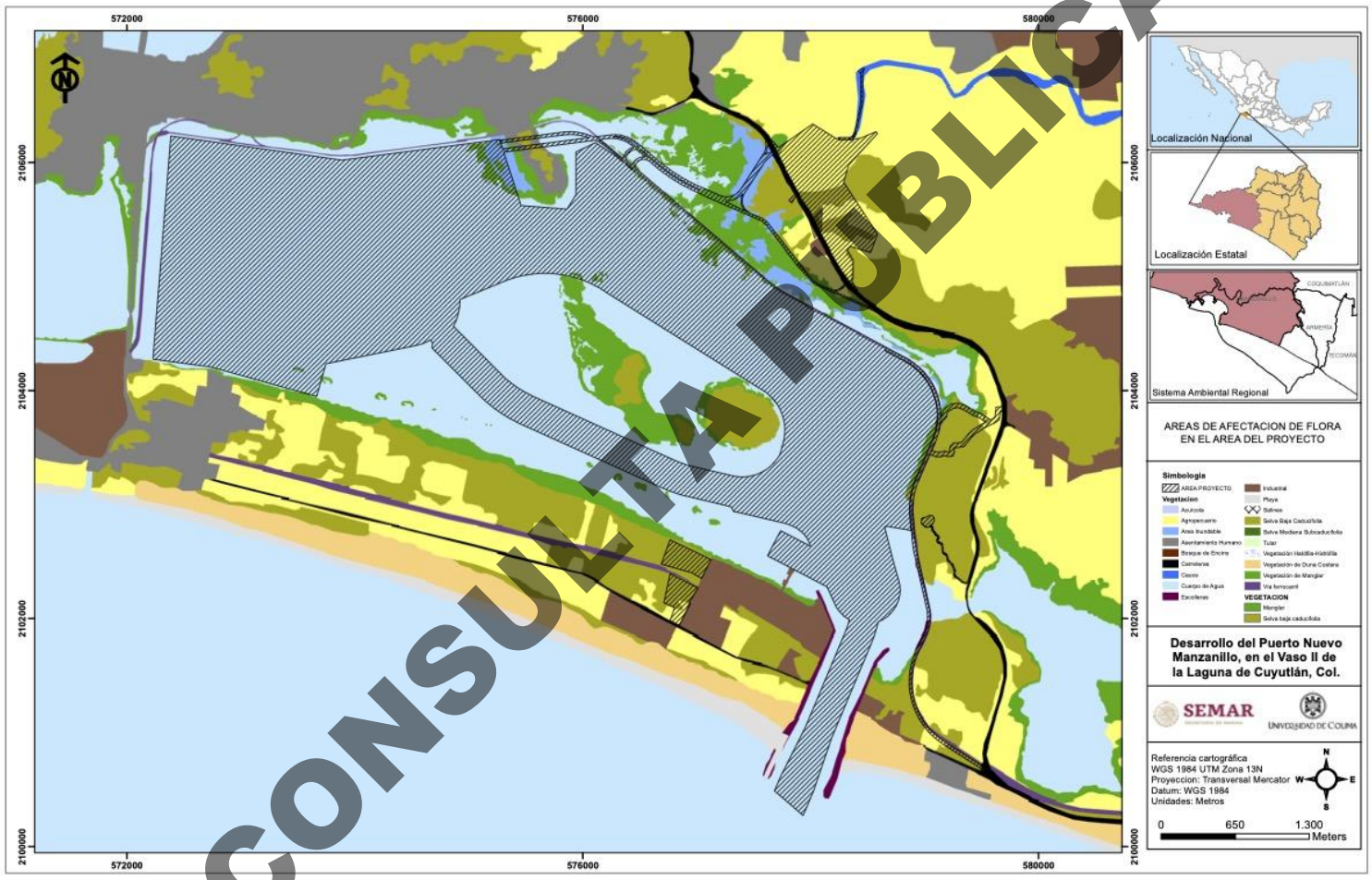
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 108. Plano de ubicación del bosque de encino en el SAR



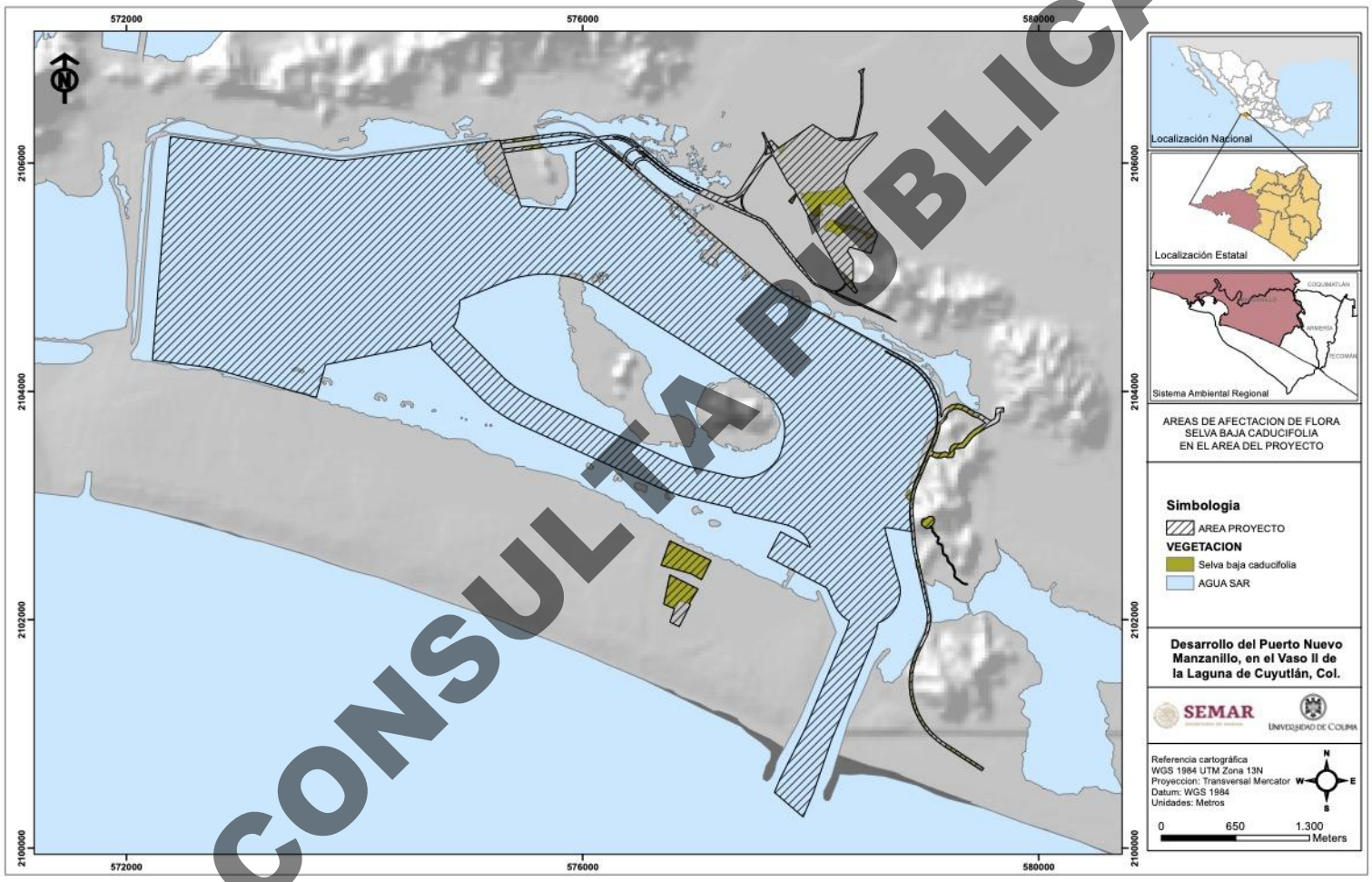
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 109. Plano de ubicación de la vegetación Halófila – Hidrófita en el SAR



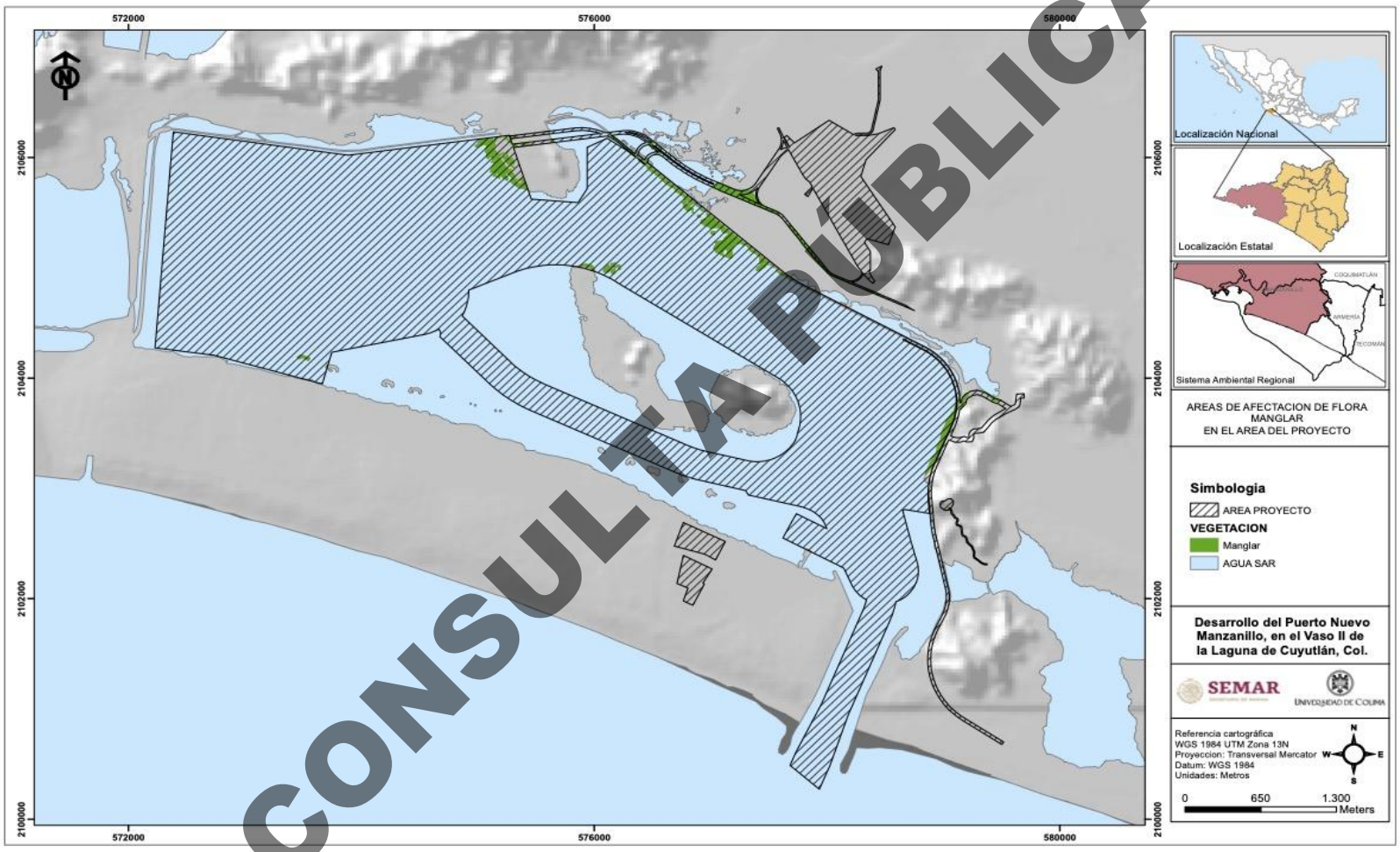
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 110. Uso de suelo y vegetación del proyecto elaboración propia



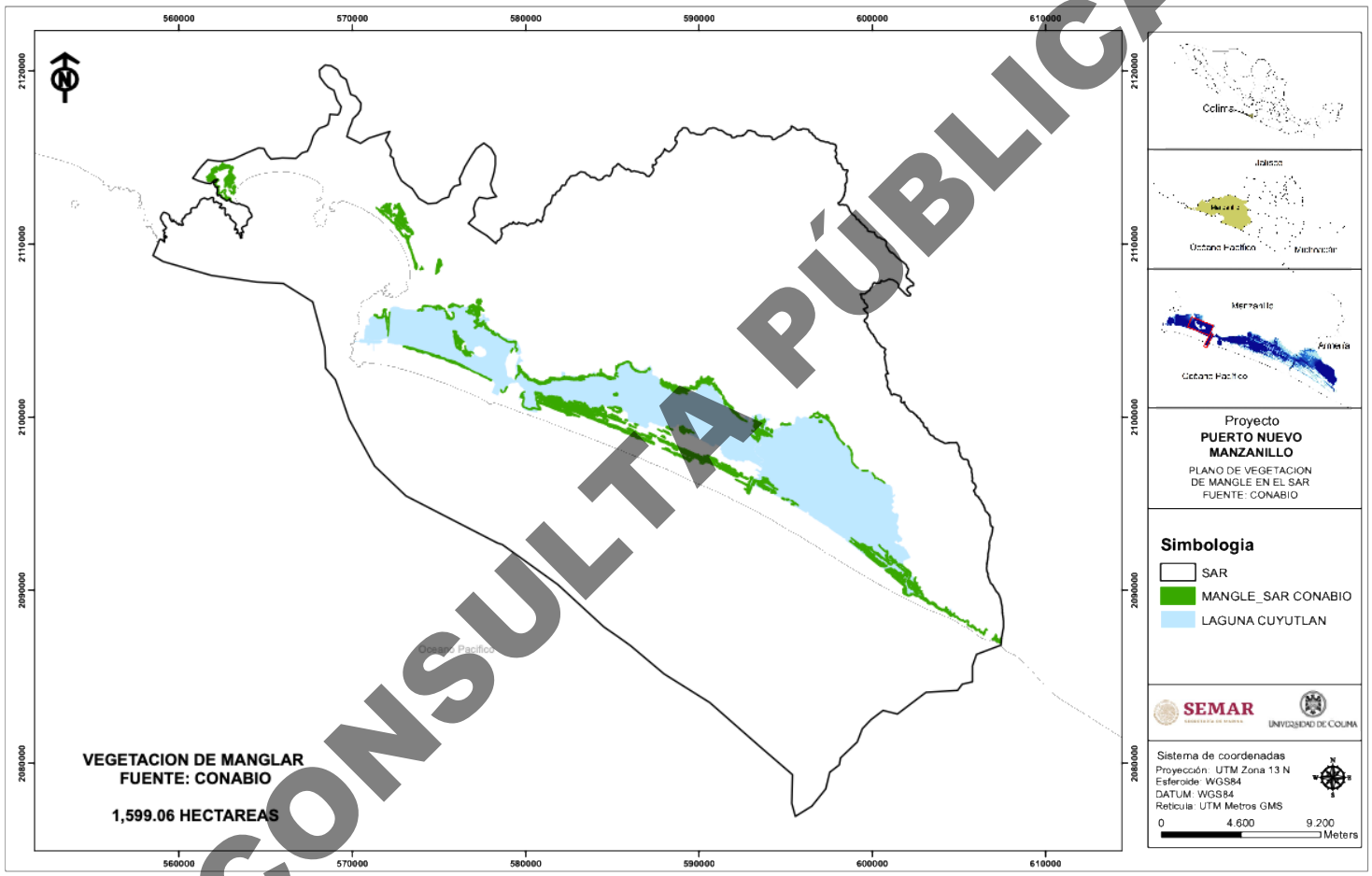
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 111. Vista de la ubicación de la SBC en el área del proyecto



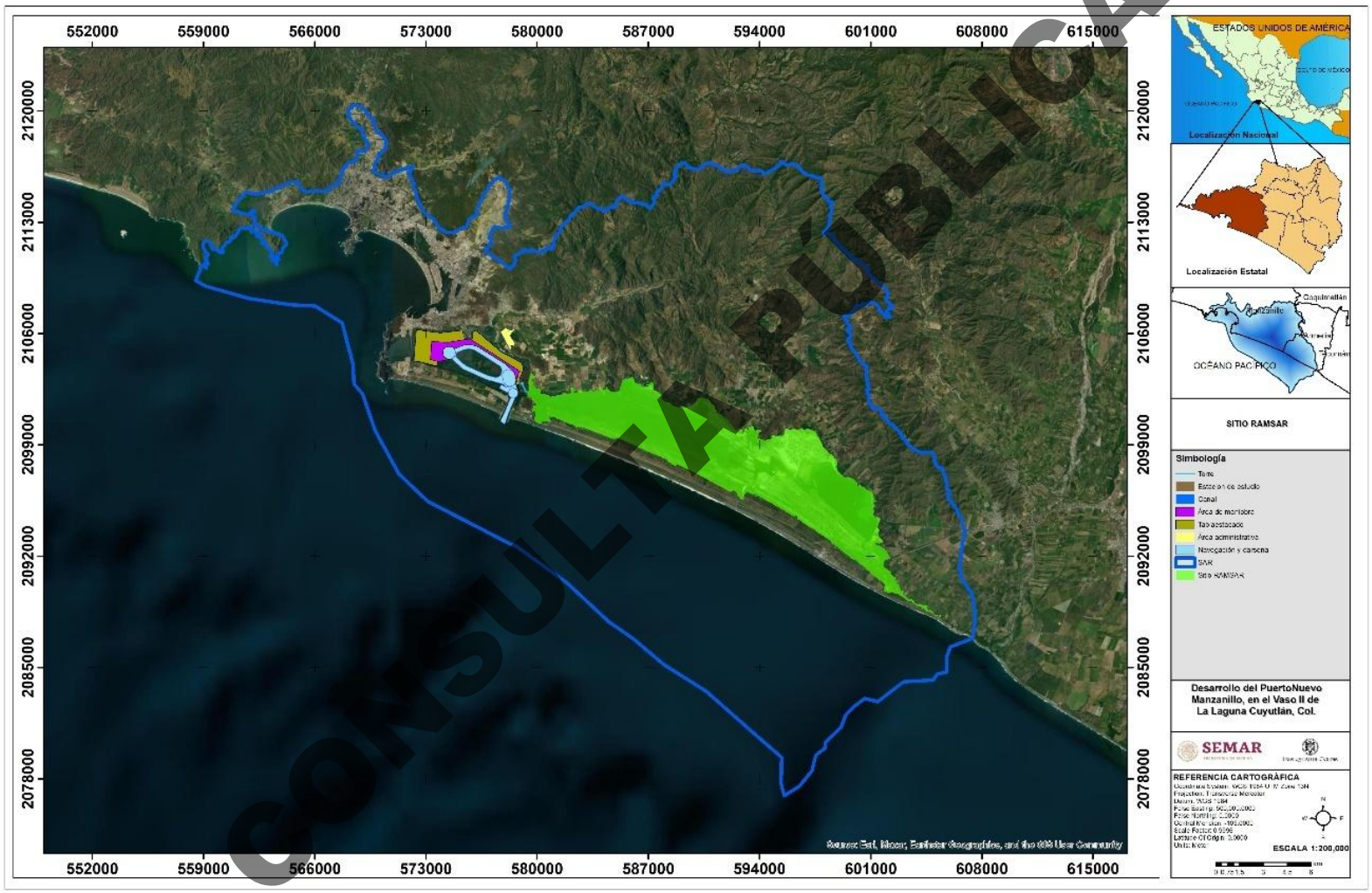
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 112. Plano de ubicación del manglar en el área del proyecto



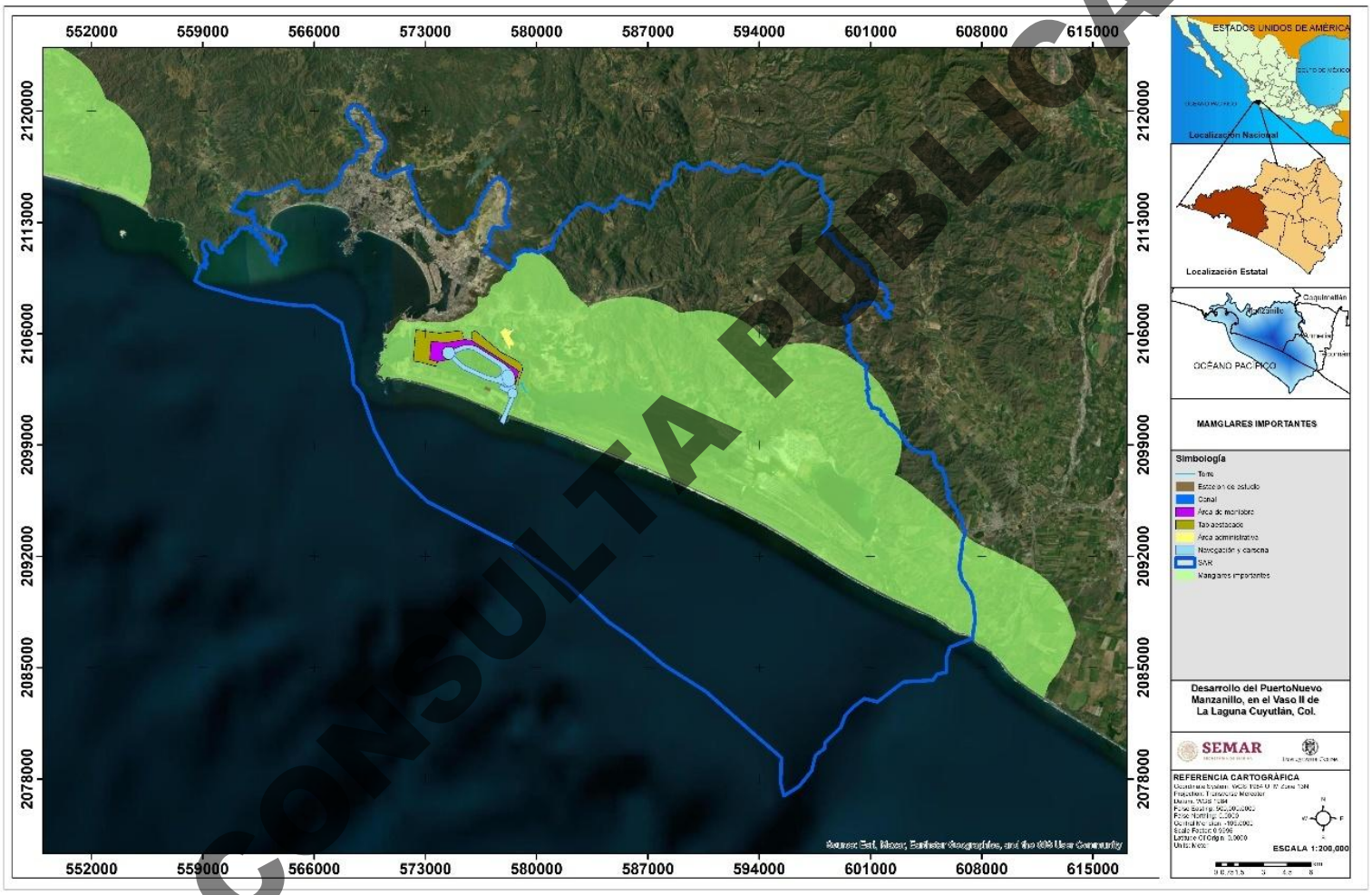
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 113. Manglar en el SAR de acuerdo con Conabio



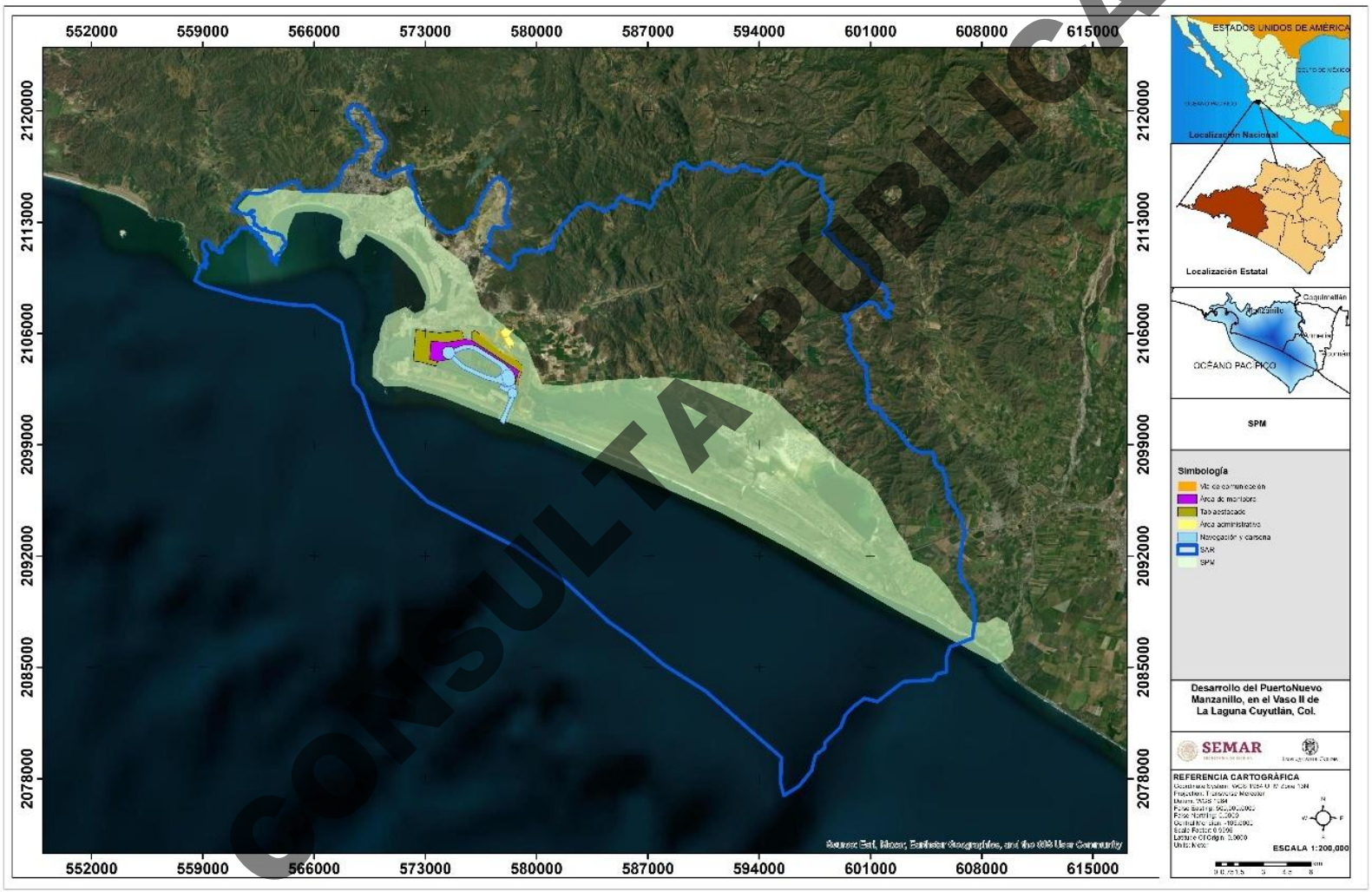
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 114. Sitios RAMSAR en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto.

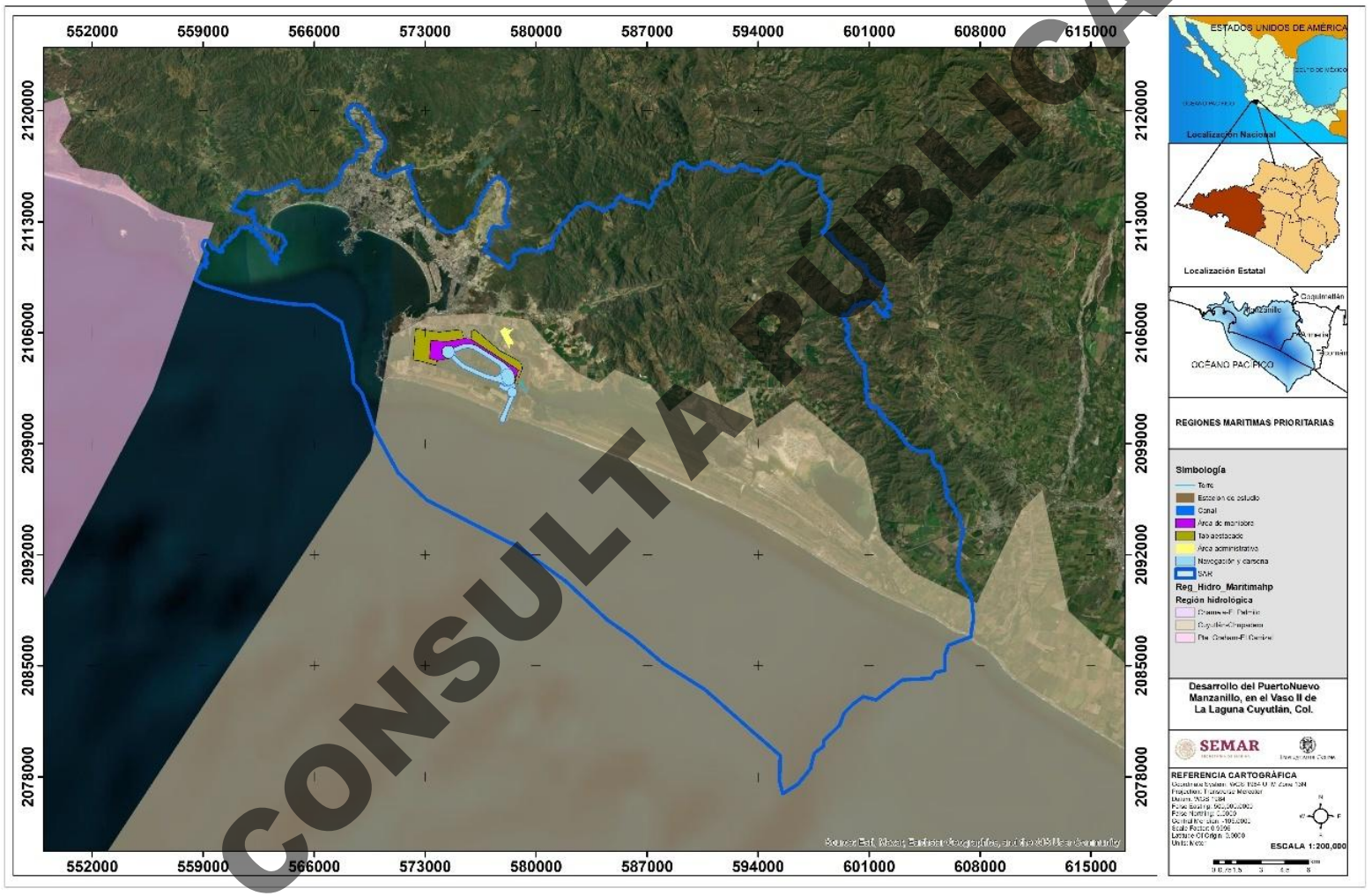


CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 115. Sitios de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación en relación con el SAR

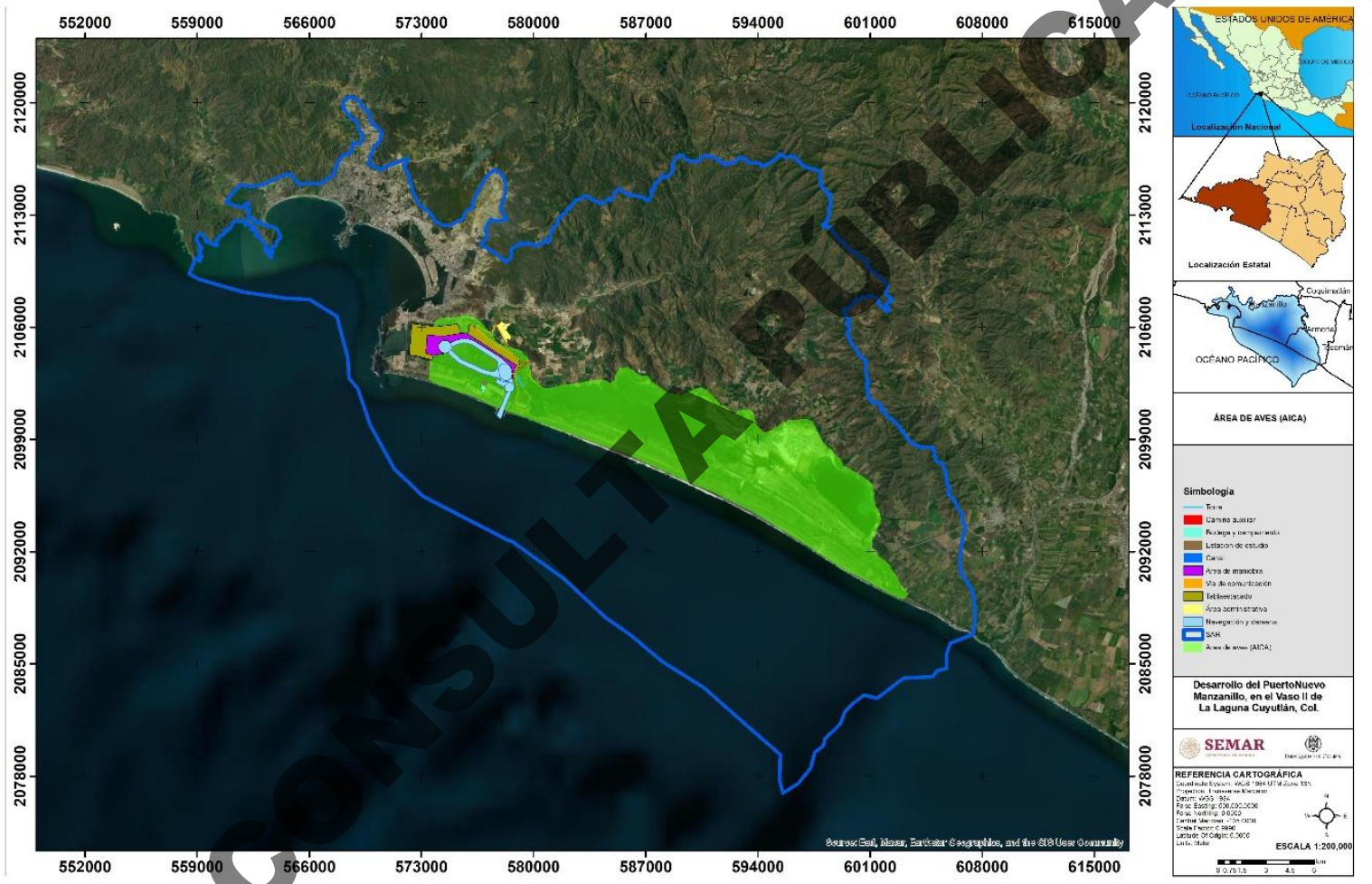


Mapa IV. 116. Sitio Marino Prioritario en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto.



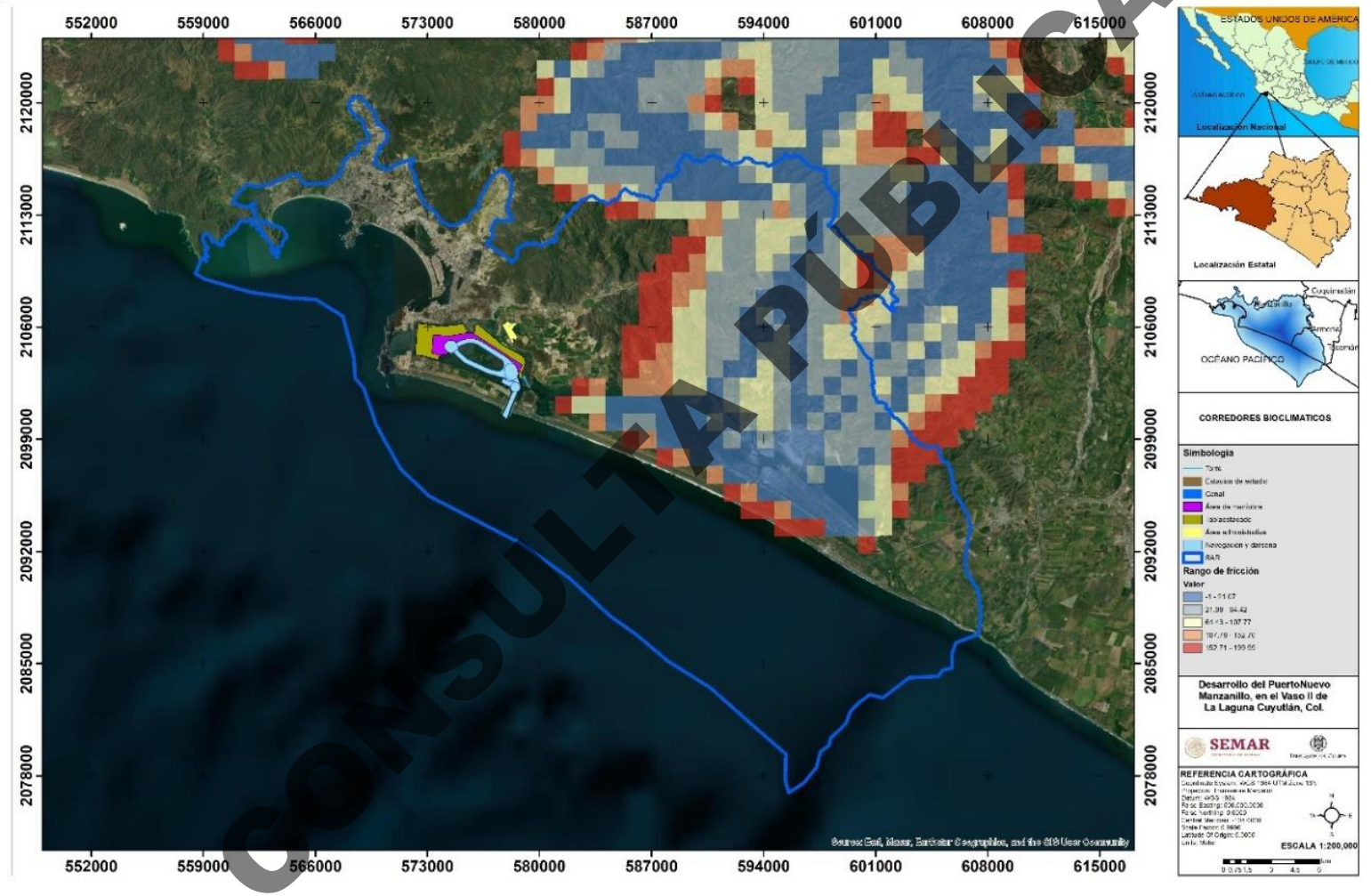
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 117. Regiones Marinas Prioritarias en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto.



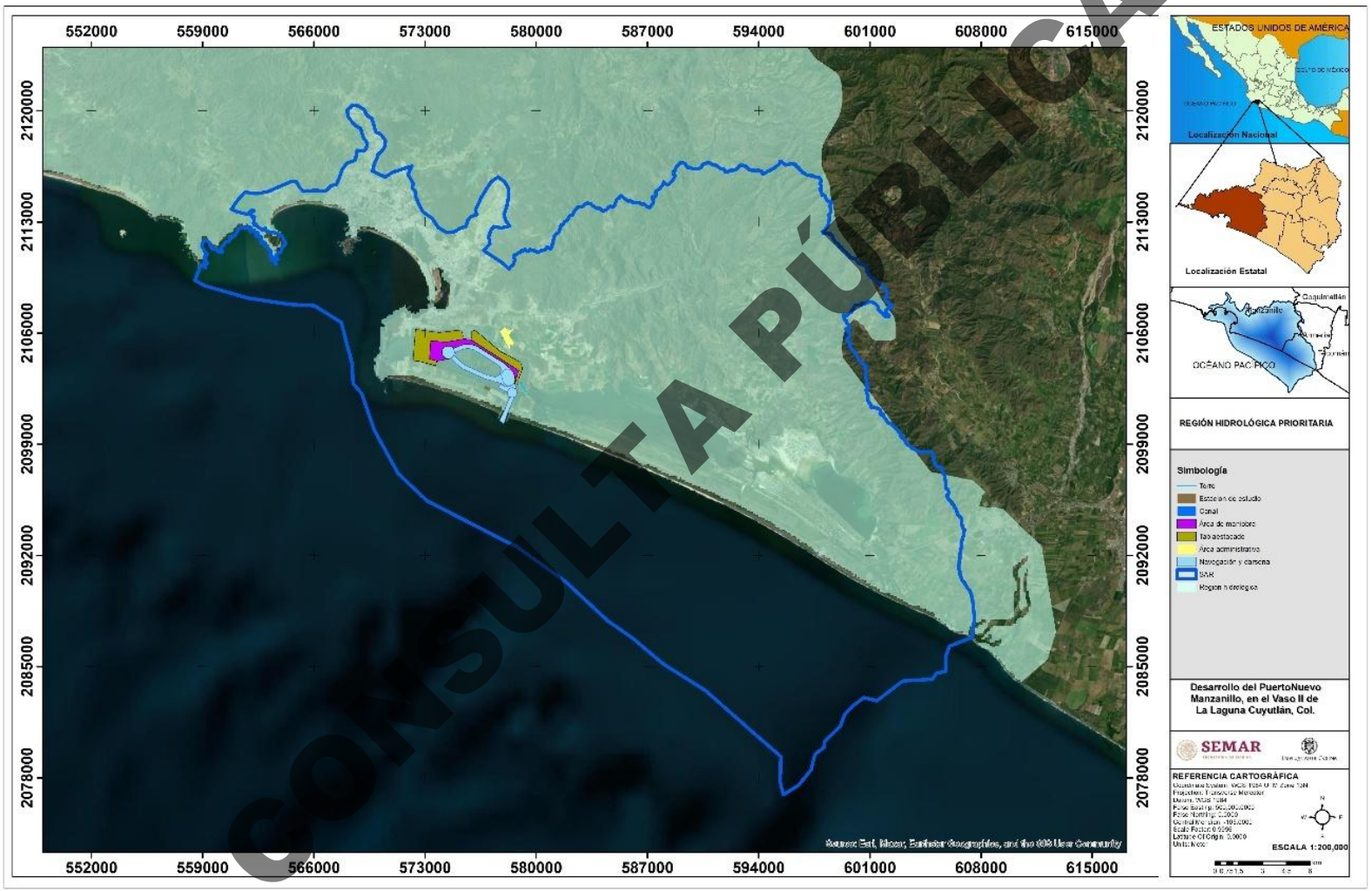
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 118. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto.



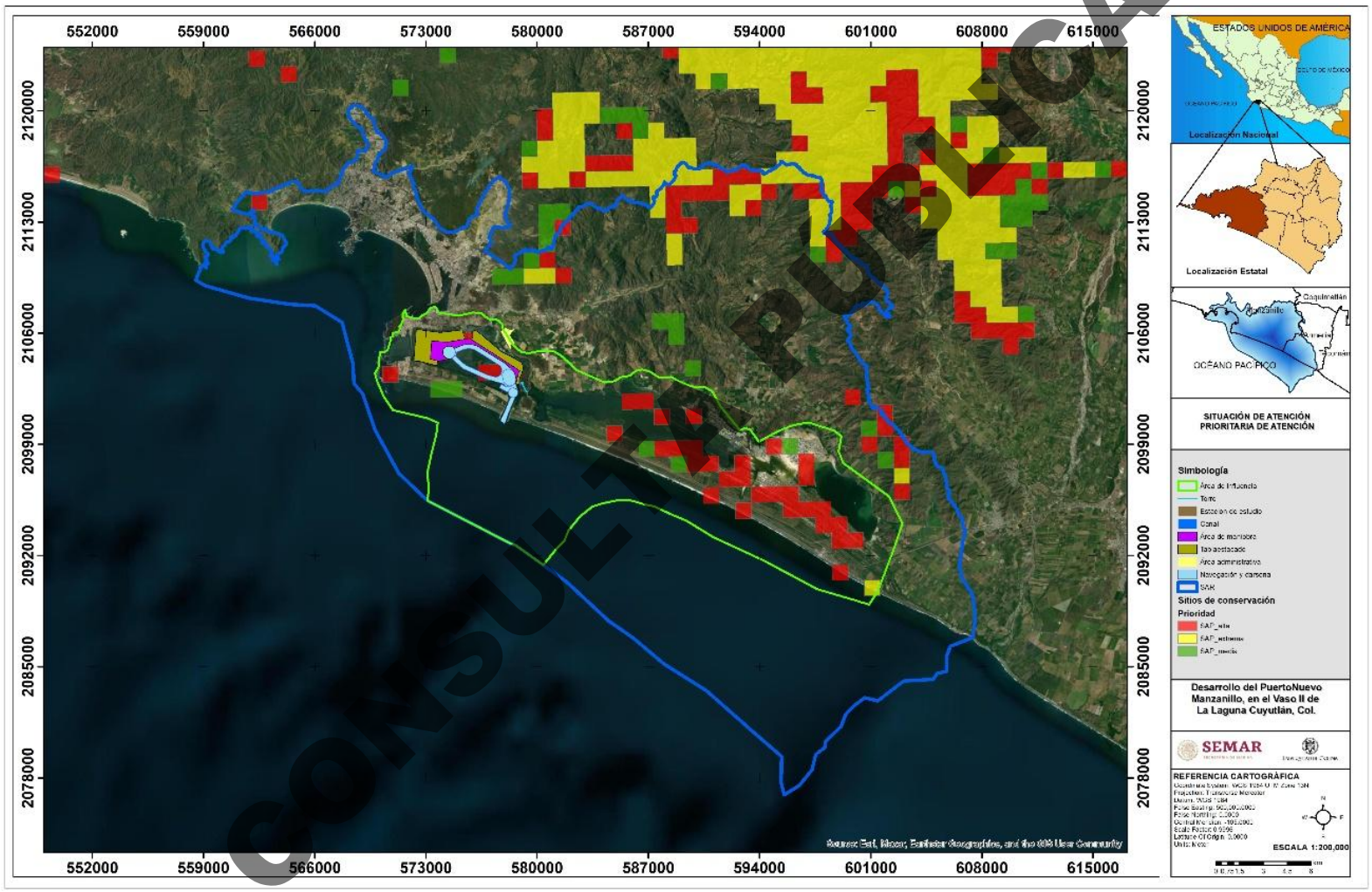
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 119. Corredores bioclimáticos en relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto.



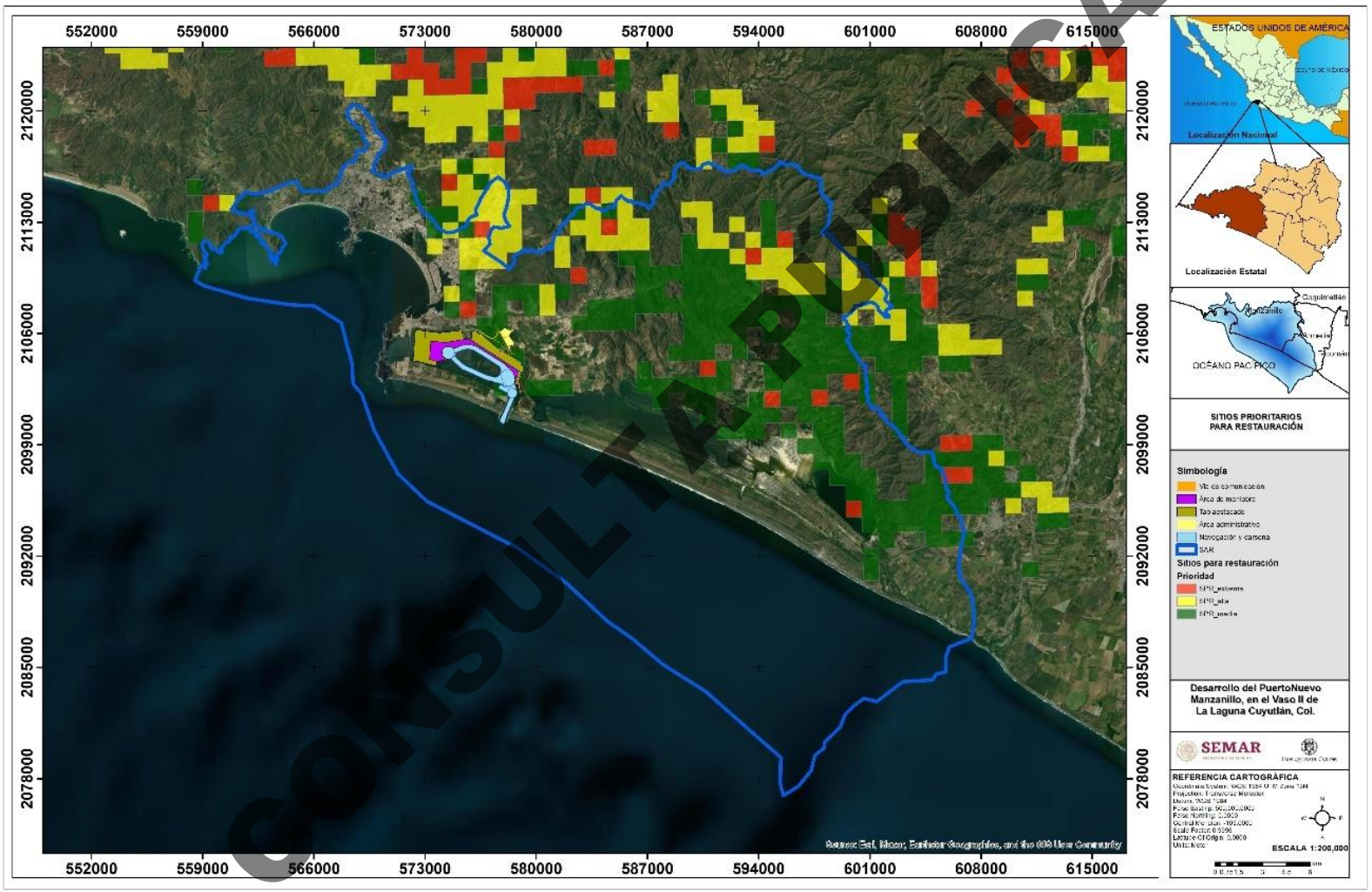
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 120. RHP-25 (Ríos Purificación-Armería) relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto



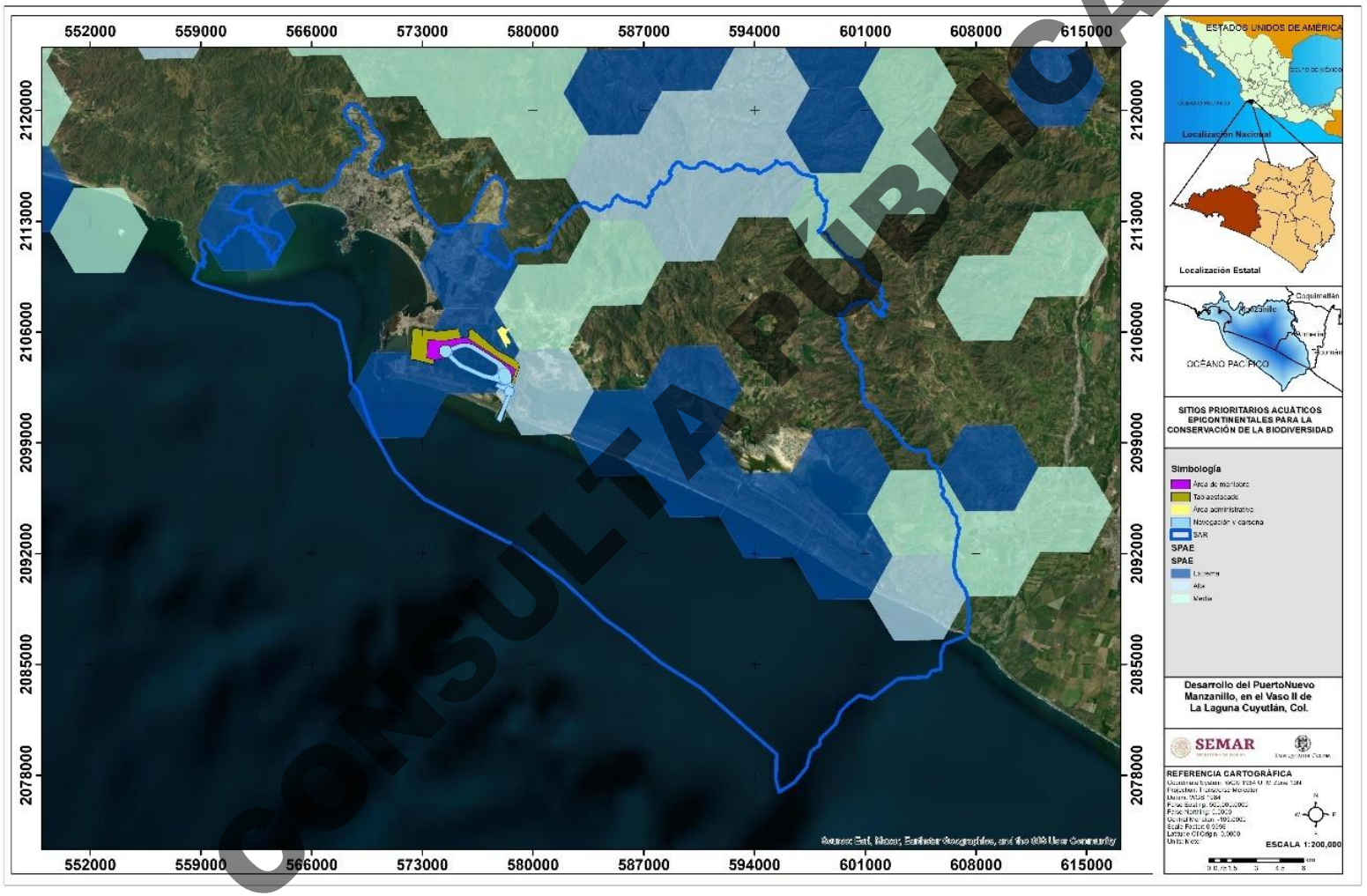
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 121. Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto



Mapa IV. 122. Sitios Prioritarios para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto

CONSULTA PÚBLICA



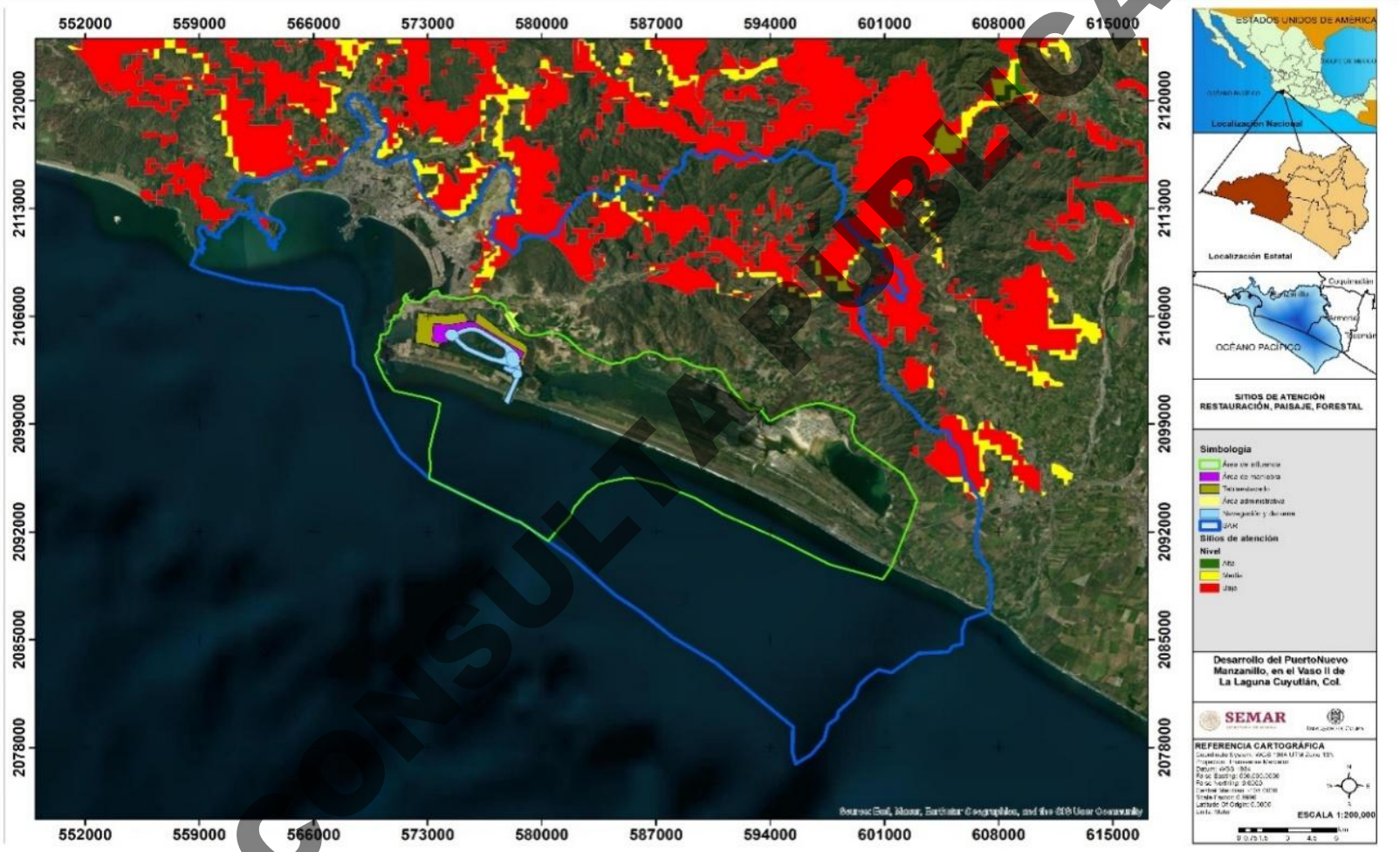
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 123. Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto



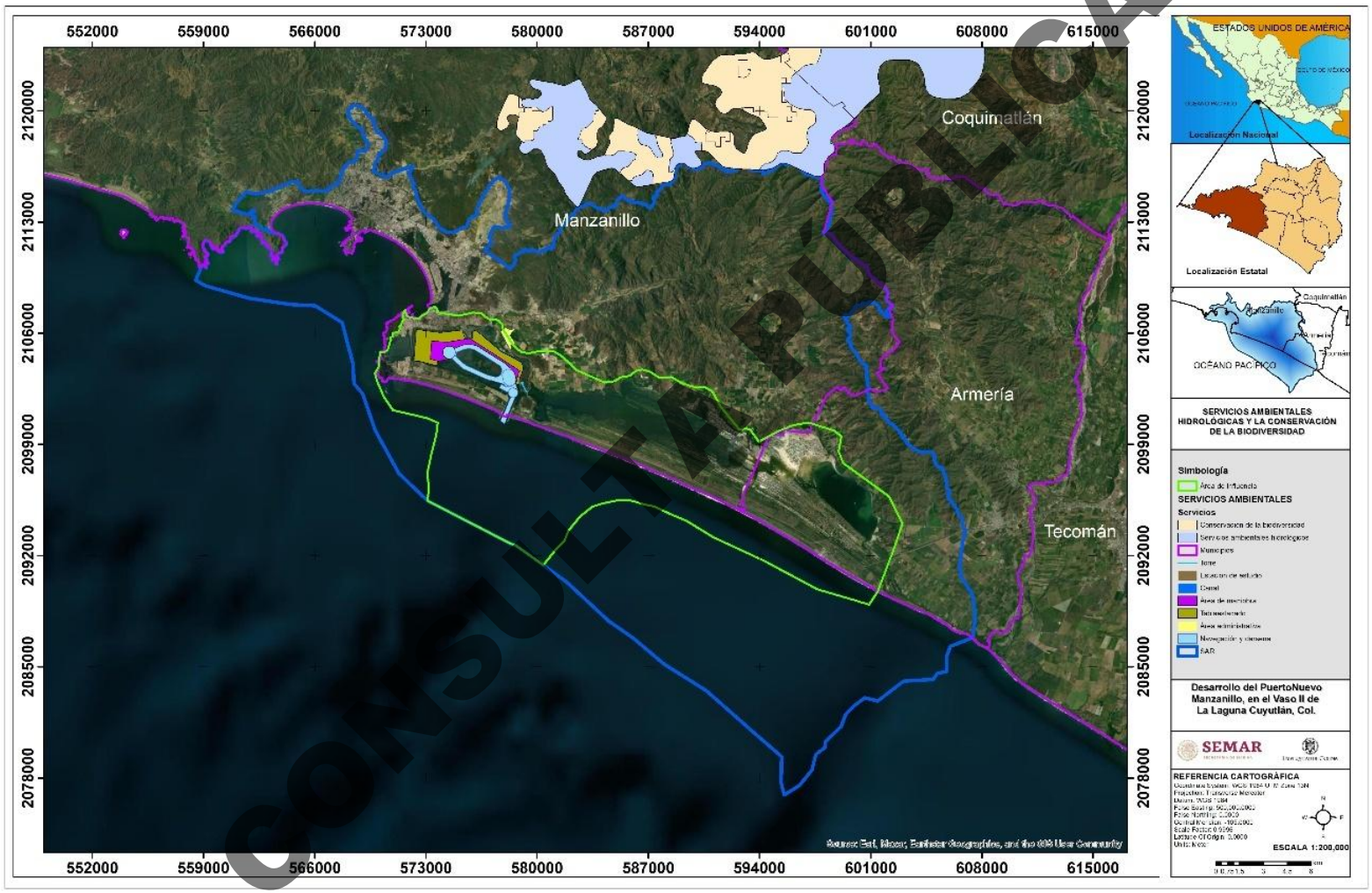
Mapa IV. 1244. Regiones Terrestres Prioritarias y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto

CONSULTA PÚBLICA



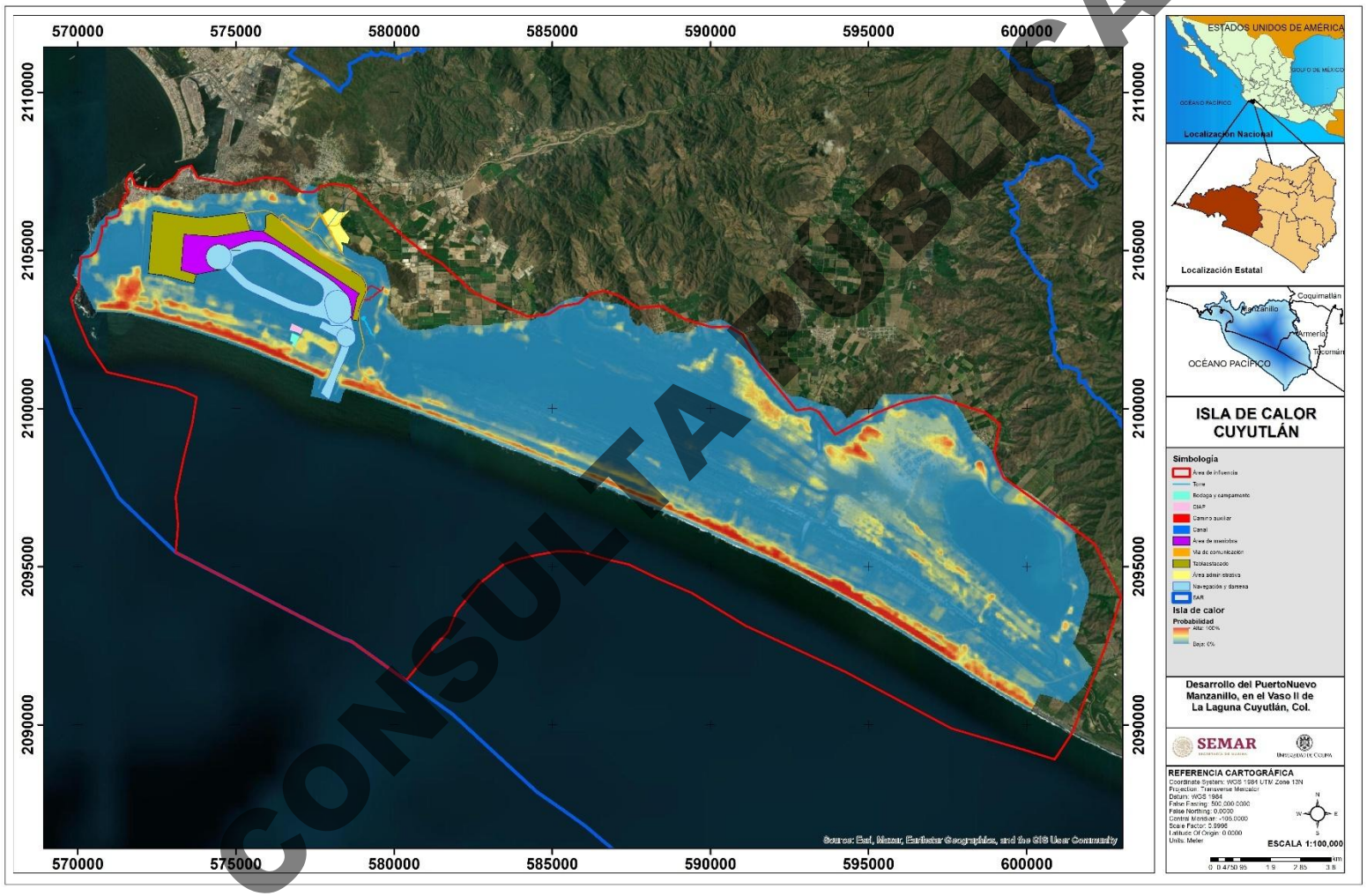
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 125. Sitios de Atención para la Restauración del Paisaje y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto.



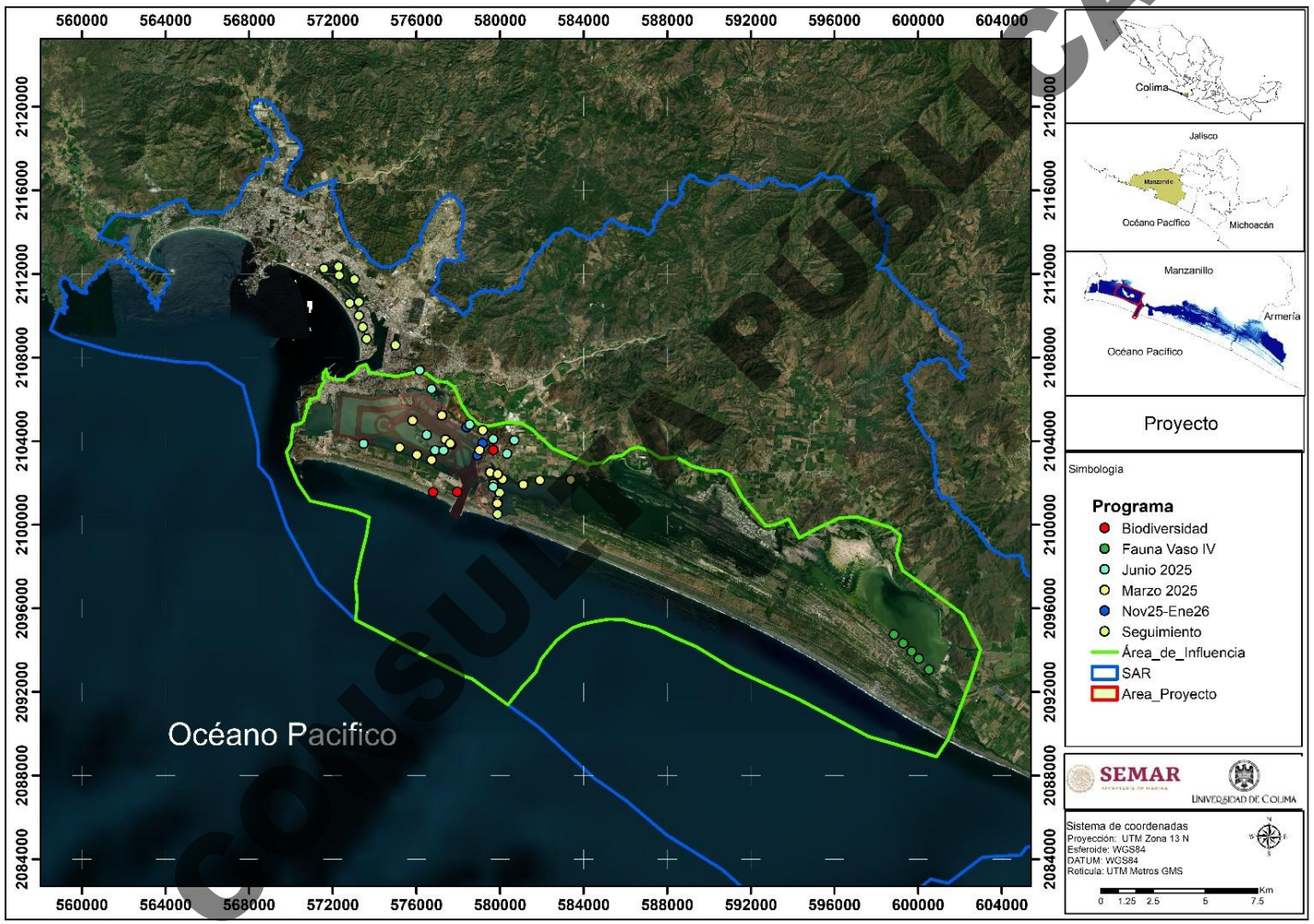
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 126. Áreas Elegibles para la Conservación y su relación con el SAR, Área de Influencia y del Proyecto



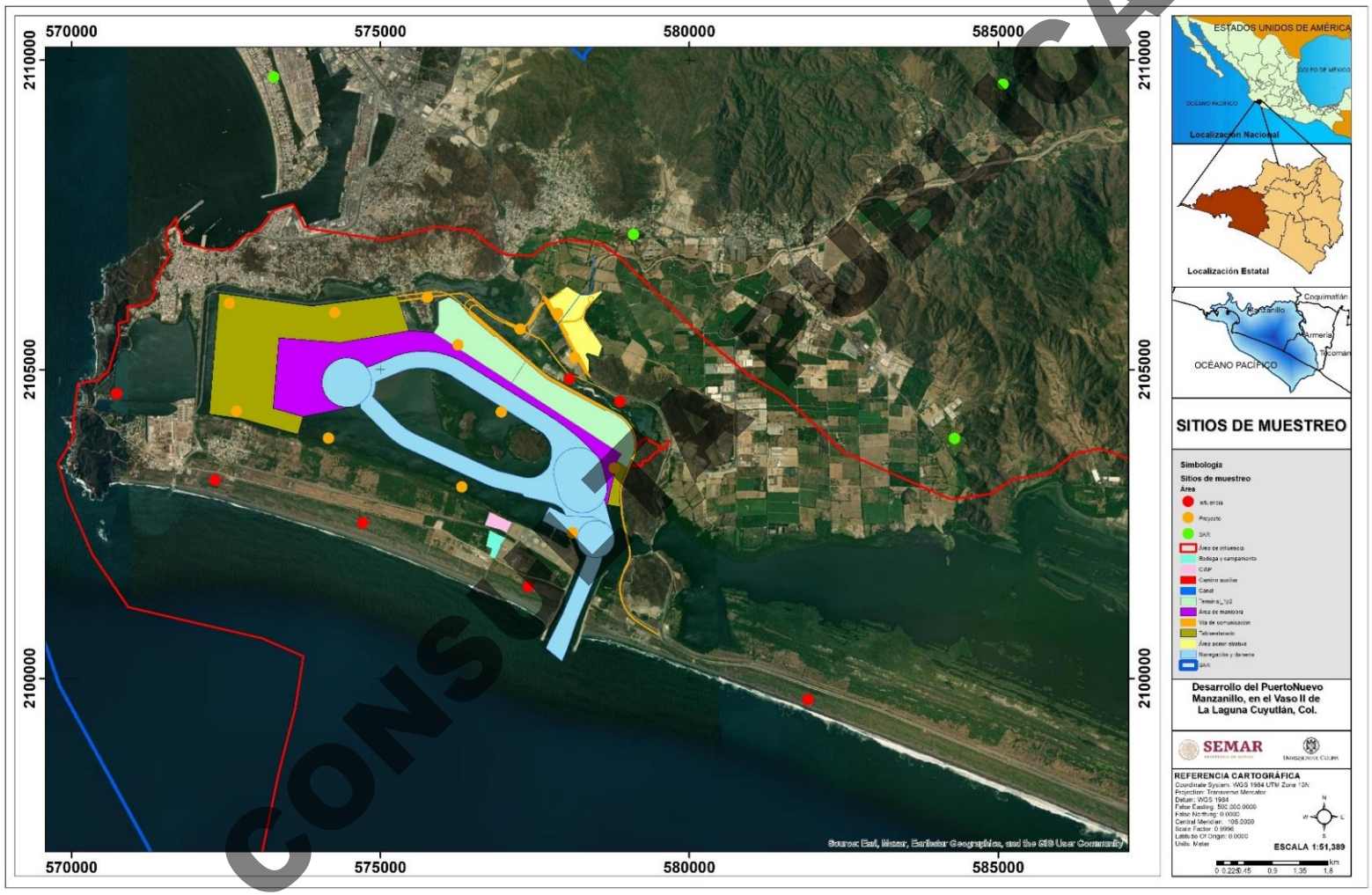
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 127. Comportamiento térmico observado en la laguna de Cuyutlán



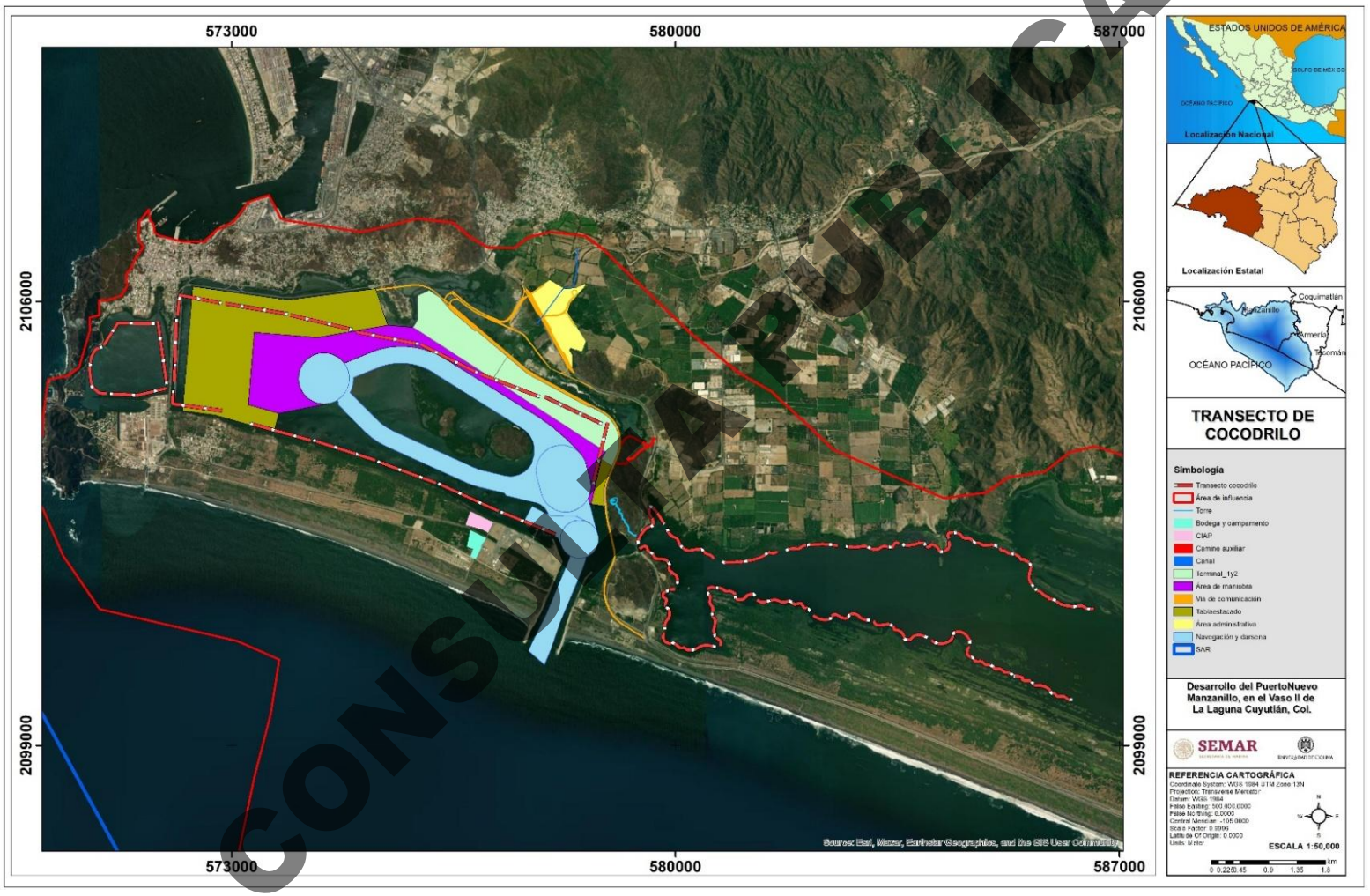
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 128. Sitios previos al muestreo de fauna.

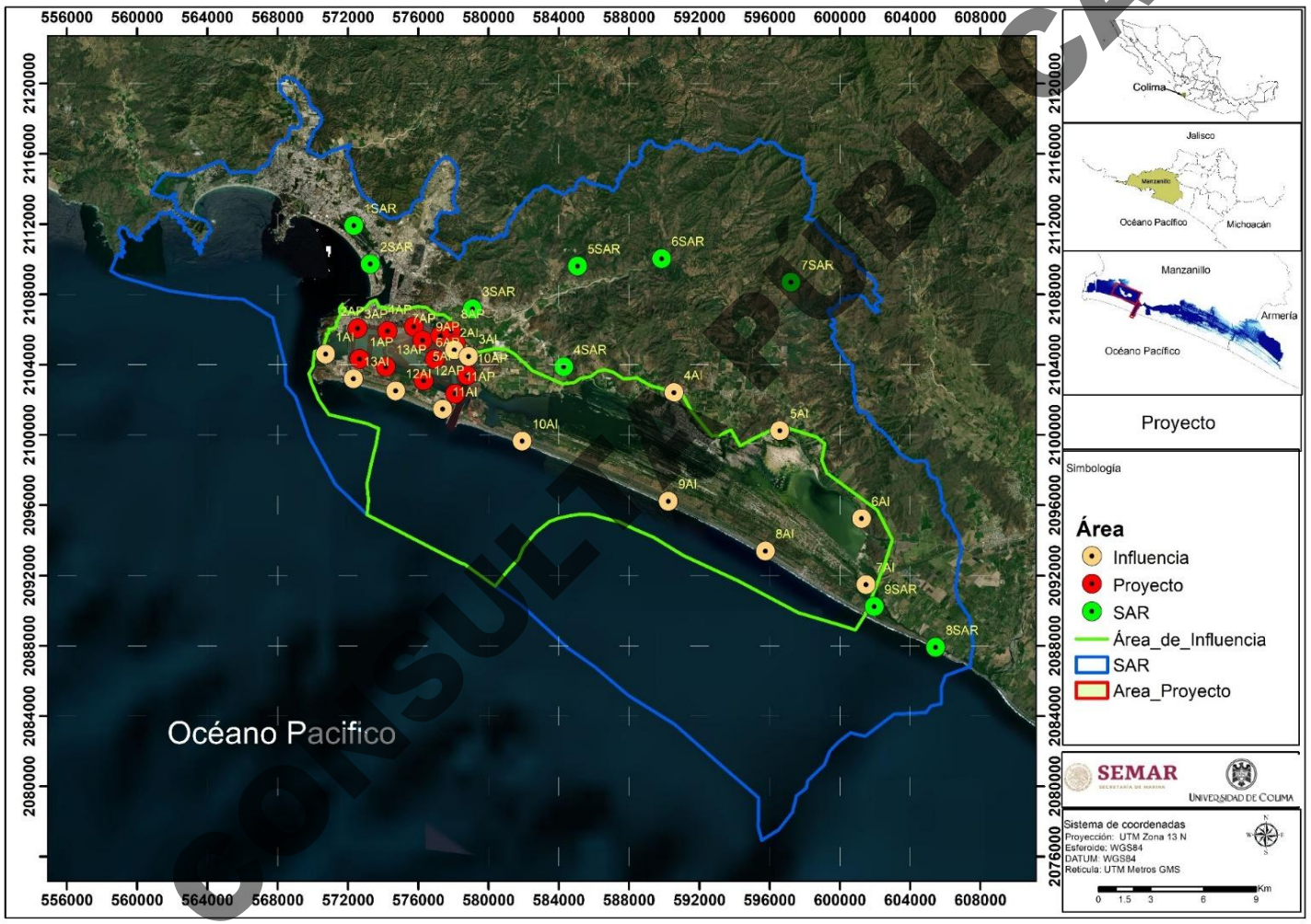


CONSULTA PÚBLICA

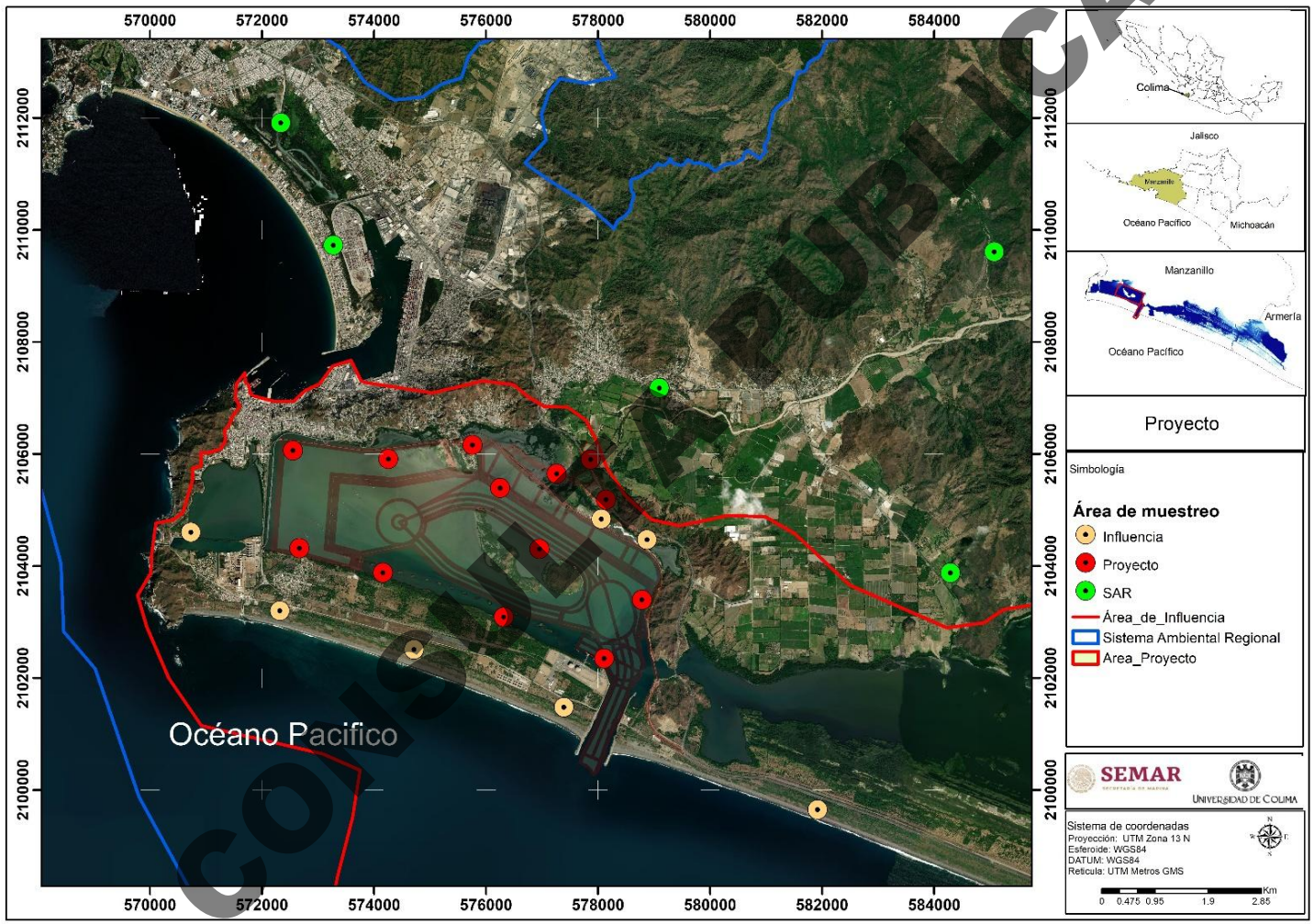
Mapa IV. 129. Sitios de muestreo proyecto 1



Mapa IV. 130. Transectos de cocodrilo

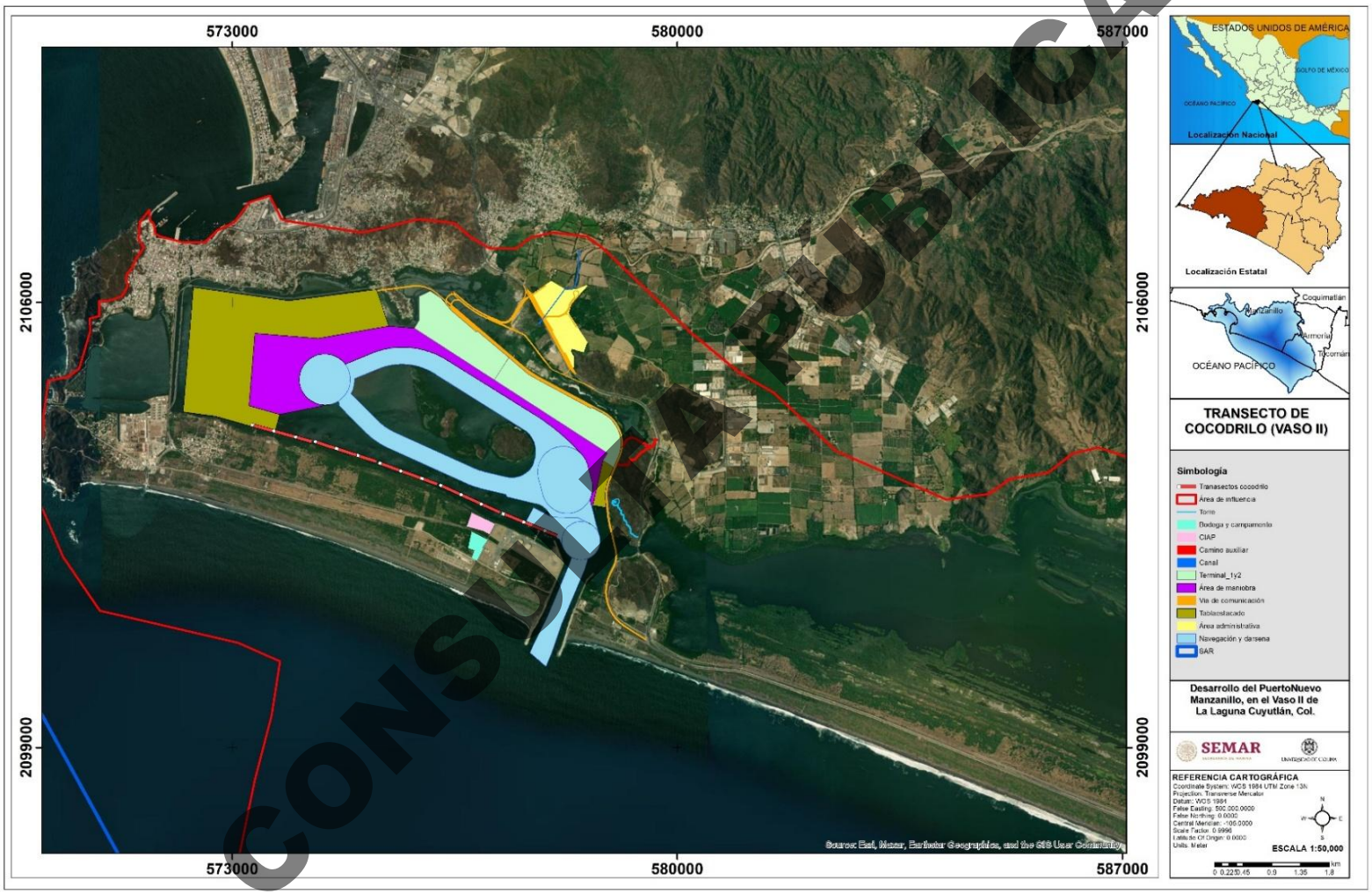


Mapa IV. 131. Sitios de muestreo de zonificación.



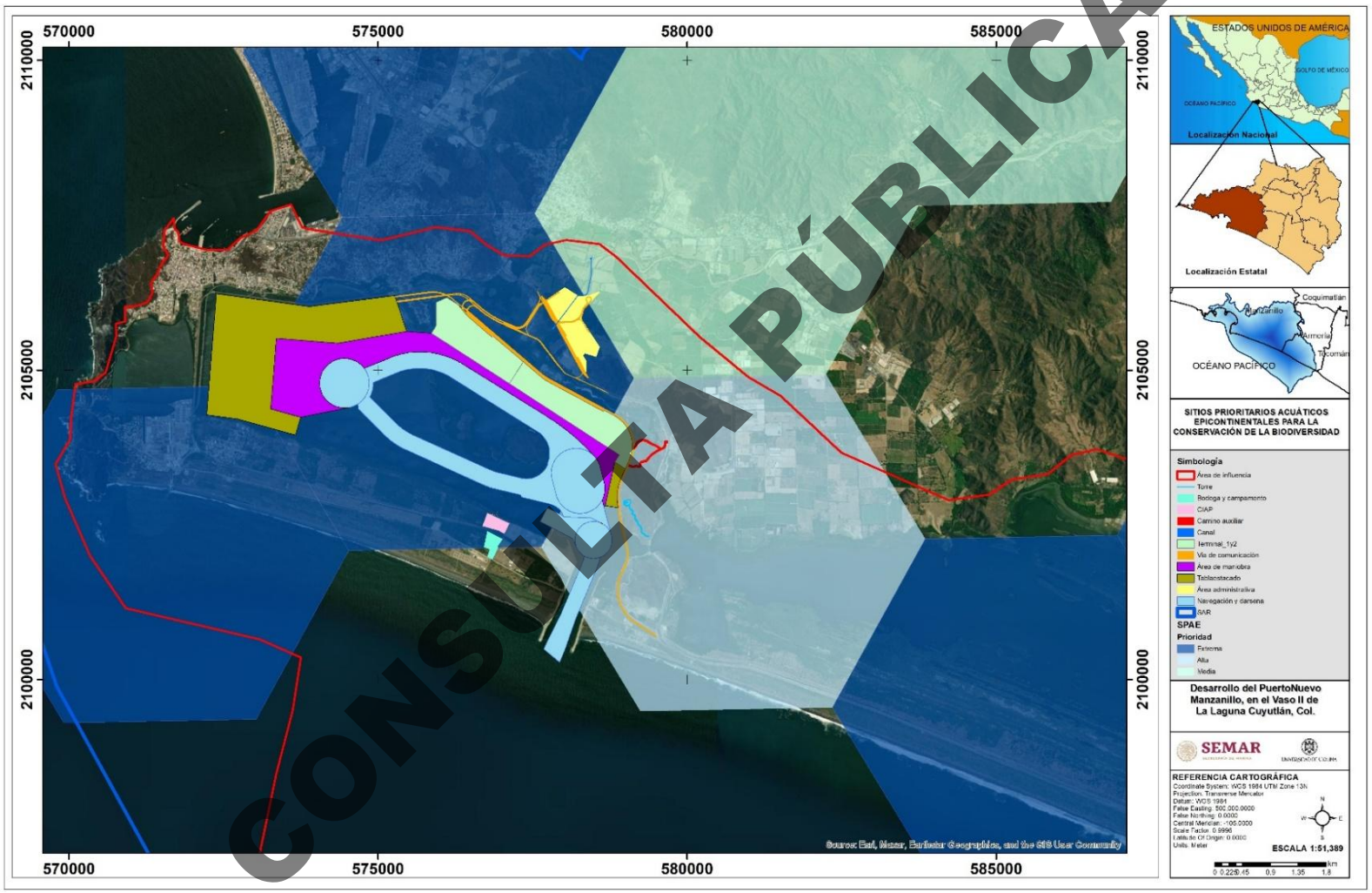
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 132. Acercamiento de sitios de muestreo.



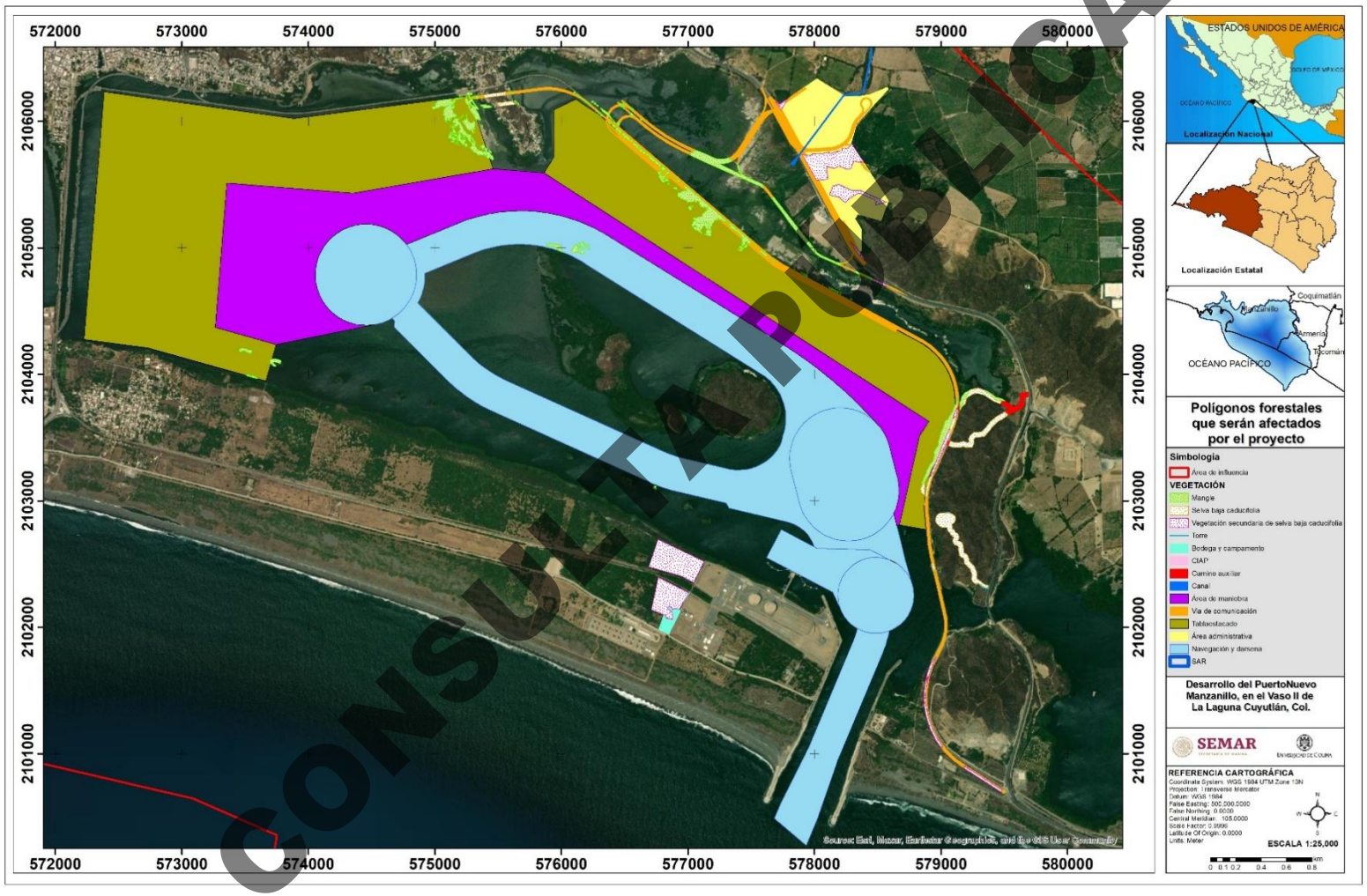
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 133. Transectos de muestreo de cocodrilos Vaso II



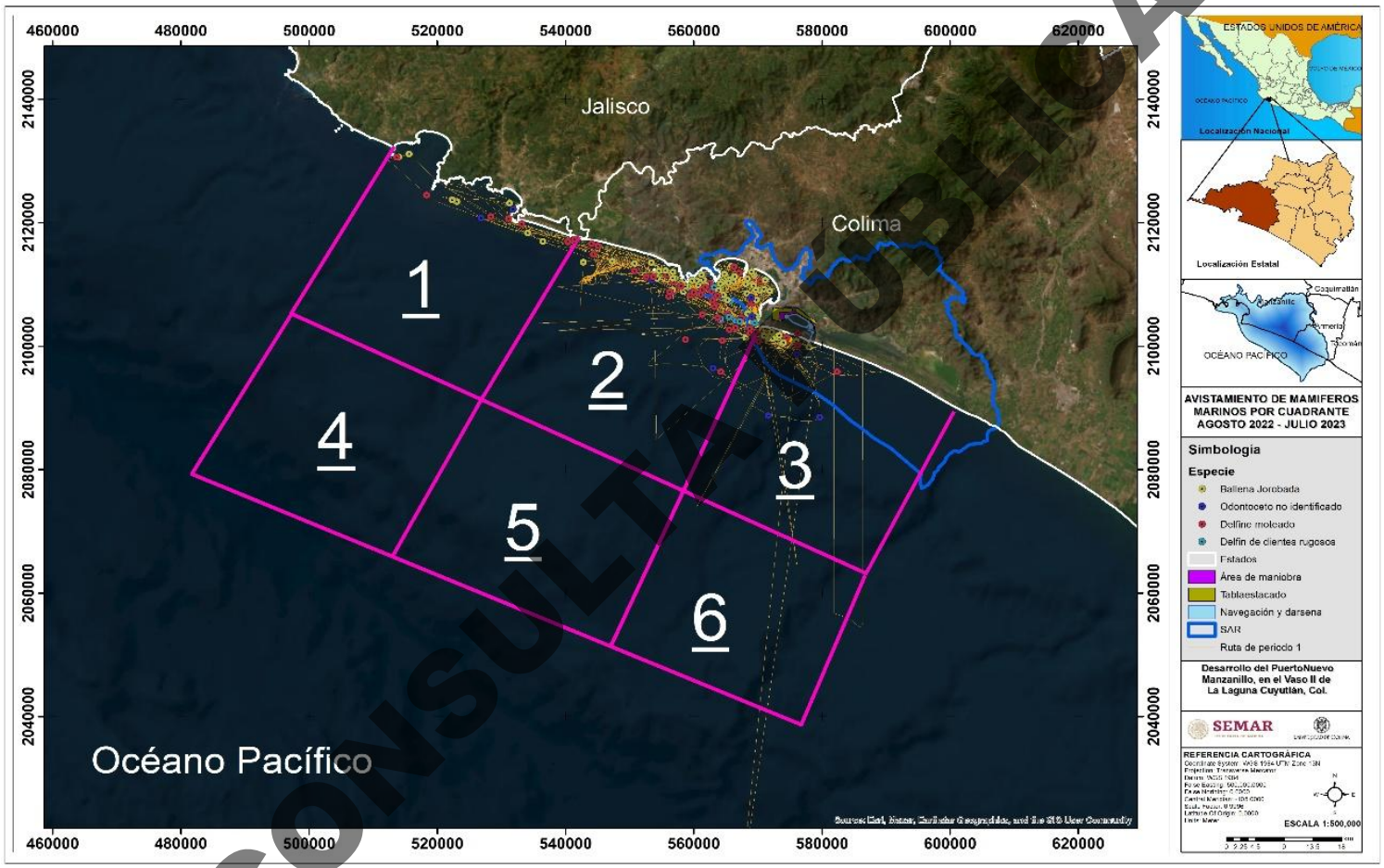
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 134. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad.



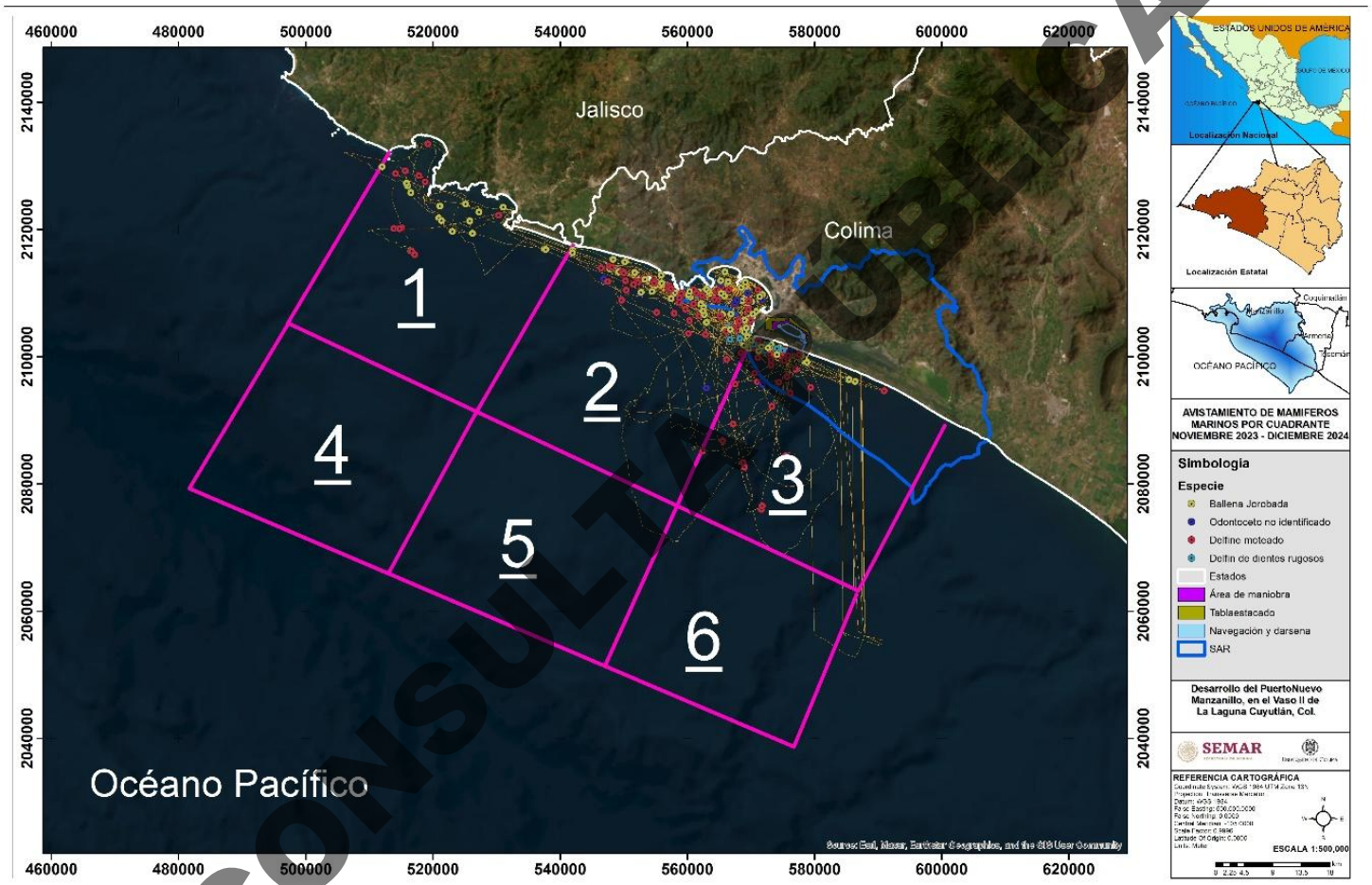
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 135. Polígonos forestales que serán afectados por el proyecto.



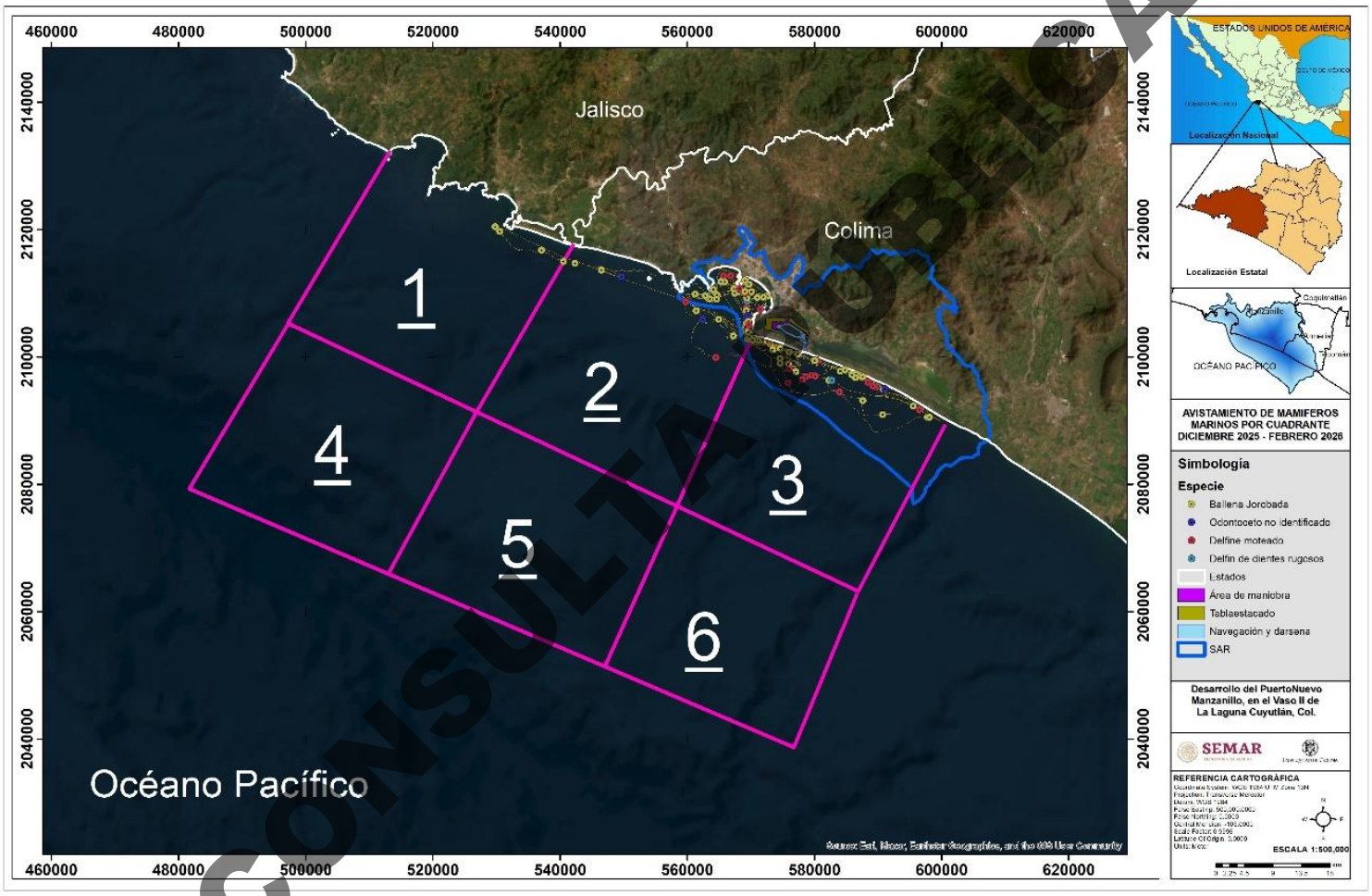
Mapa IV. 136. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

CONSULTA PÚBLICA



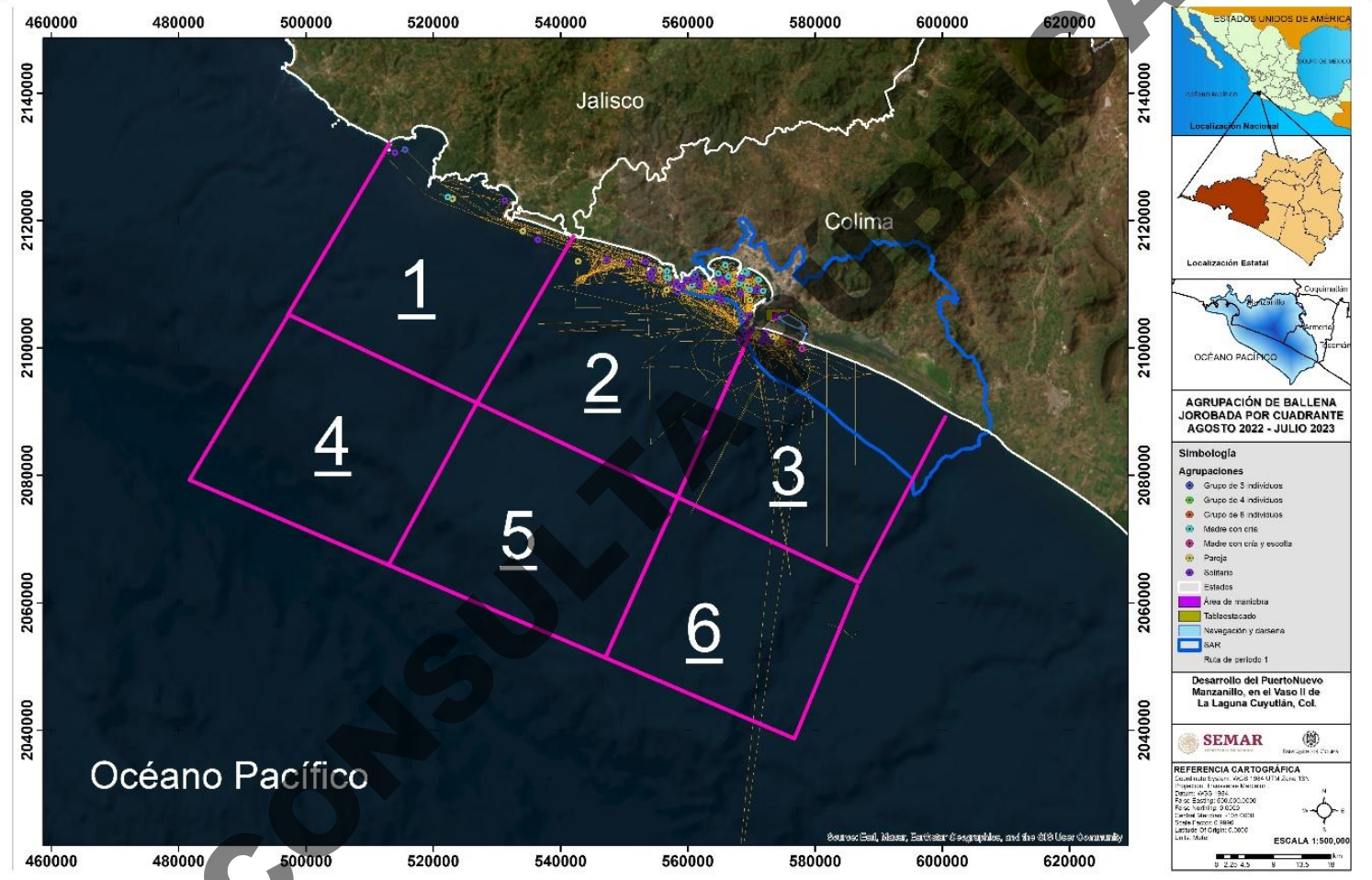
Mapa IV. 137. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

CONSULTA PÚBLICA



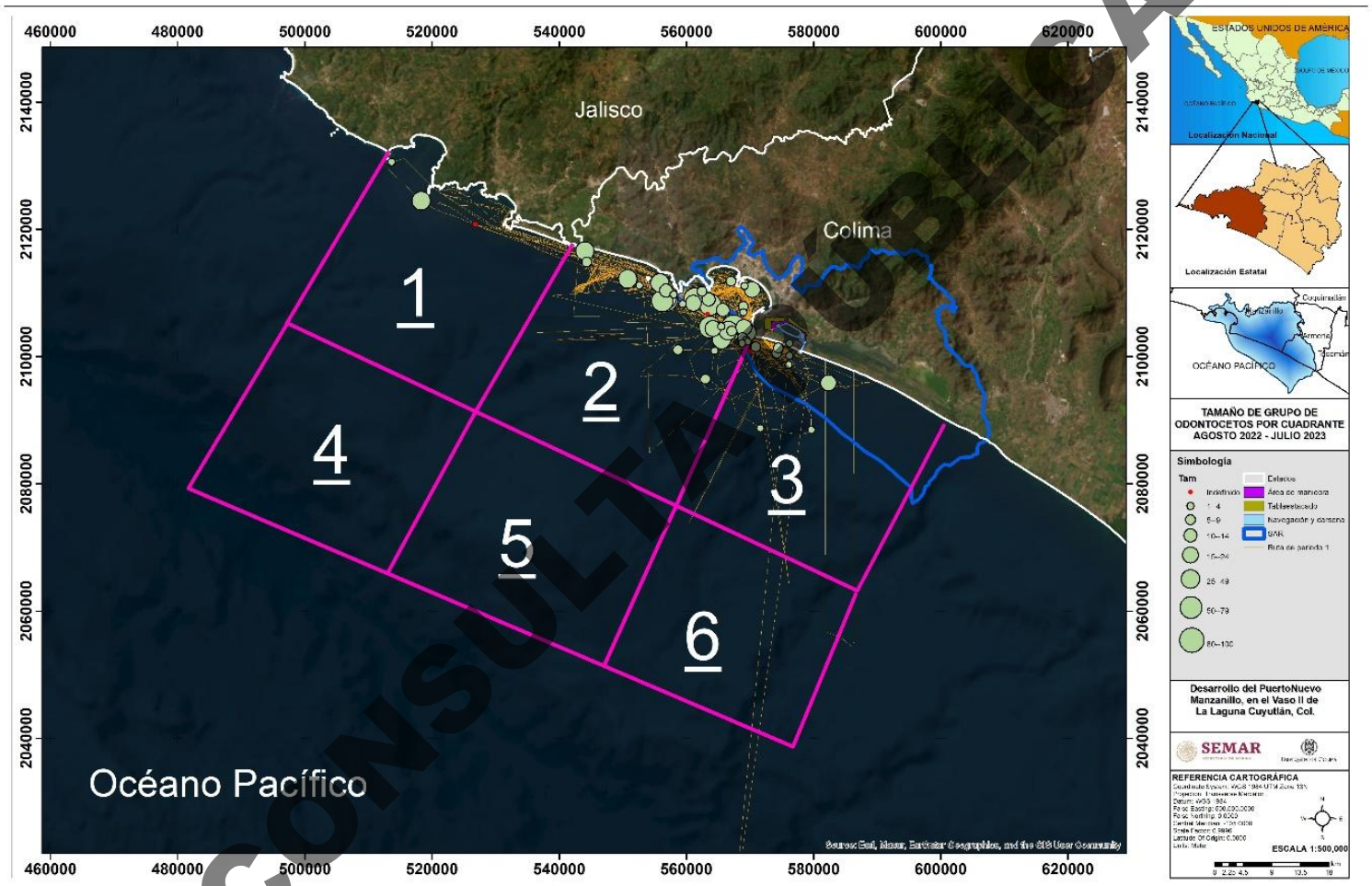
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 138. Localización geográfica de los avistamientos de mamíferos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.



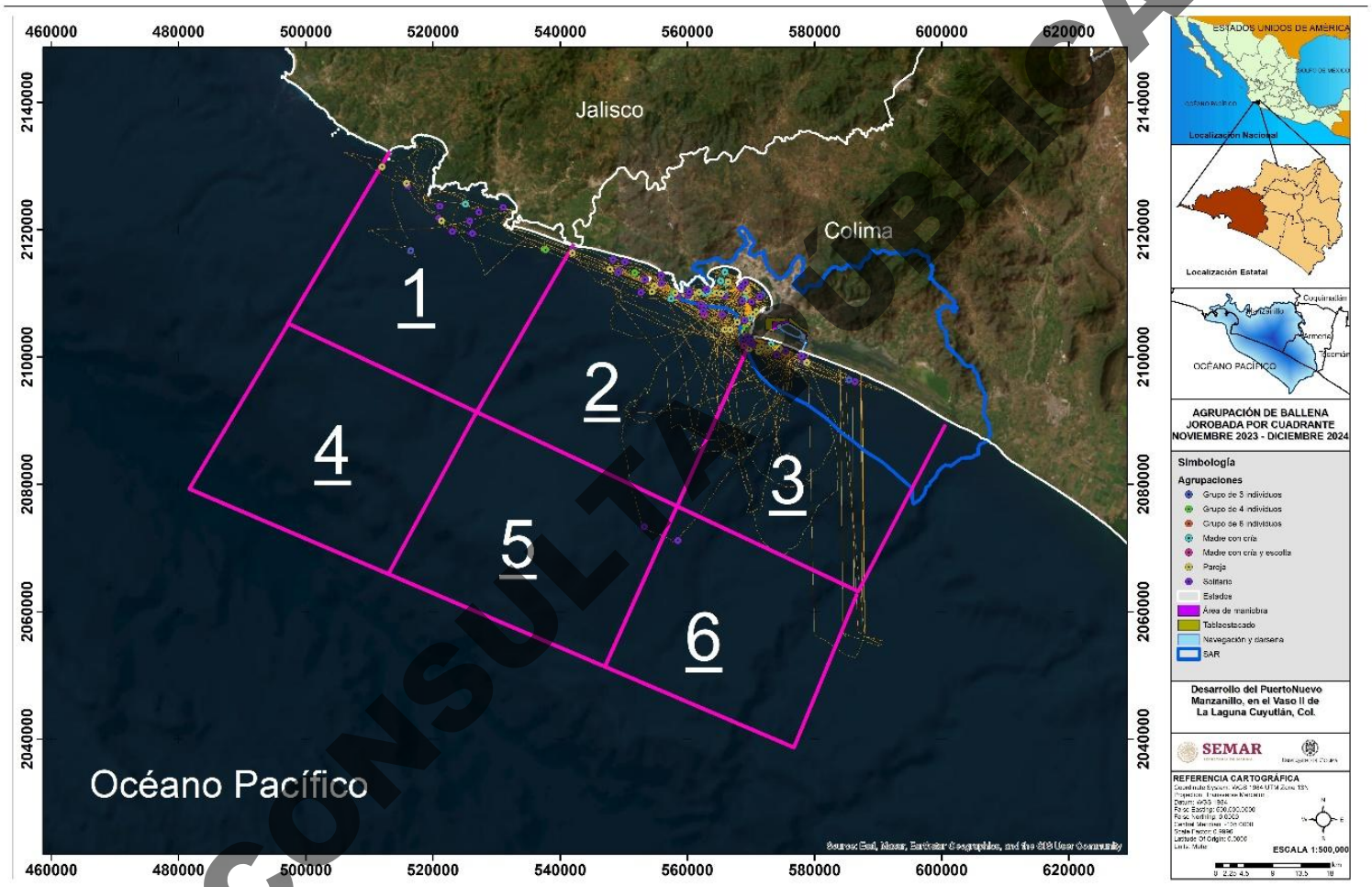
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 139. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.



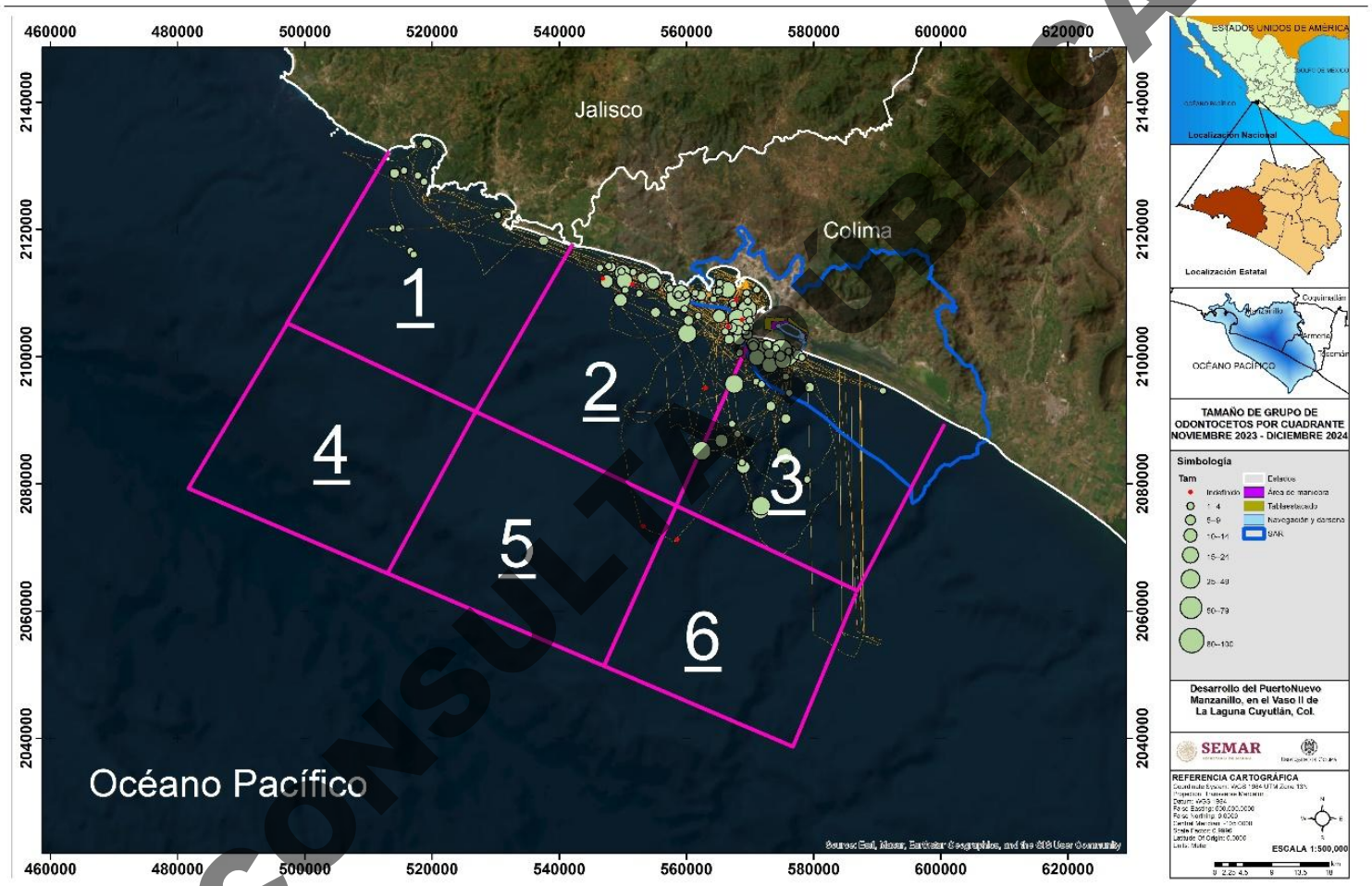
Mapa IV. 140. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

CONSULTA PÚBLICA



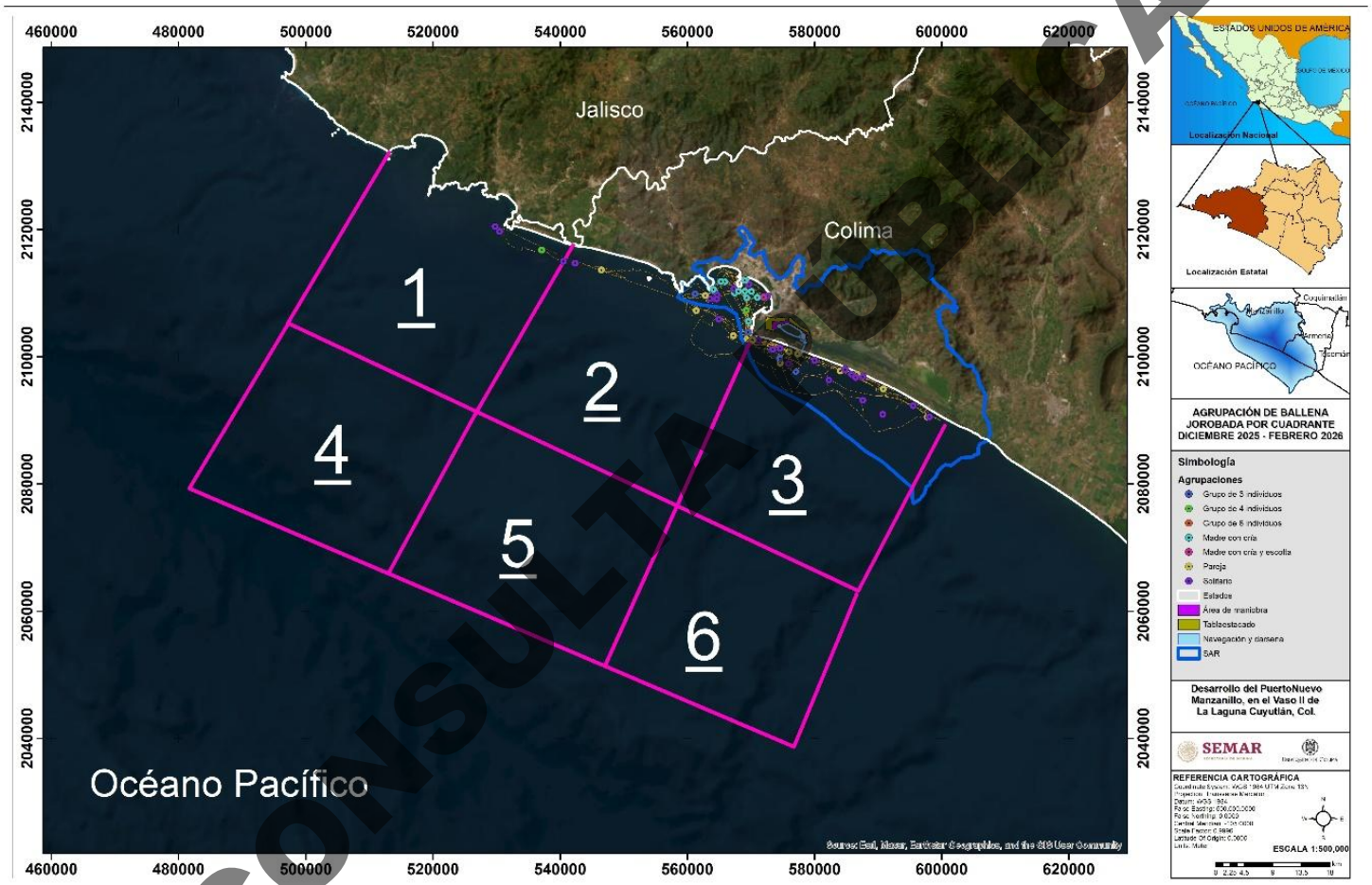
Mapa IV. 141. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

CONSULTA PÚBLICA



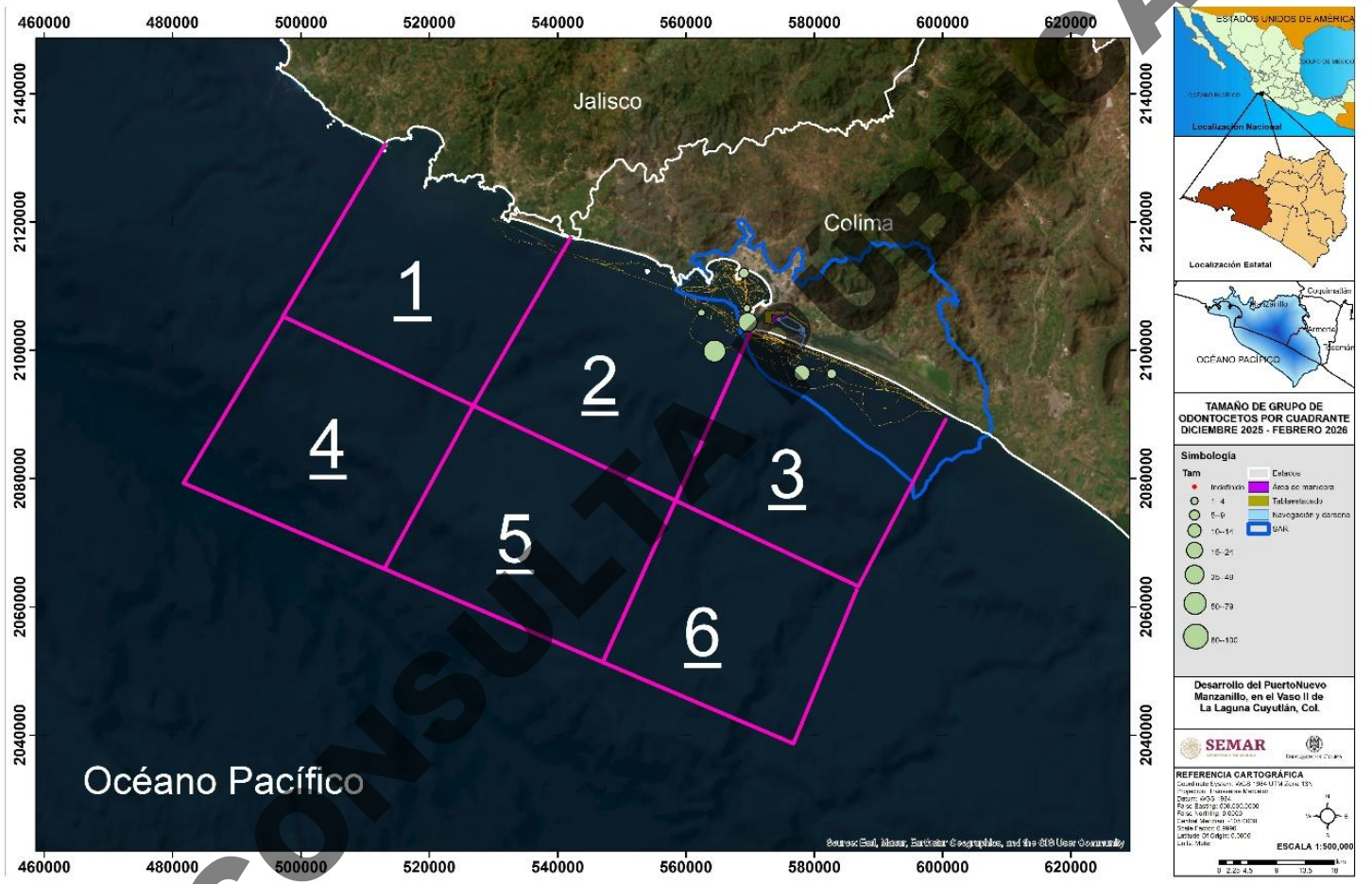
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 142. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.



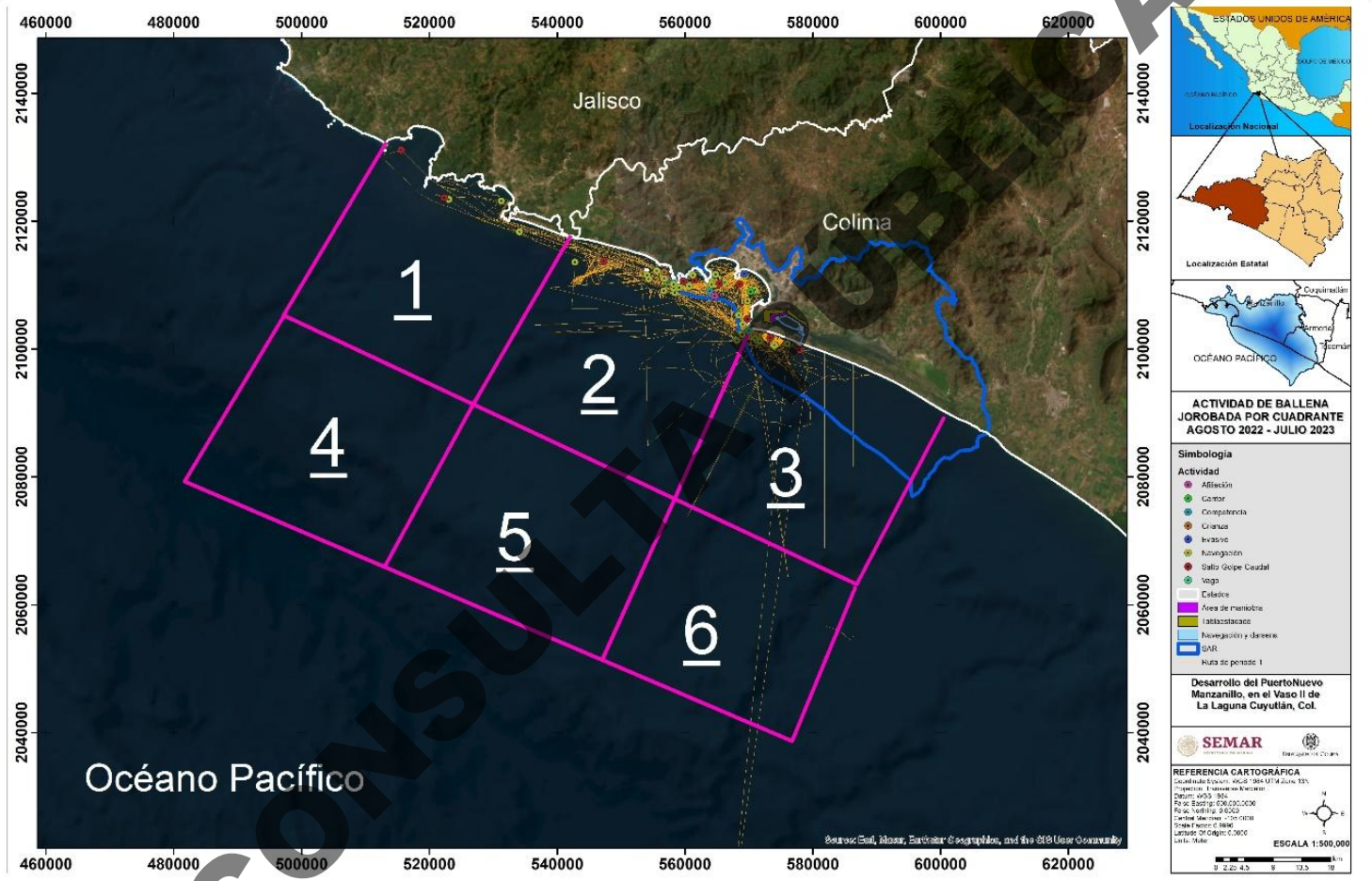
Mapa IV. 143. Ubicación geográfica y tipo de agrupación de misticetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

CONSULTA PÚBLICA



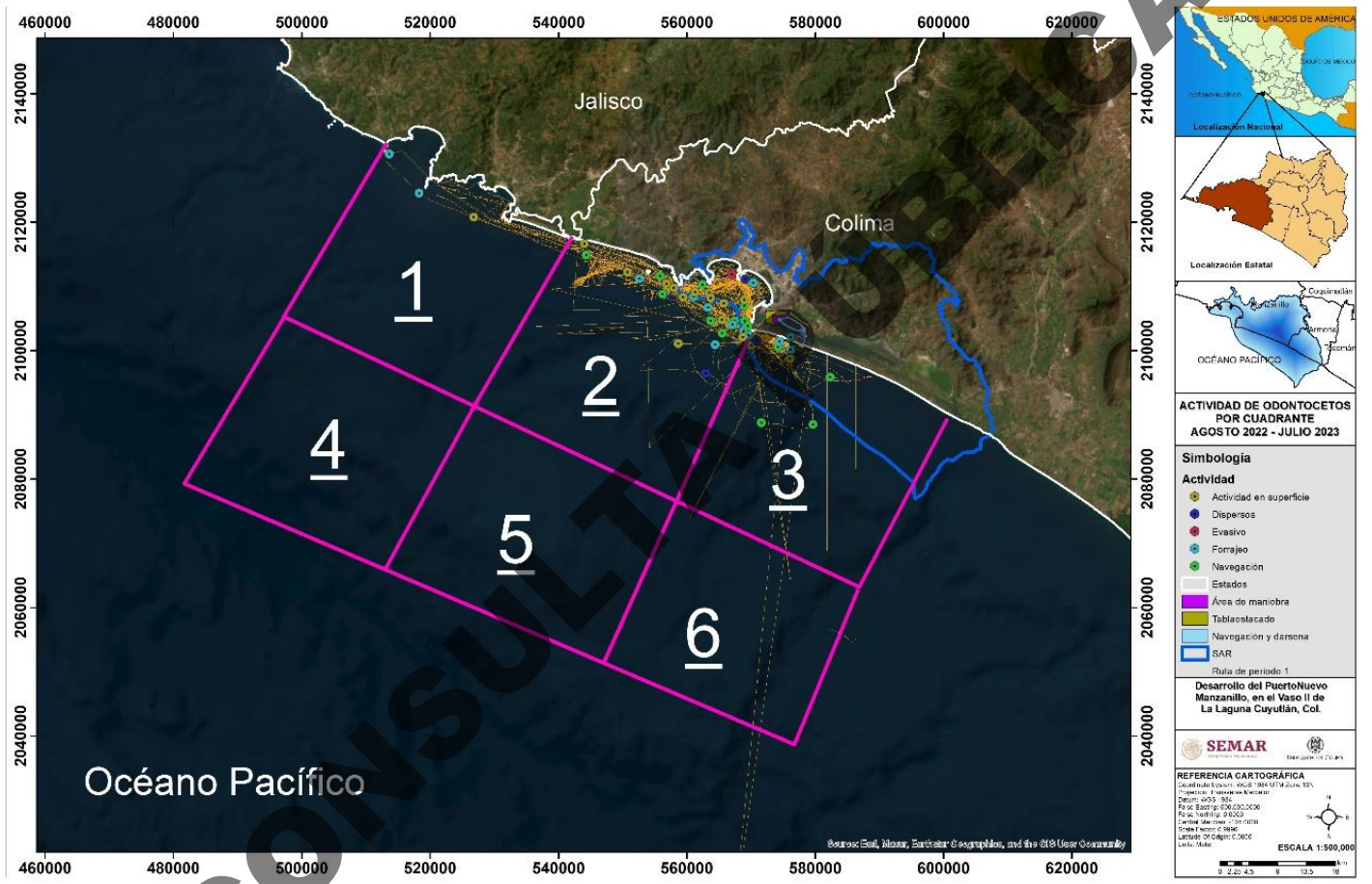
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 144. Ubicación geográfica y tamaño de agrupación de odontocetos en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.



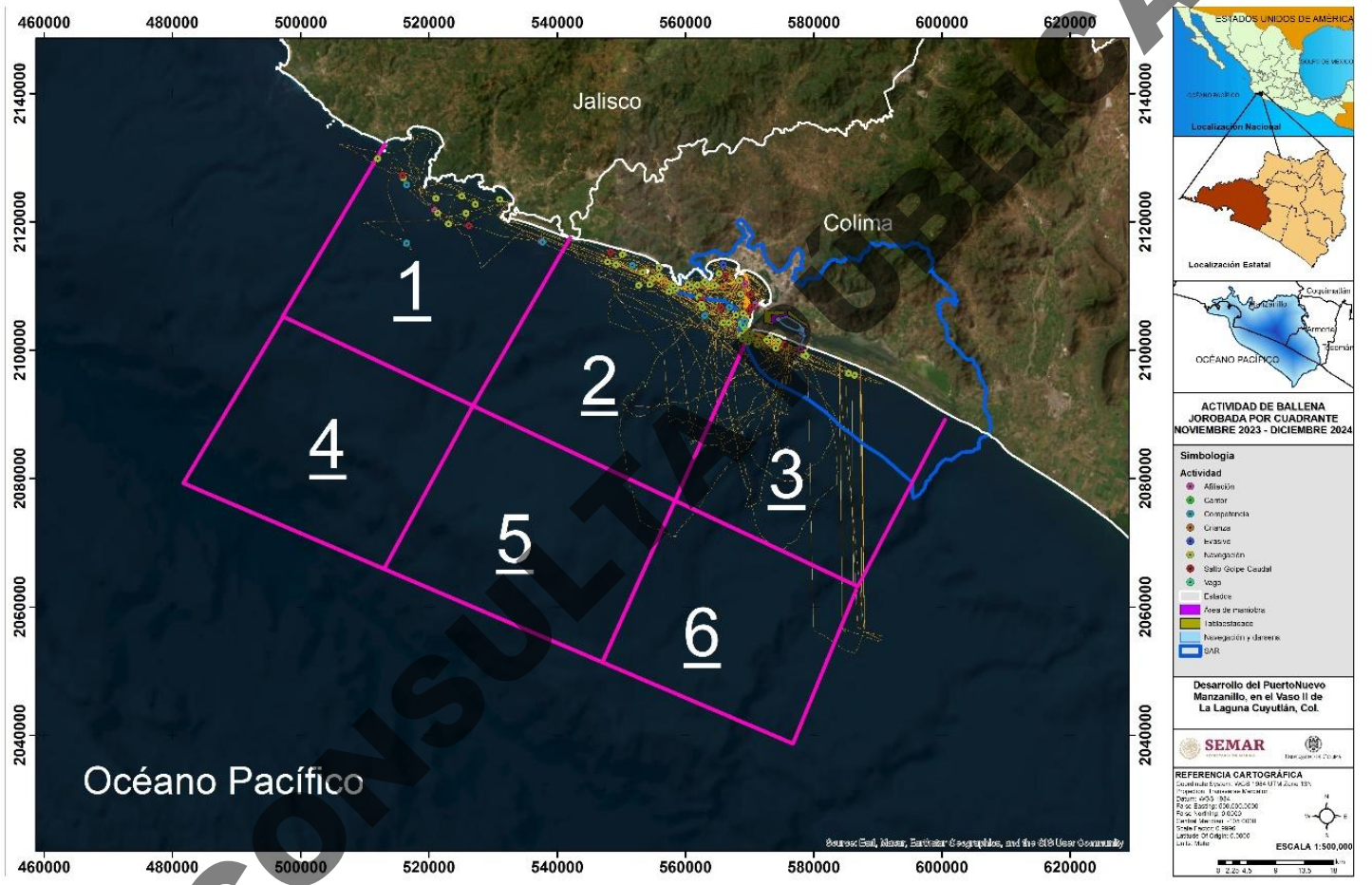
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 145. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.



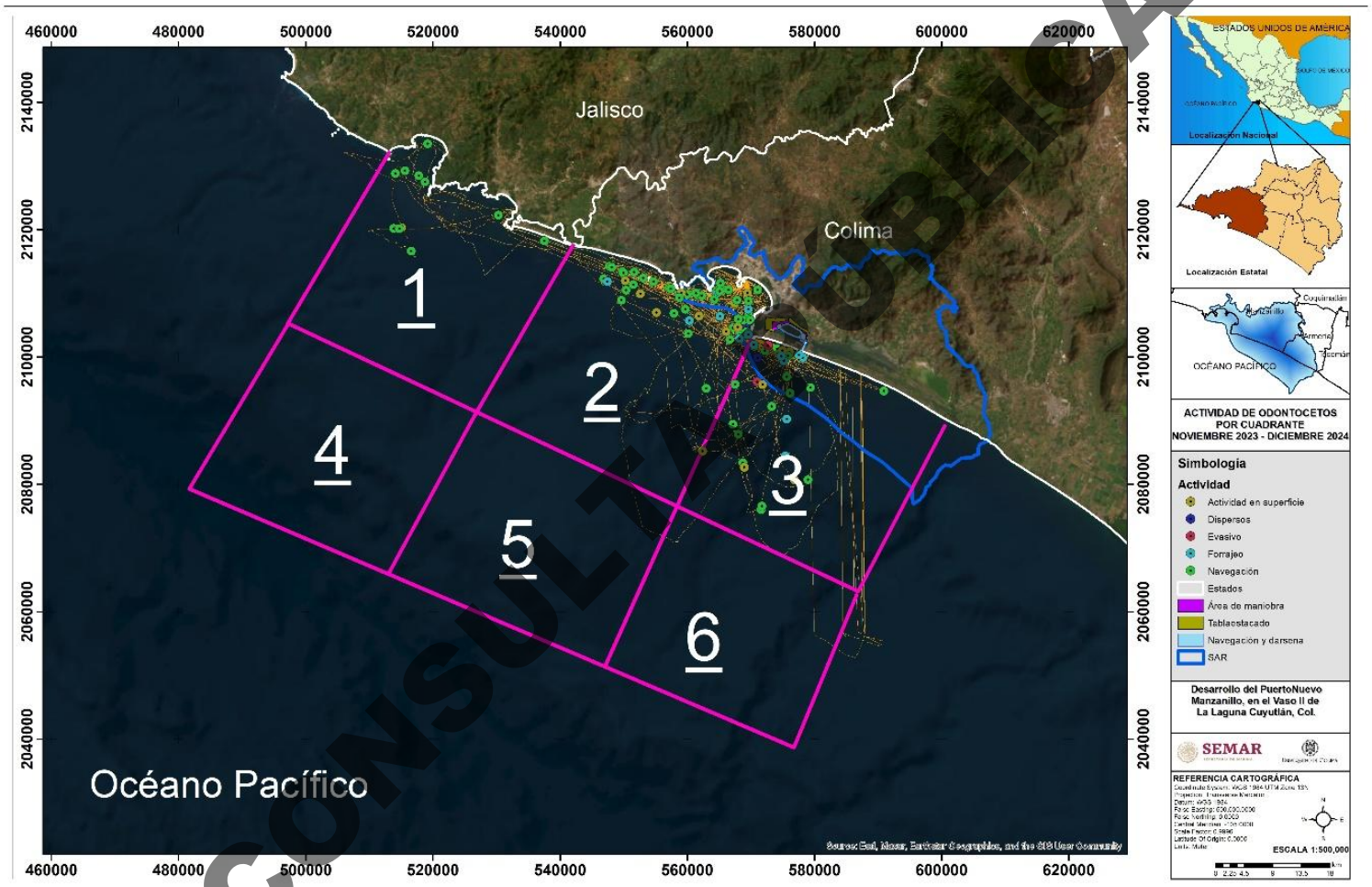
Mapa IV. 146. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 1, agosto del 2022-julio de 2023.

CONSULTA PÚBLICA



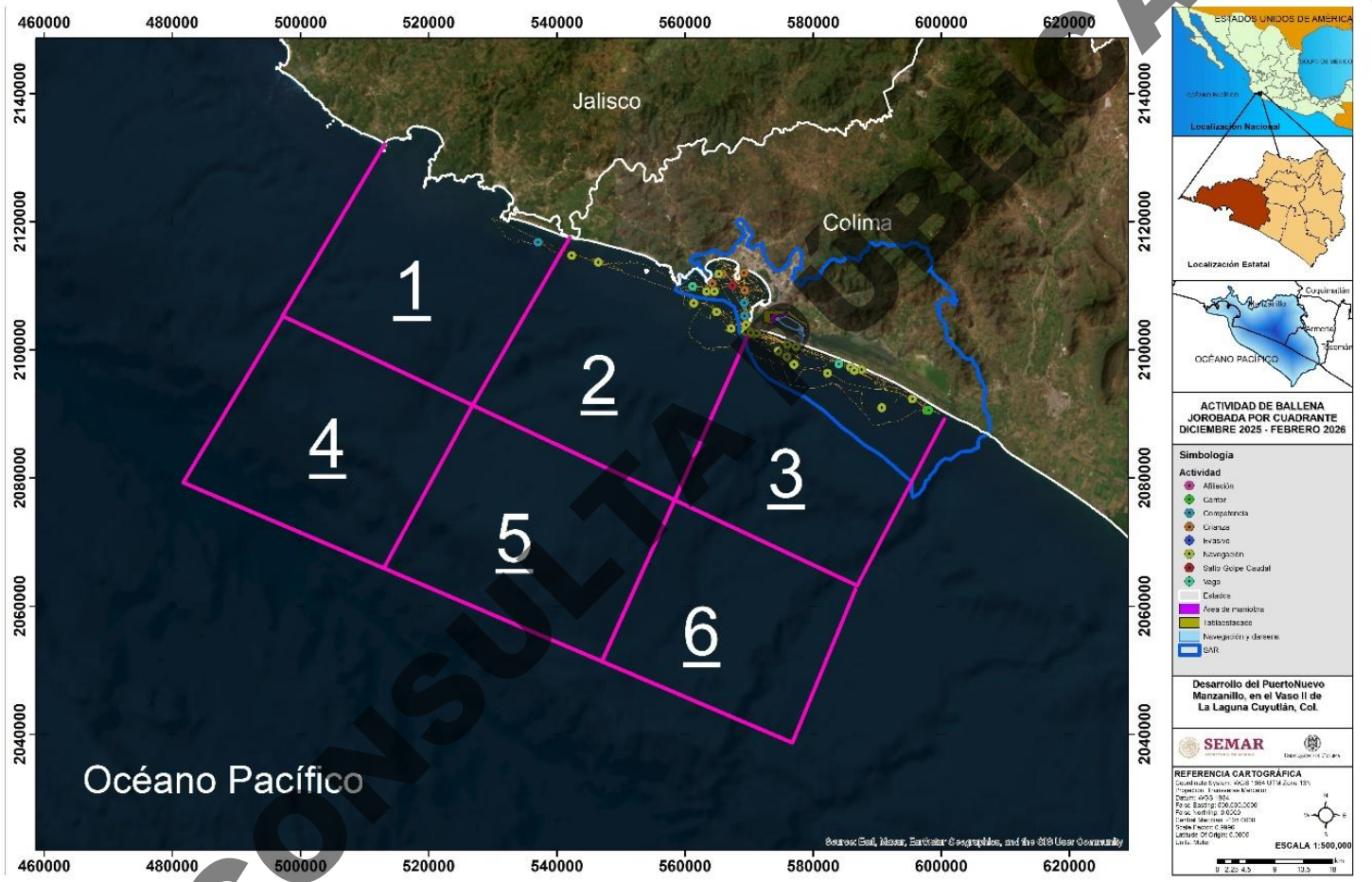
Mapa IV. 147. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.

CONSULTA PÚBLICA



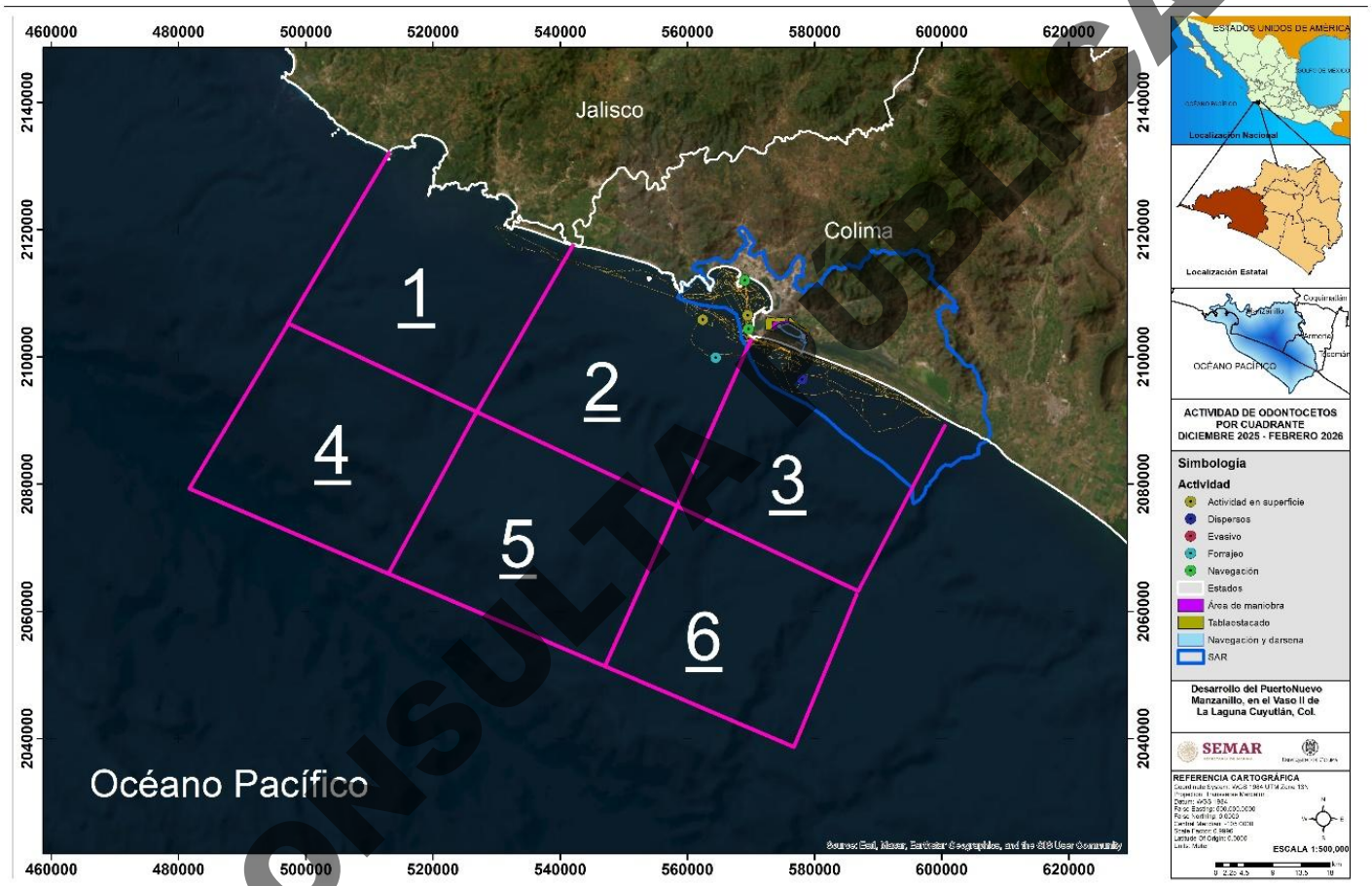
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 148. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 2, noviembre del 2023-diciembre del 2024.



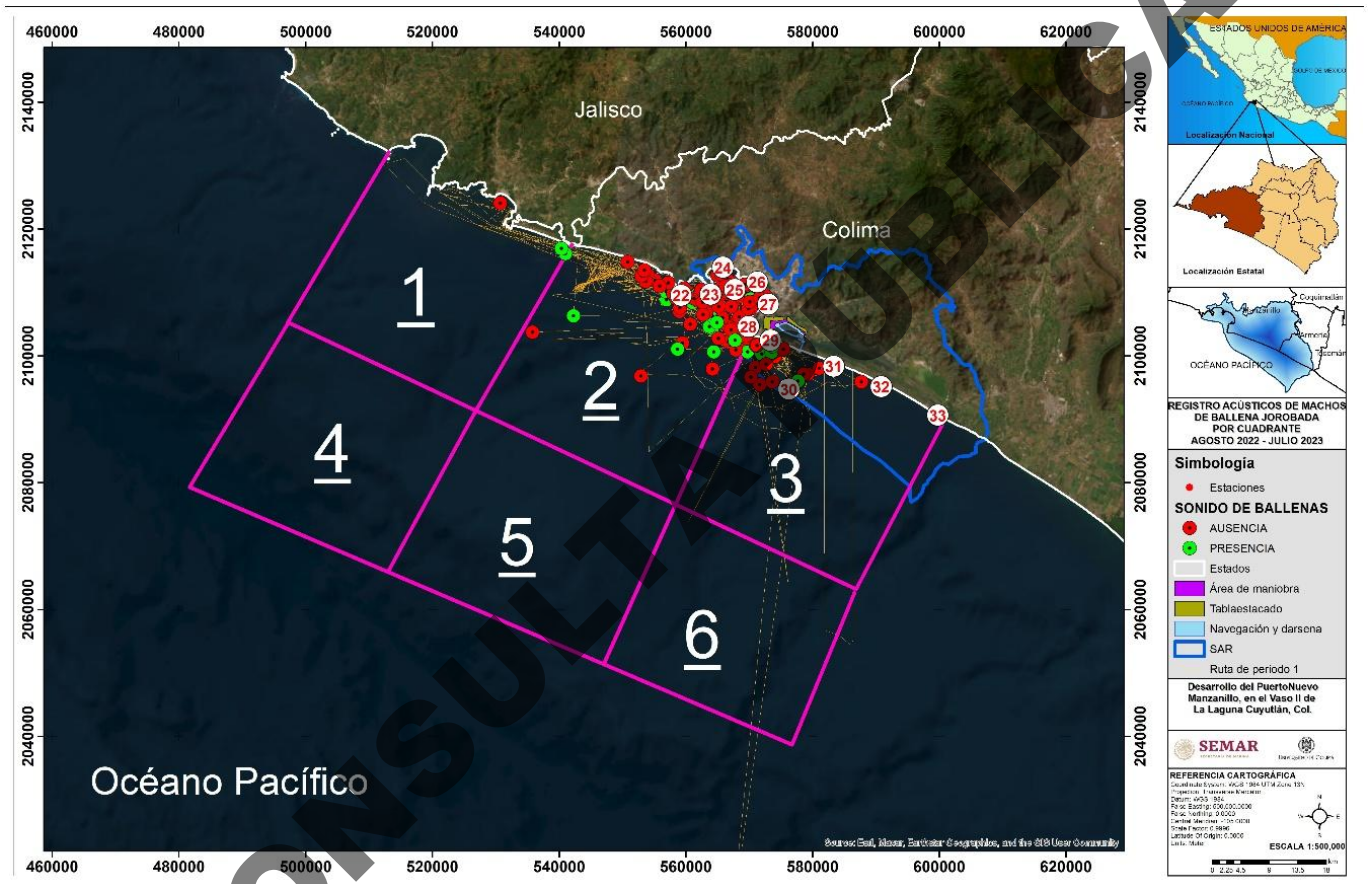
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 149. Ubicación geográfica de ballenas jorobadas y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.



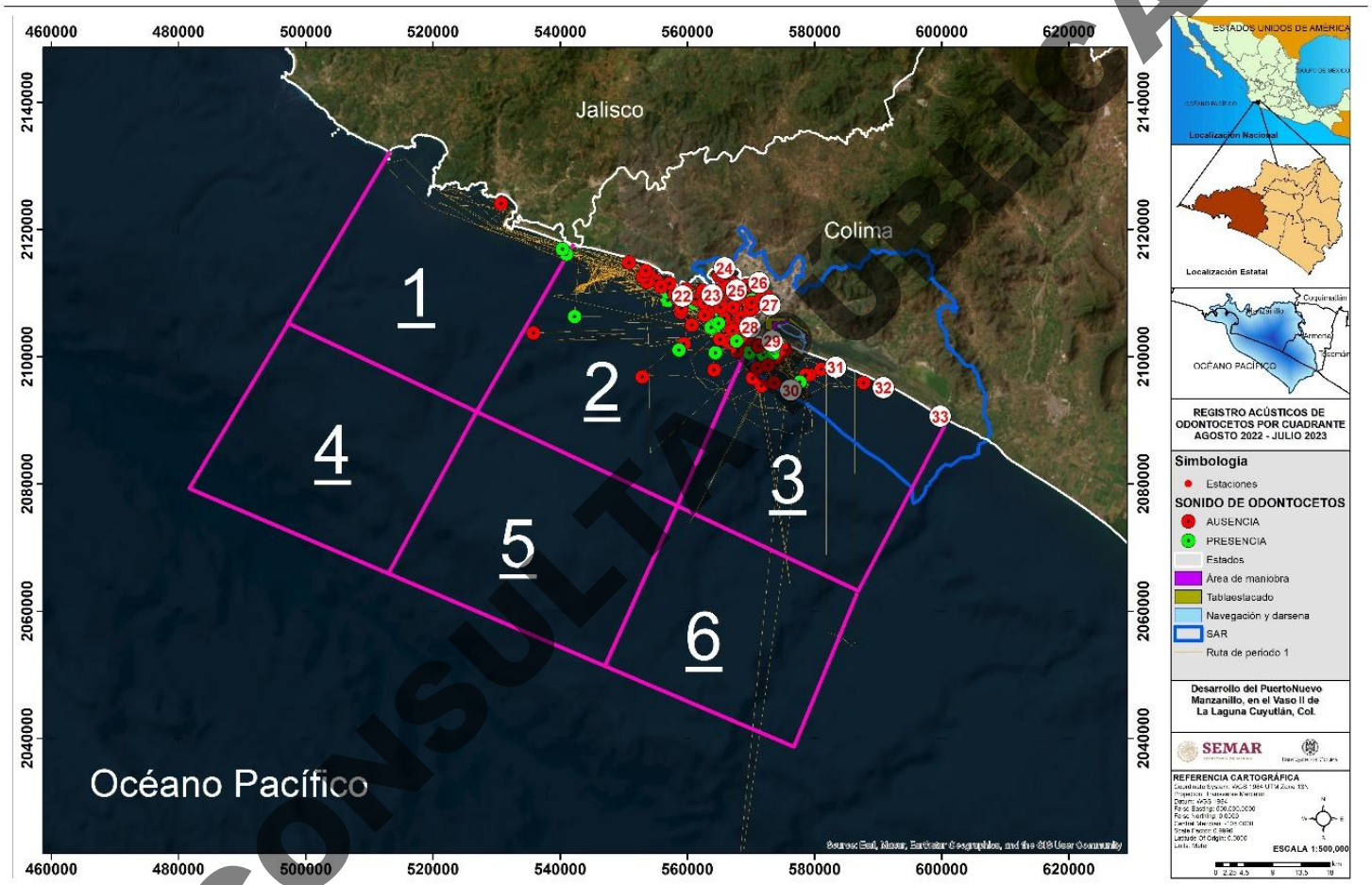
Mapa IV. 150. Ubicación geográfica de odontocetos y su actividad de comportamiento en la costa de Colima y Jalisco durante el periodo 3, diciembre del 2025-febrero del 2026.

CONSULTA PÚBLICA



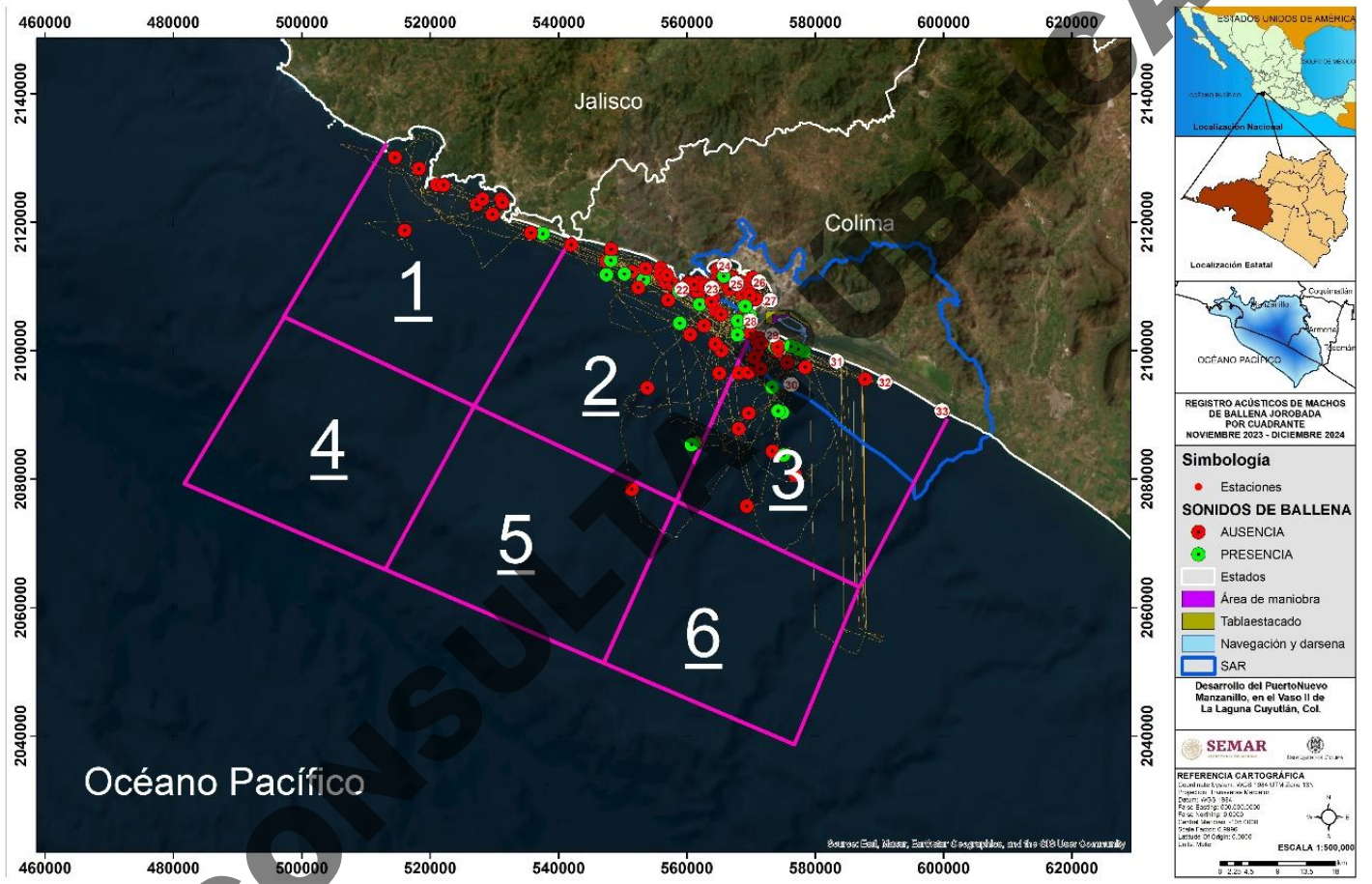
Mapa IV. 151. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023

CONSULTA PÚBLICA



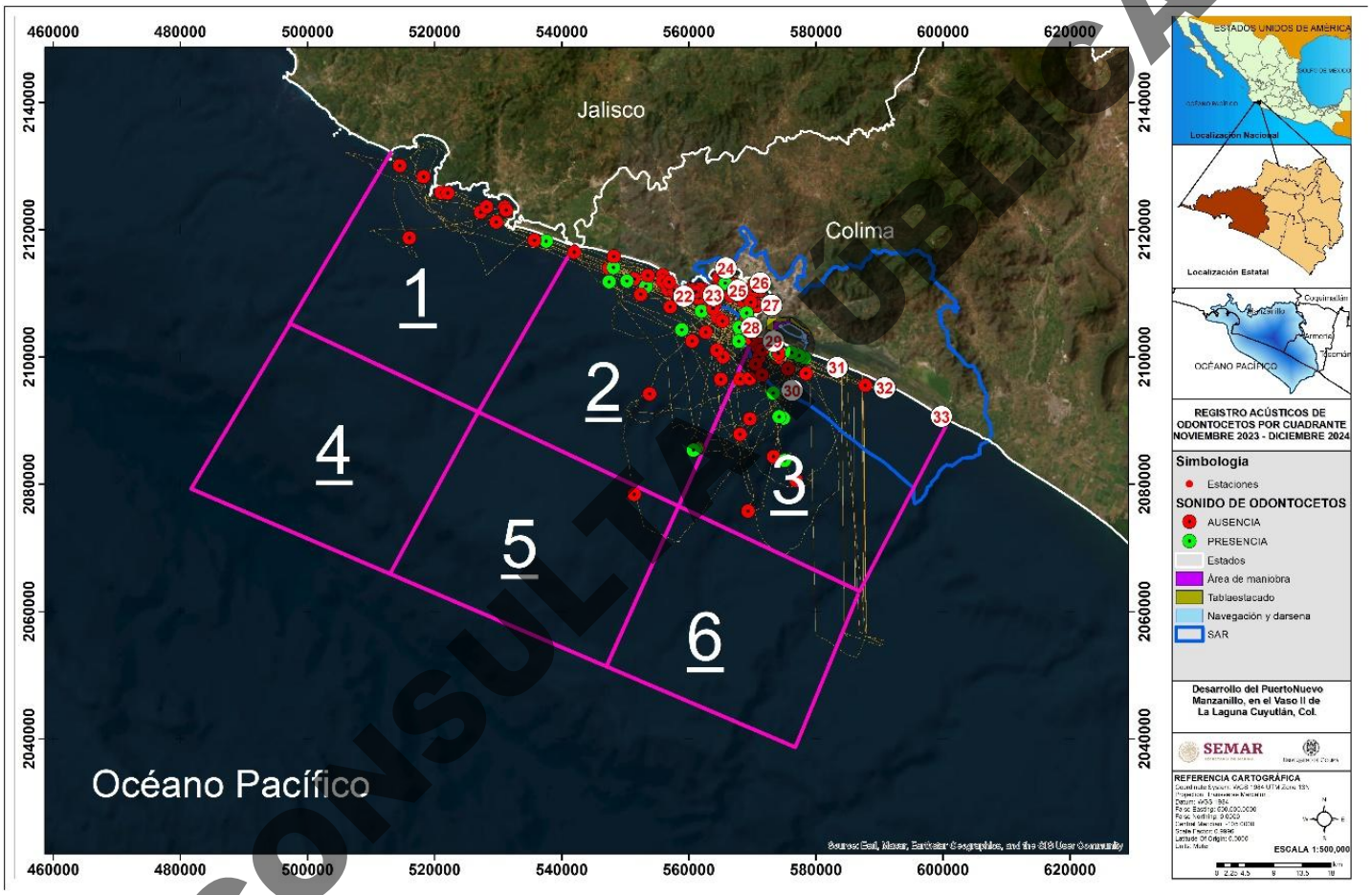
Mapa IV. 152. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA



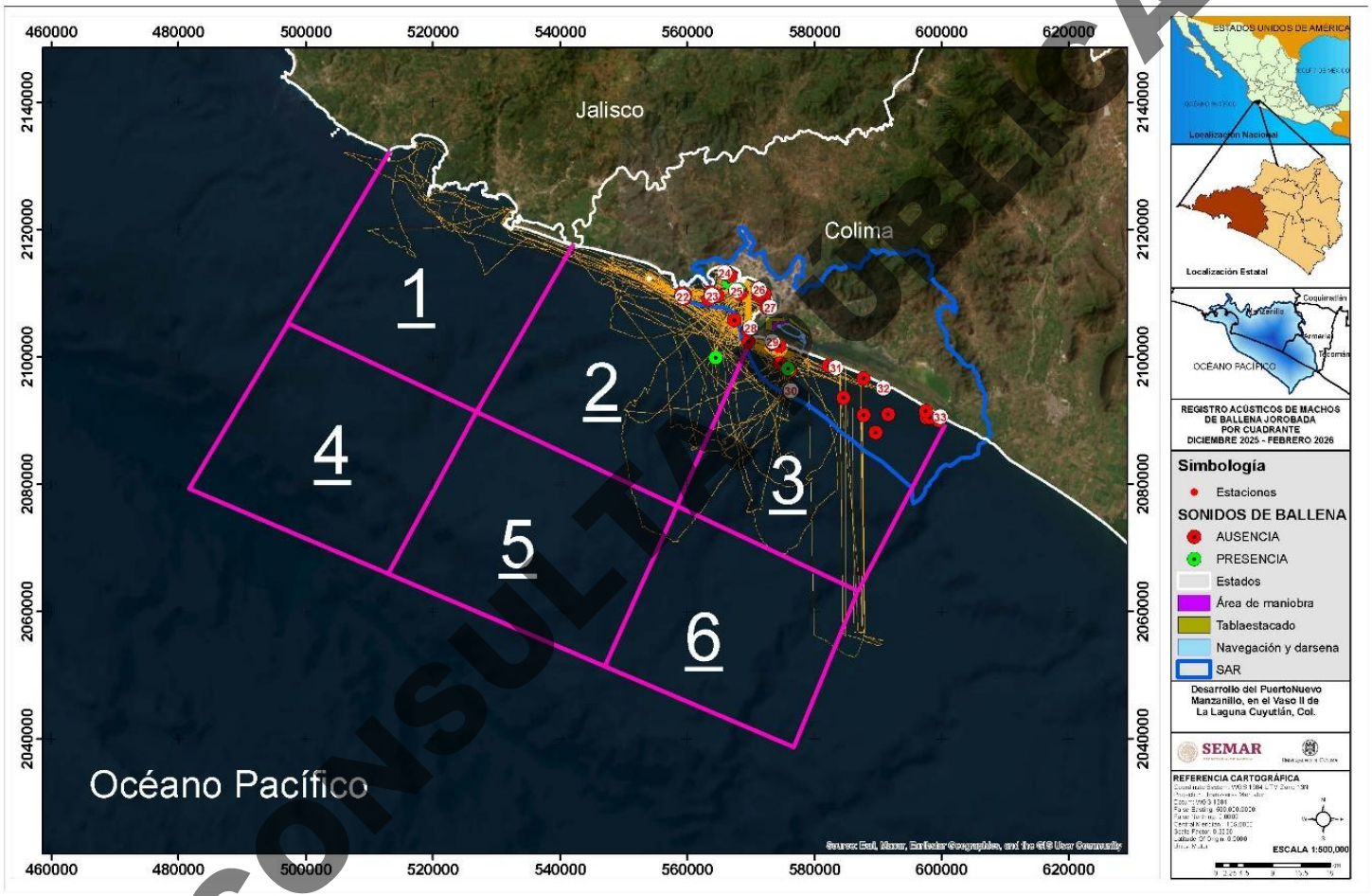
Mapa IV. 153. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



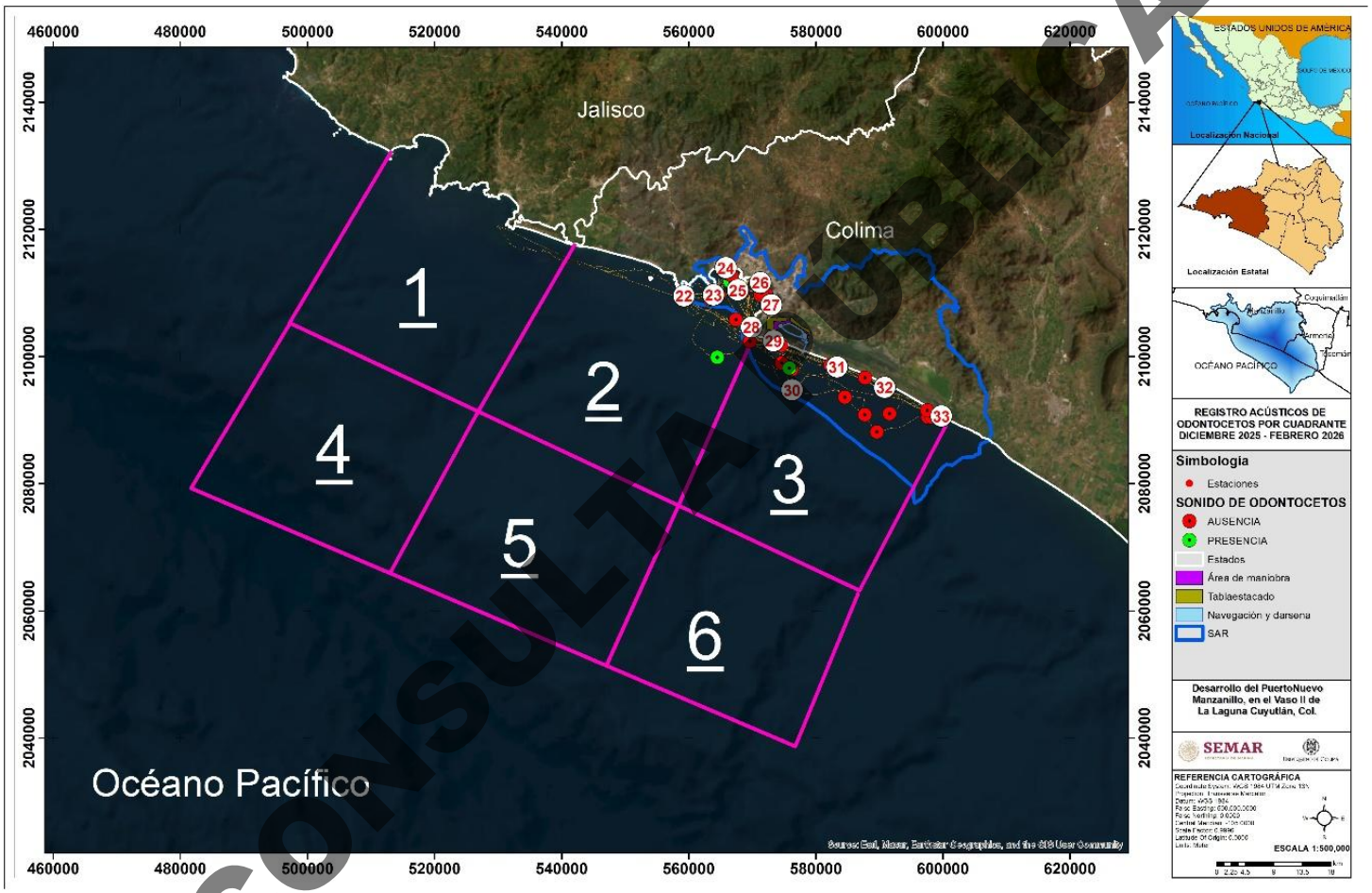
Mapa IV. 154. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



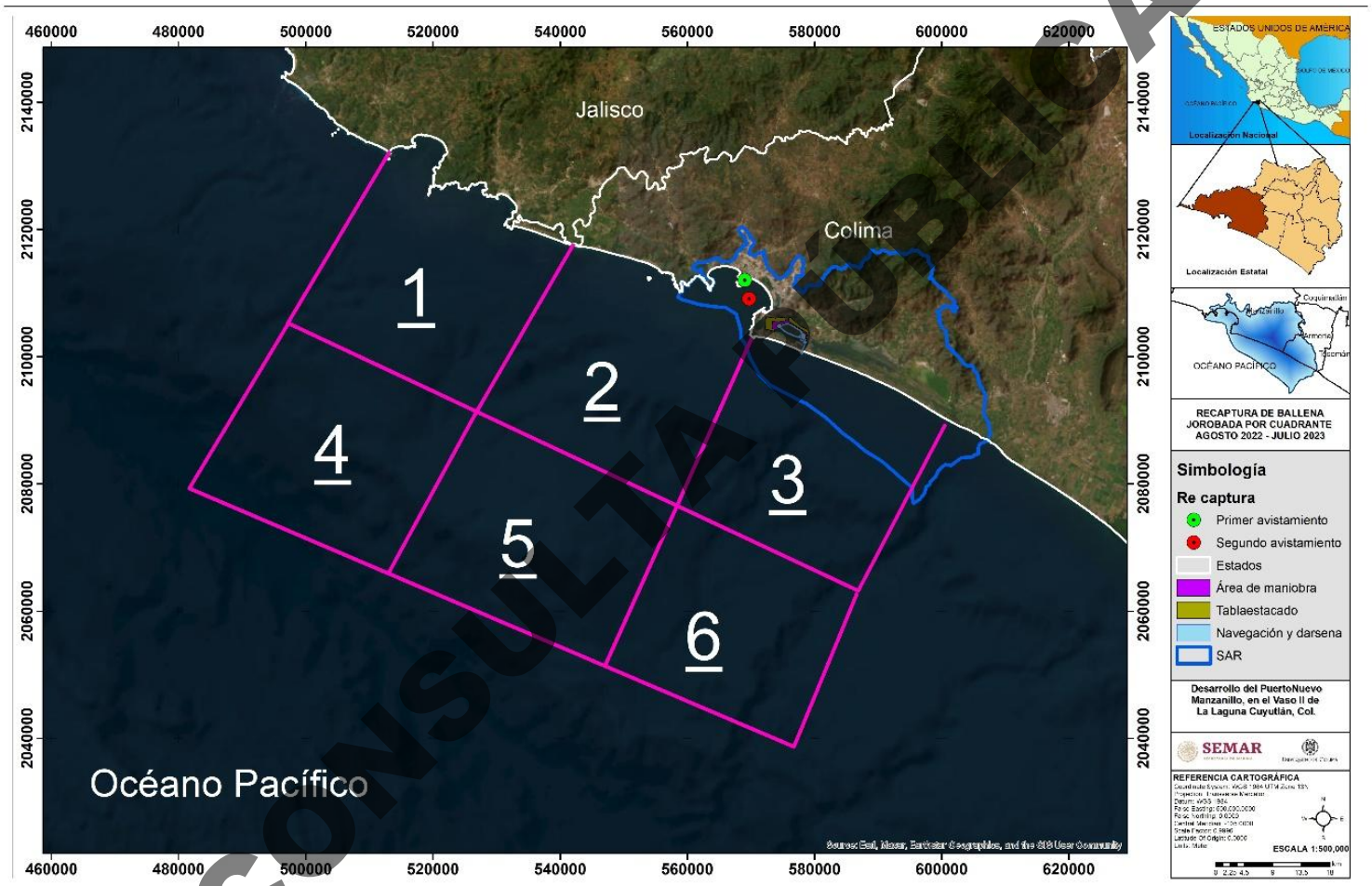
Mapa IV. 155. Registro de sonidos de cantos de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) a través del muestreo activo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA



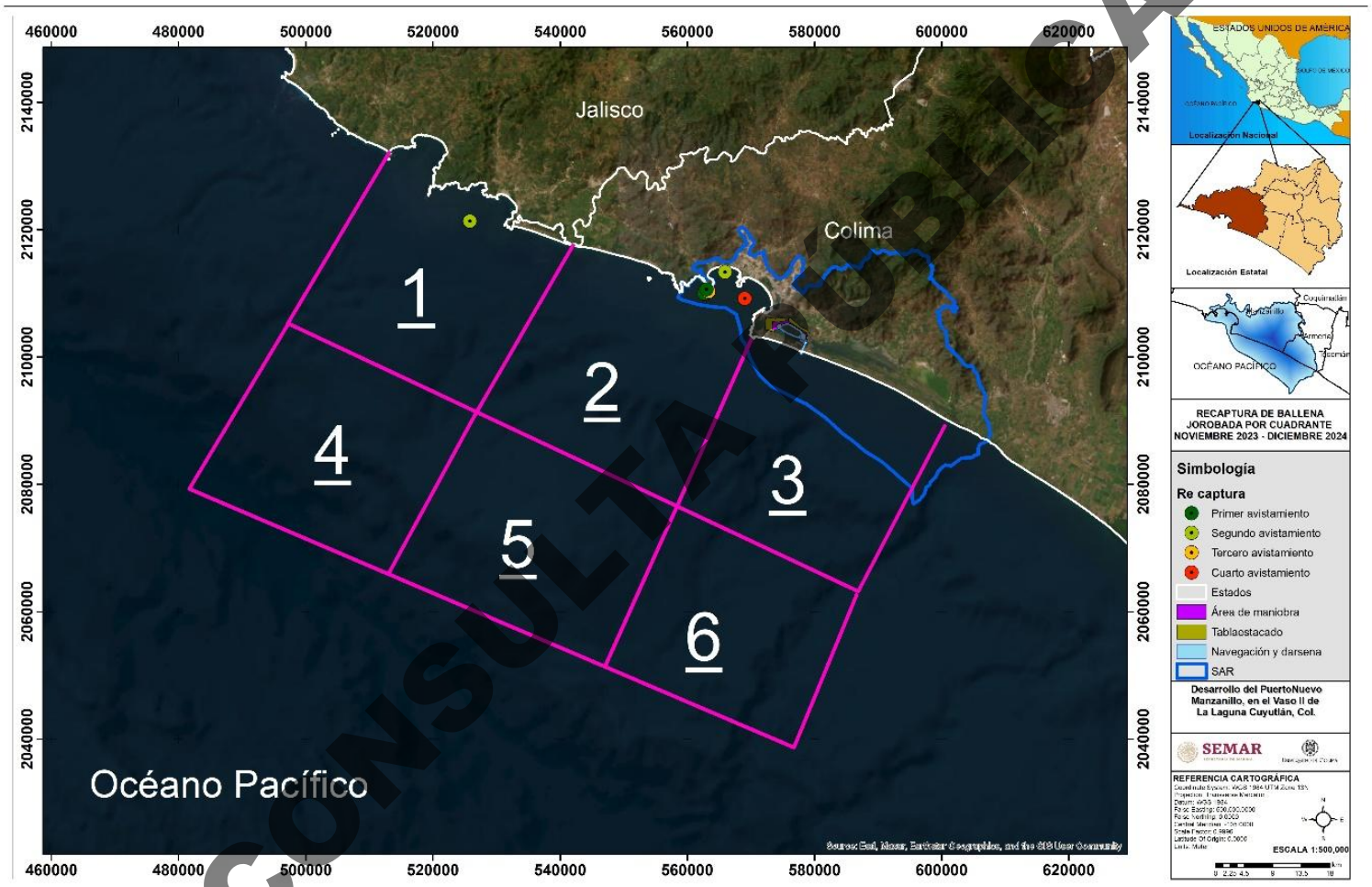
Mapa IV. 156. Localización geográfica de los sitios de lance de hidrófono donde se registraron sonidos de delfines en la costa de Colima durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA



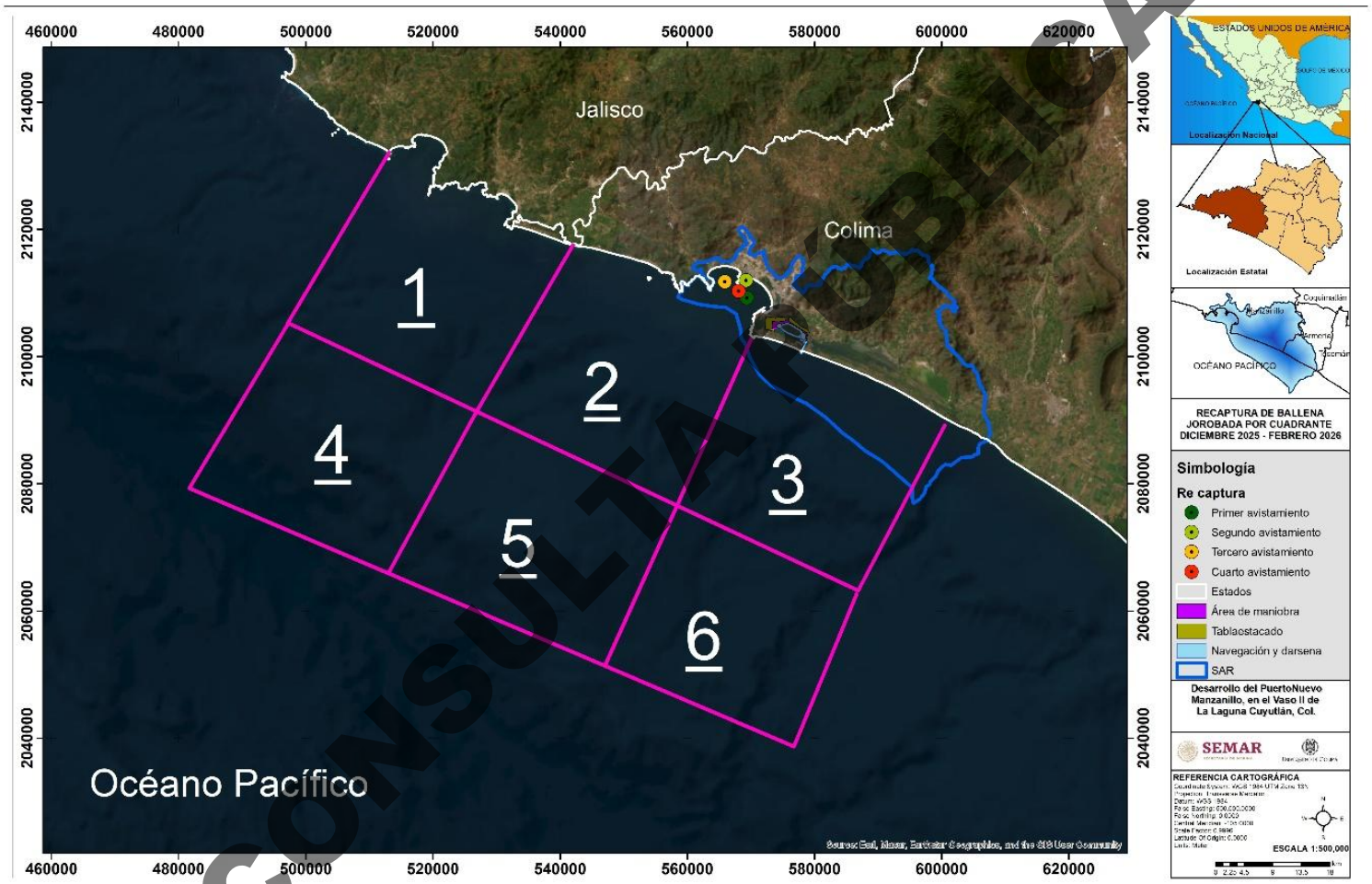
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 157. Ubicación geográfica de las ballenas jorobadas foto-recapturadas en la costa de Colima durante el primer periodo (agosto 2022–julio 2023).



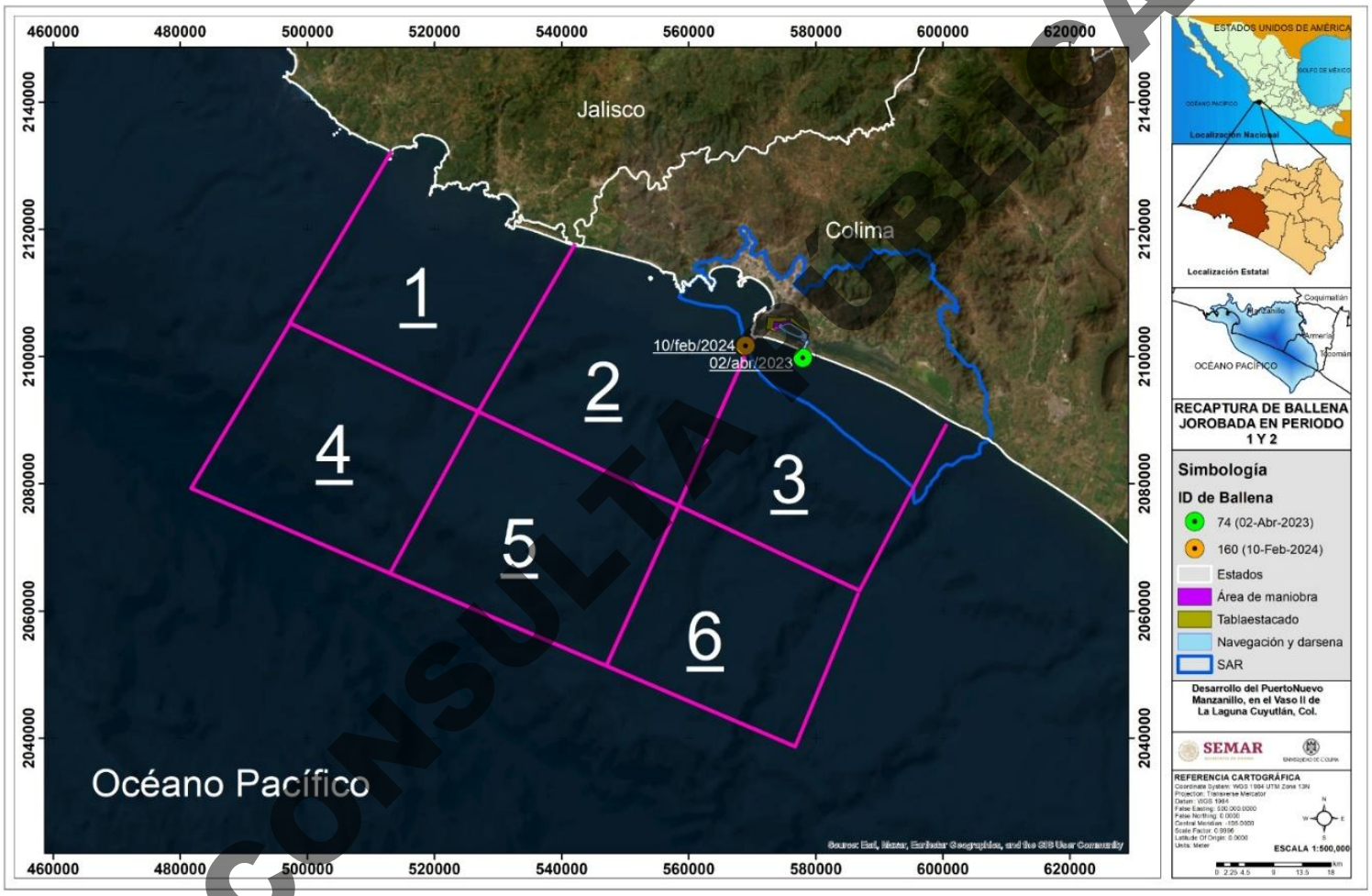
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 158. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el segundo periodo (noviembre 2023–diciembre 2024).



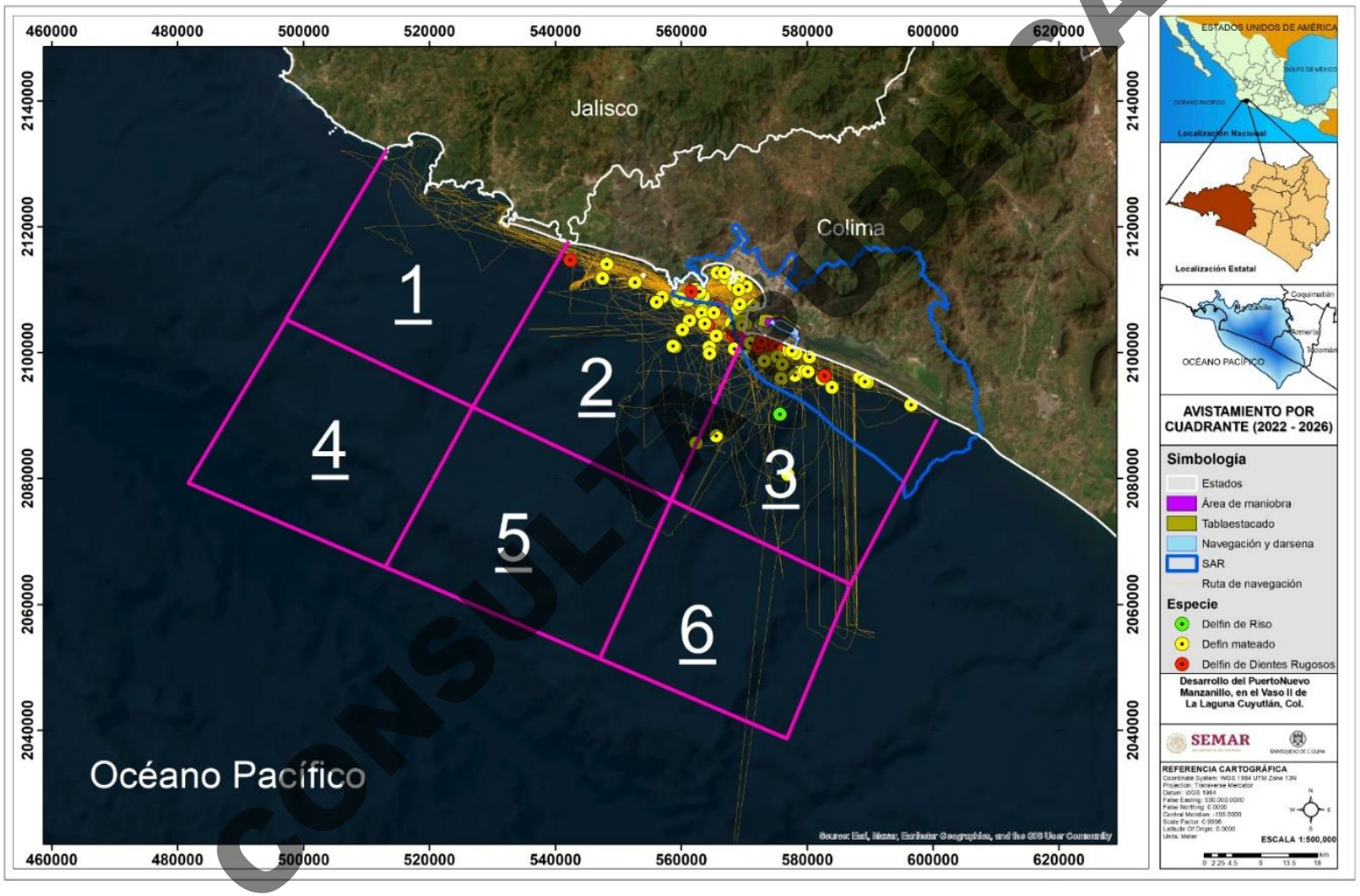
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 159. Ubicación geográfica de las foto-recapturas de ballenas jorobadas en la costa de Colima durante el tercer periodo (diciembre 2025–febrero 2026).



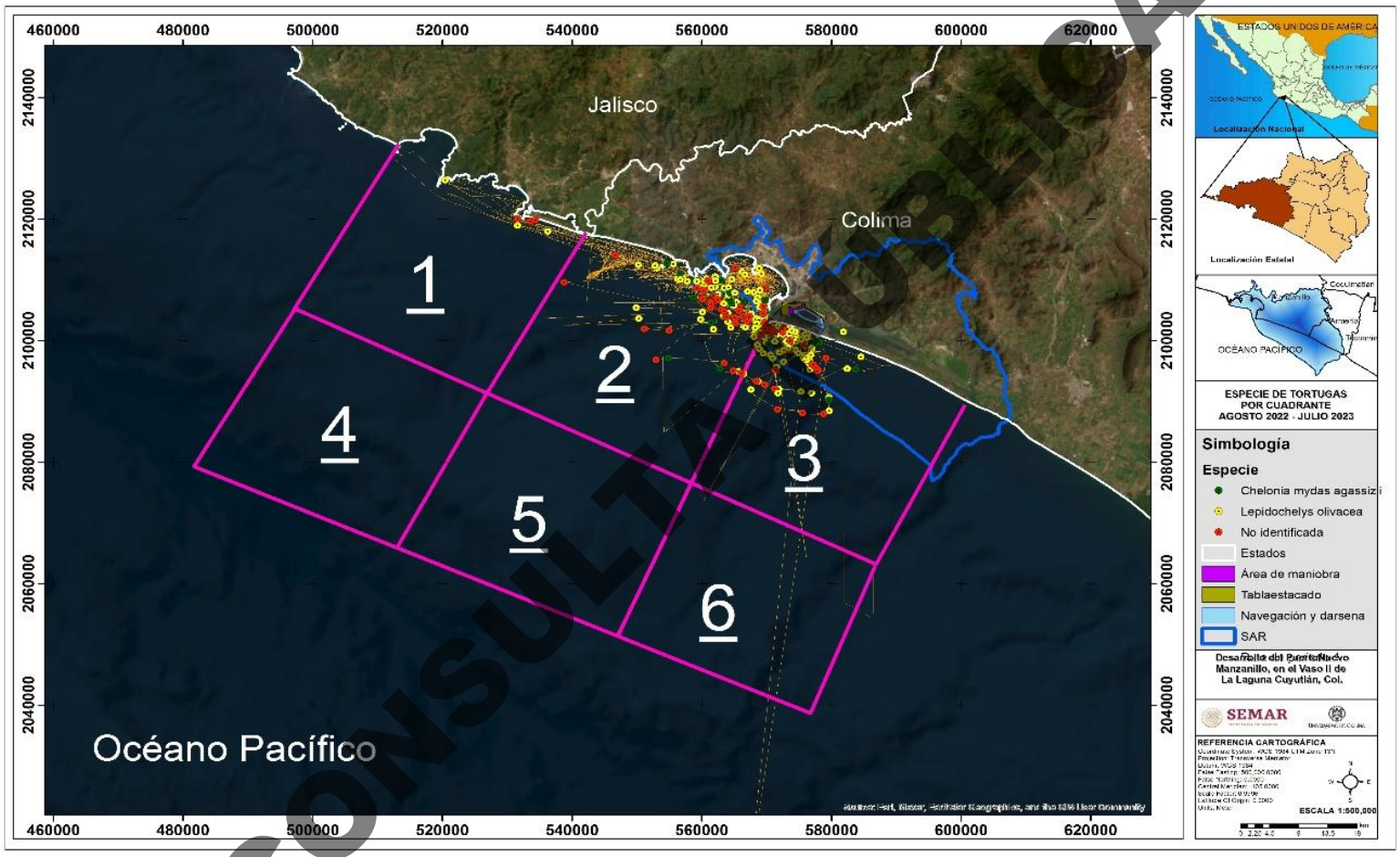
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 160. Ubicación geográfica del avistamiento en el periodo 1 (13 marzo 2023) y el re-avistamiento en el periodo 2 (11 febrero 2024) del individuo #74 de ballena jorobada que retornó a la costa de Colima.



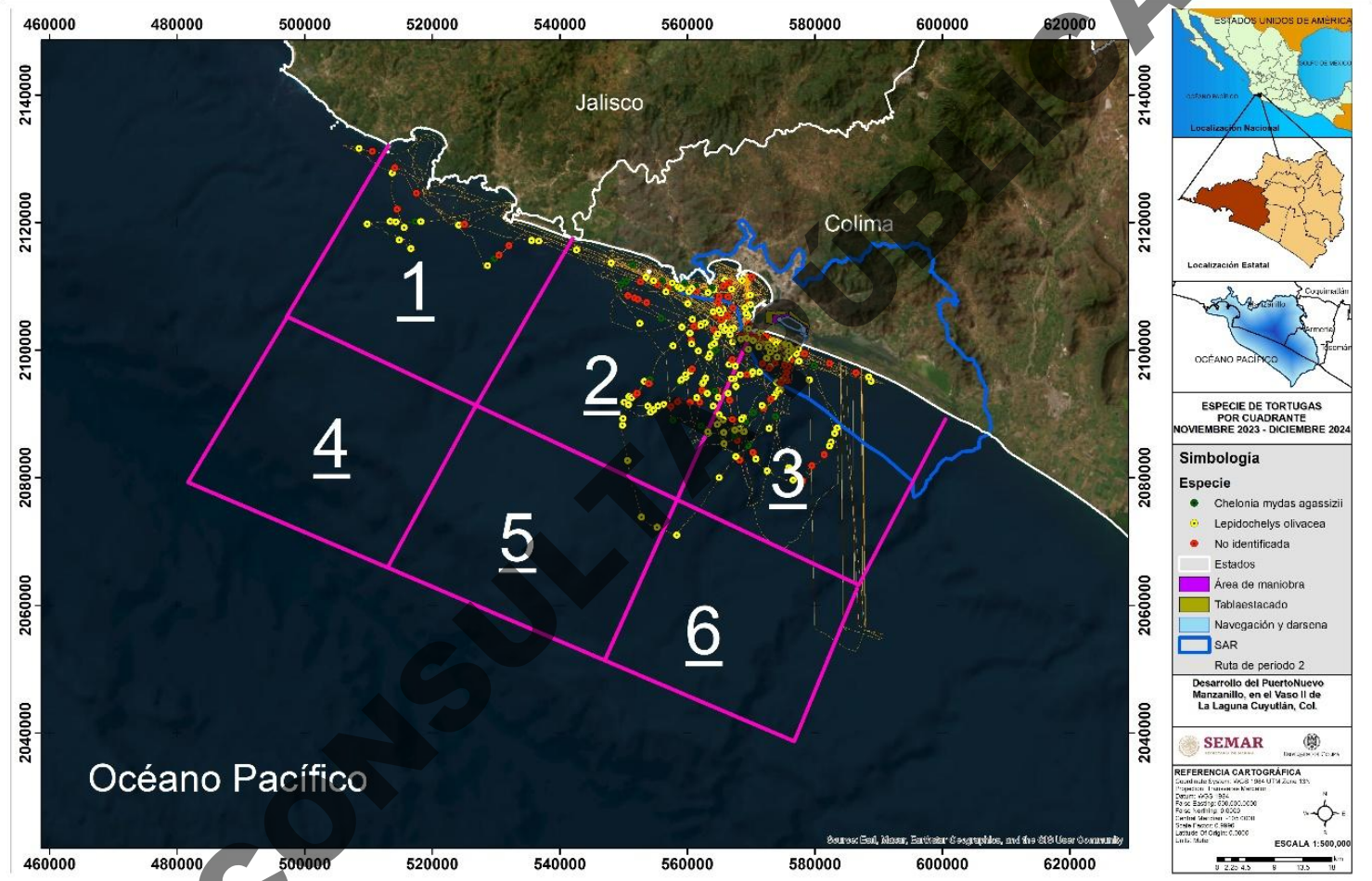
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 161. Localización geográfica de los delfines foto-identificados durante los 3 periodos de monitoreo.



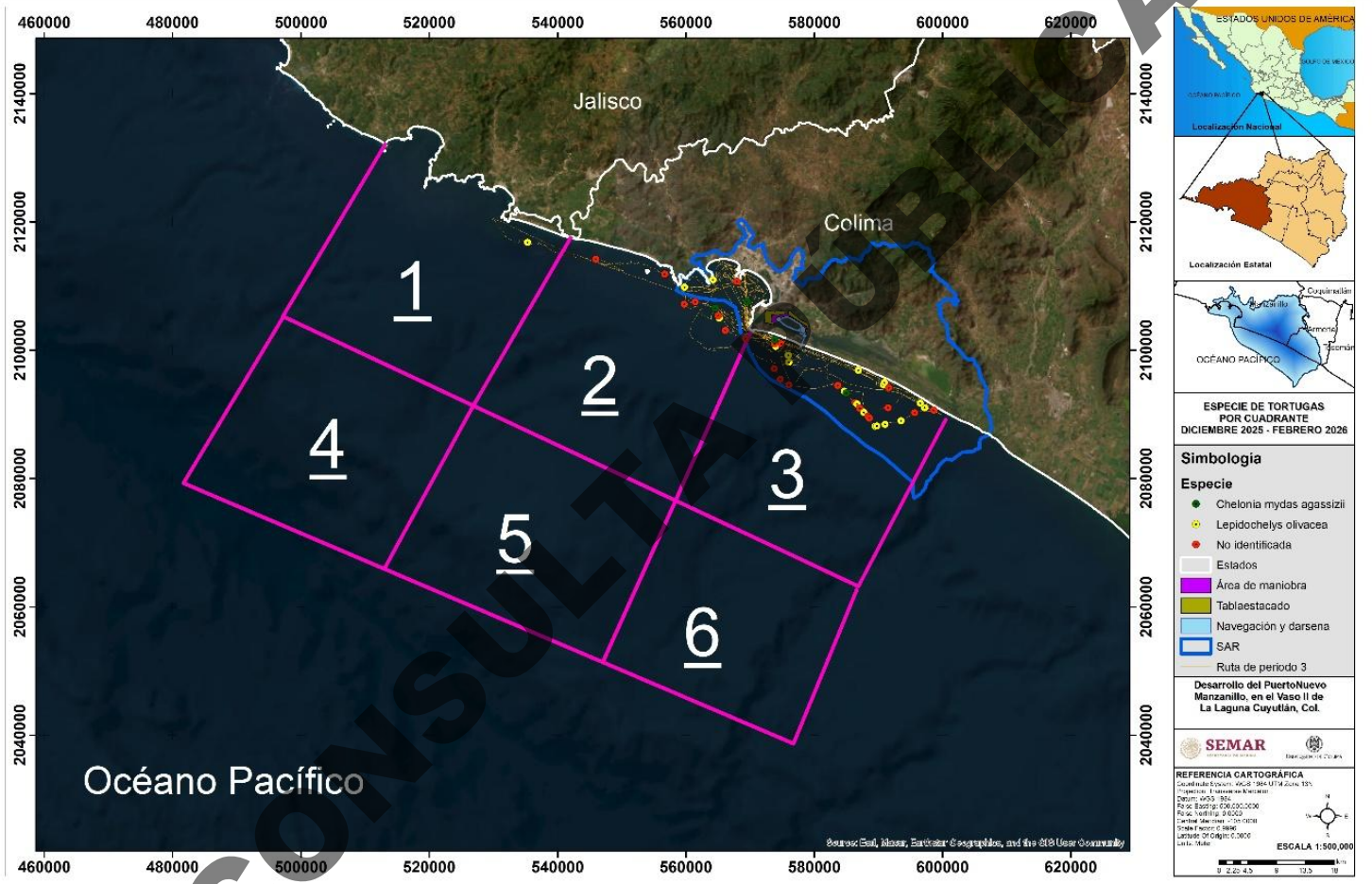
Mapa IV. 162. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA



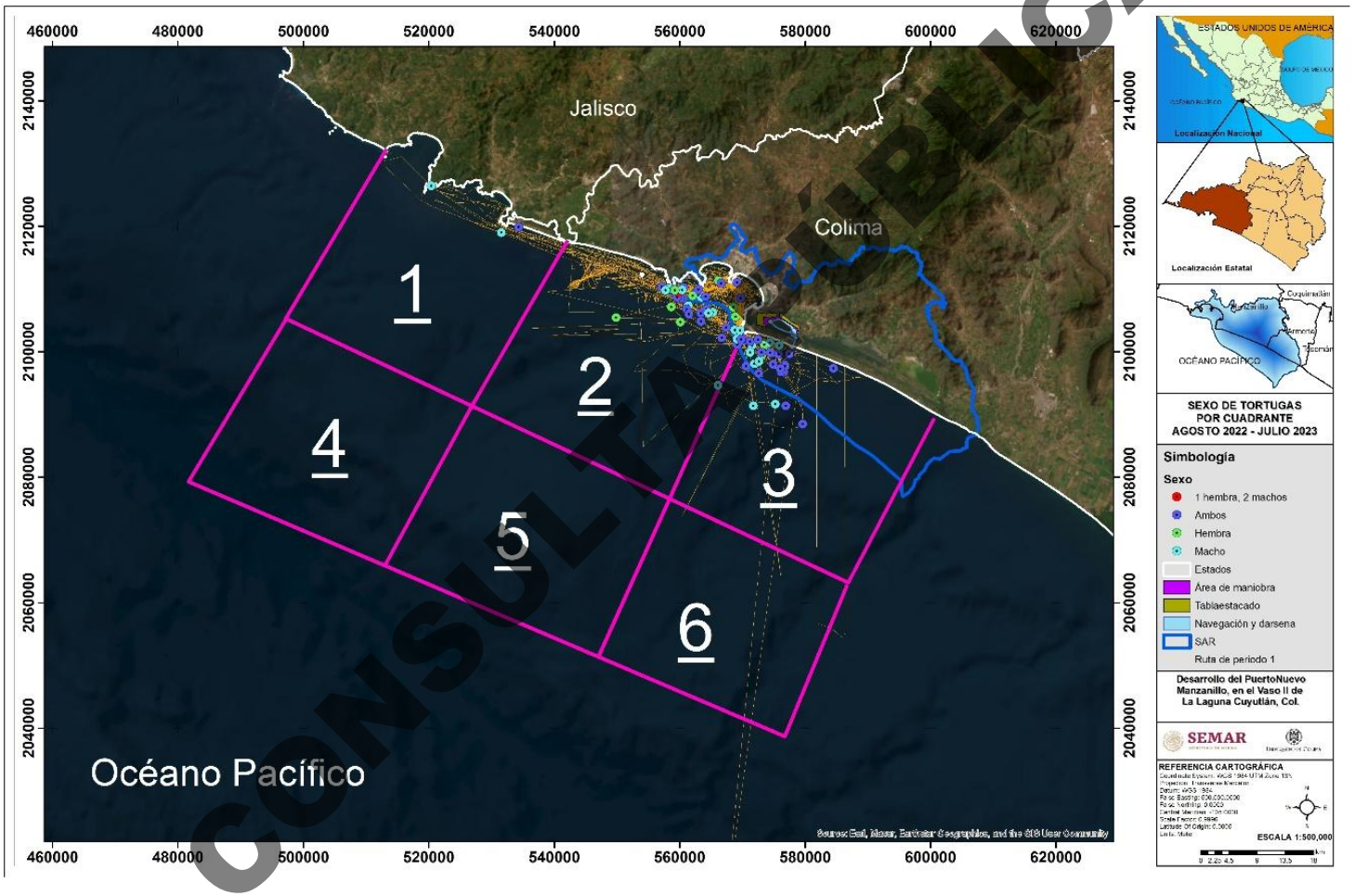
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 163. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.



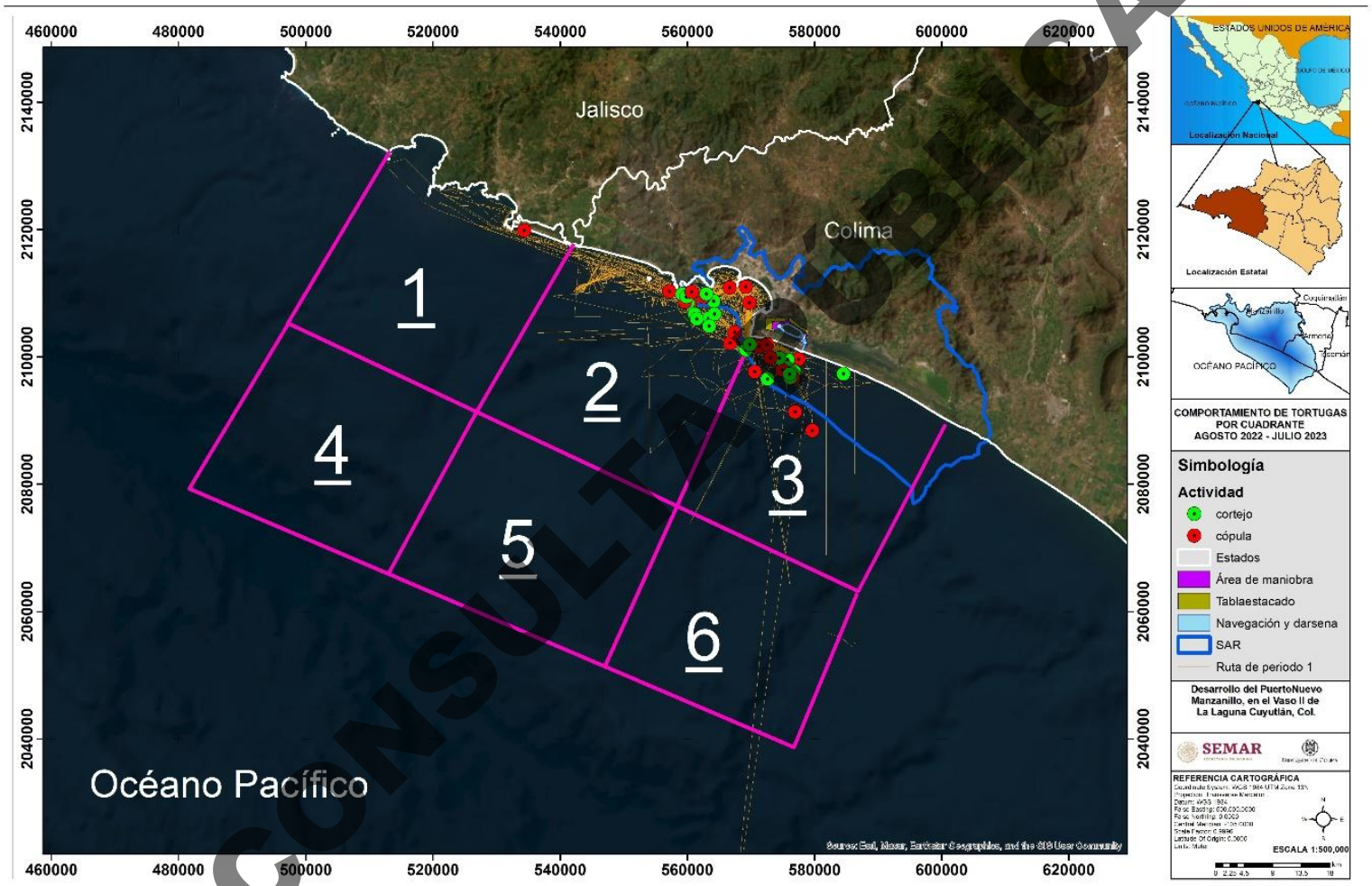
Mapa IV. 164. Ubicación geográfica de los quelonios marinos por especie para cada uno de los cuadrantes durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA



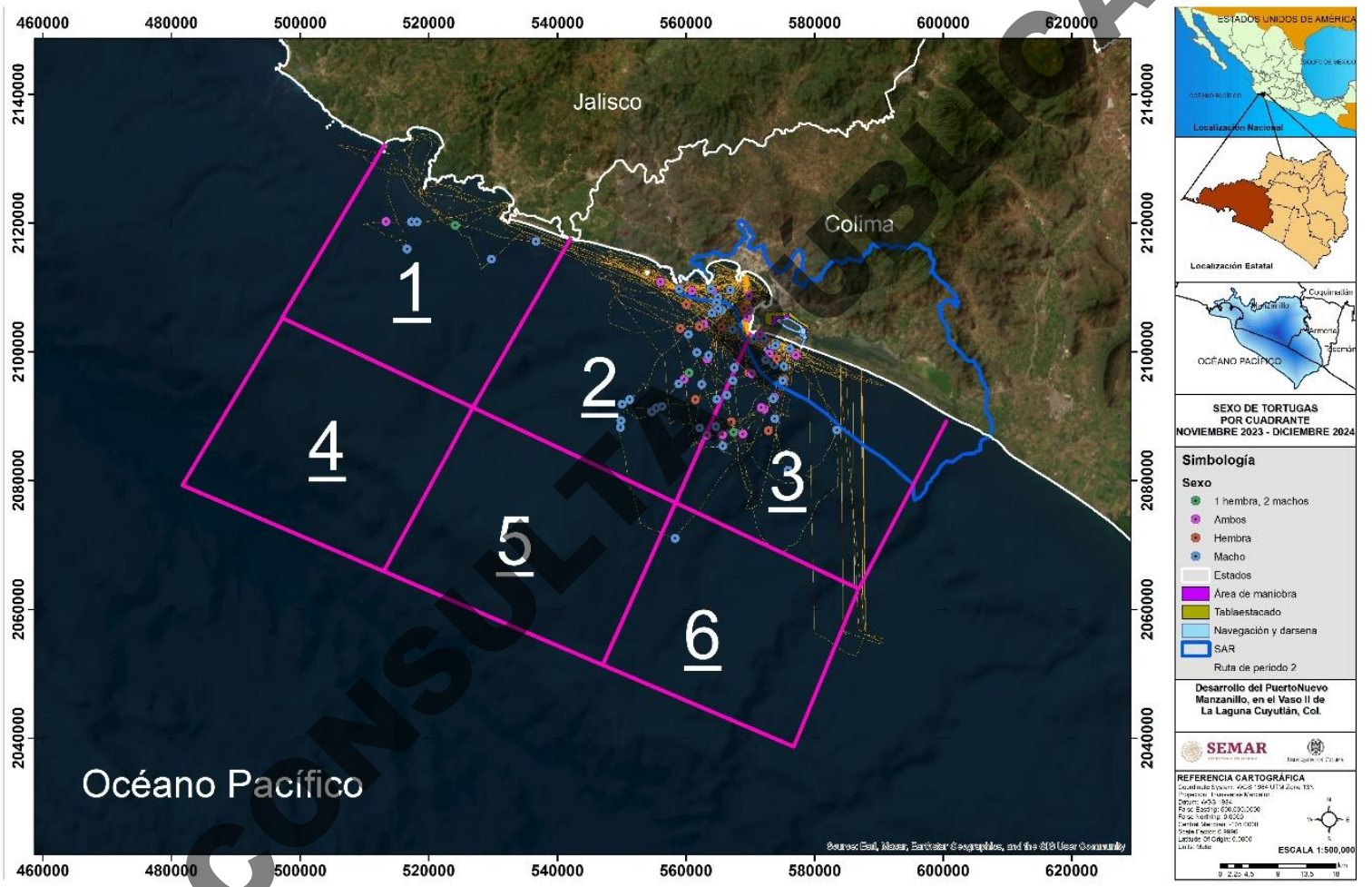
Mapa IV. 165. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA



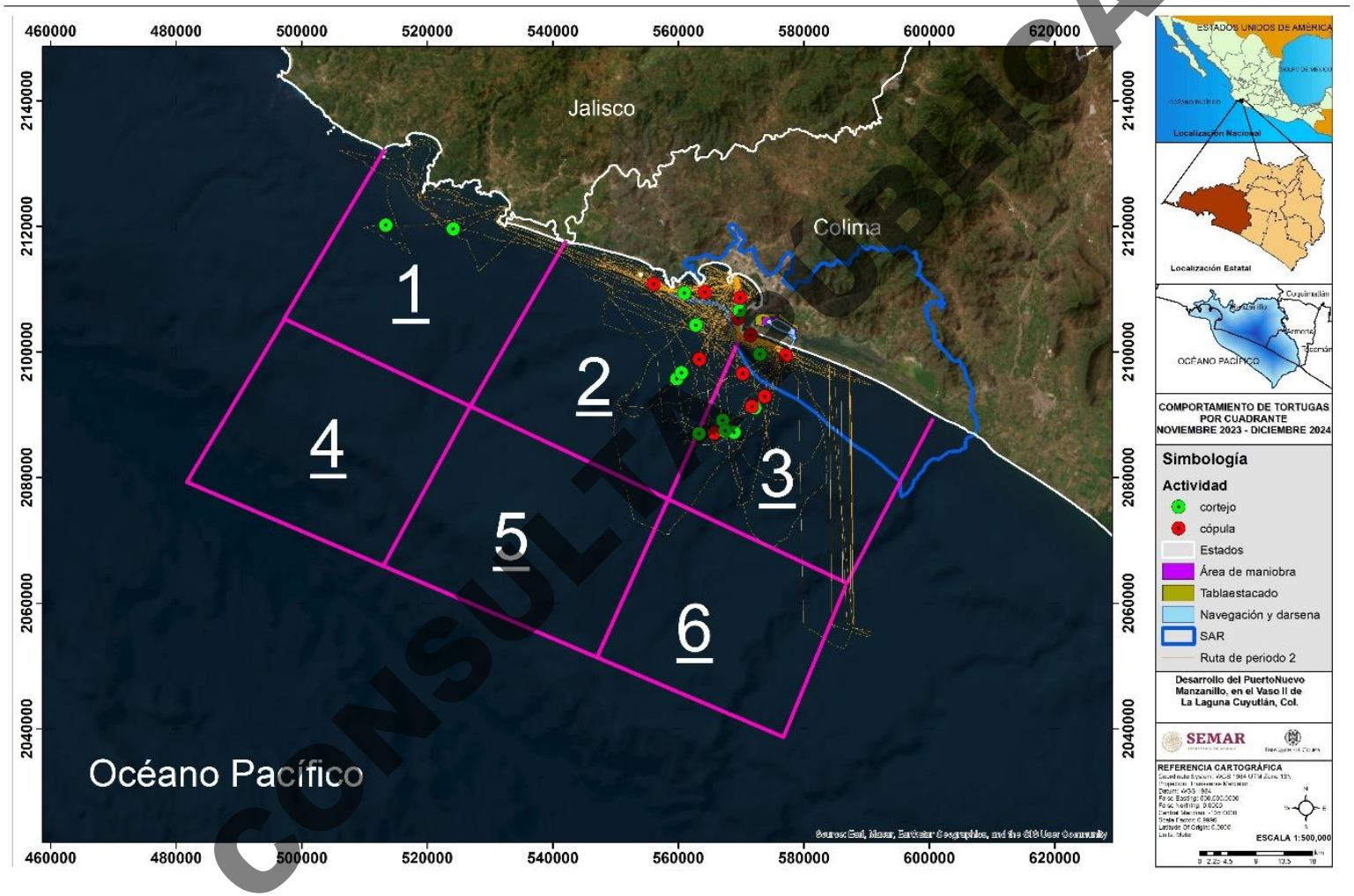
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 166. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 1, agosto 2022-julio 2023.



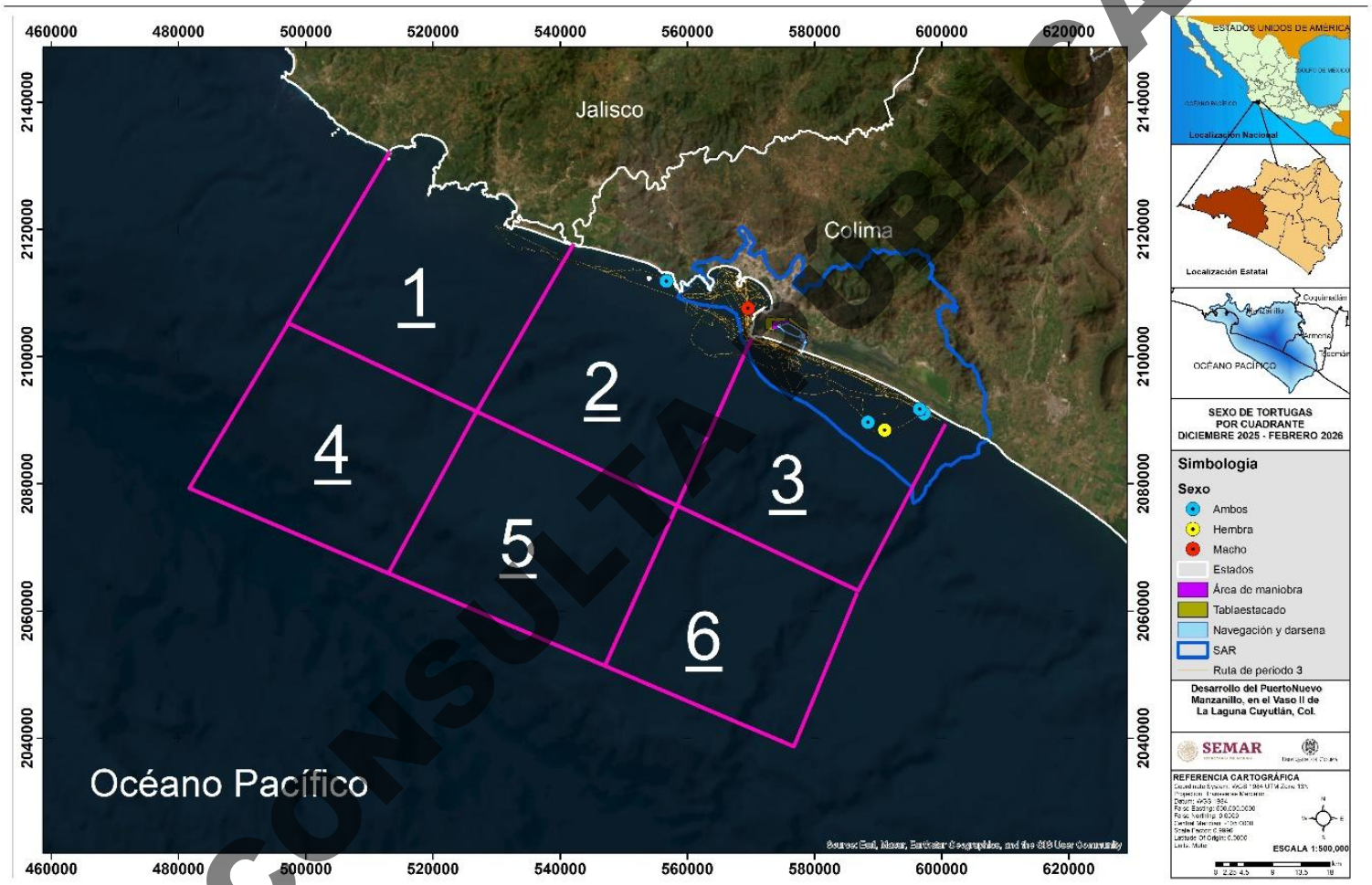
Mapa IV. 167. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



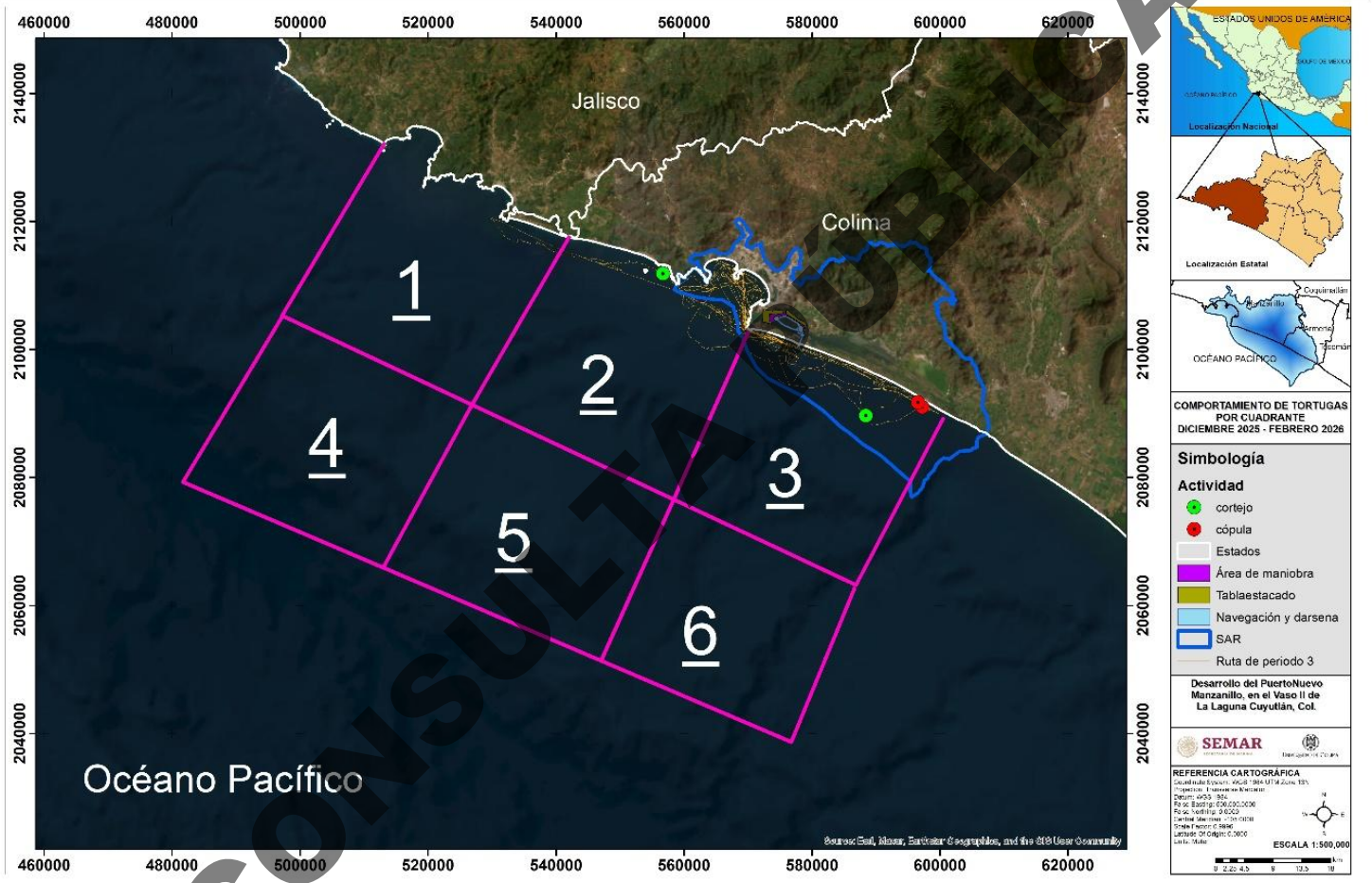
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 168. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.



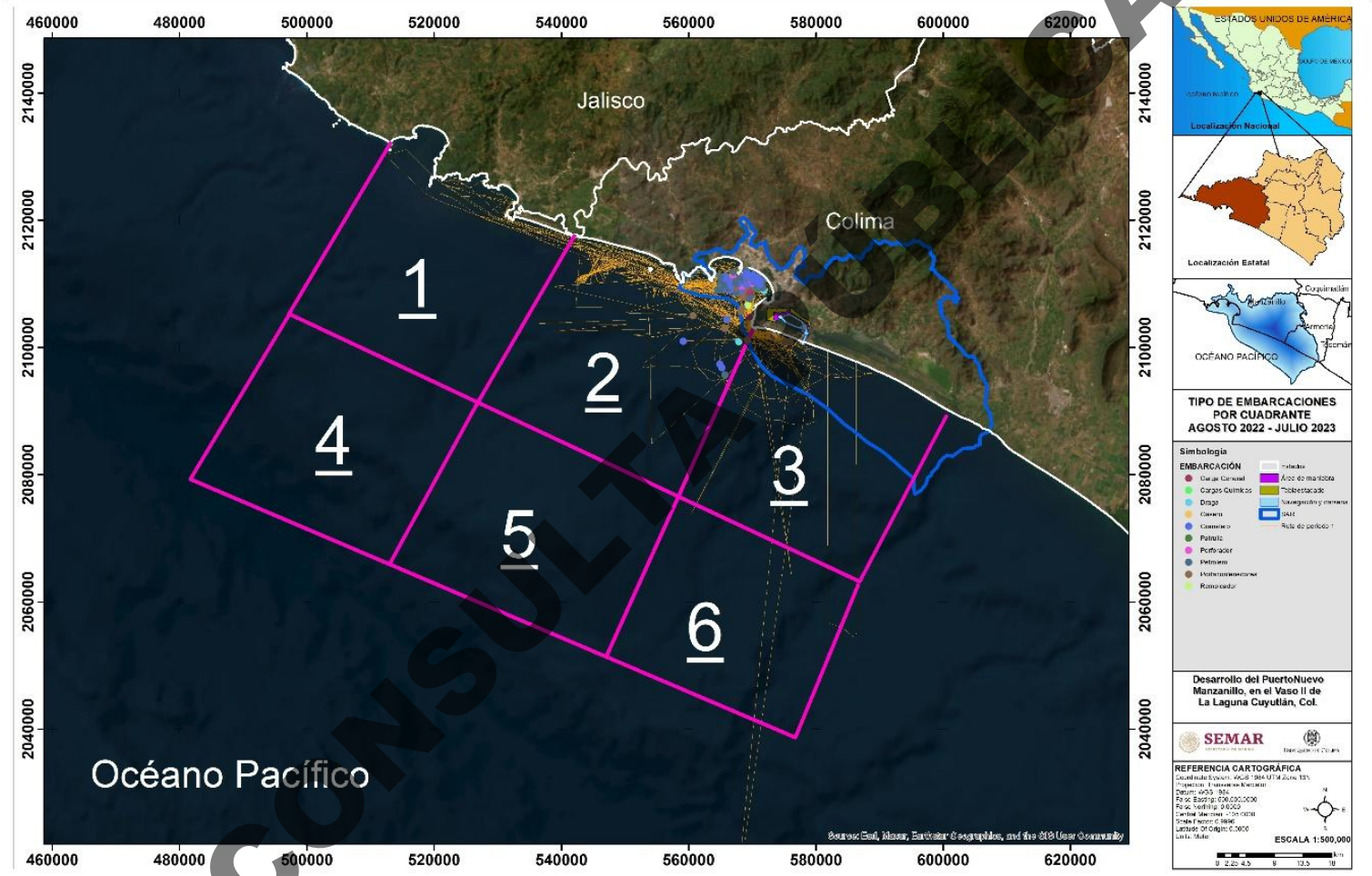
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 169. Ubicación de machos y hembras de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 3, diciembre 2025-febrero 2026.



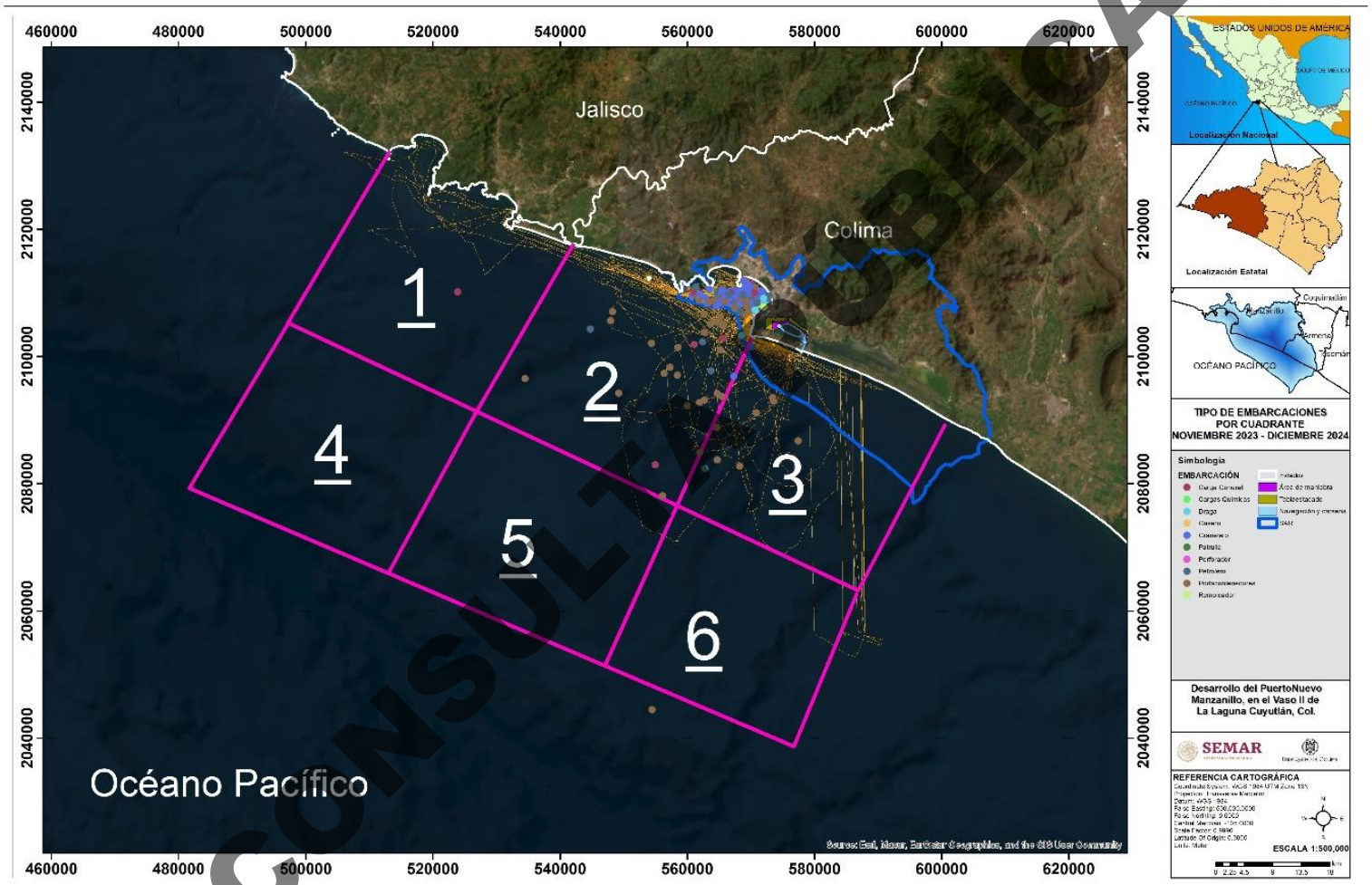
Mapa IV. 170. Localización de las actividades de comportamiento asociadas a cortejo y cópulas de tortugas marinas por cuadrante durante el periodo 2, diciembre 2025-febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA



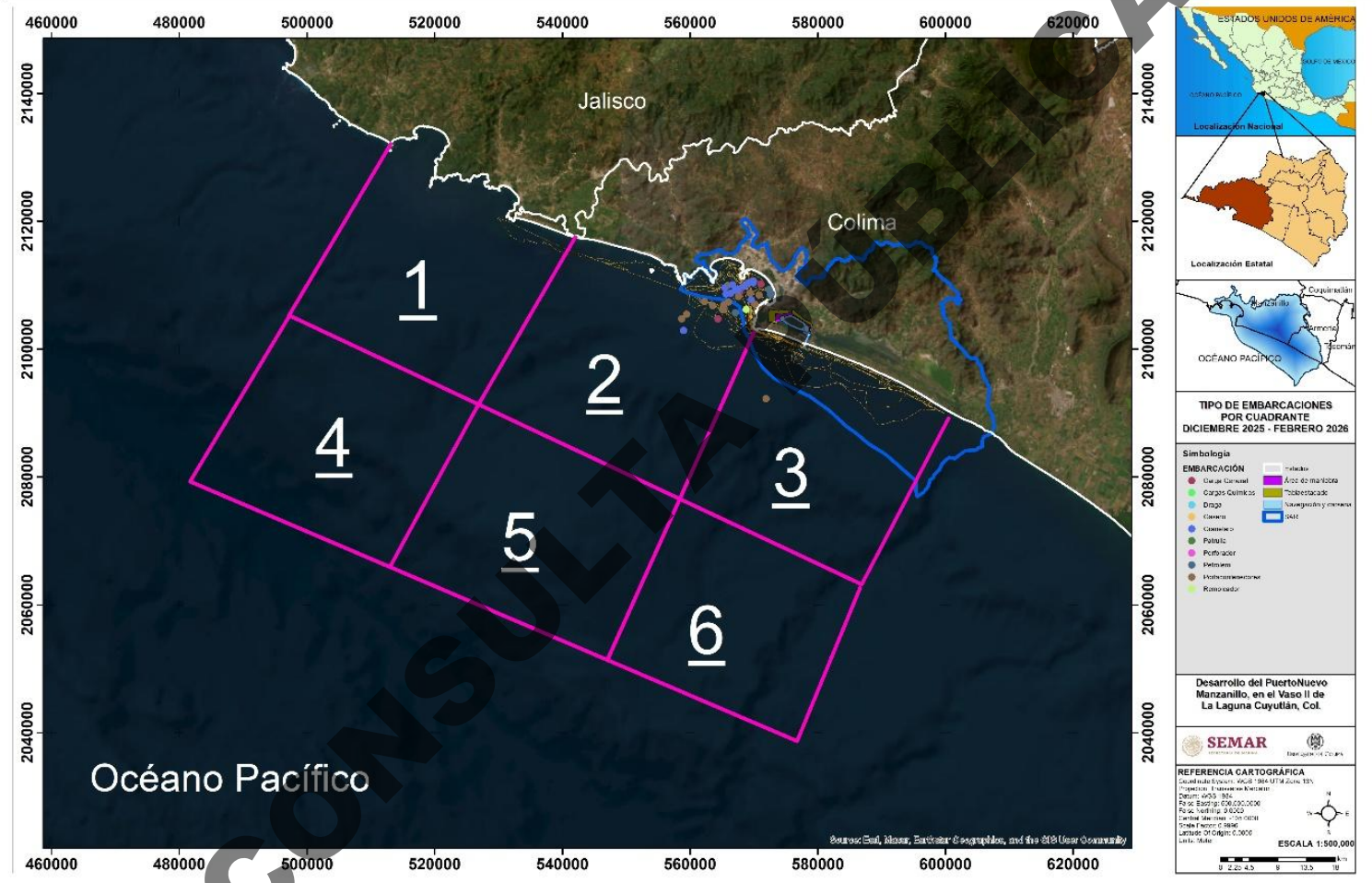
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 171. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 1, agosto 2022–julio 2023.



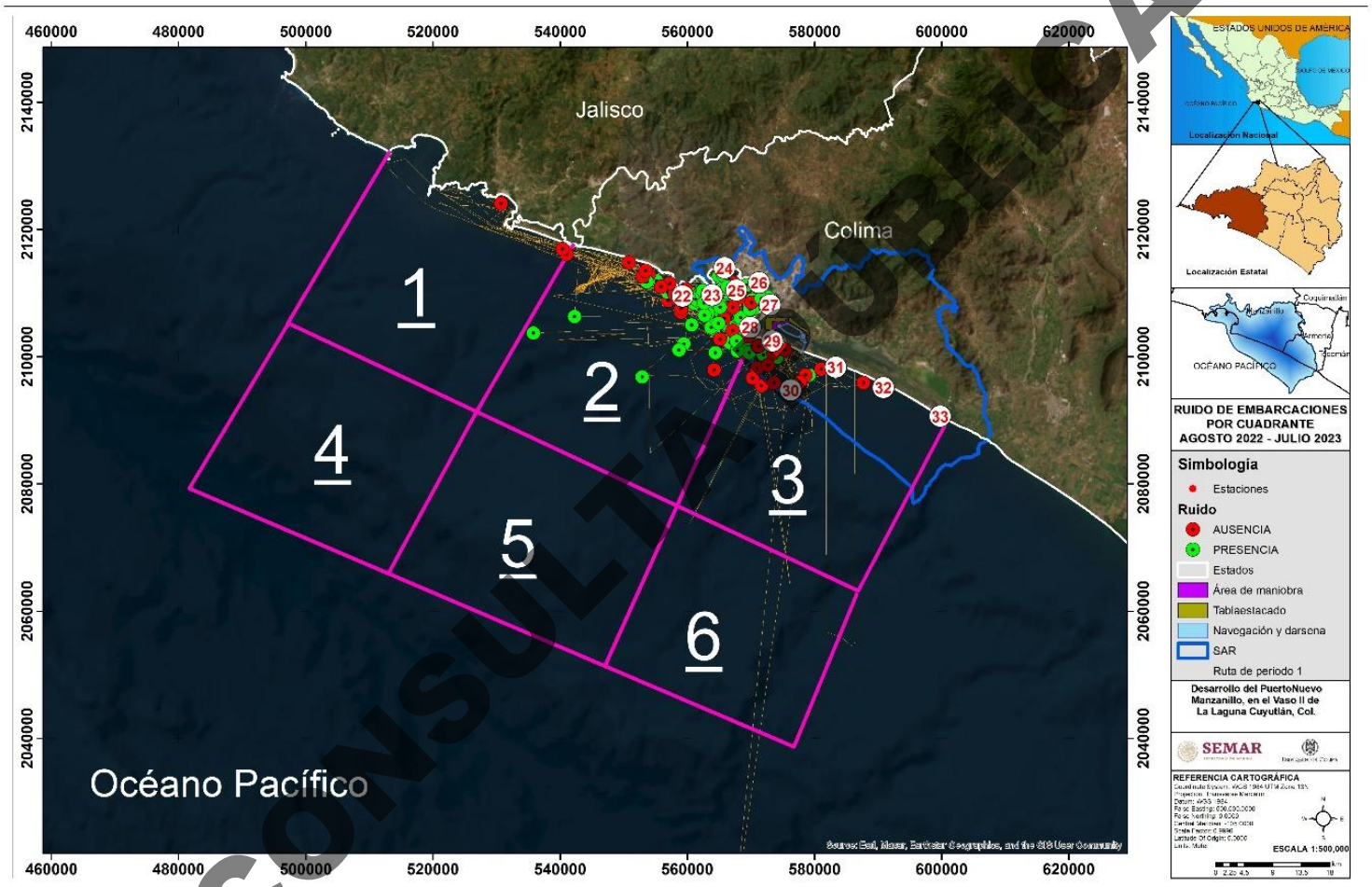
Mapa IV. 172. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 2, noviembre 2023-diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



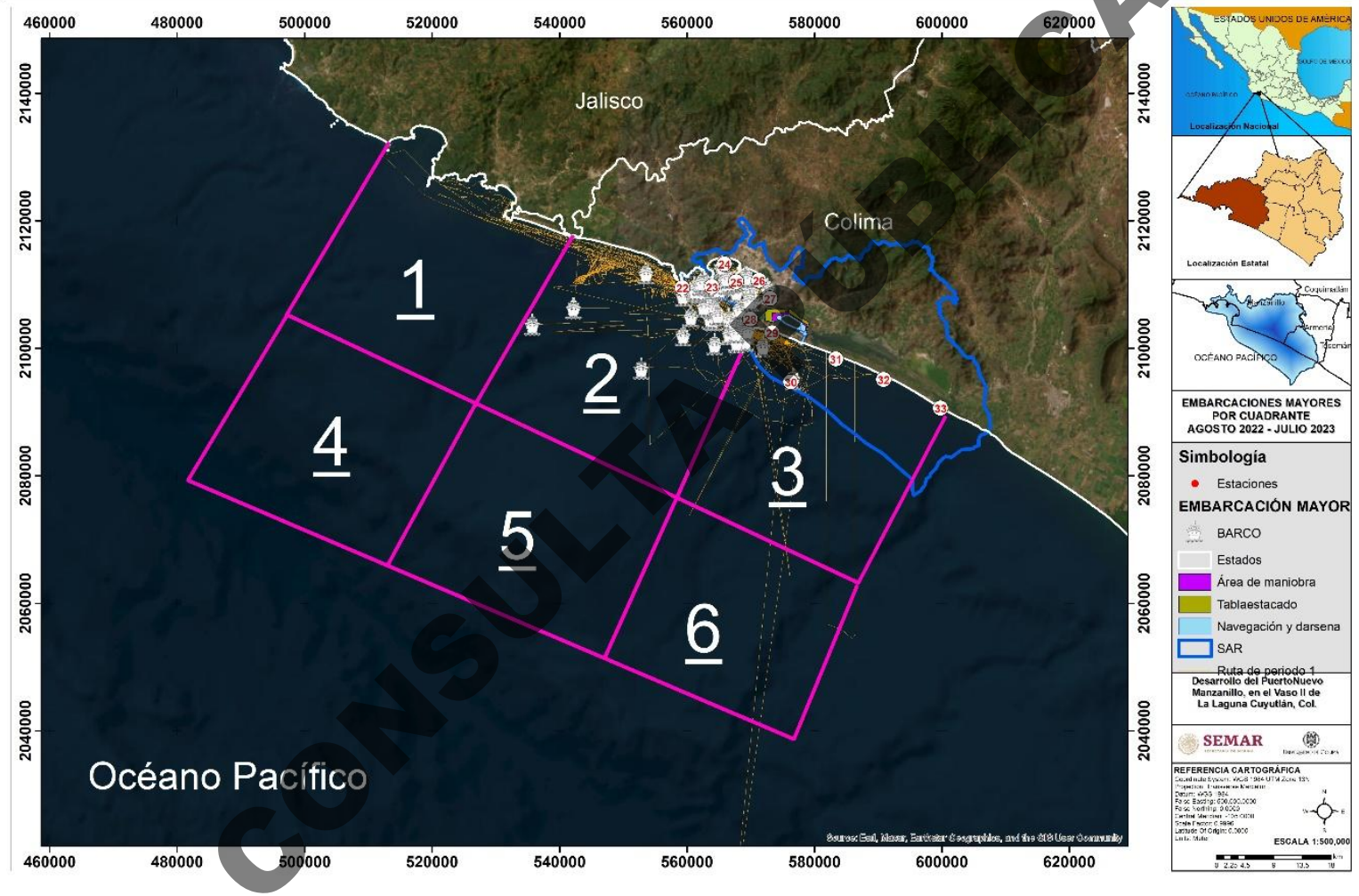
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 173. Distribución espacial de las embarcaciones registradas durante el periodo 3, diciembre 2025–febrero 2026.



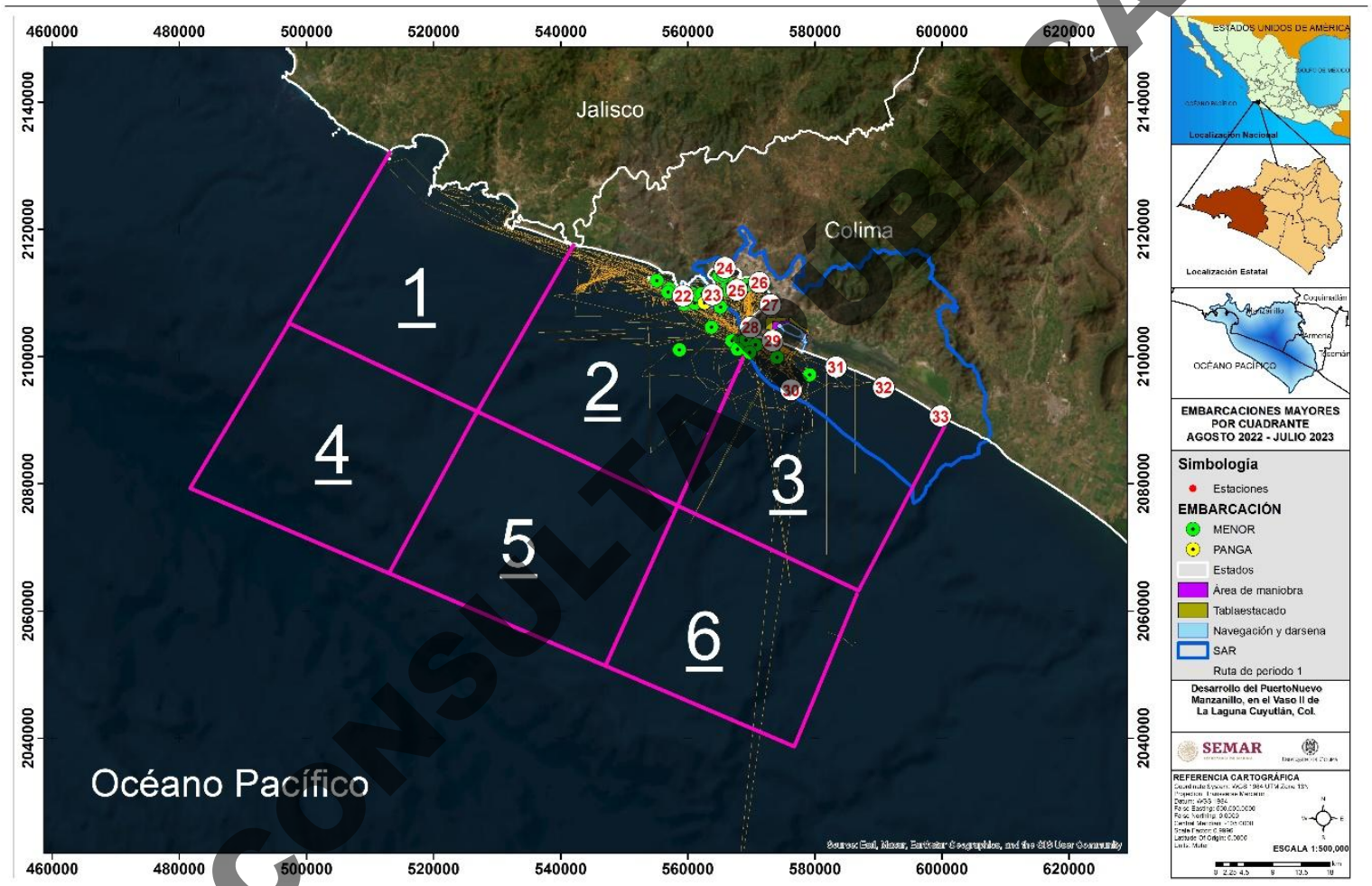
Mapa IV. 174. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA



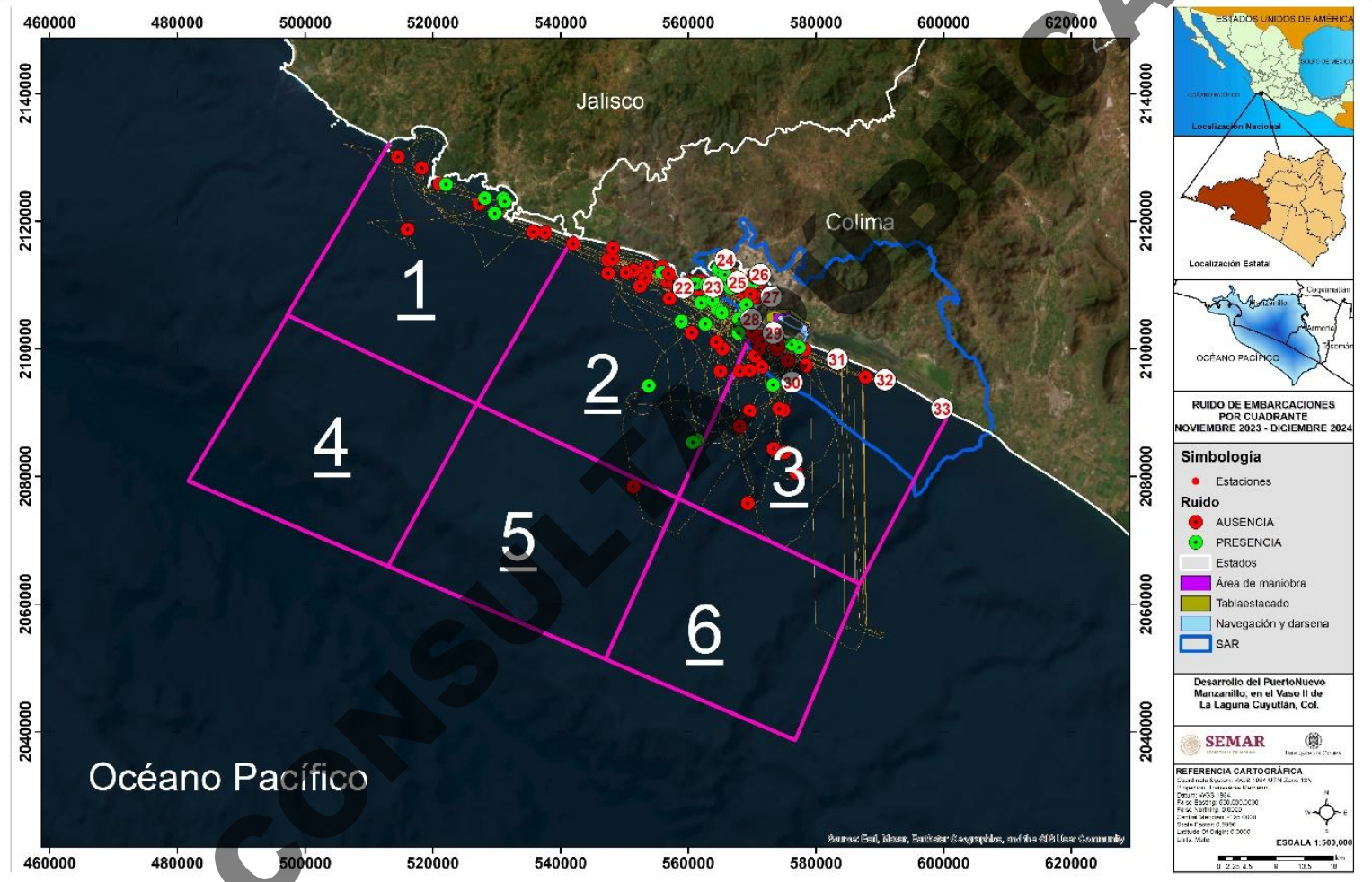
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 175. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.



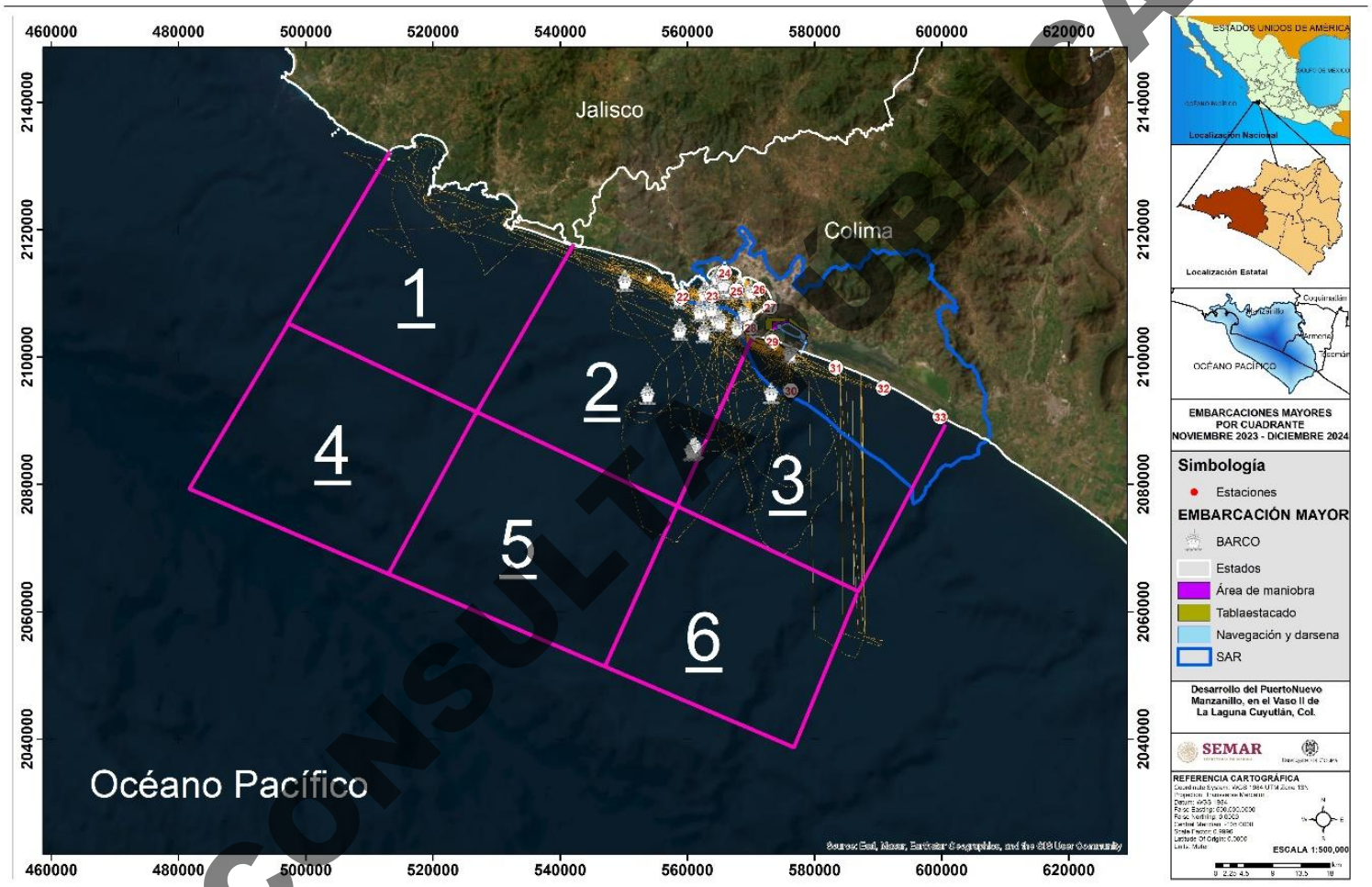
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 176. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023.



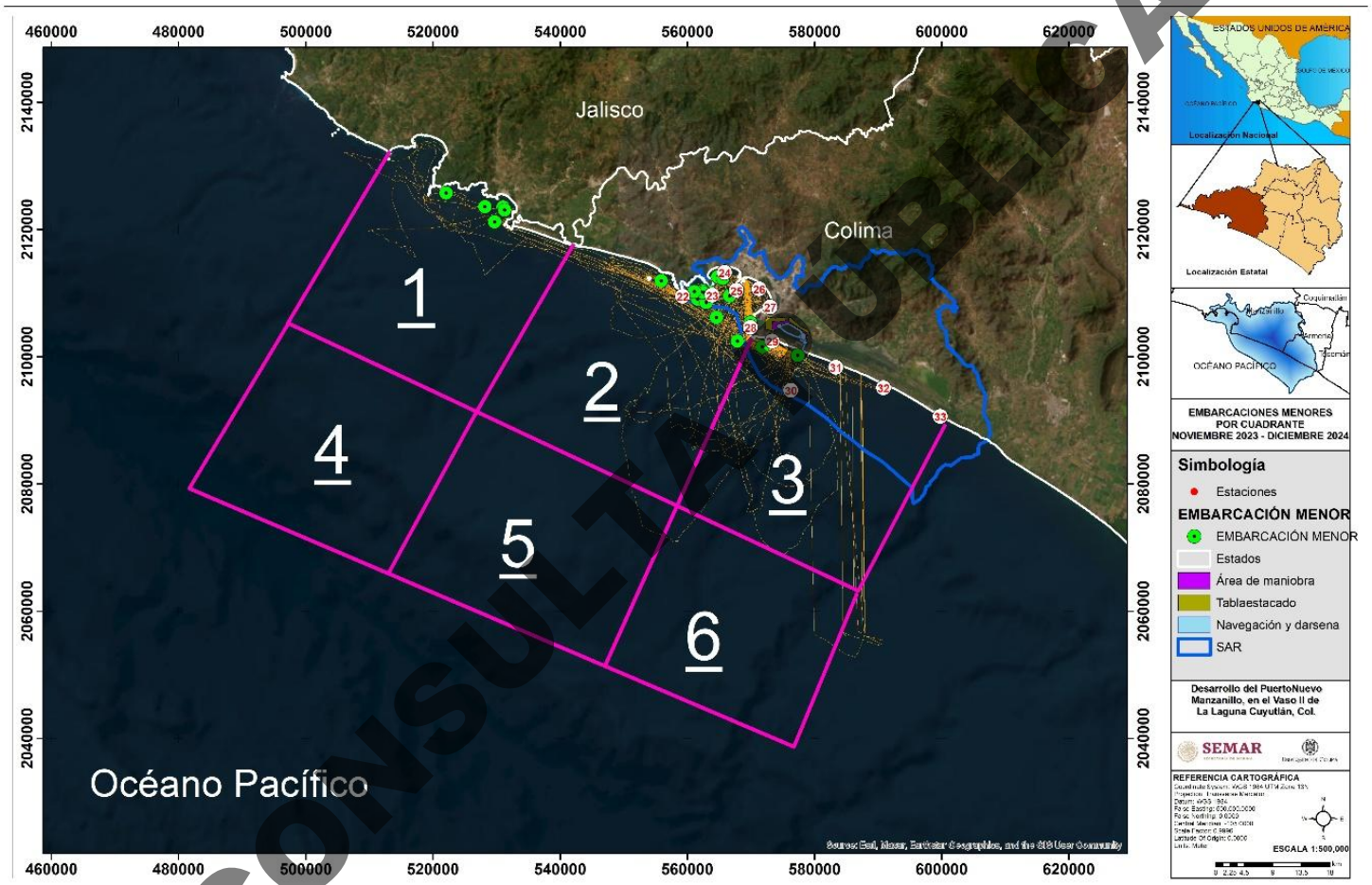
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 177. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.



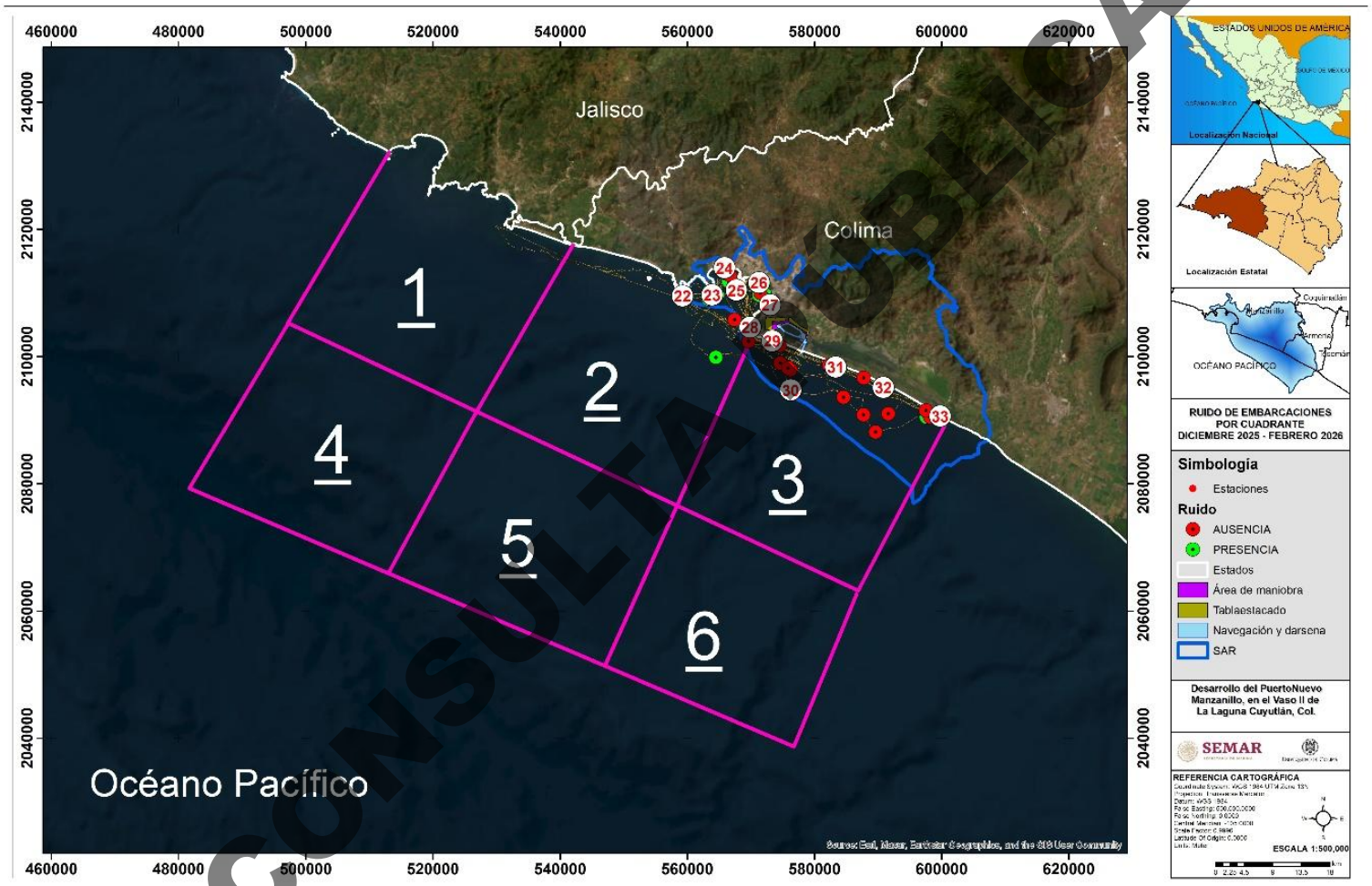
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 178. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024.



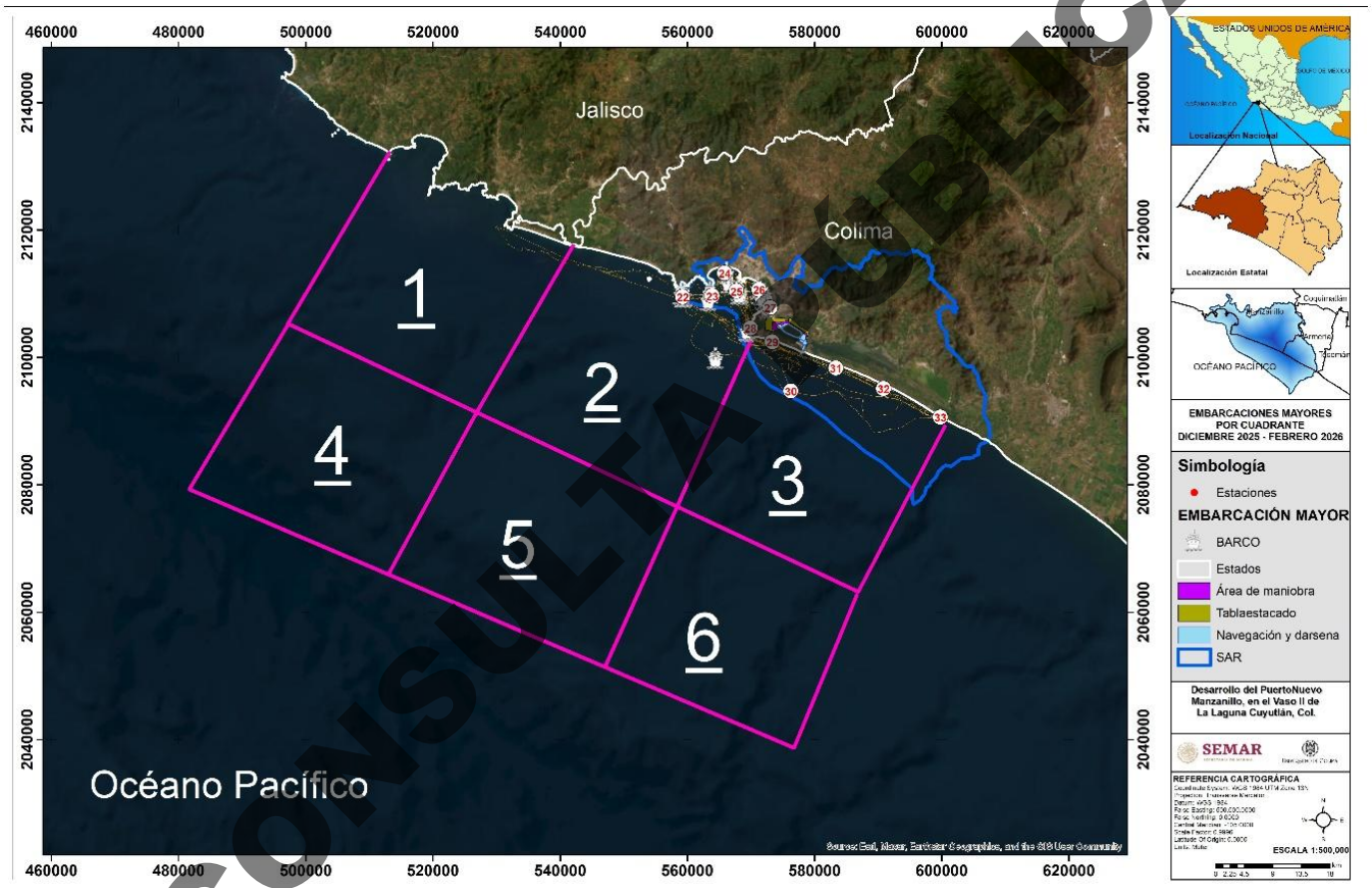
Mapa IV. 179.. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 2 que comprende los meses de noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



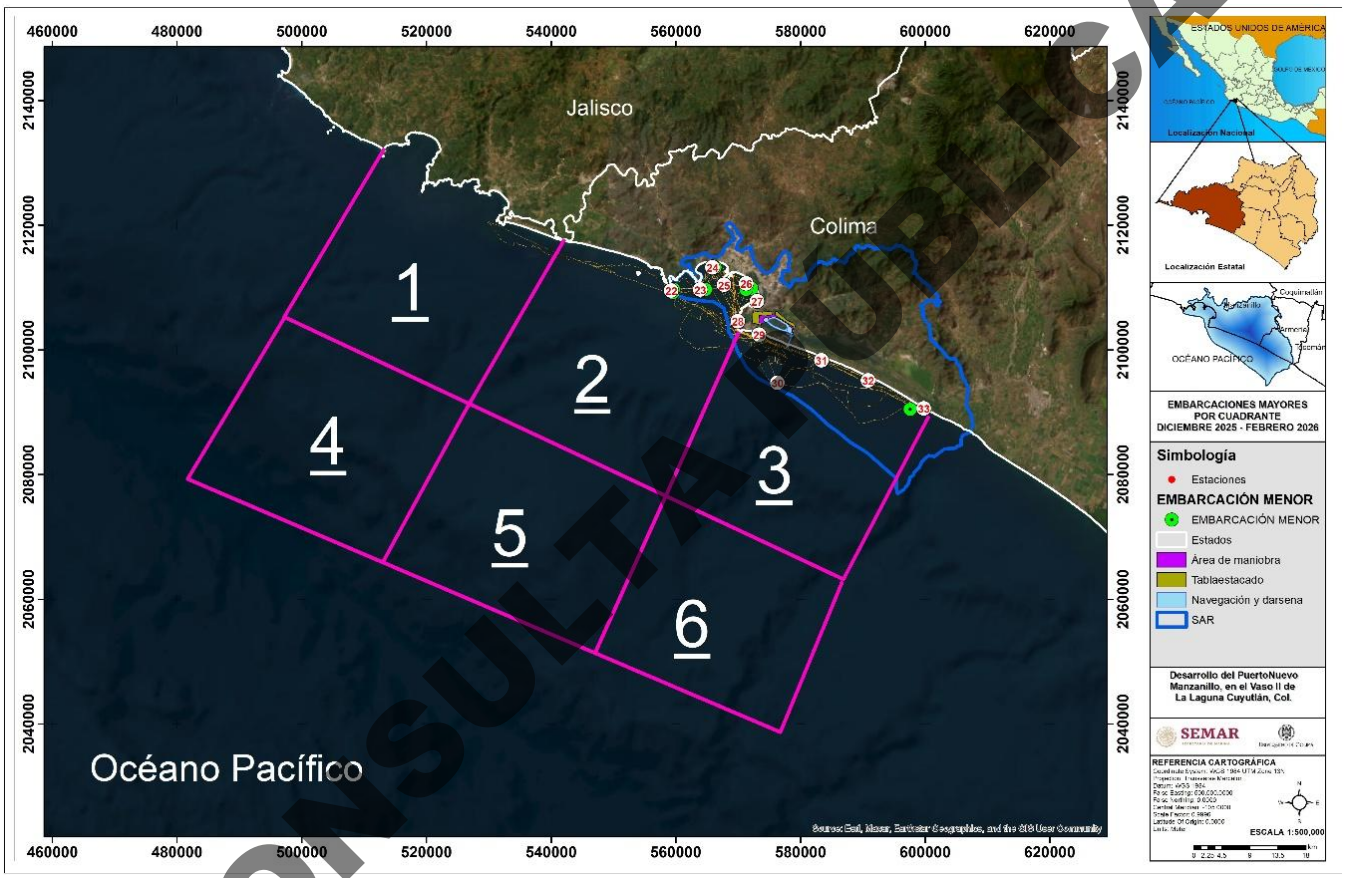
CONSULTA PÚBLICA

Mapa IV. 180. Registro de ruido de embarcaciones con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026.



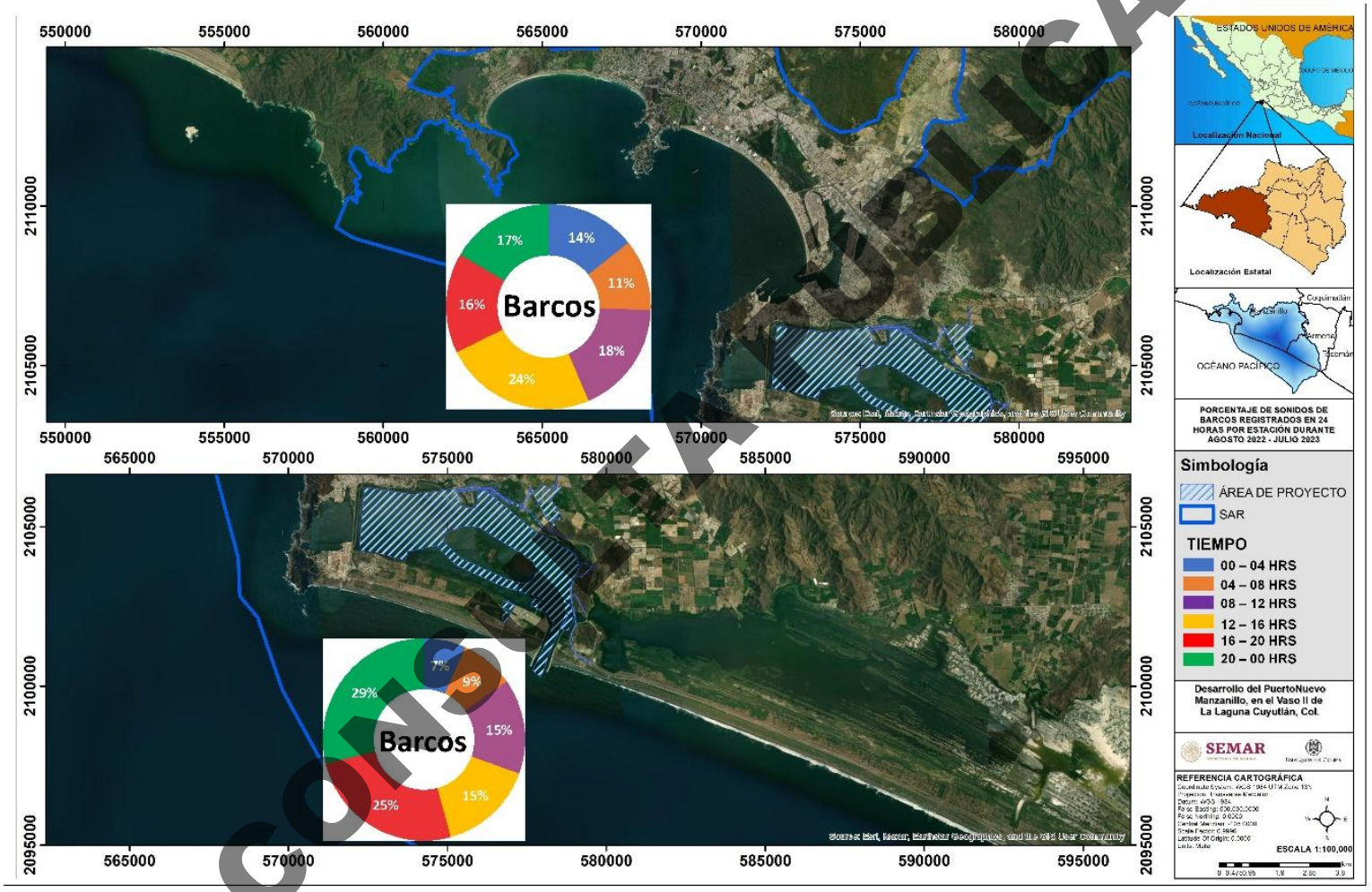
Mapa IV. 181. Registro de ruido de barcos con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA



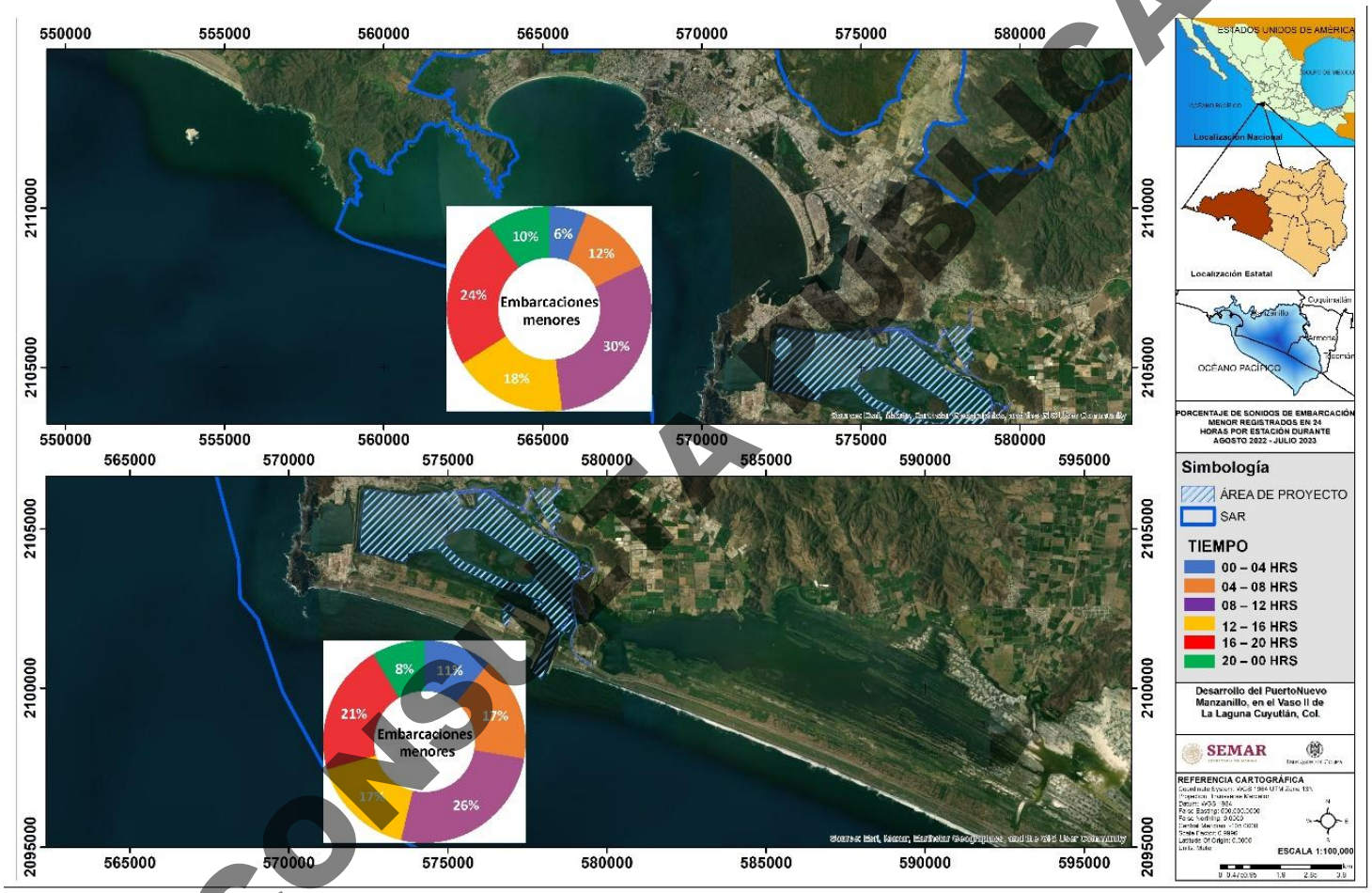
Mapa IV. 182. Registro de ruido de embarcaciones menores con el muestreo sistema acústico activo para la zona de estudio durante el periodo 3, que abarcó los meses de diciembre 2025 a febrero 2026.

CONSULTA PÚBLICA



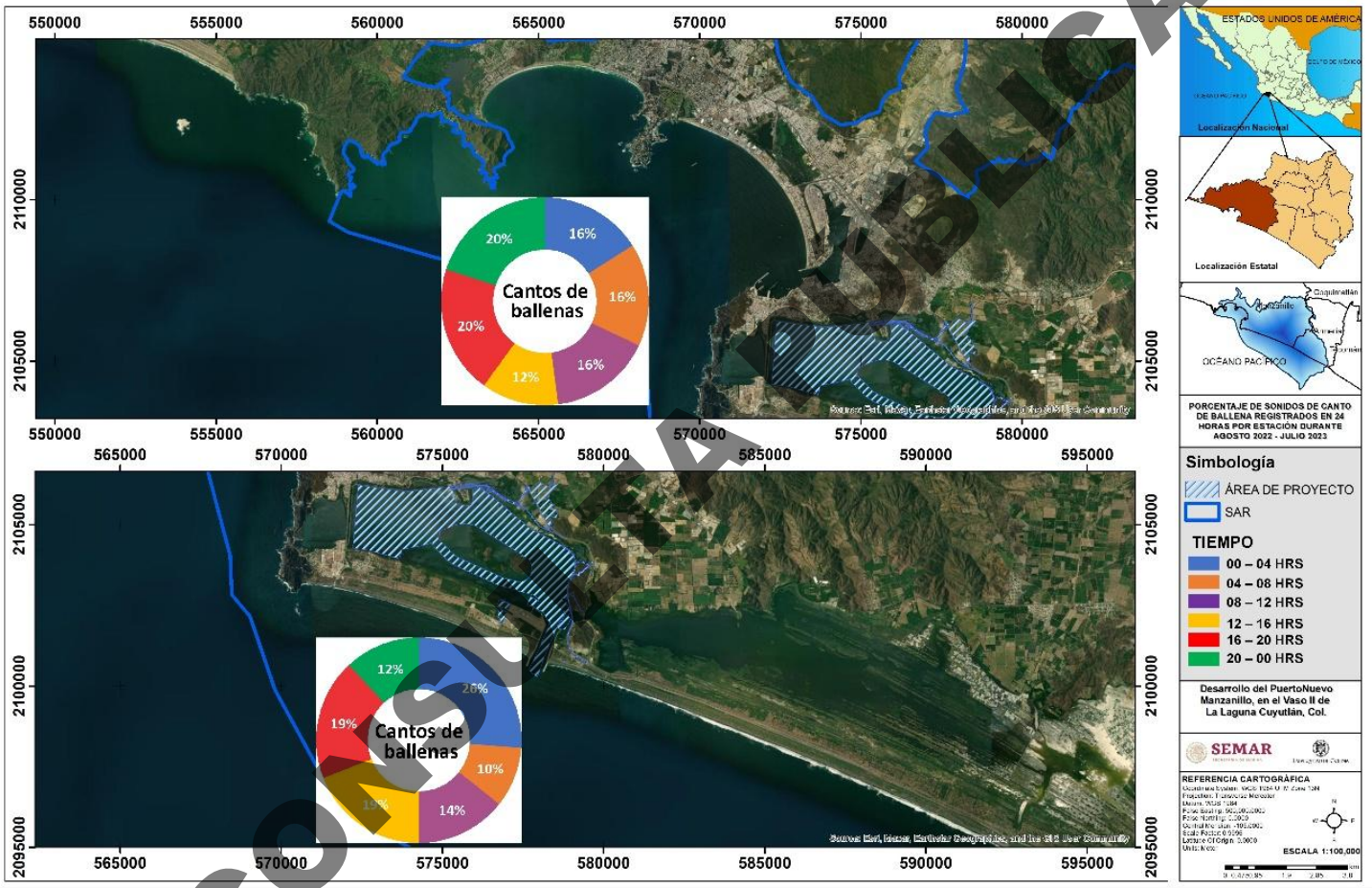
COPIA PÚBLICA

Mapa IV. 183. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.



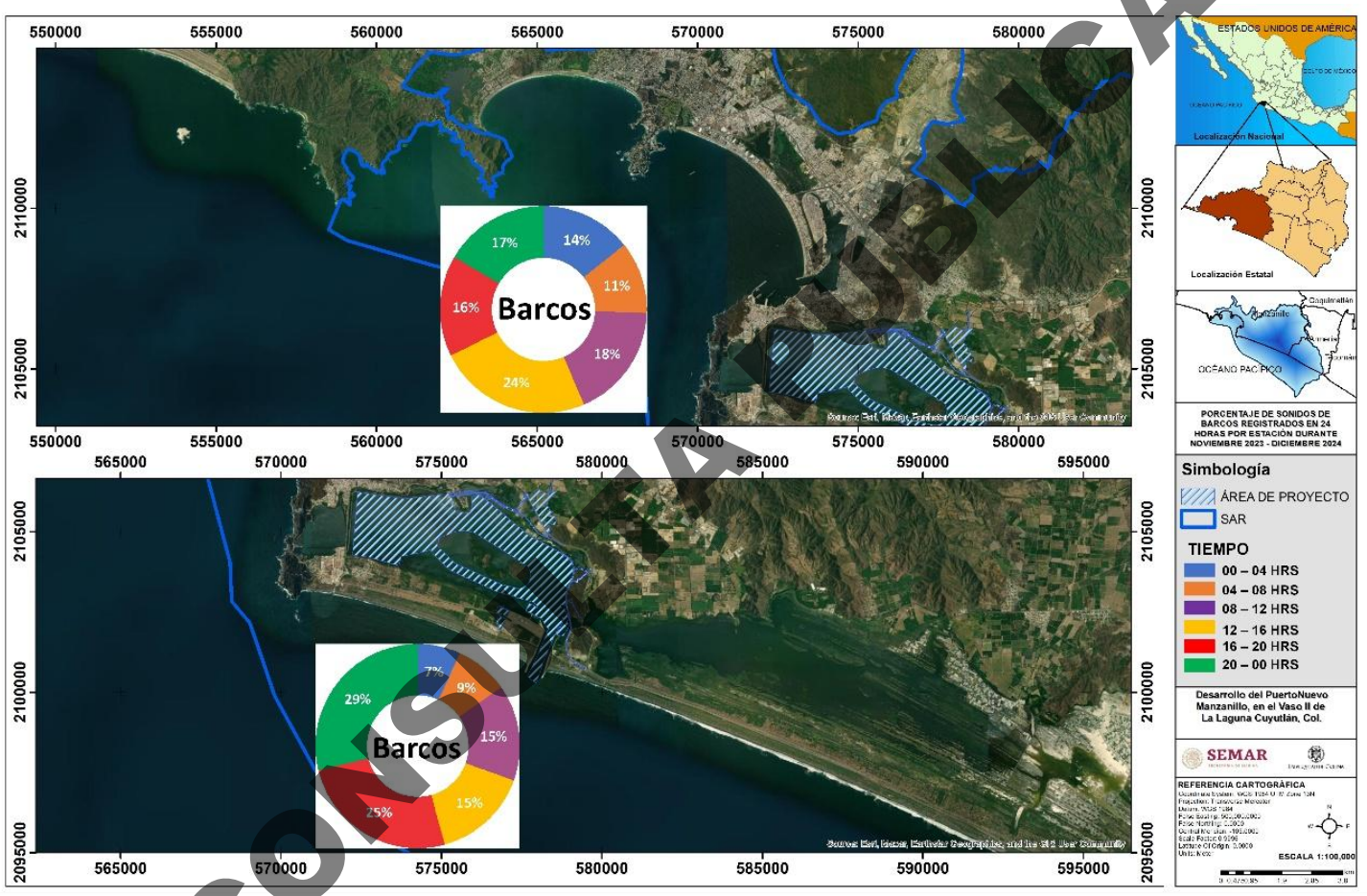
Mapa IV. 184. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA



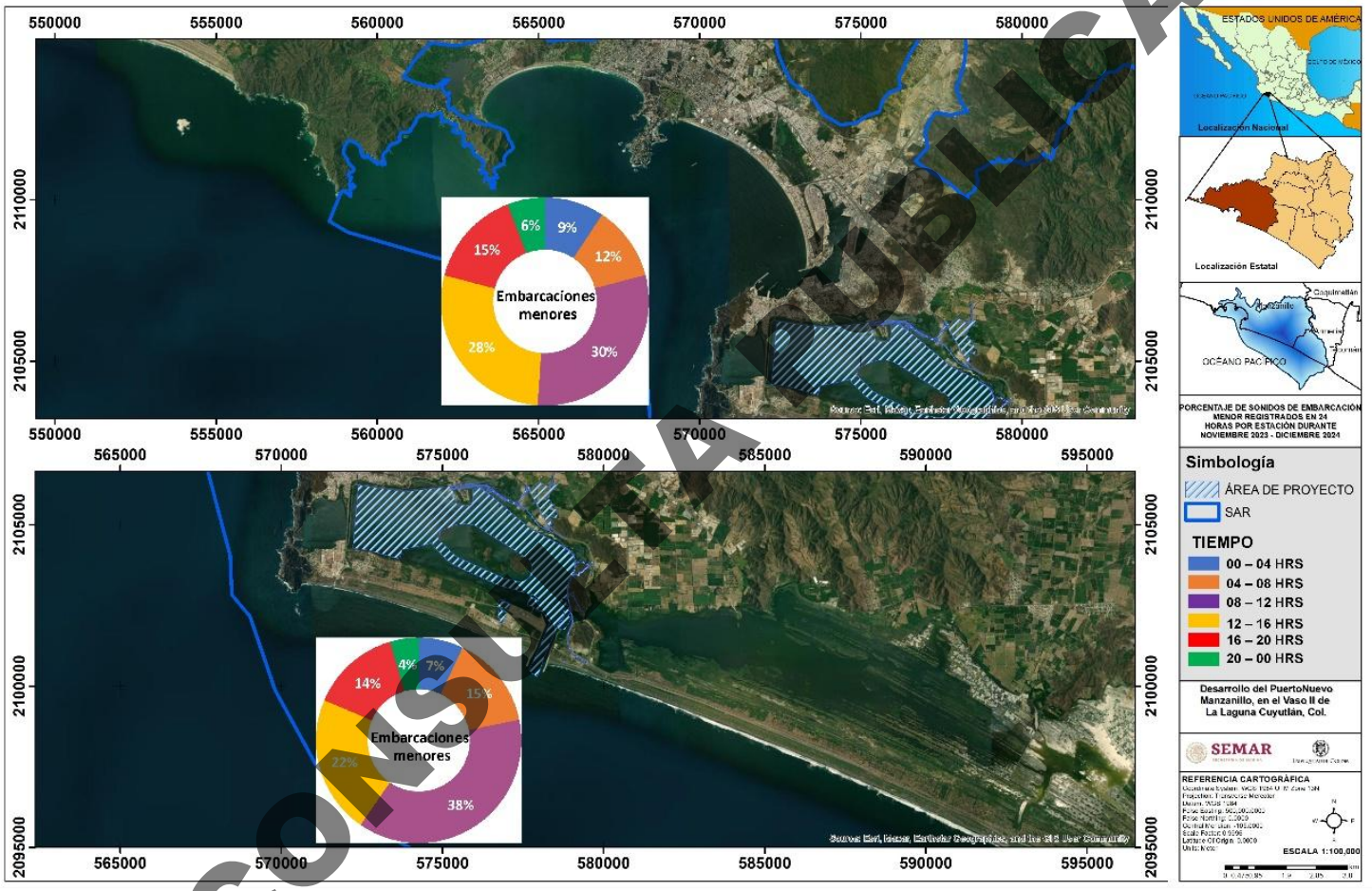
Mapa IV. 185. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 1, agosto 2022 a julio 2023.

CONSULTA PÚBLICA



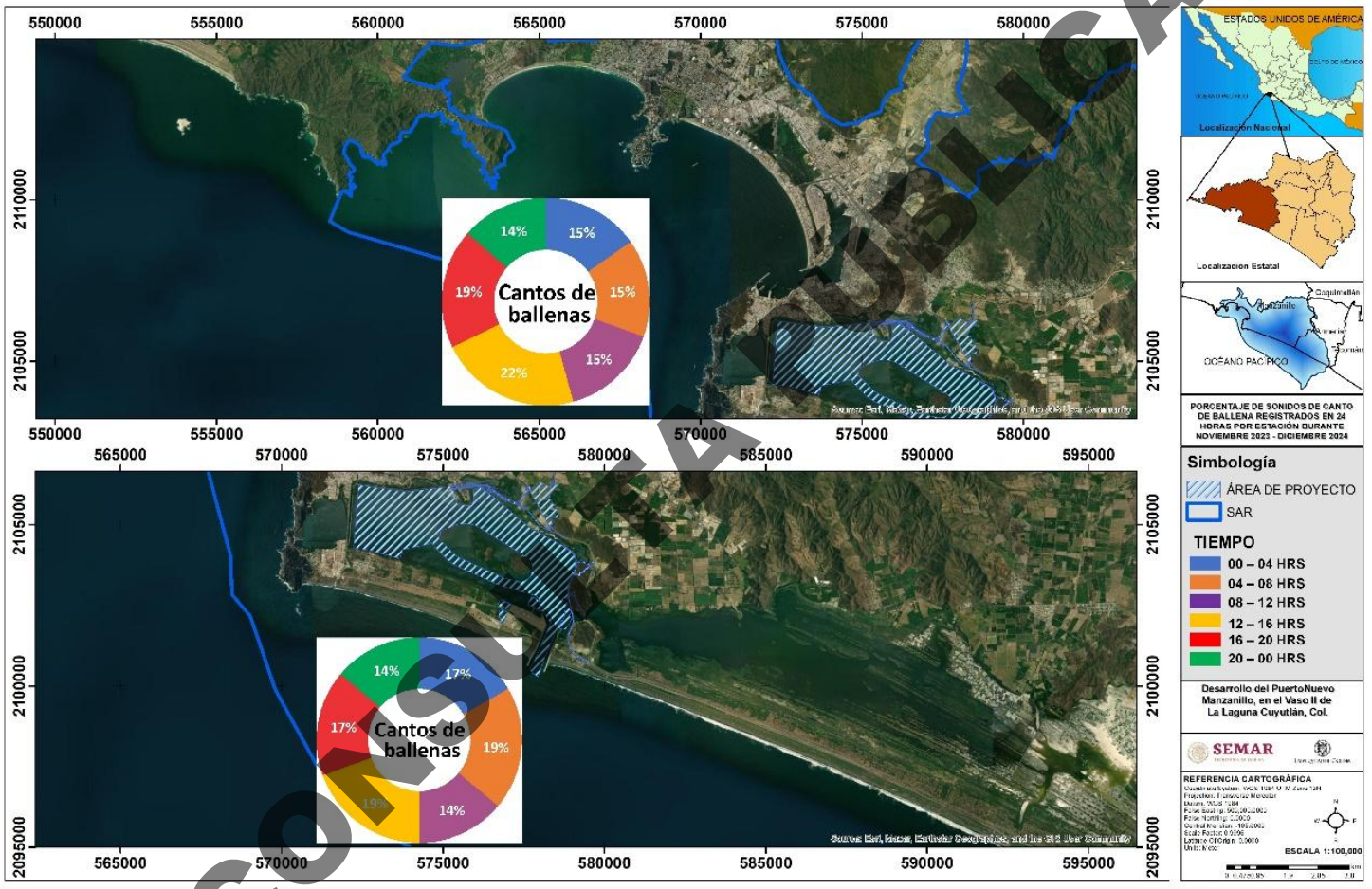
Mapa IV. 186. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



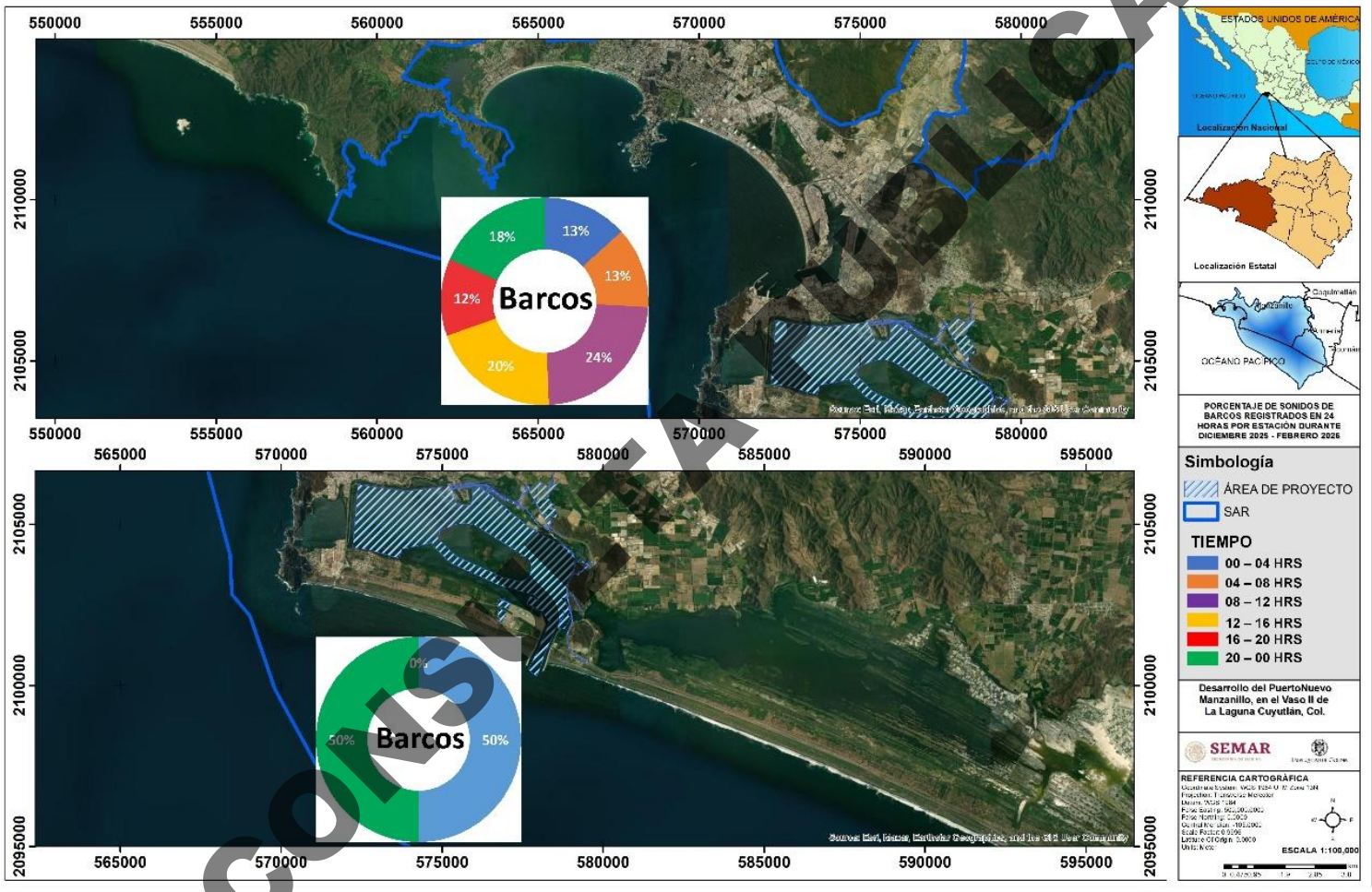
Mapa IV. 187. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registradas en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



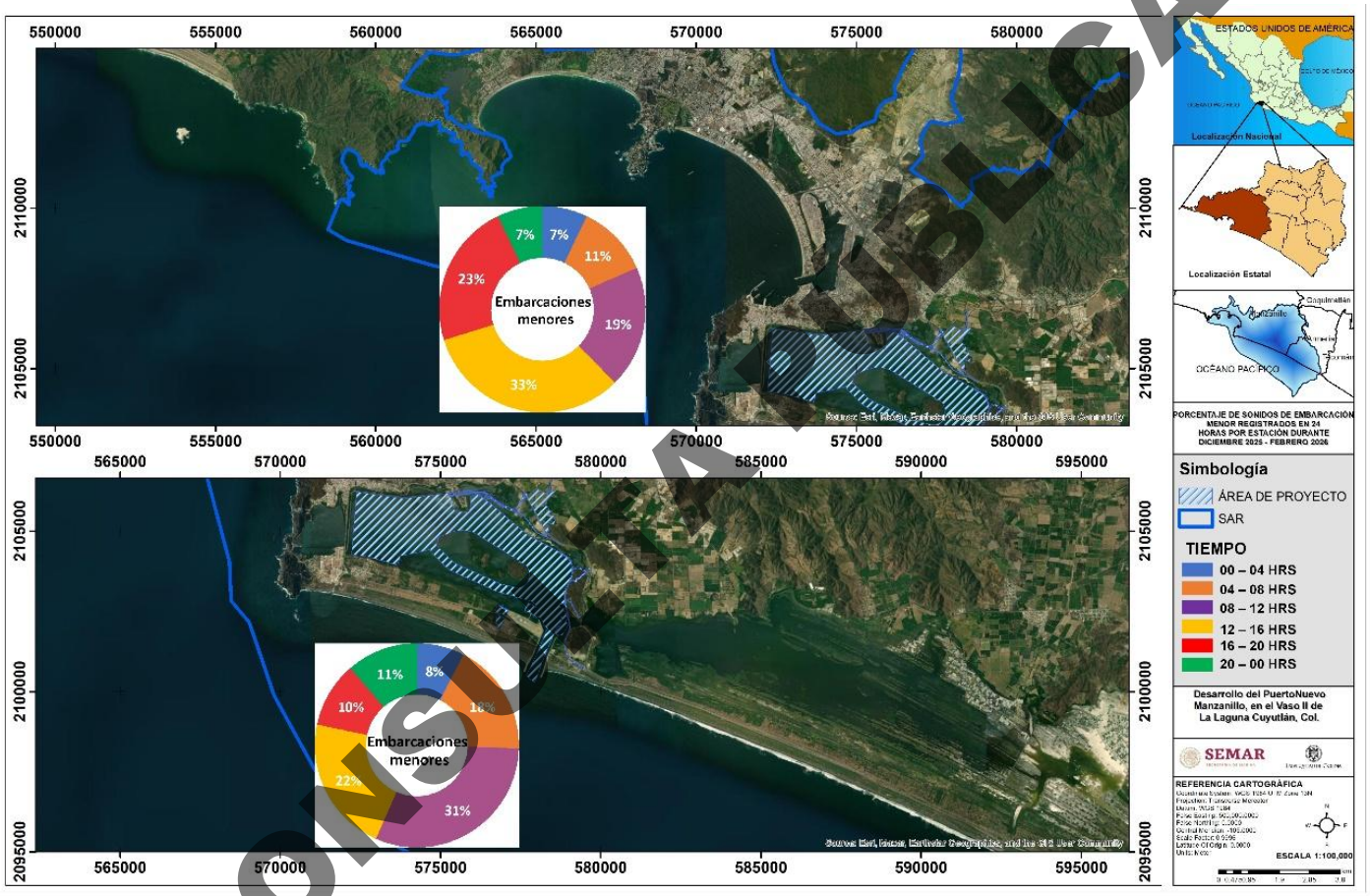
Mapa IV. 188. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 2, noviembre 2023 a diciembre 2024.

CONSULTA PÚBLICA



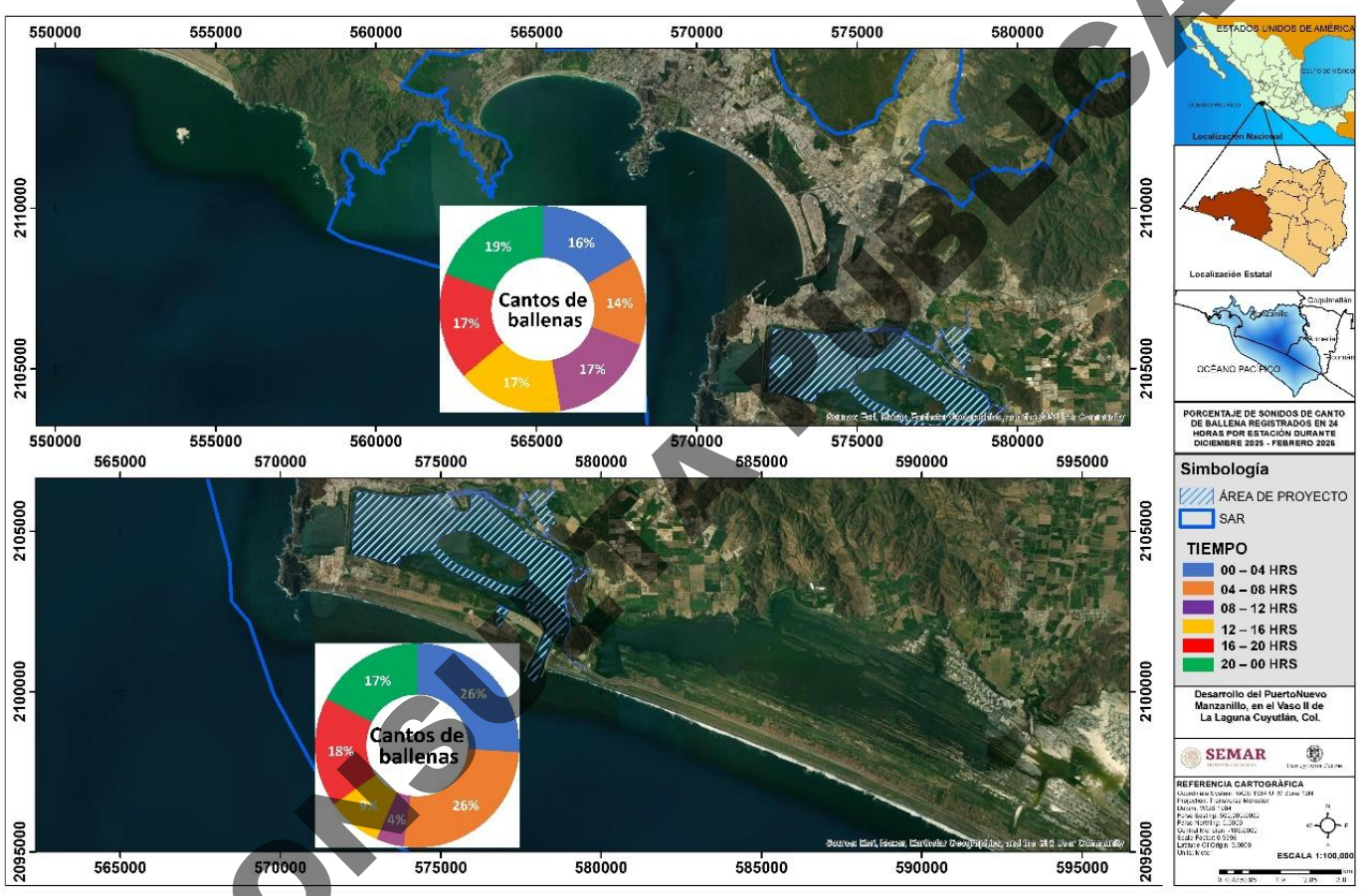
COPIA CONTROLADA

Mapa IV. 189. Porcentaje de sonidos de barcos registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.



Mapa IV. 190. Porcentaje de sonidos de embarcaciones menores registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

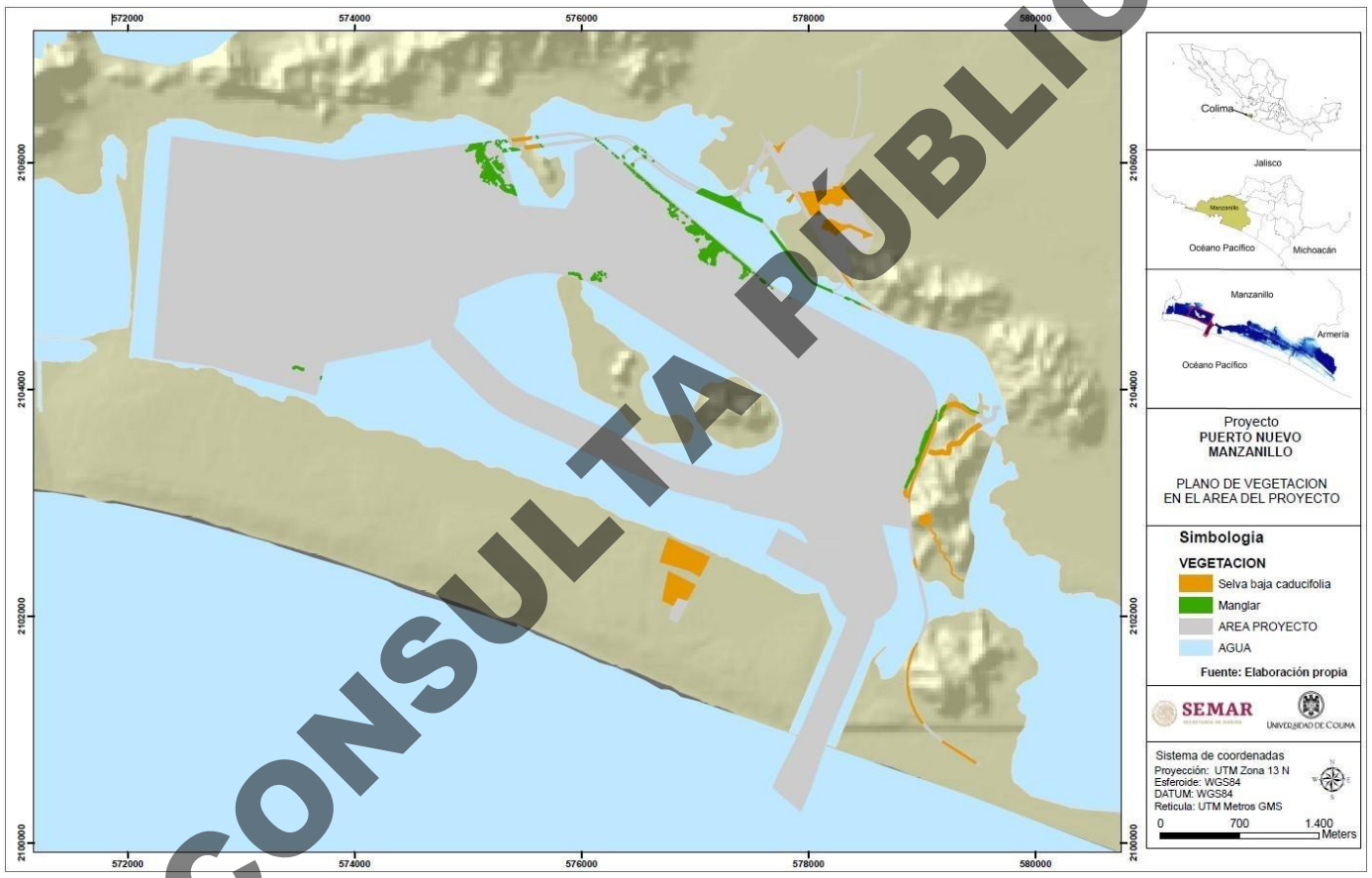
COPIA PÚBLICA



Mapa IV. 191. Porcentaje de cantos de ballena jorobada registrados en las estaciones de Bahía Manzanillo y Tepalcates con el muestreo sistema acústico pasivo durante el periodo 3, diciembre 2025 a febrero 2026.

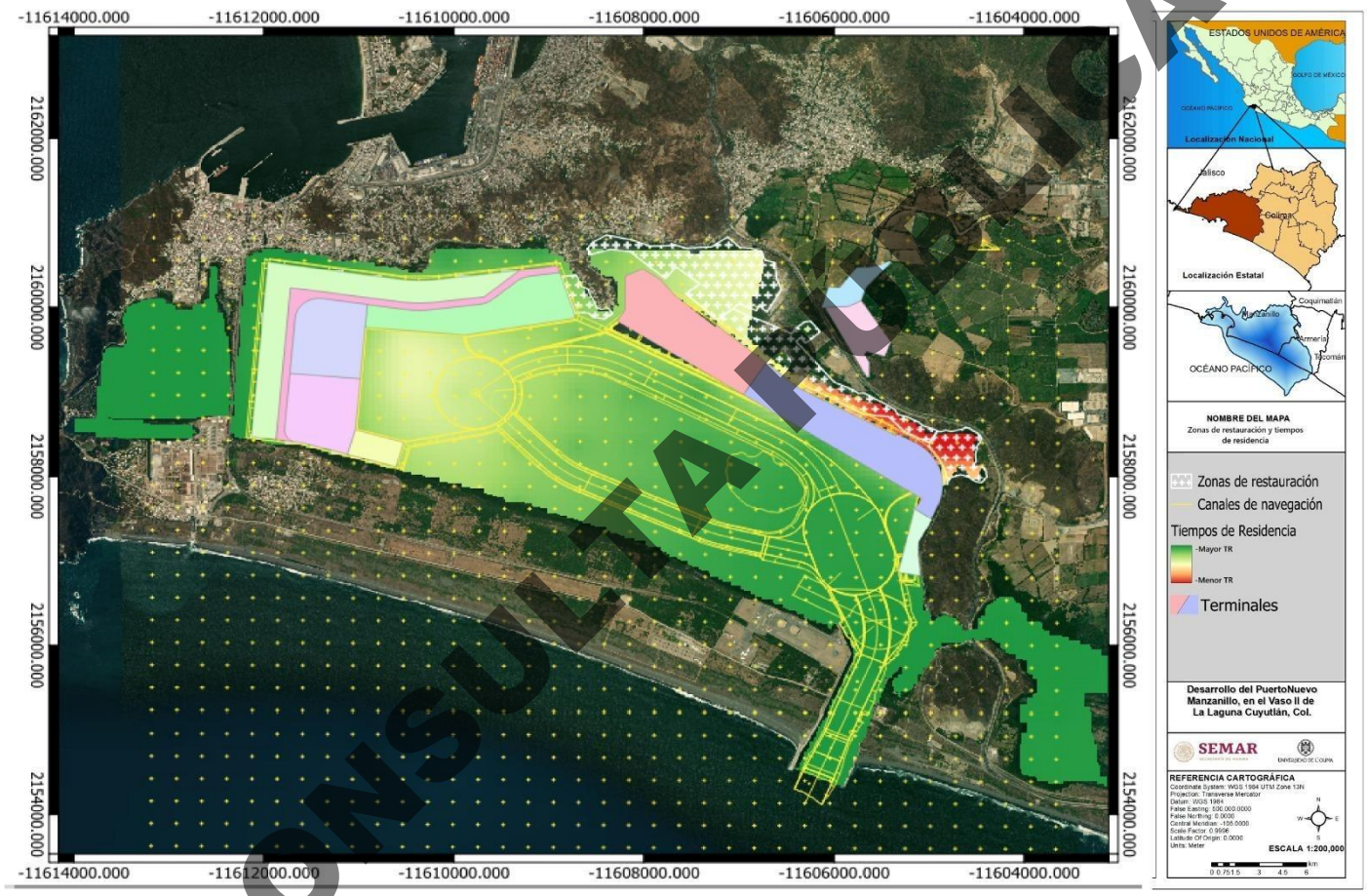
CONSULTA PÚBLICA

CAPITULO V



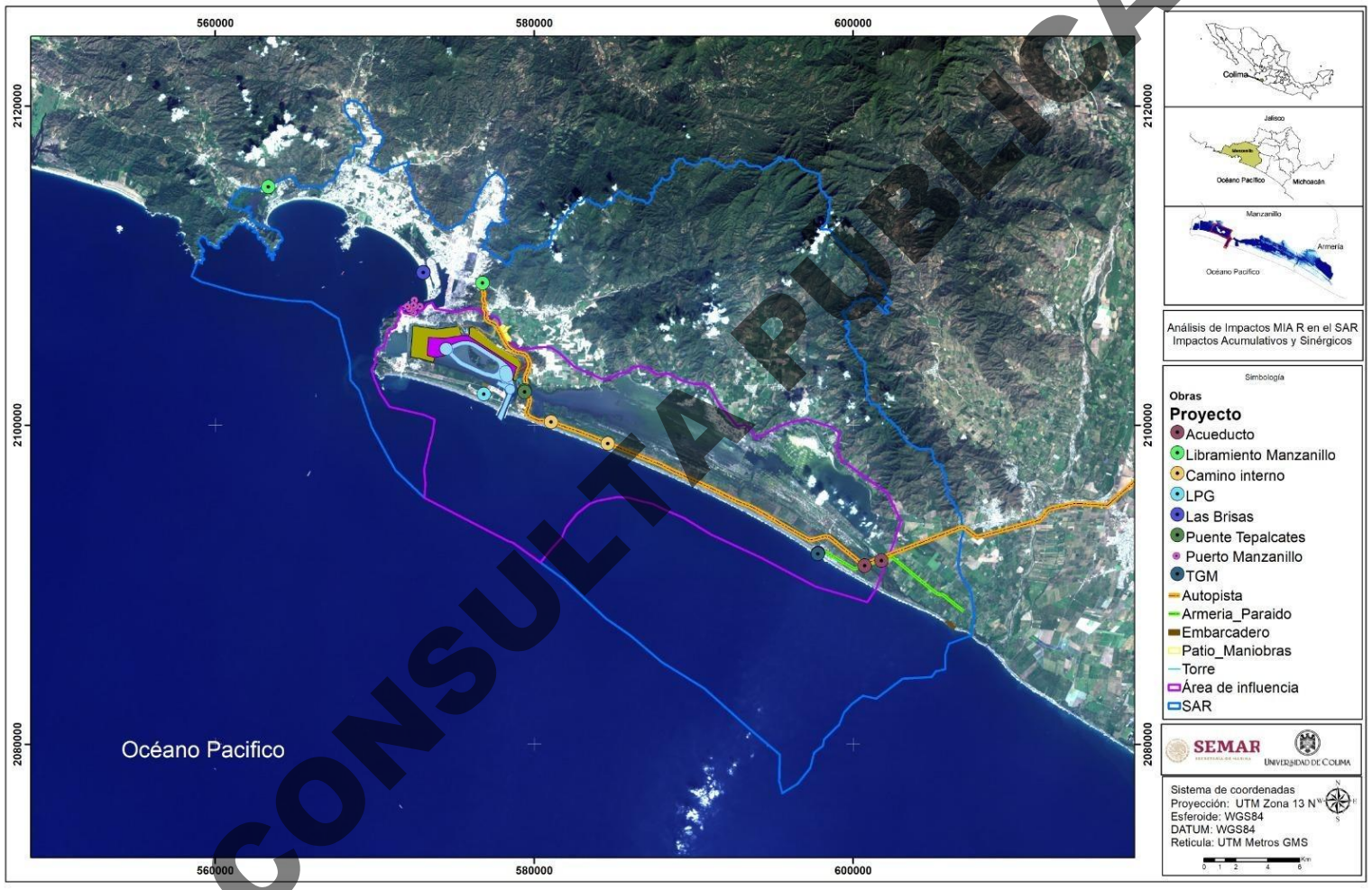
Mapa V. 192. Áreas de vegetación de Manglar y Selva Baja Caducifolia (SBC) con afectación conforme el Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna Cuyutlán, Col.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa V. 193. Áreas con potencial de Compensación del Manglar (restauración, recuperación, reforestación) y su relación con los Tiempos de Residencia (TR) obtenidos de la modelación hidrodinámica en el Vaso II.

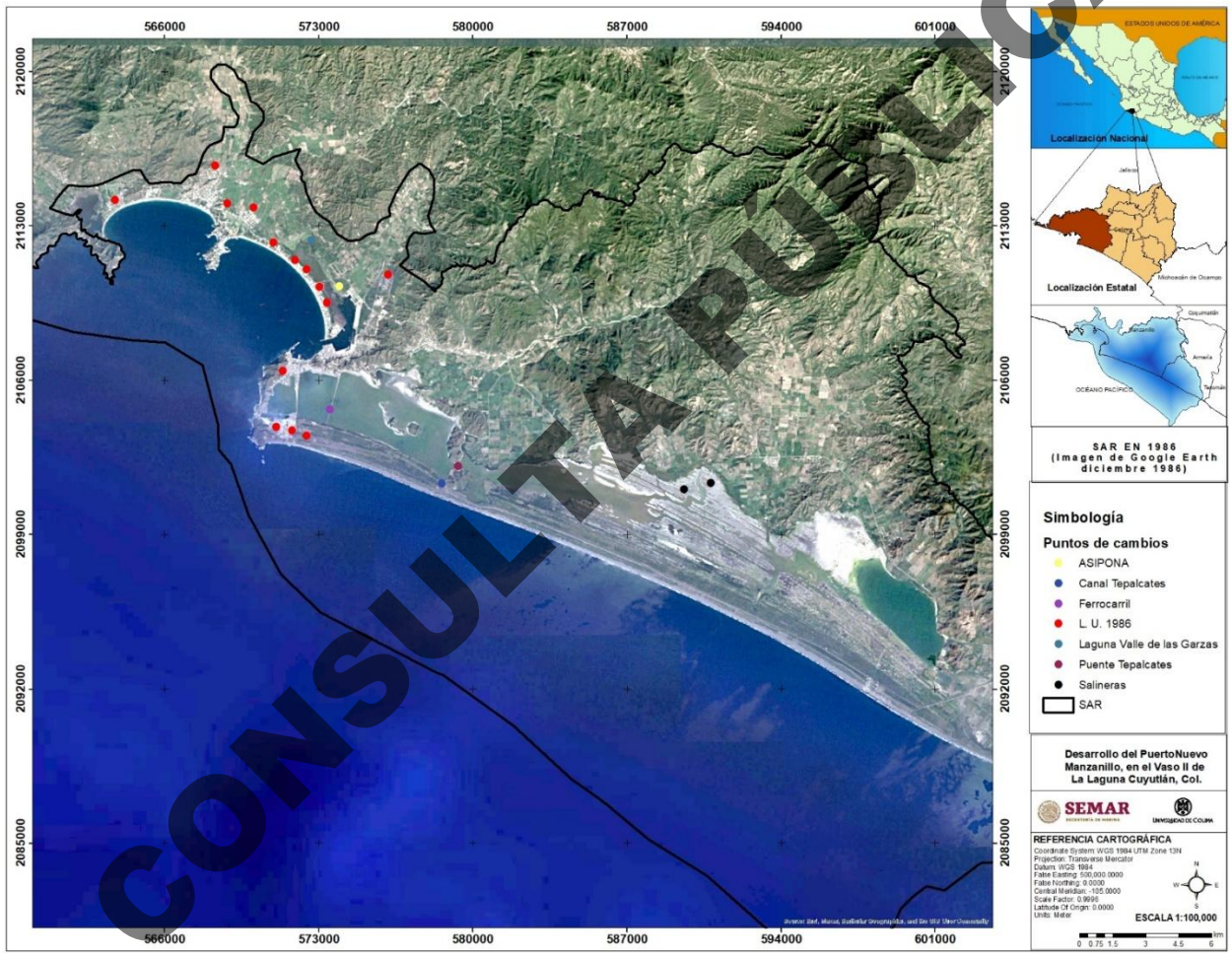
CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

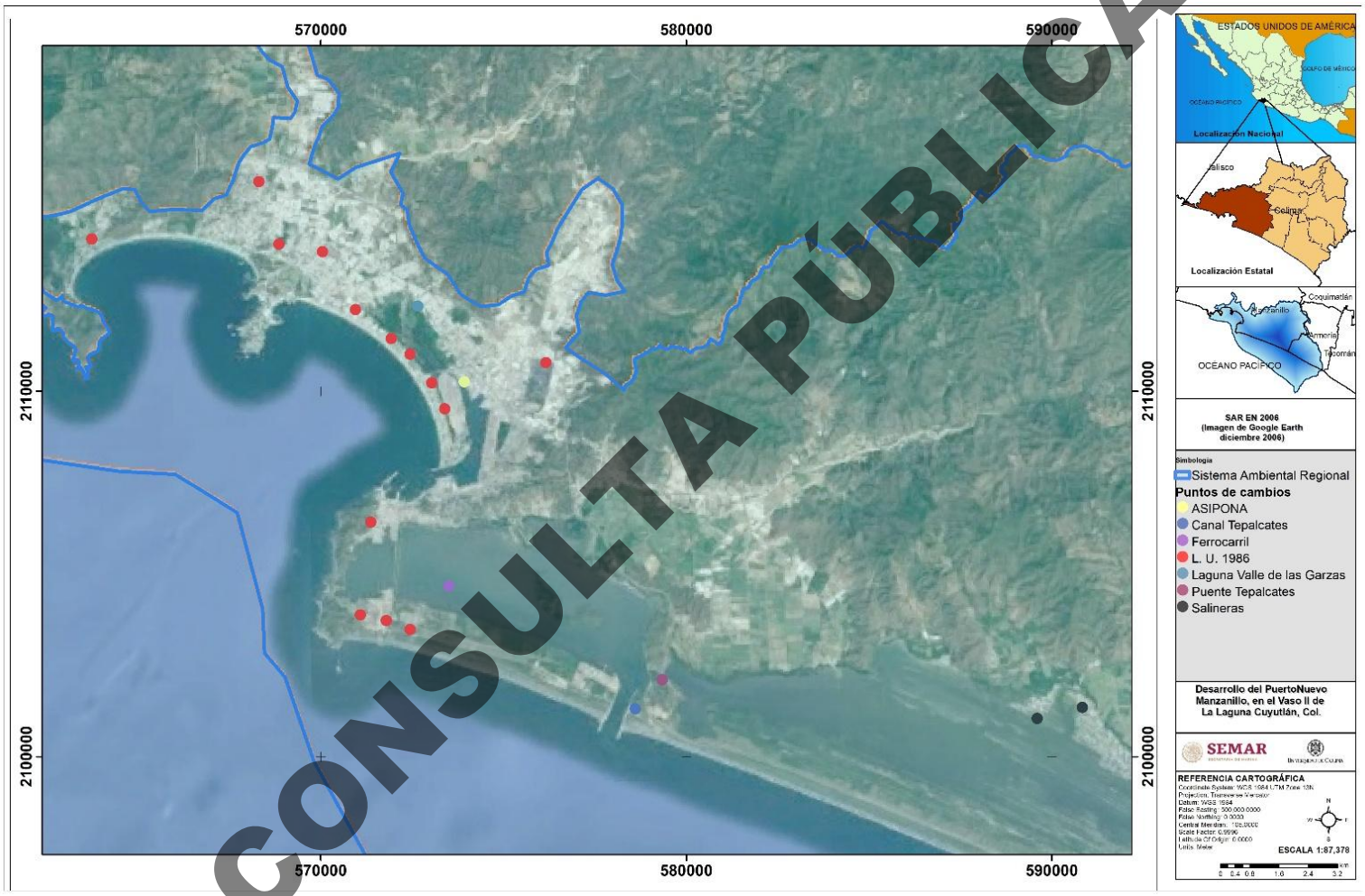
Mapa V. 194. Ubicación de los proyectos MIA-R ubicados al interior del SAR del Manifiesto en ejecución.

CAPITULO VII



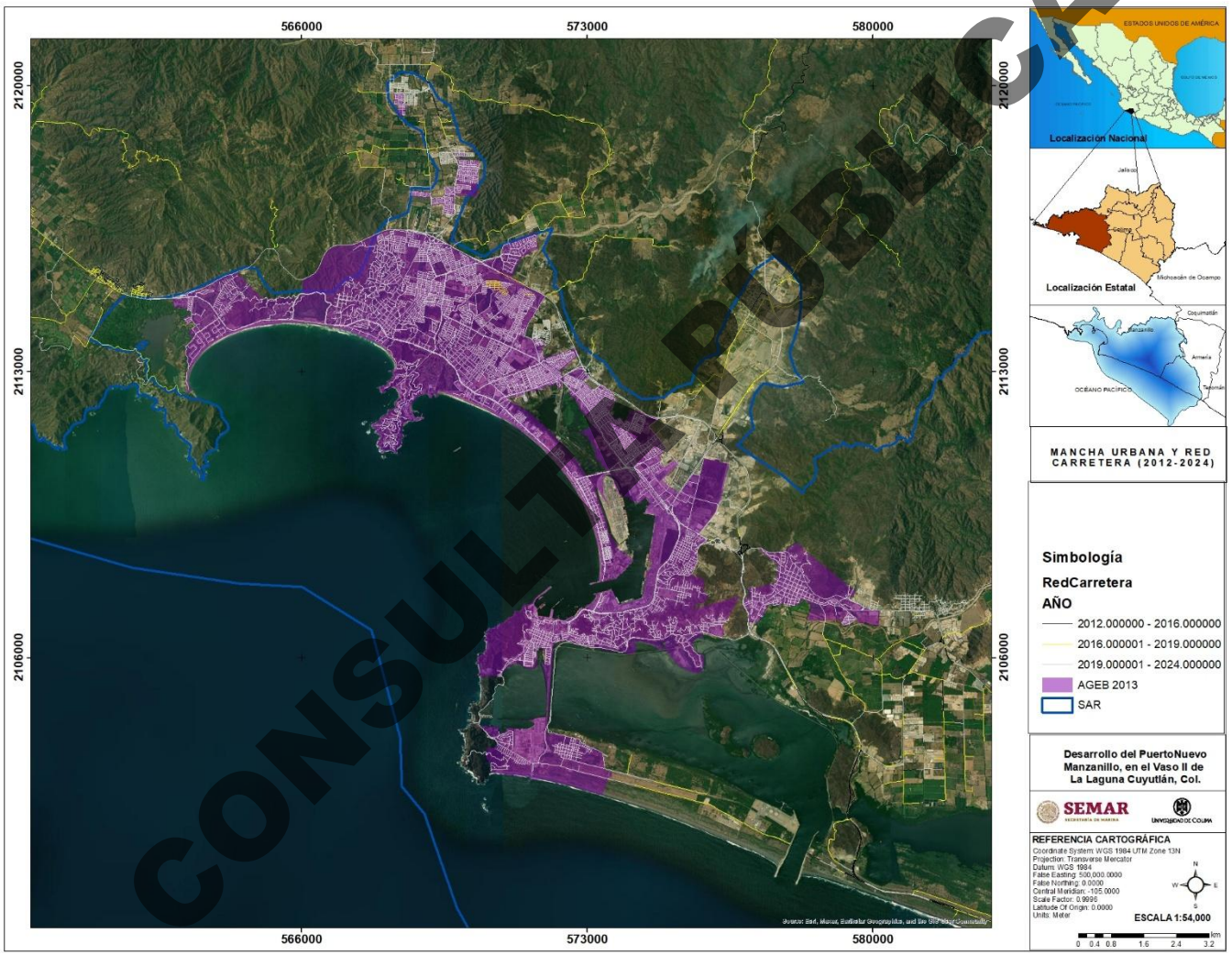
Mapa VII. 195. SAR en 1986 (Imagen de Google Earth de diciembre de 1986).

CONSULTA PÚBLICA



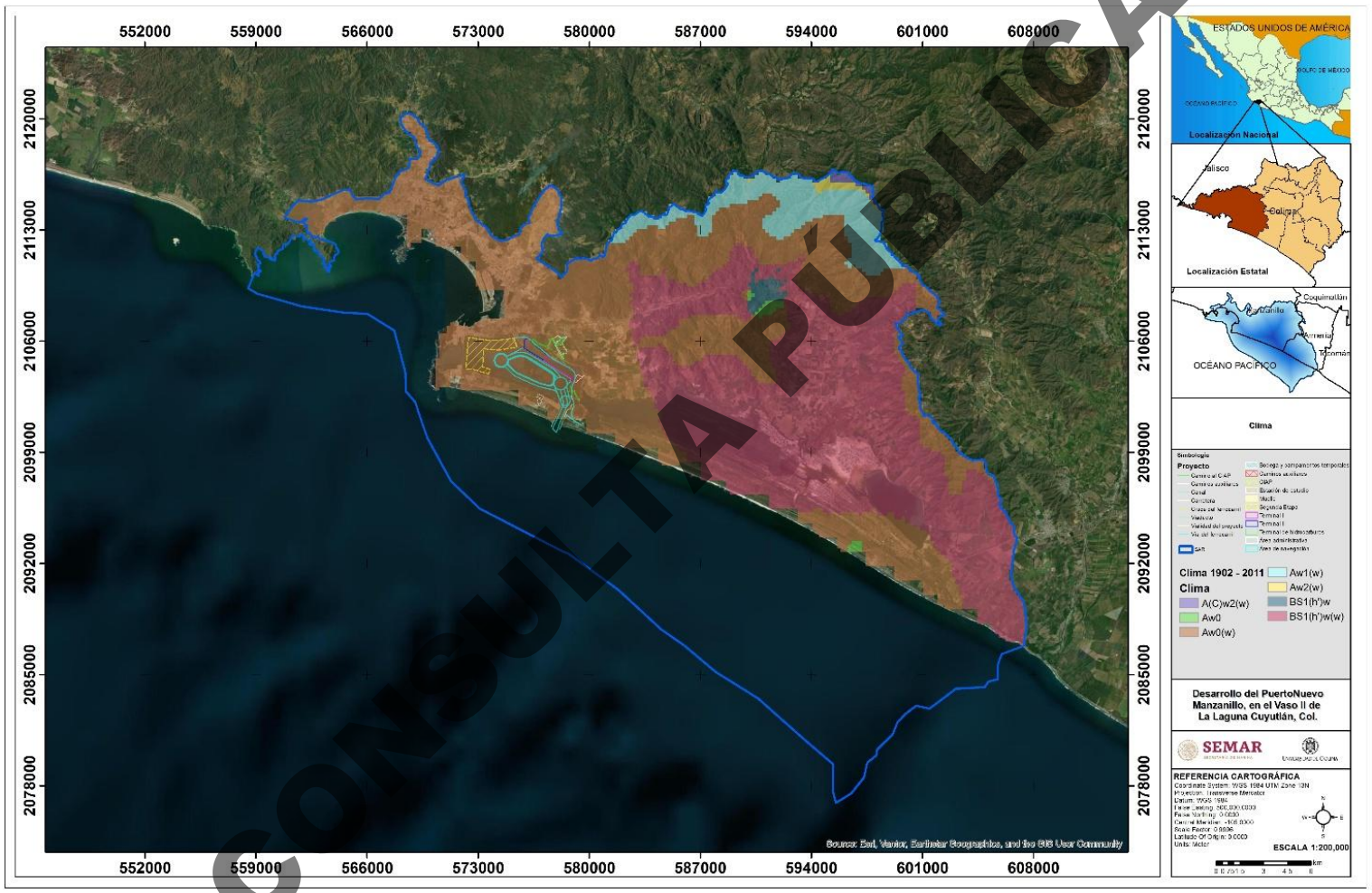
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 196. SAR en 2006 (Imagen de Google Earth de diciembre de 2006).



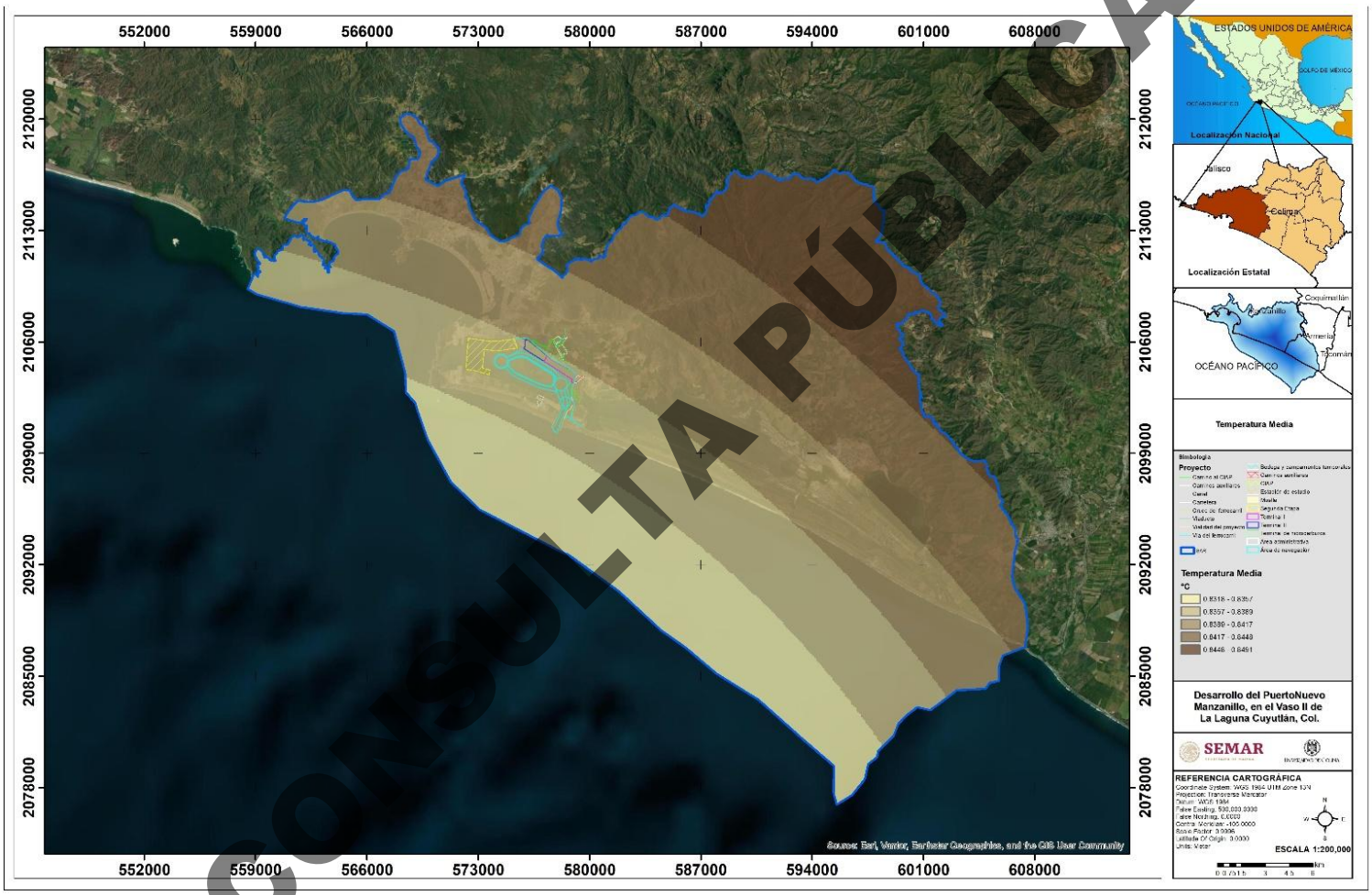
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 197. Mancha urbana y red Carretera 2012-2024



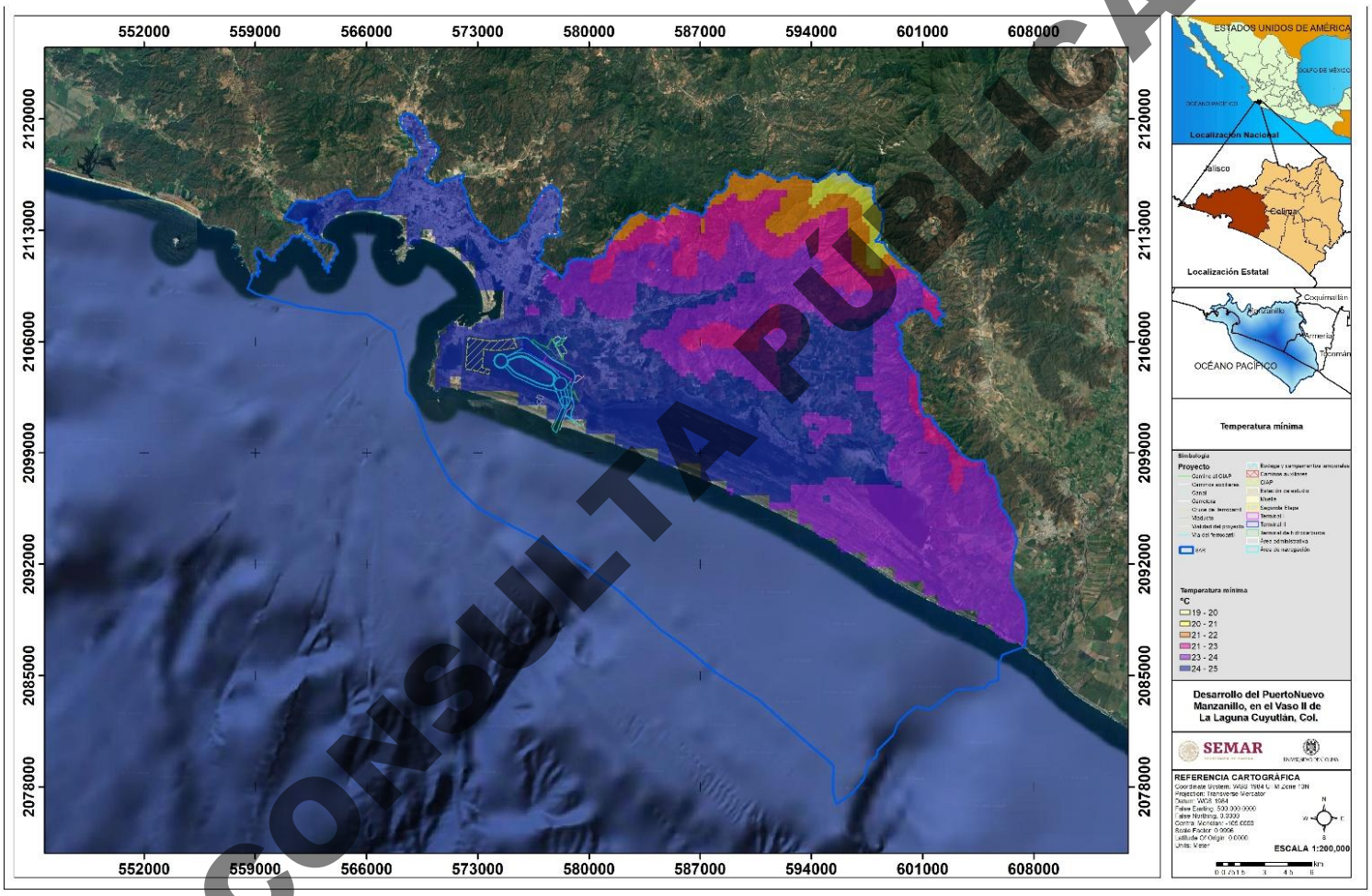
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 198. Tipos de Climas dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011



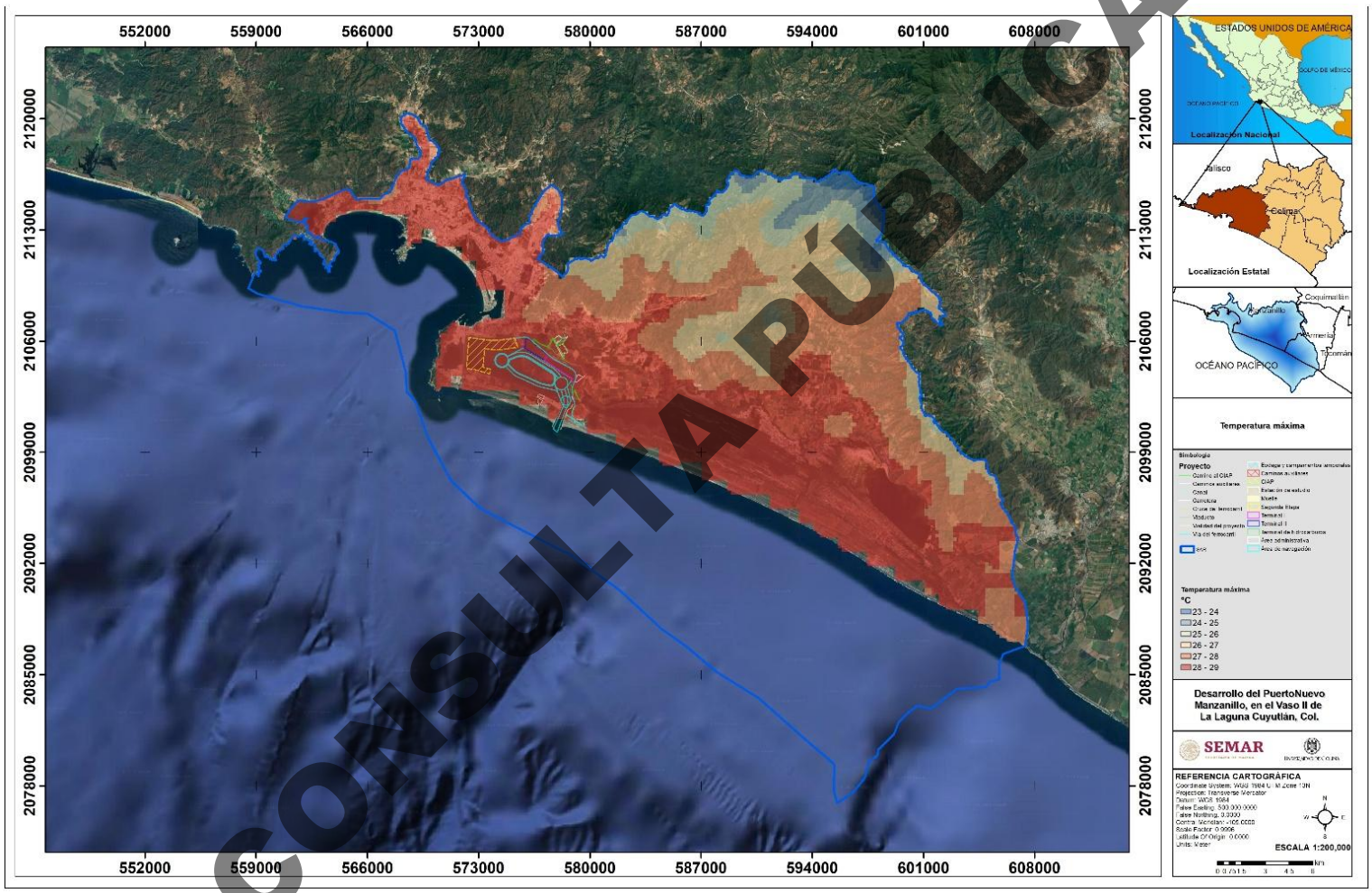
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 199. Temperatura media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.



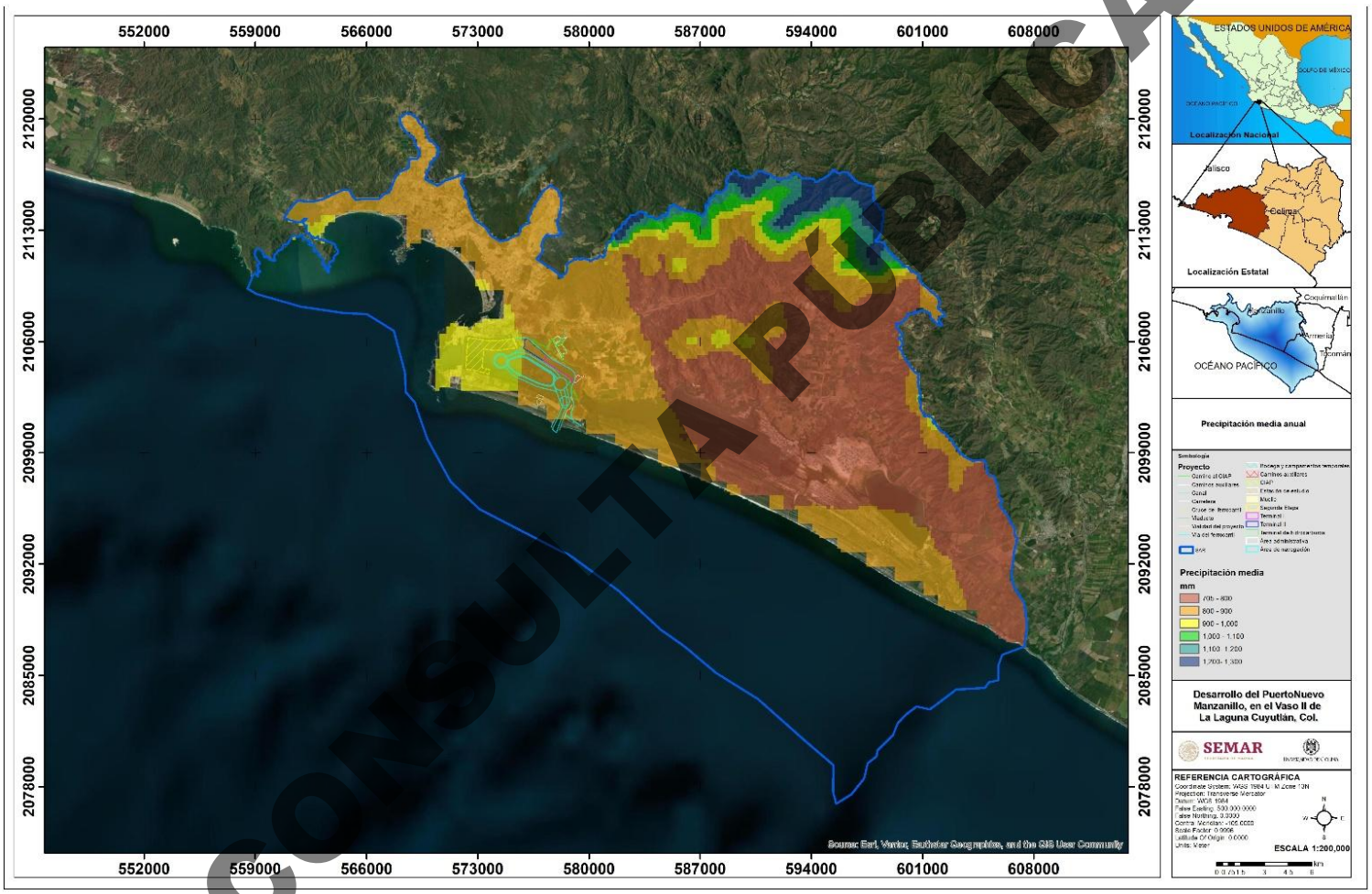
Mapa VII. 200. Temperatura mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA



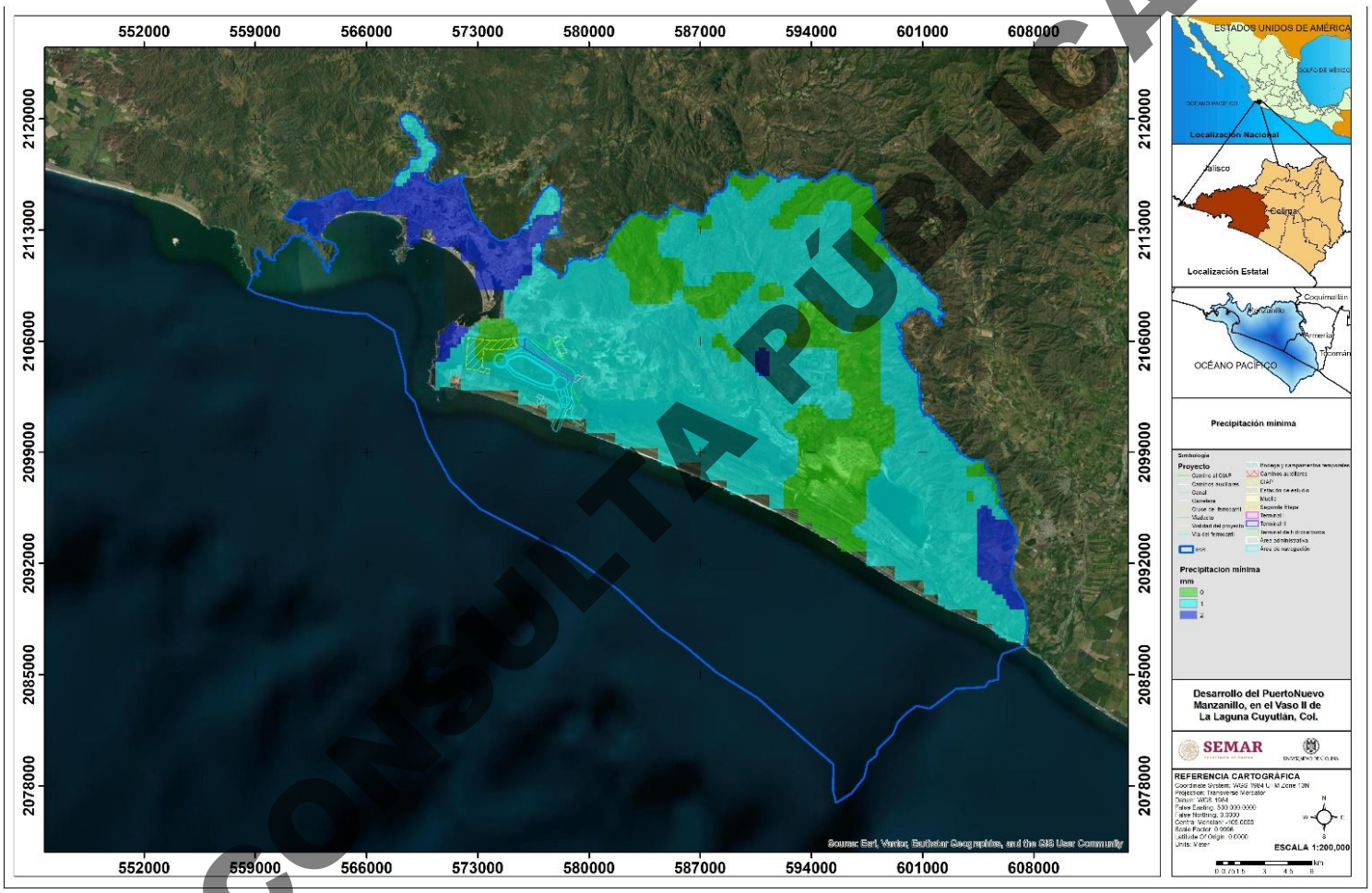
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 201. Temperatura máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.



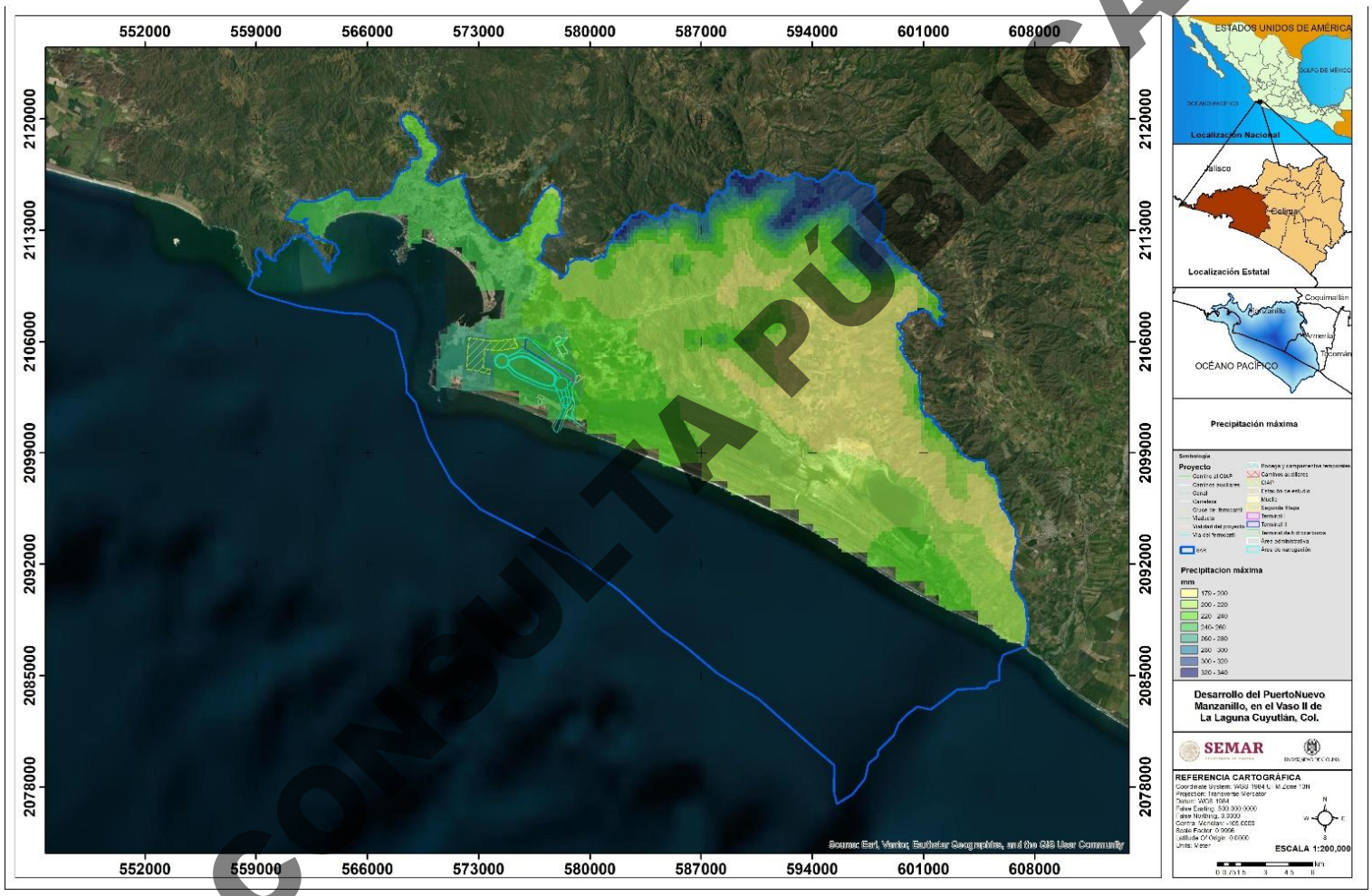
Mapa VII. 202. Precipitación media anual dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA



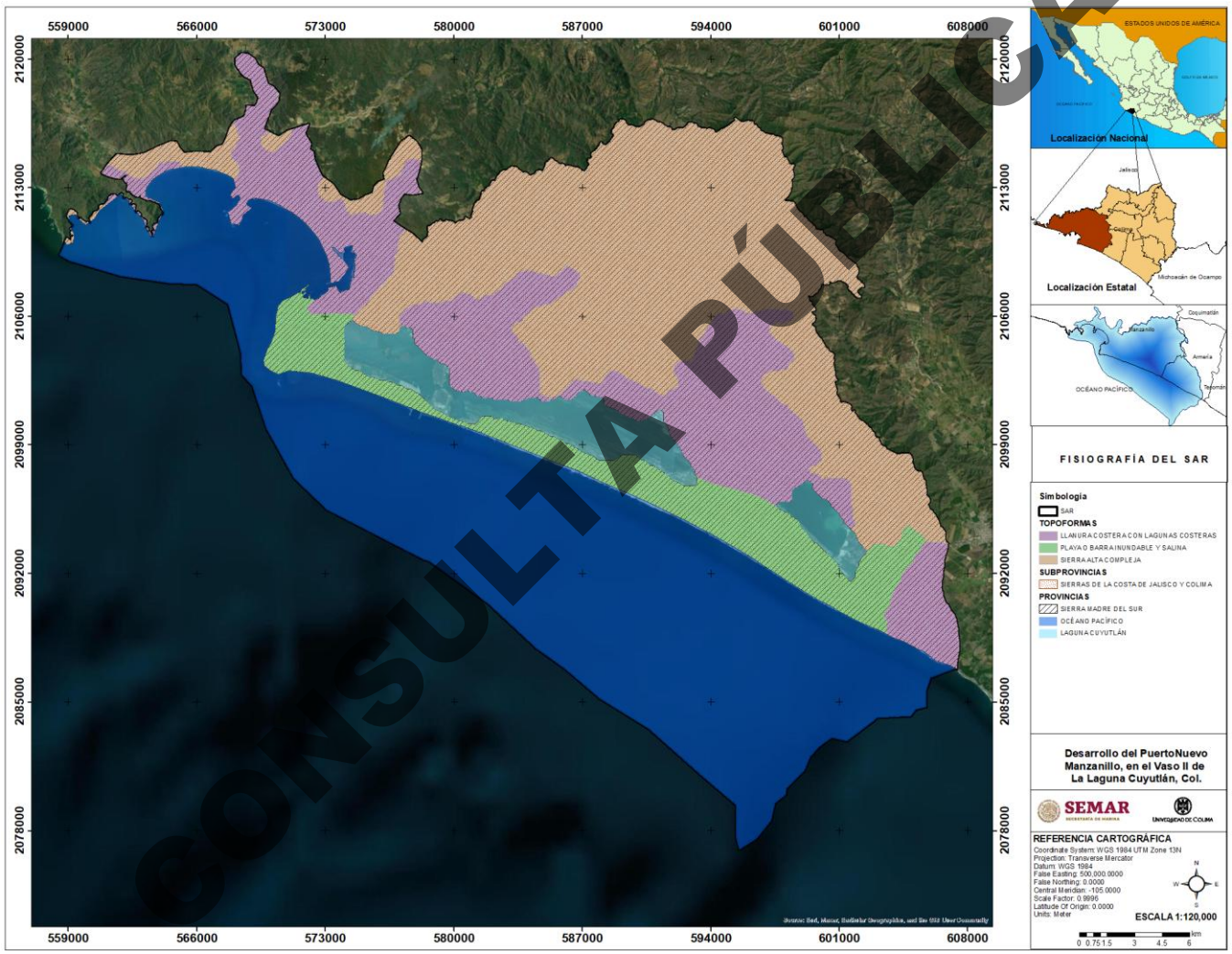
Mapa VII. 203. Precipitación mínima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

CONSULTA PÚBLICA



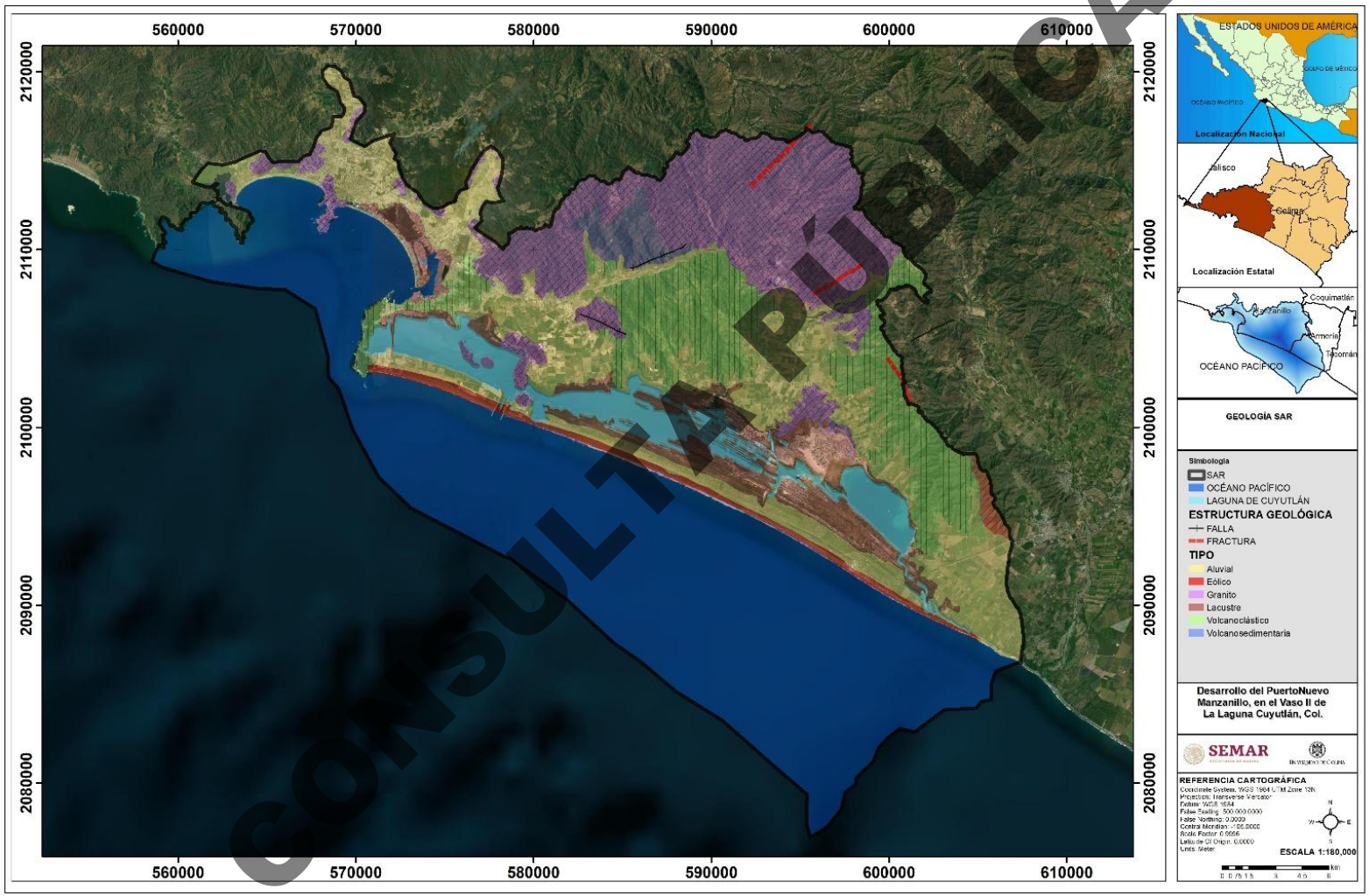
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 204. Precipitación máxima dentro del SAR. Elaboración propia con datos del INEGI, 2020. Climas: 1902-2011.

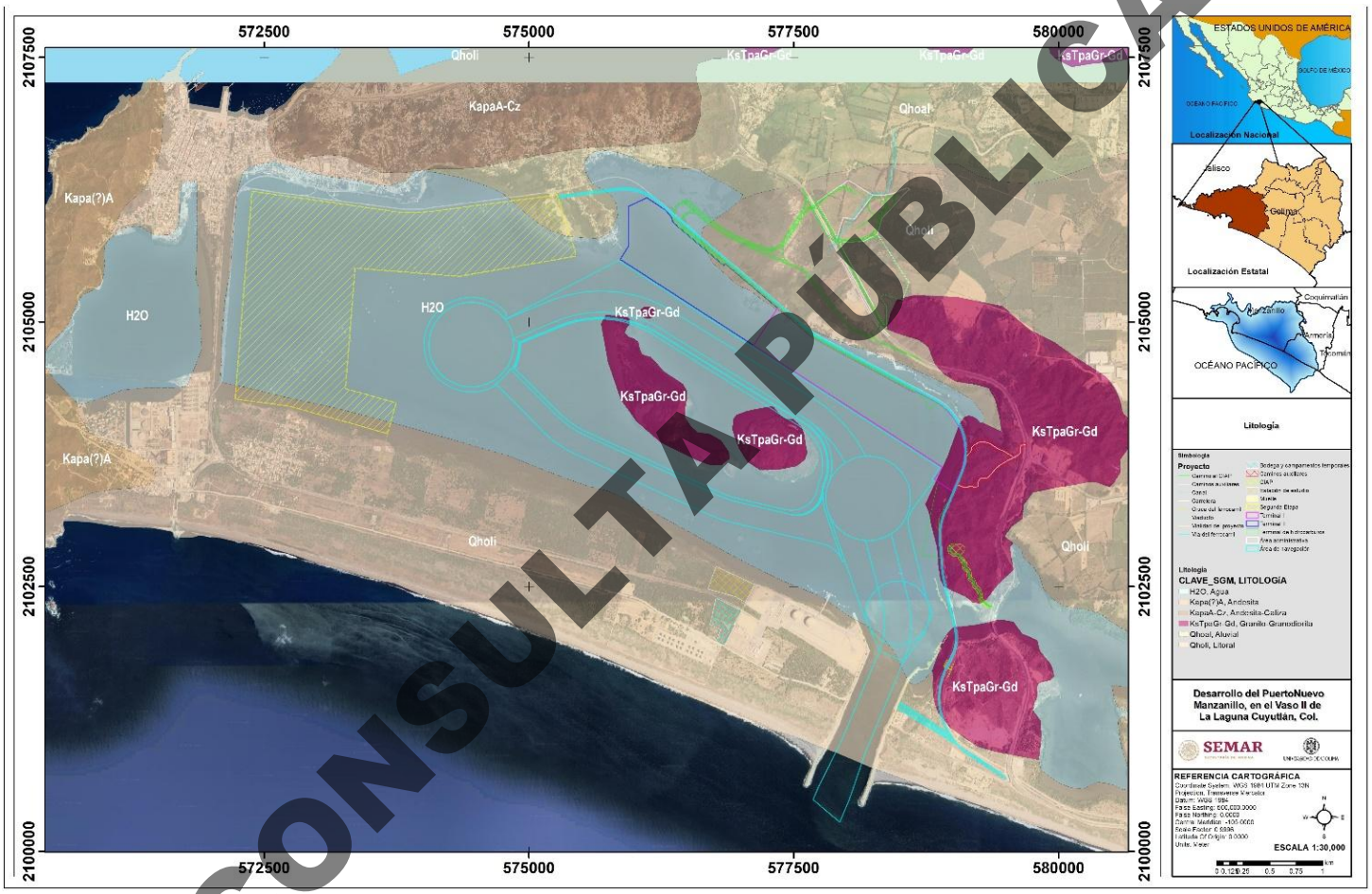


CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 205. Fisiografía del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO

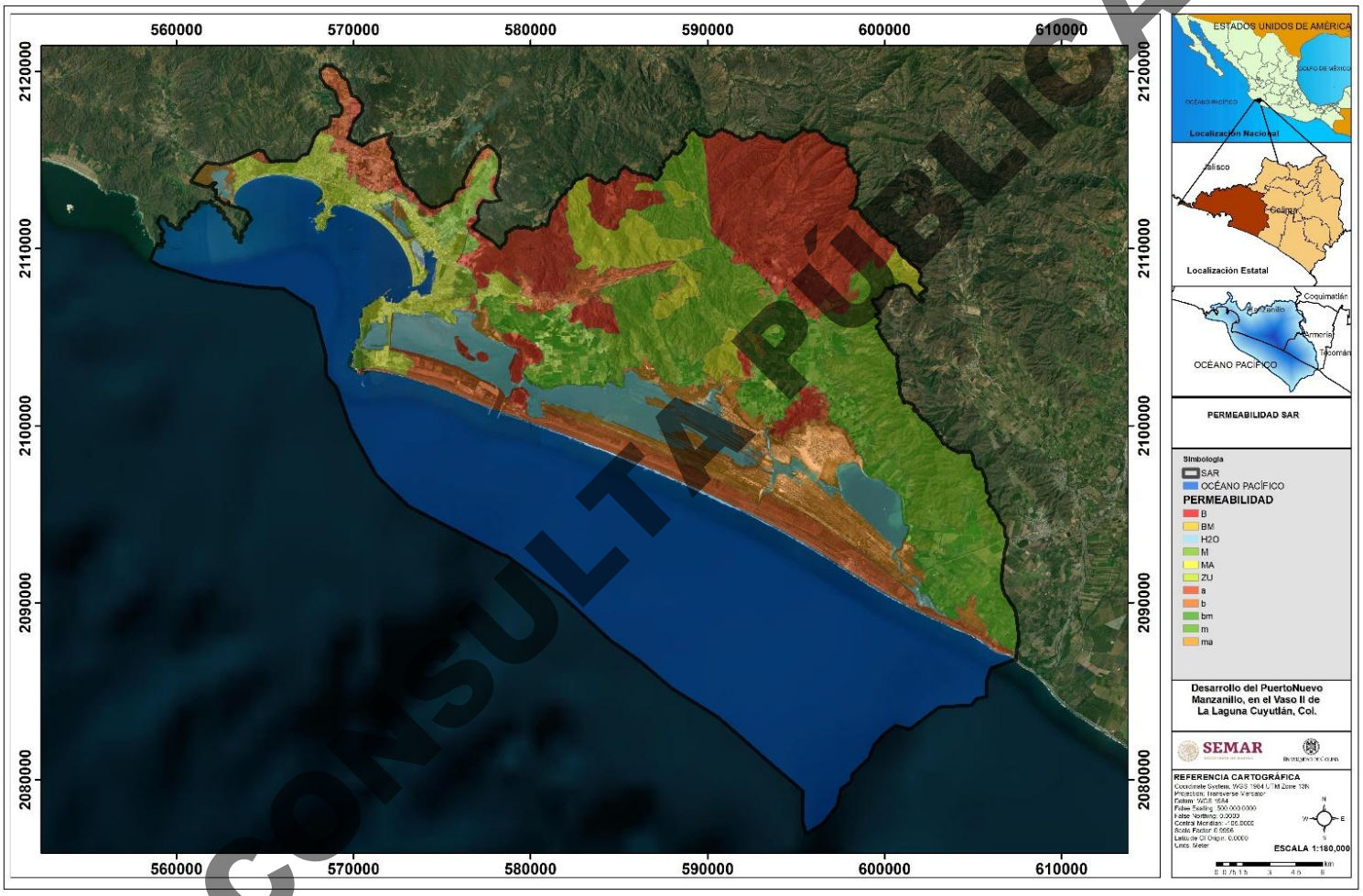


Mapa VII. 206. Geología del SAR. Fuente INEGI 2026.



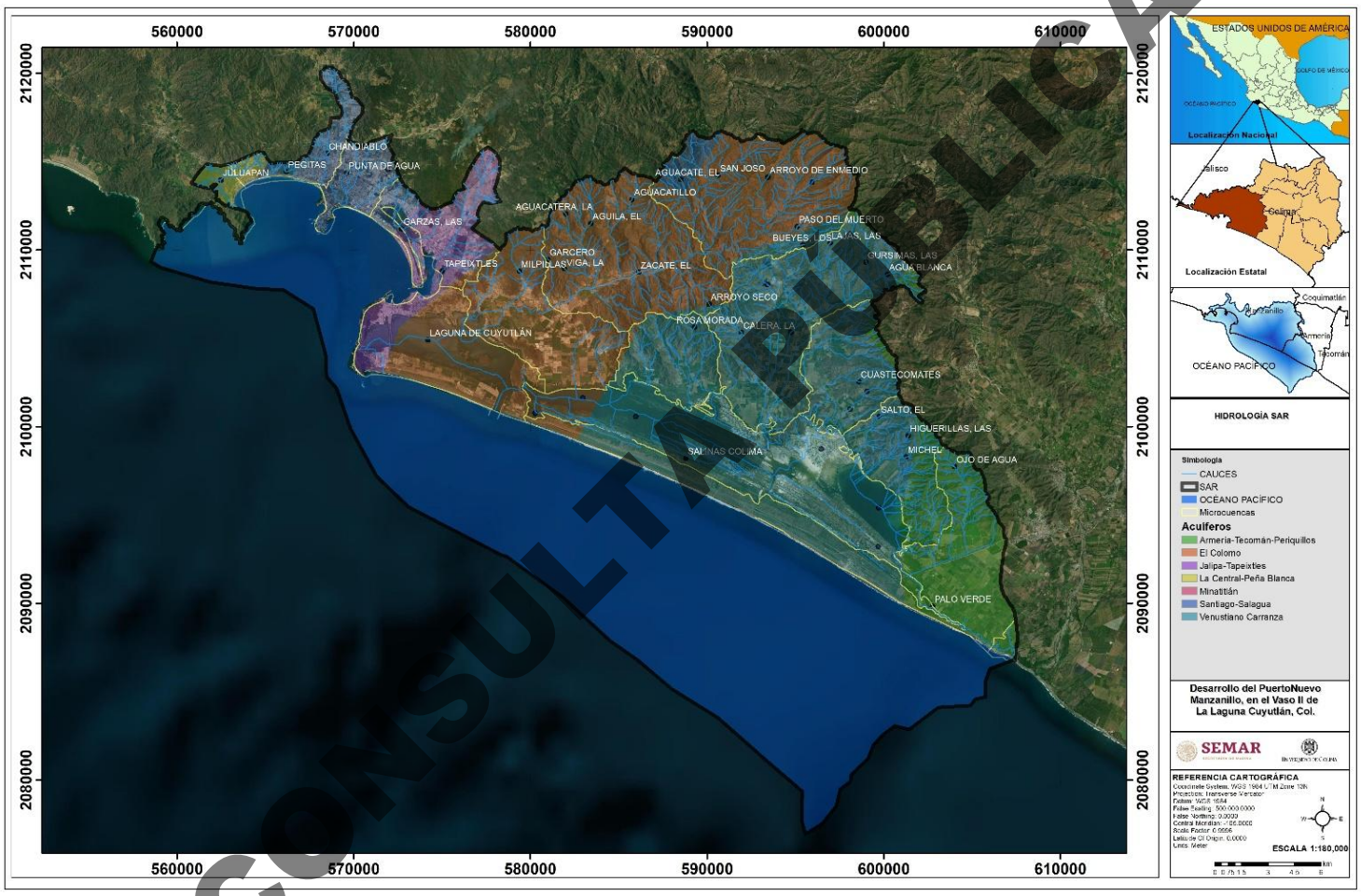
Mapa VII. 207. Litología en la zona del proyecto. Fuente SGM

CONSULTA PÚBLICA



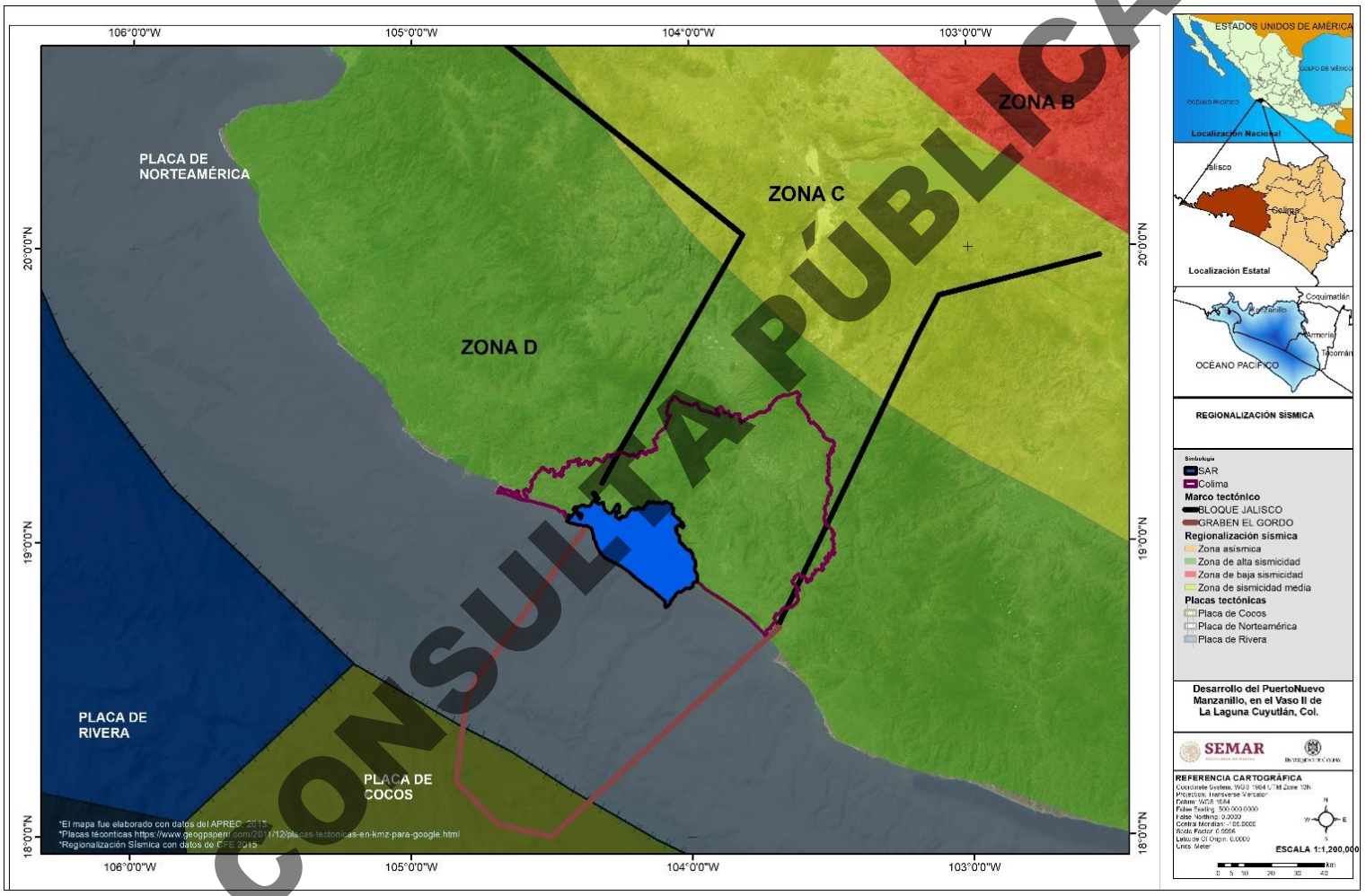
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 208. Permeabilidad del suelo en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI).



Mapa VII. 209. Cauces, microcuencas y acuíferos en el SAR. (Elaboración propia con datos con datos de CONABIO

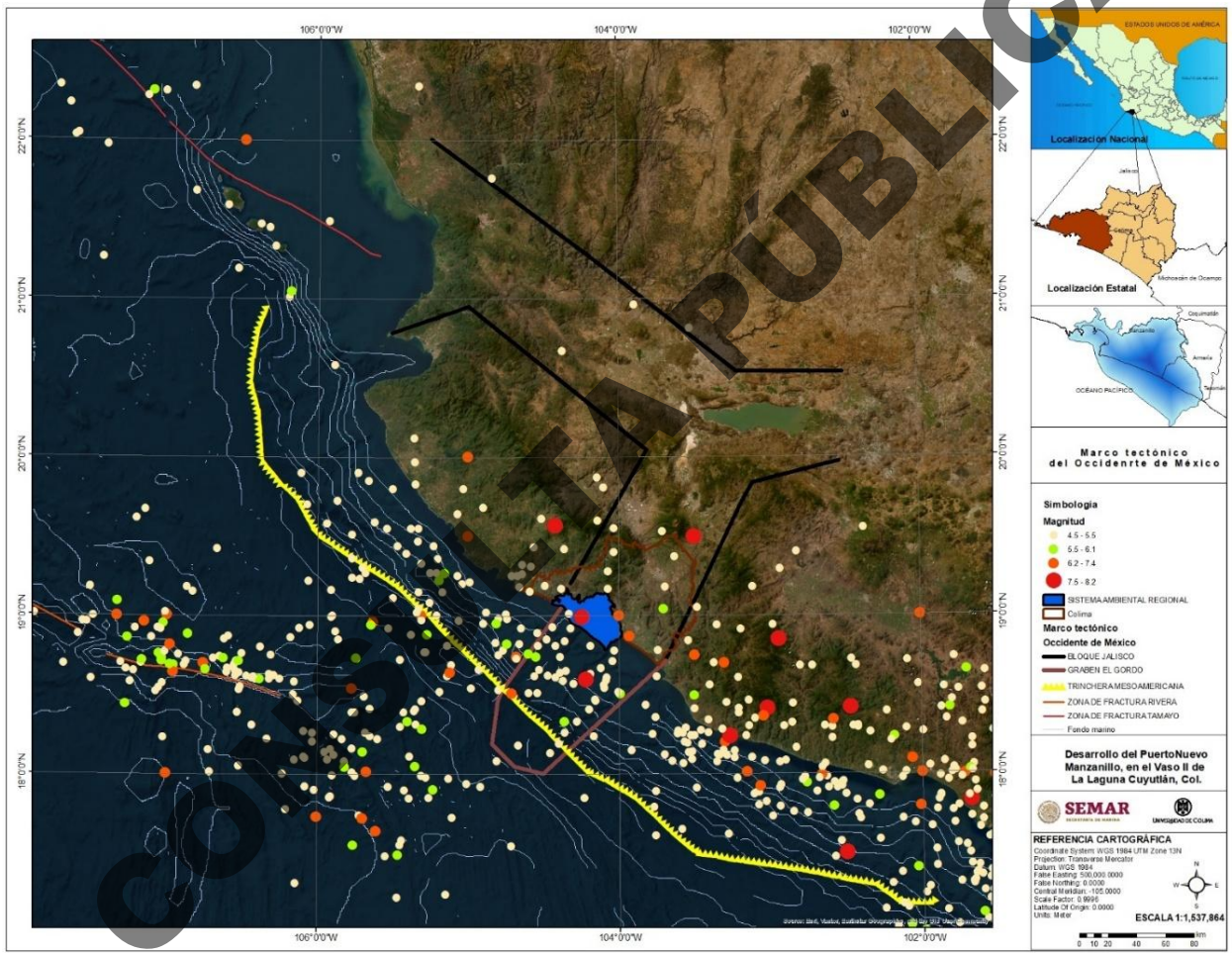
CONSULTA PÚBLICA



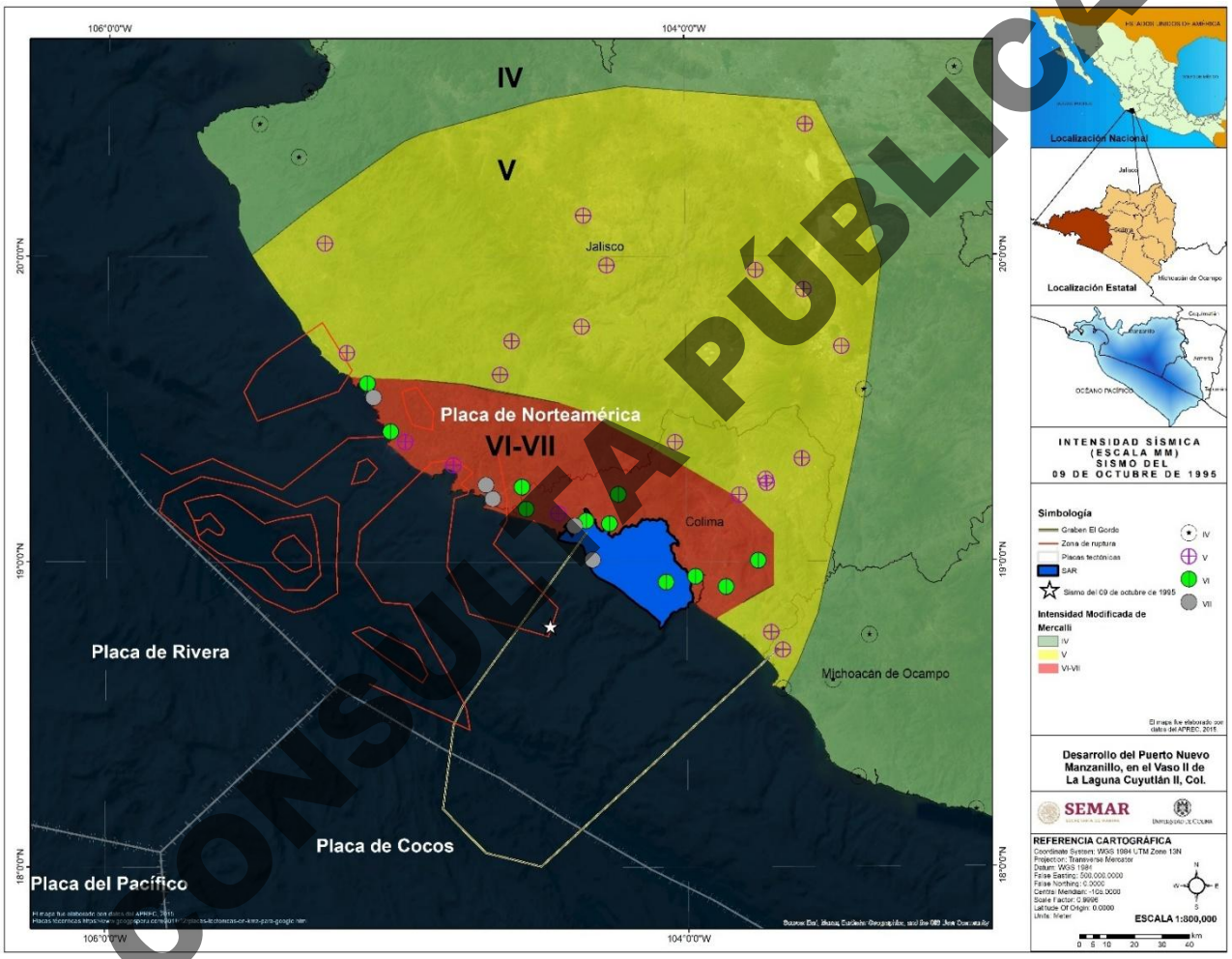
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 210. Regionalización Sísmica (Mapa elaborados con datos de CFE 2015).

CONSULTA PÚBLICA

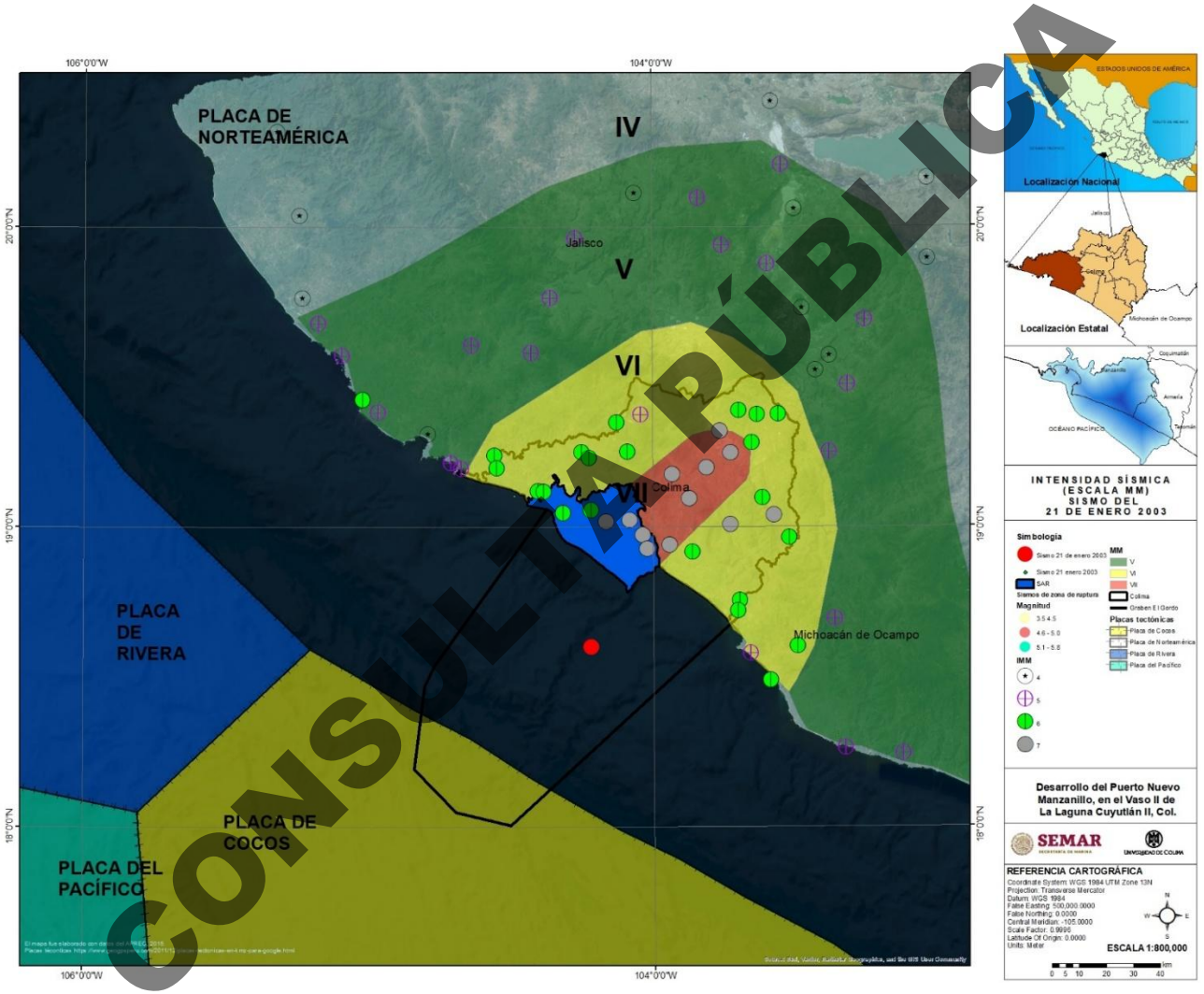


Mapa VII. 211. Marco Tectónico del Occidente de México (Catálogo de sismos del SSN



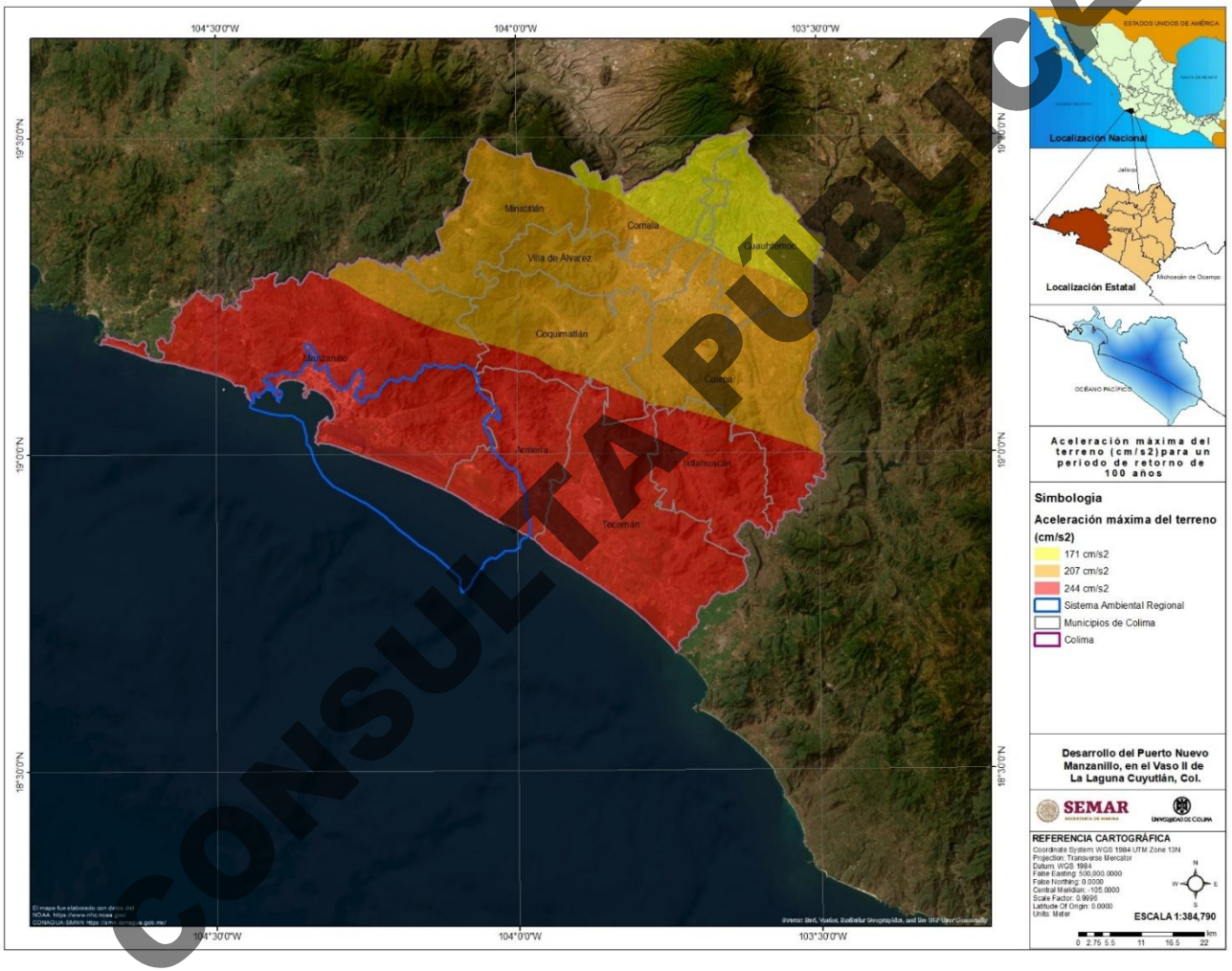
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 212. Sismo del 09 de octubre de 1995. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015)



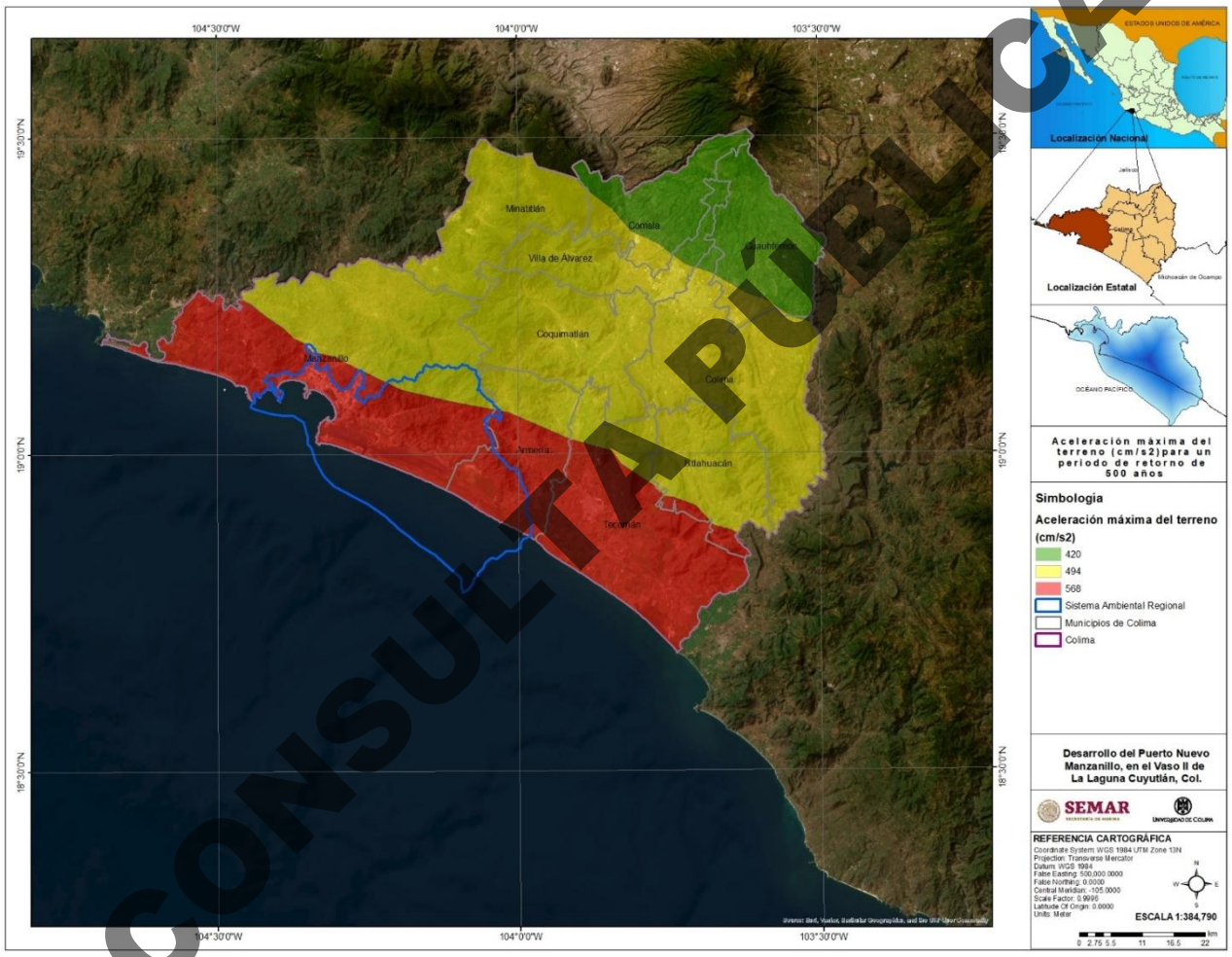
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 213. Sismo del 21 de enero del 2003 (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).



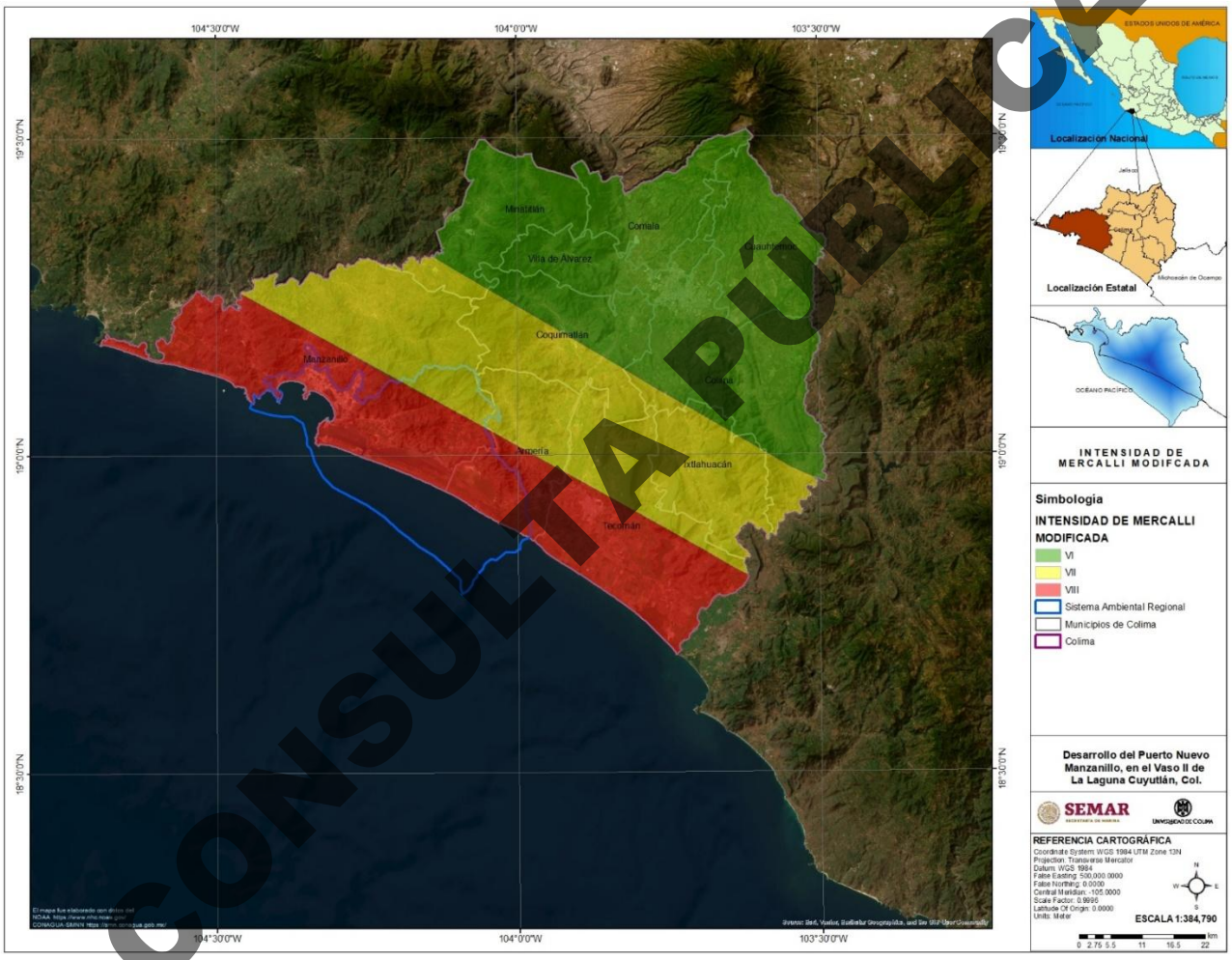
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 214. **Aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 100 años obtenido para terreno firme (T = 0.0).** (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).



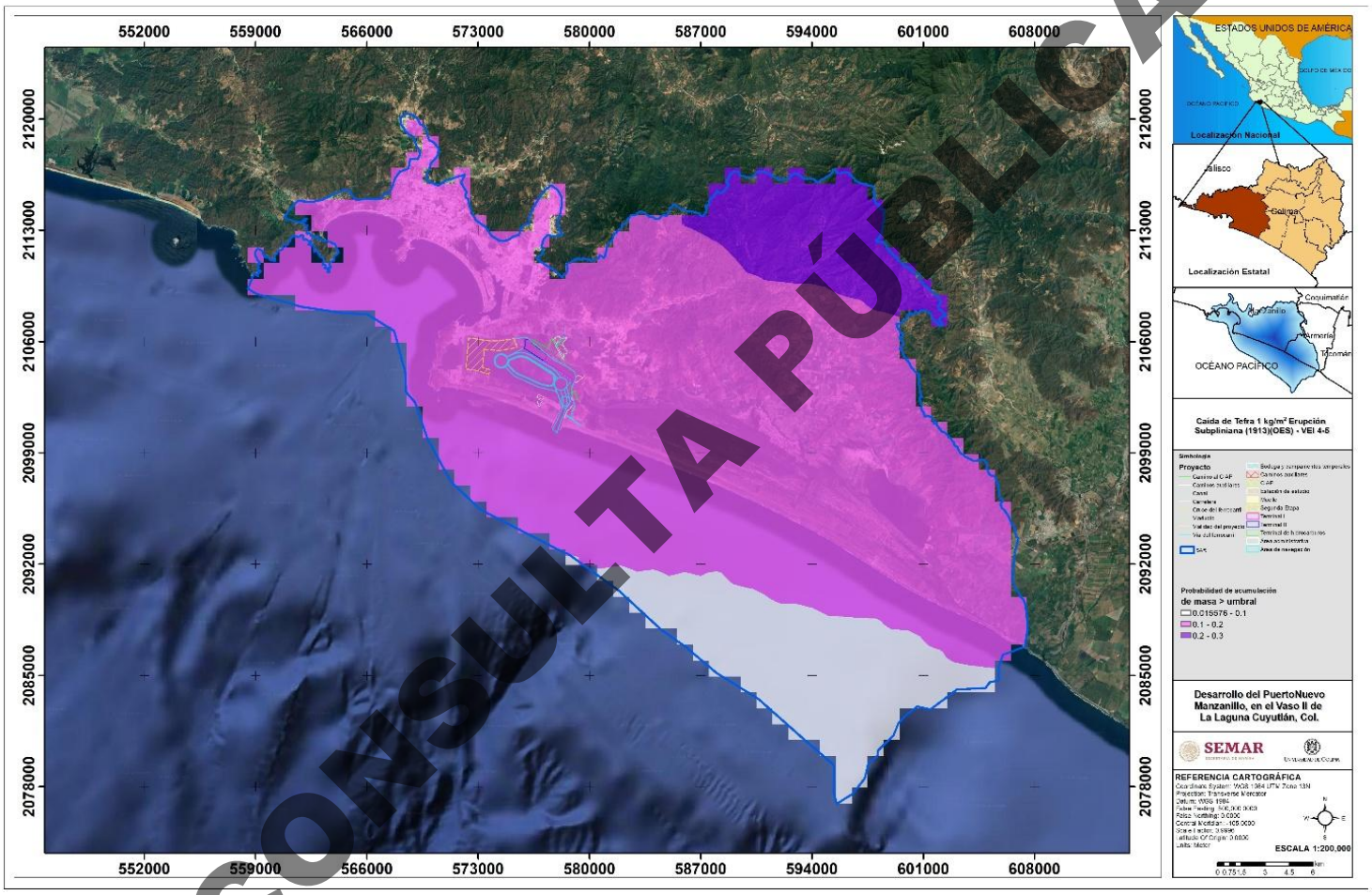
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 215. Aceleración máxima del terreno (PGA) (en cm/s2) para un período de retorno de 500 años obtenido para terreno firme (T = 0.0). (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).



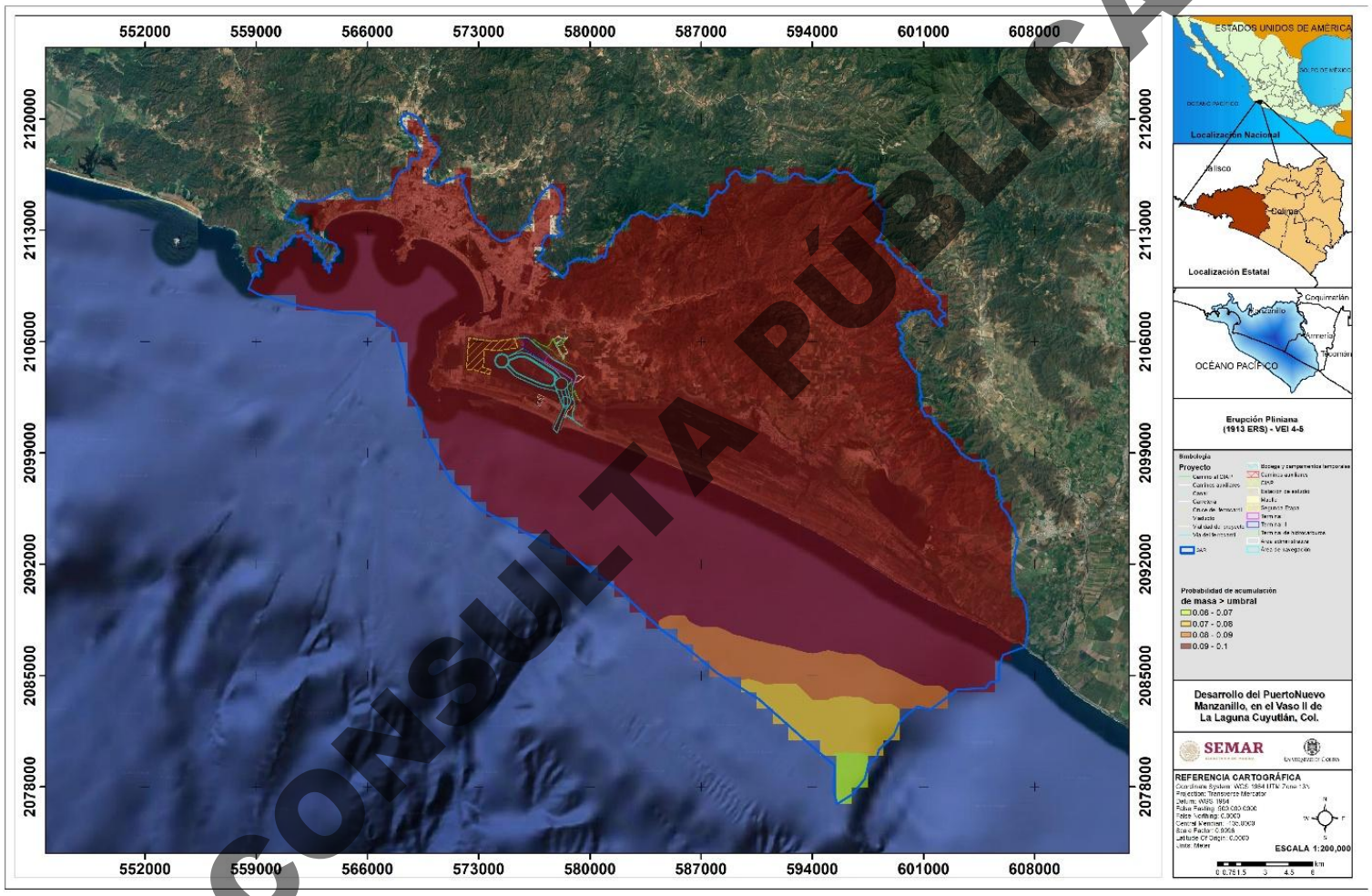
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 216. Zonificación de peligro sísmico según la intensidad máxima esperada para un sismo con Ms= 8.0, Escala MM. (Elaboración propia con datos con datos del APREC, 2015)



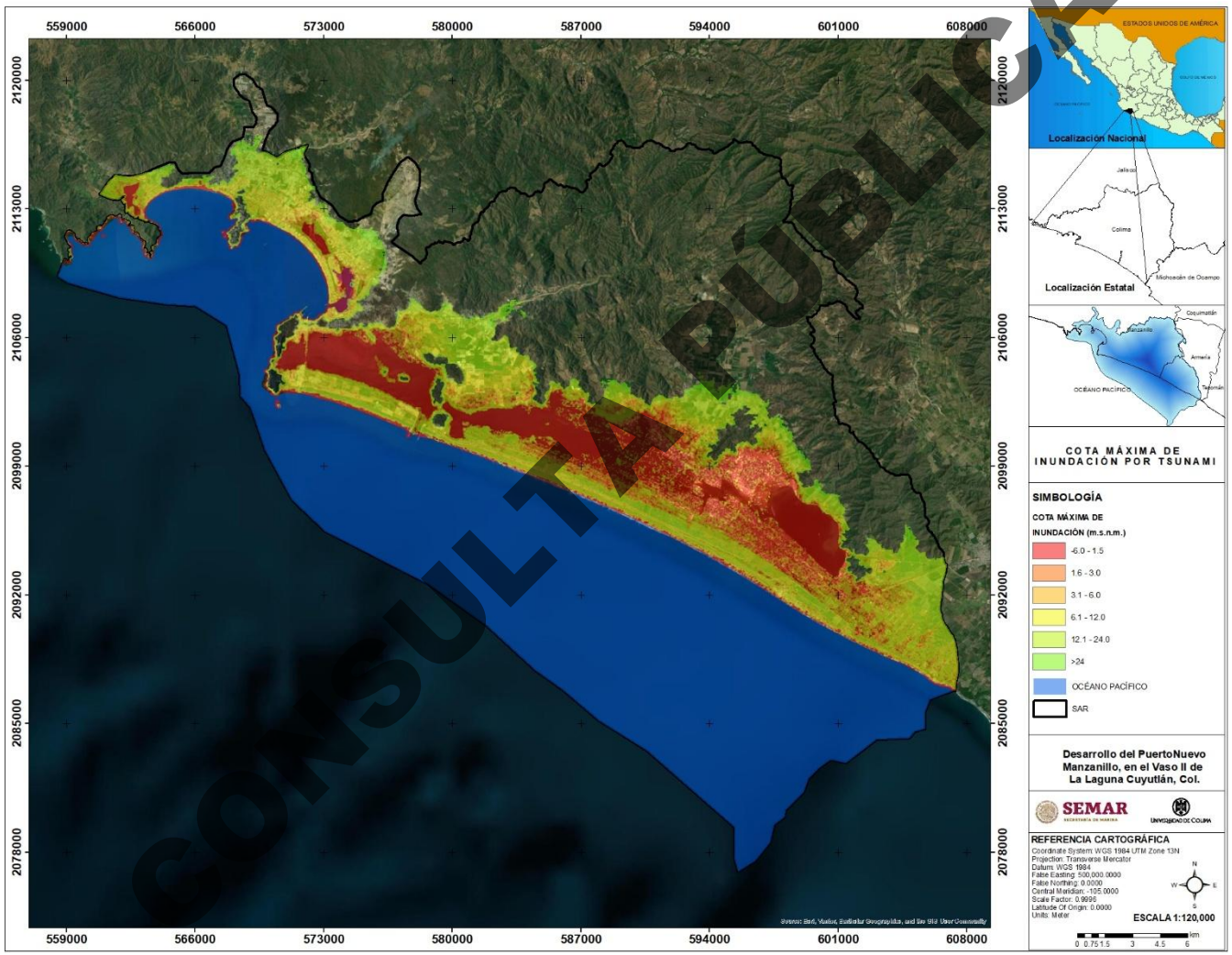
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 217. Caída de Tefra 1 kg/m² Erupción Subpliniana (Tipo 1913) (OES) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015.



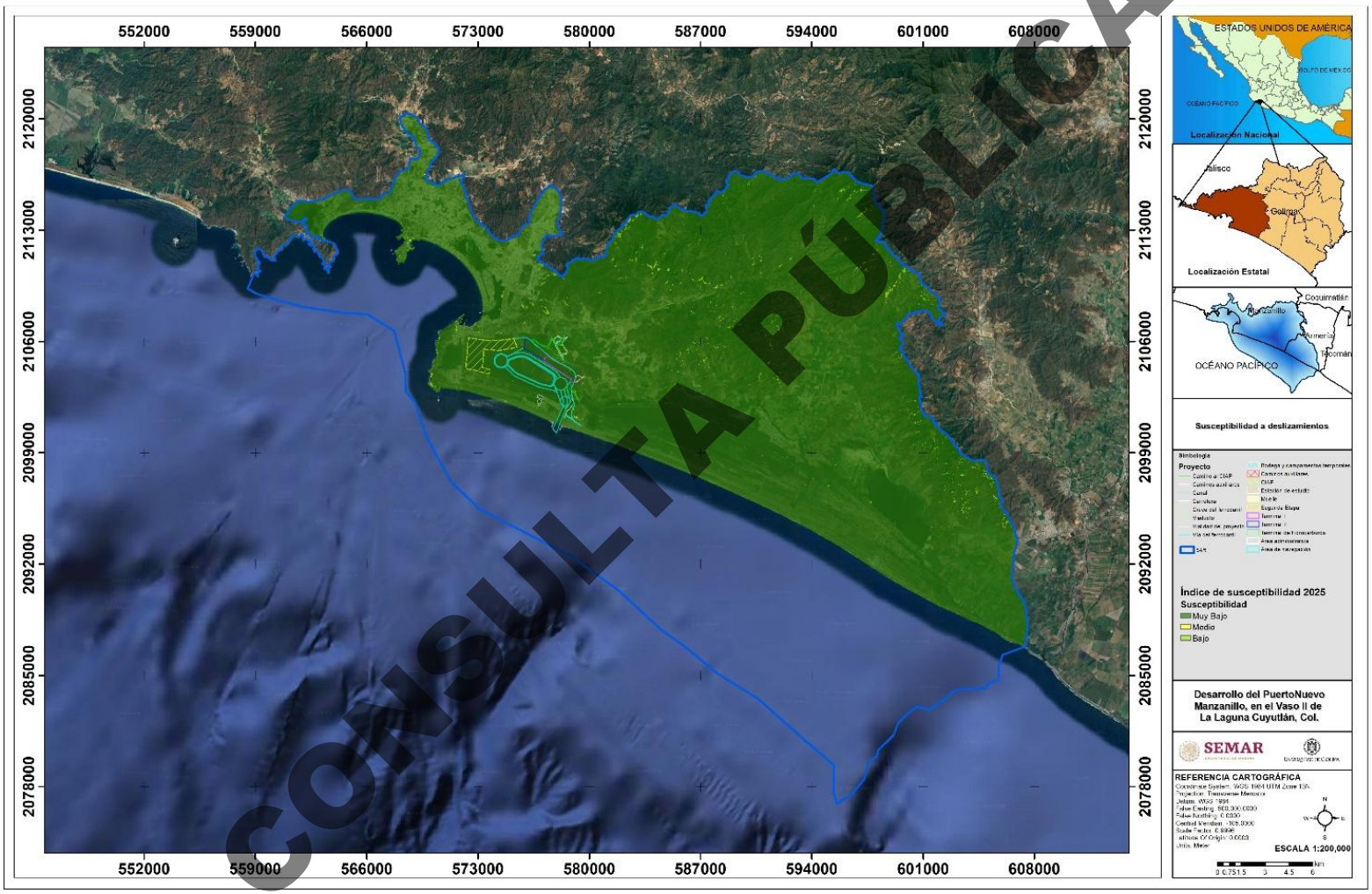
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 218. Erupción Pliniana (1913 ERS) - VEI 4-5. El mapa fue elaborado con datos del APREC, 2015.



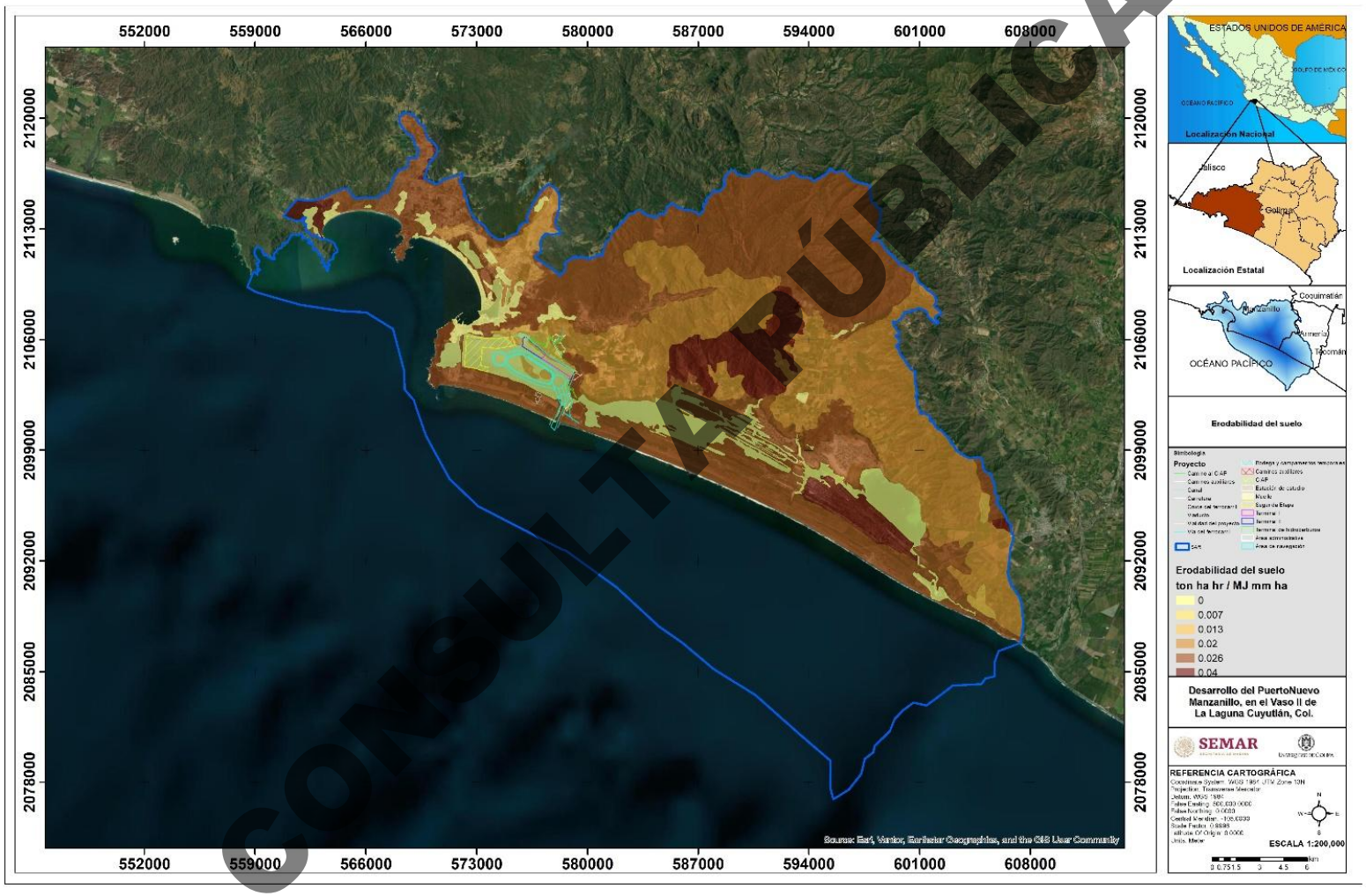
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 219. Cota máxima de inundación por Tsunami en el SAR.



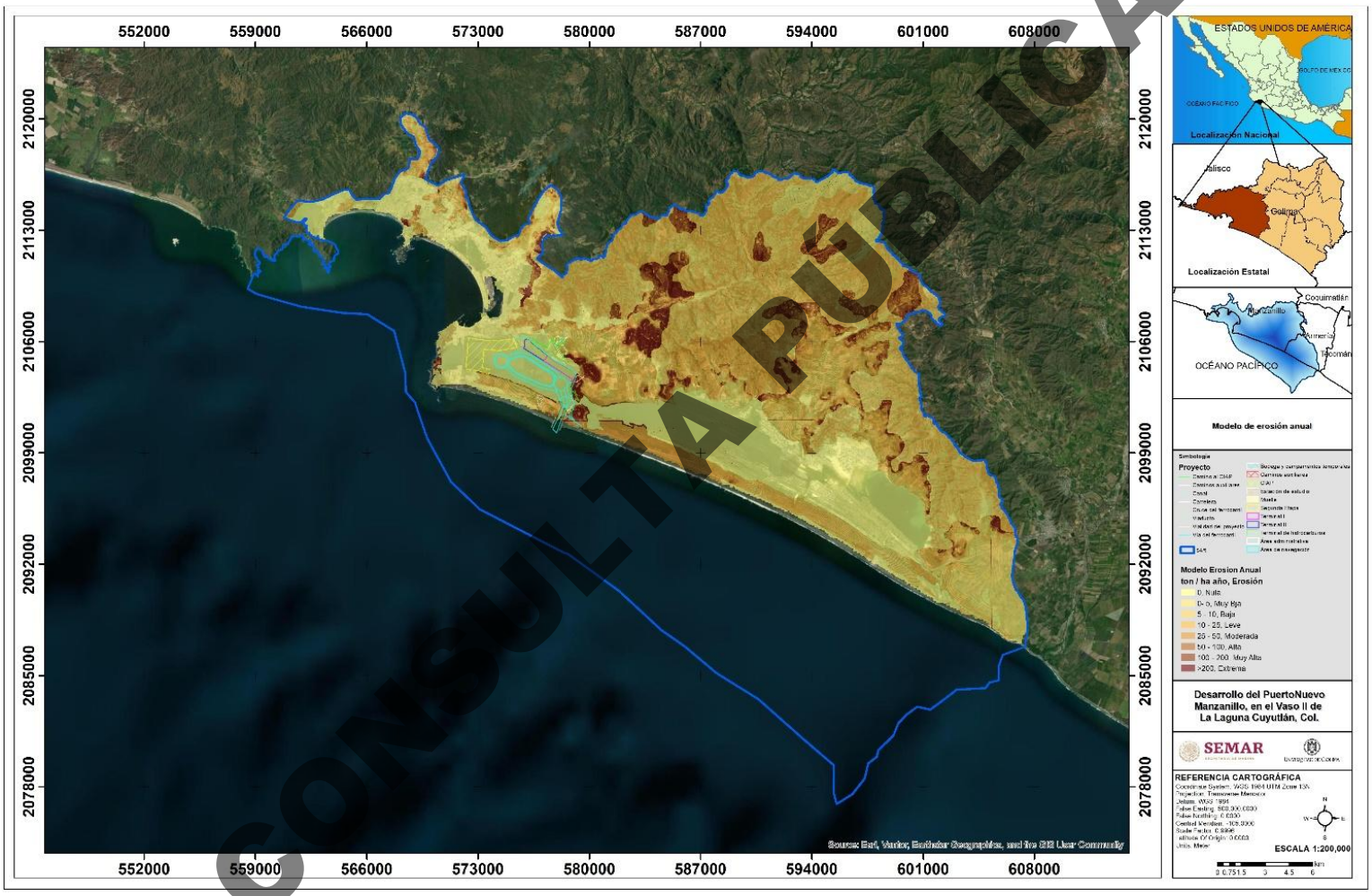
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 220. Susceptibilidad a deslizamientos en el SAR.



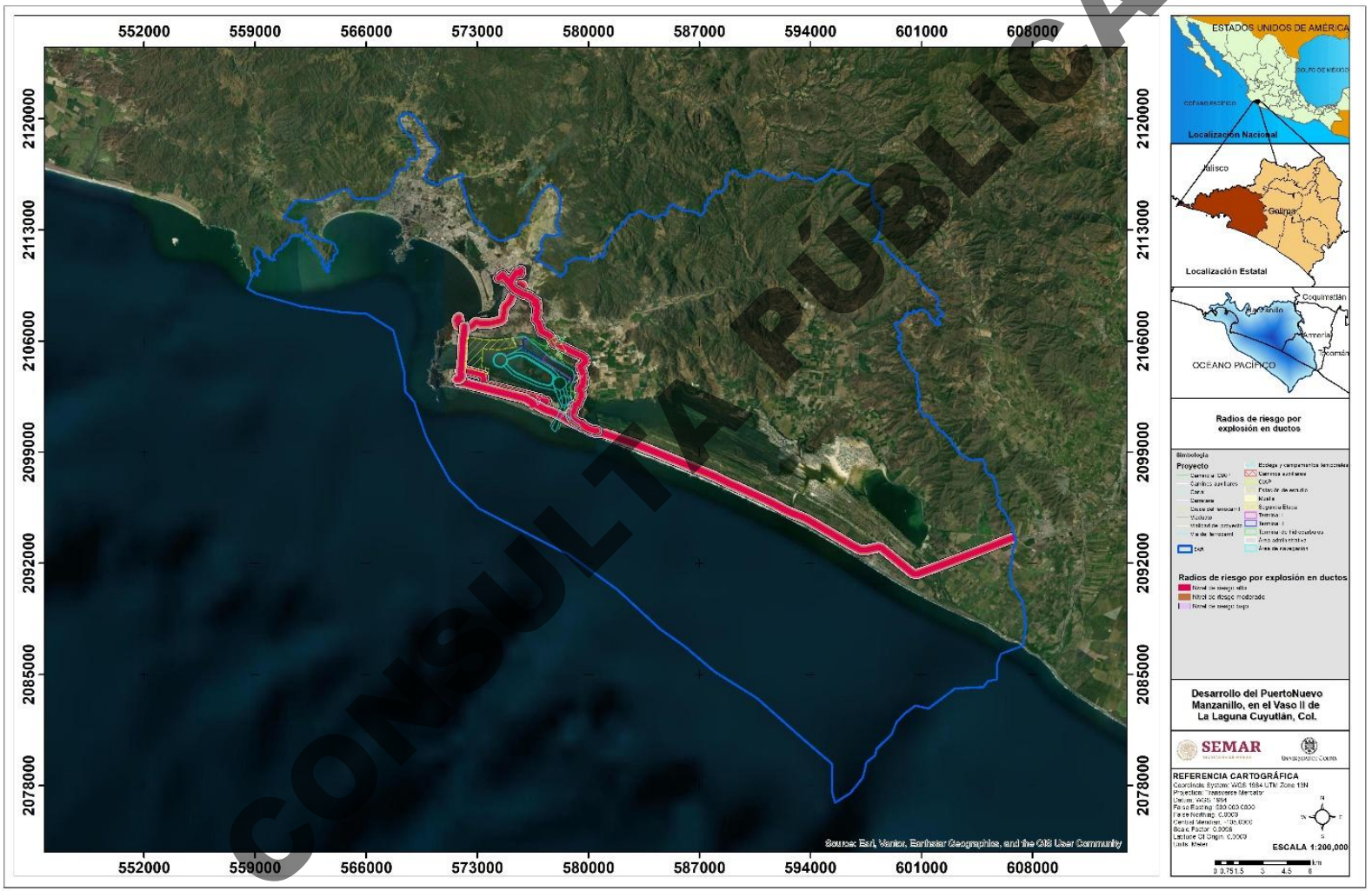
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 221. Erodabilidad del suelo en el SAR. Fuente APREC, 2015.



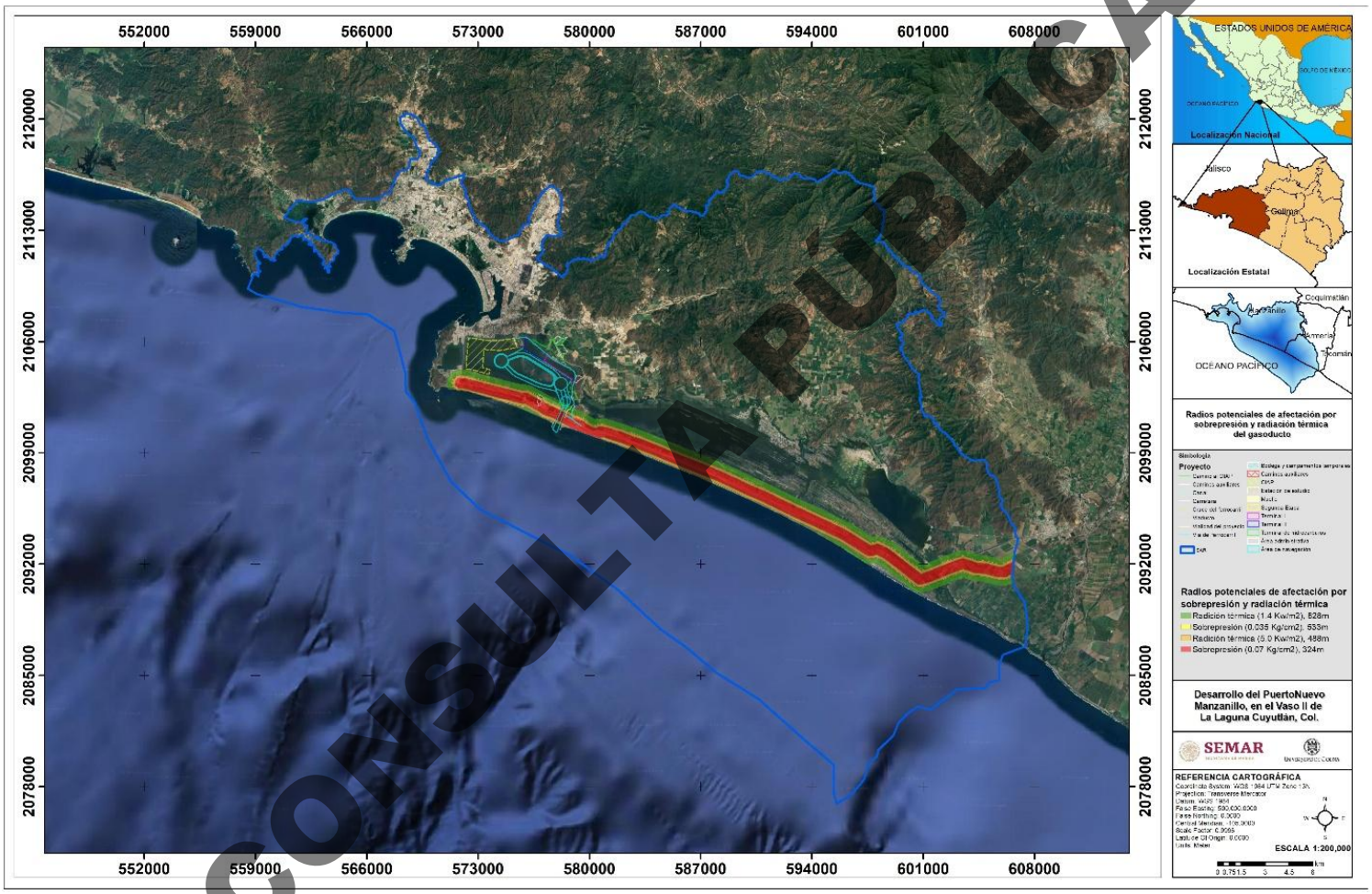
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 222. Erosión del suelo anual en el SAR. Fuente APREC, 2015.



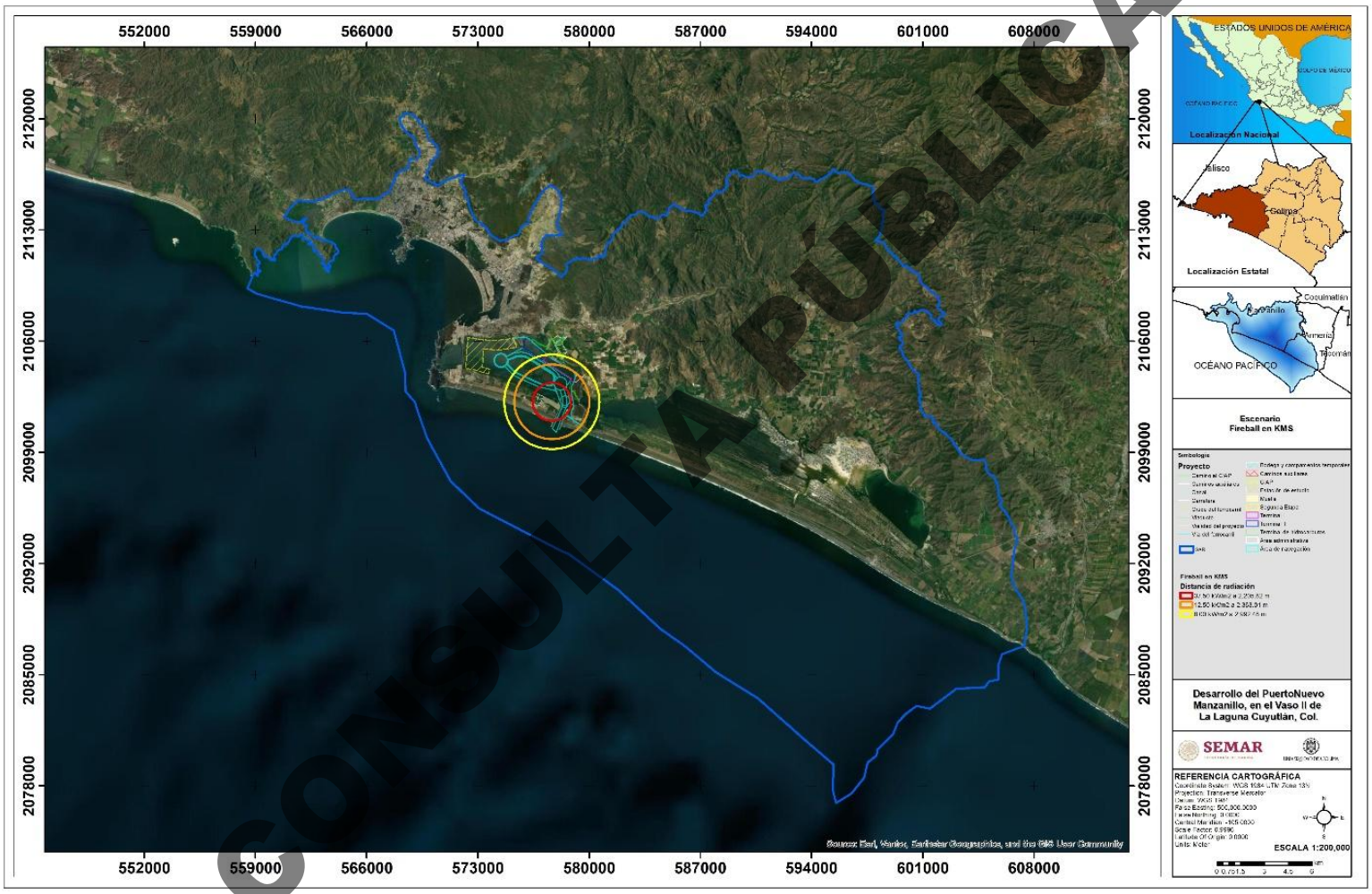
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 223. Radios de riesgo por explosión en ductos. Fuente ARM, 2024.



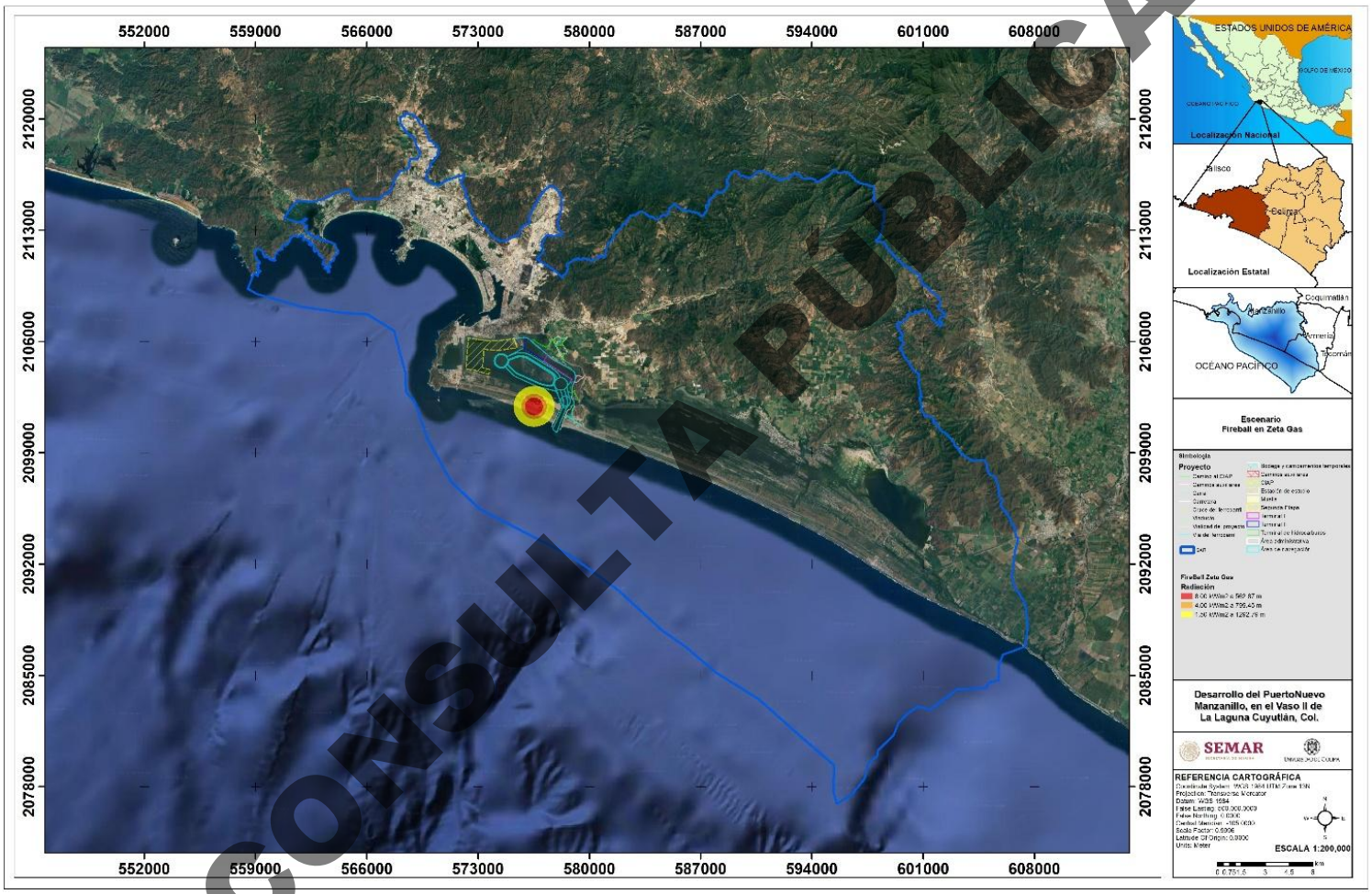
Mapa VII. 224. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto. Fuente APREC, 2015.

CONSULTA PÚBLICA



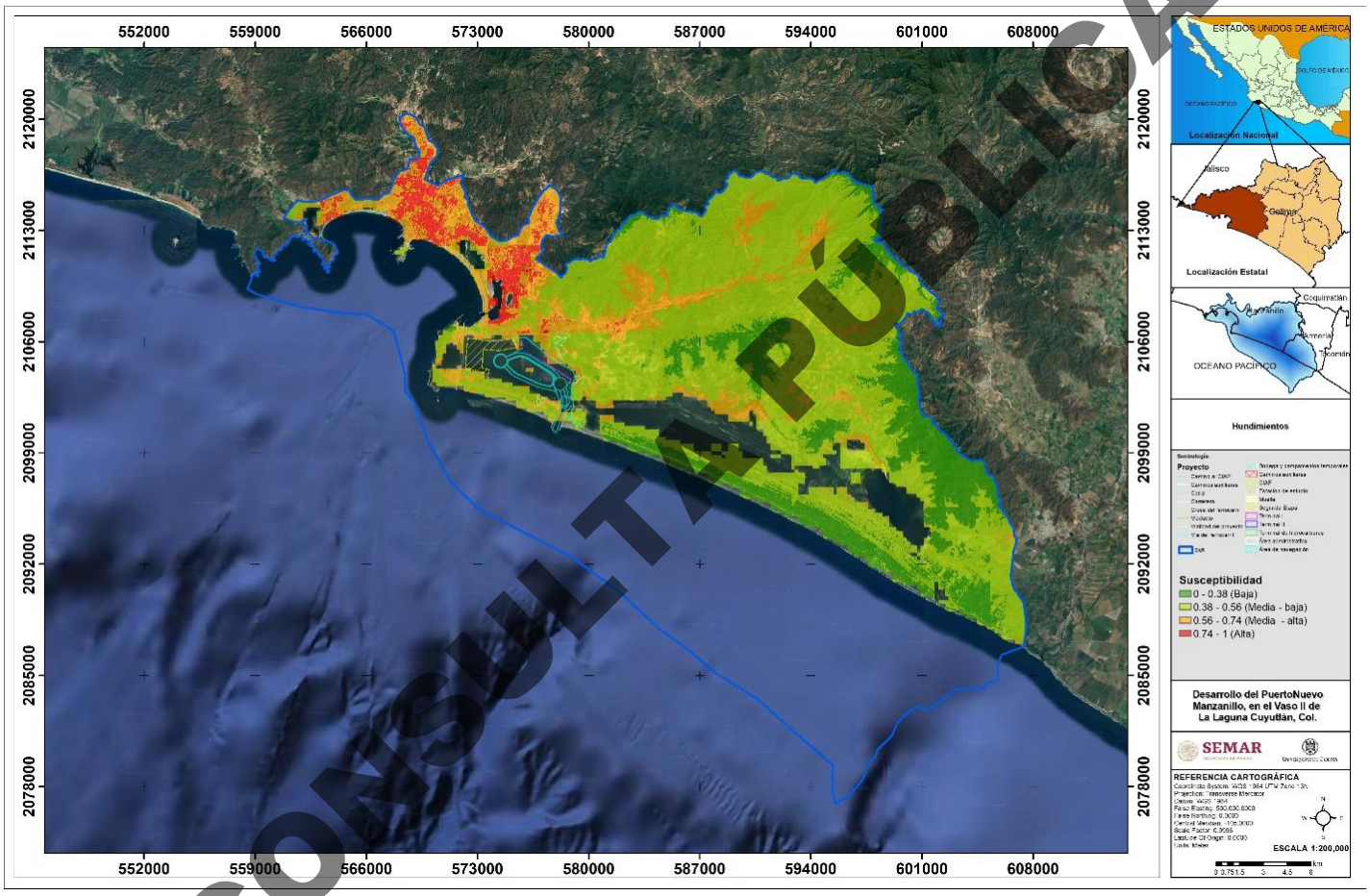
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 225. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS. Fuente ARM, 2024.



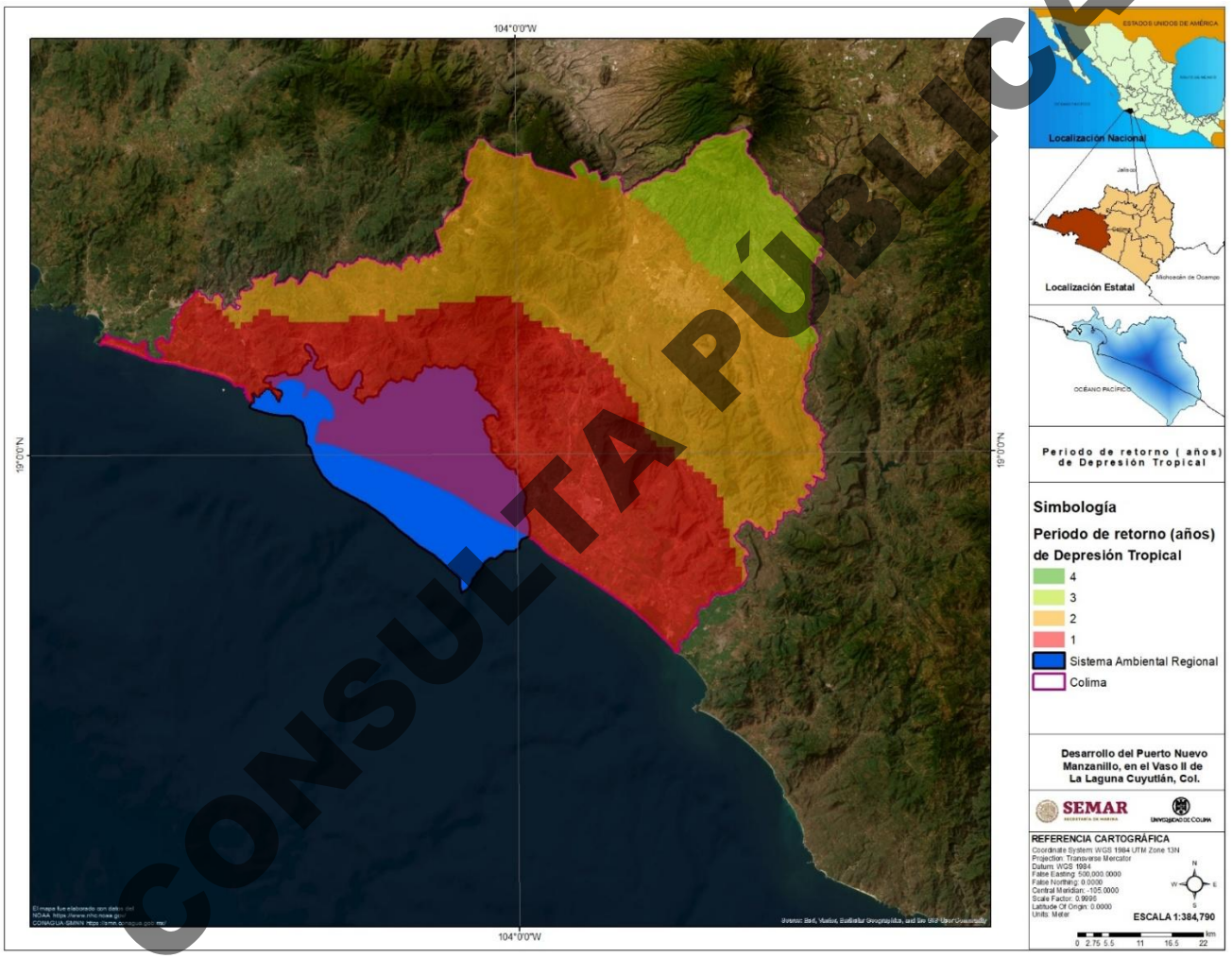
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 226. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas. Fuente ARM, 2024.



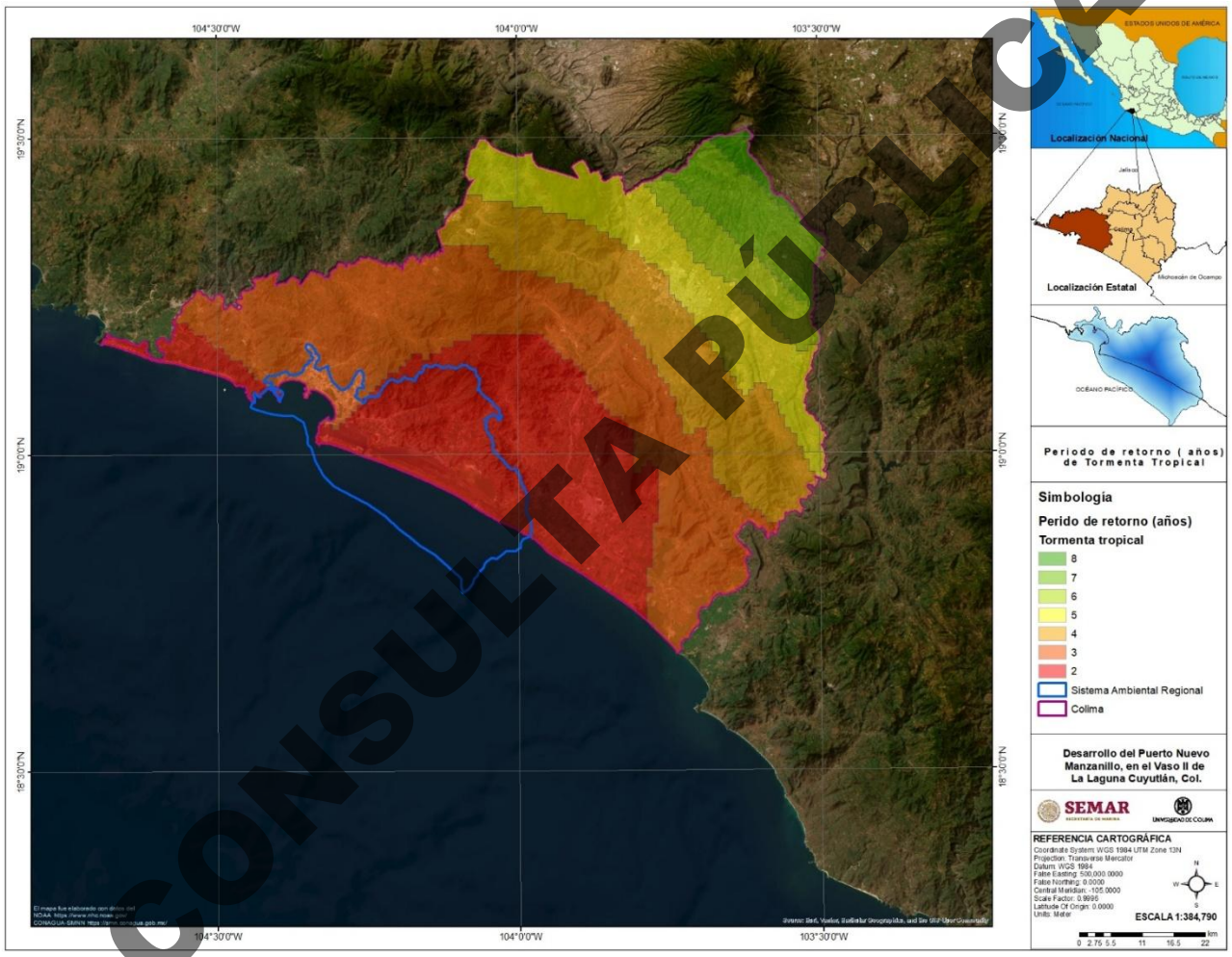
Mapa VII. 227. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025.

CONSULTA PÚBLICA



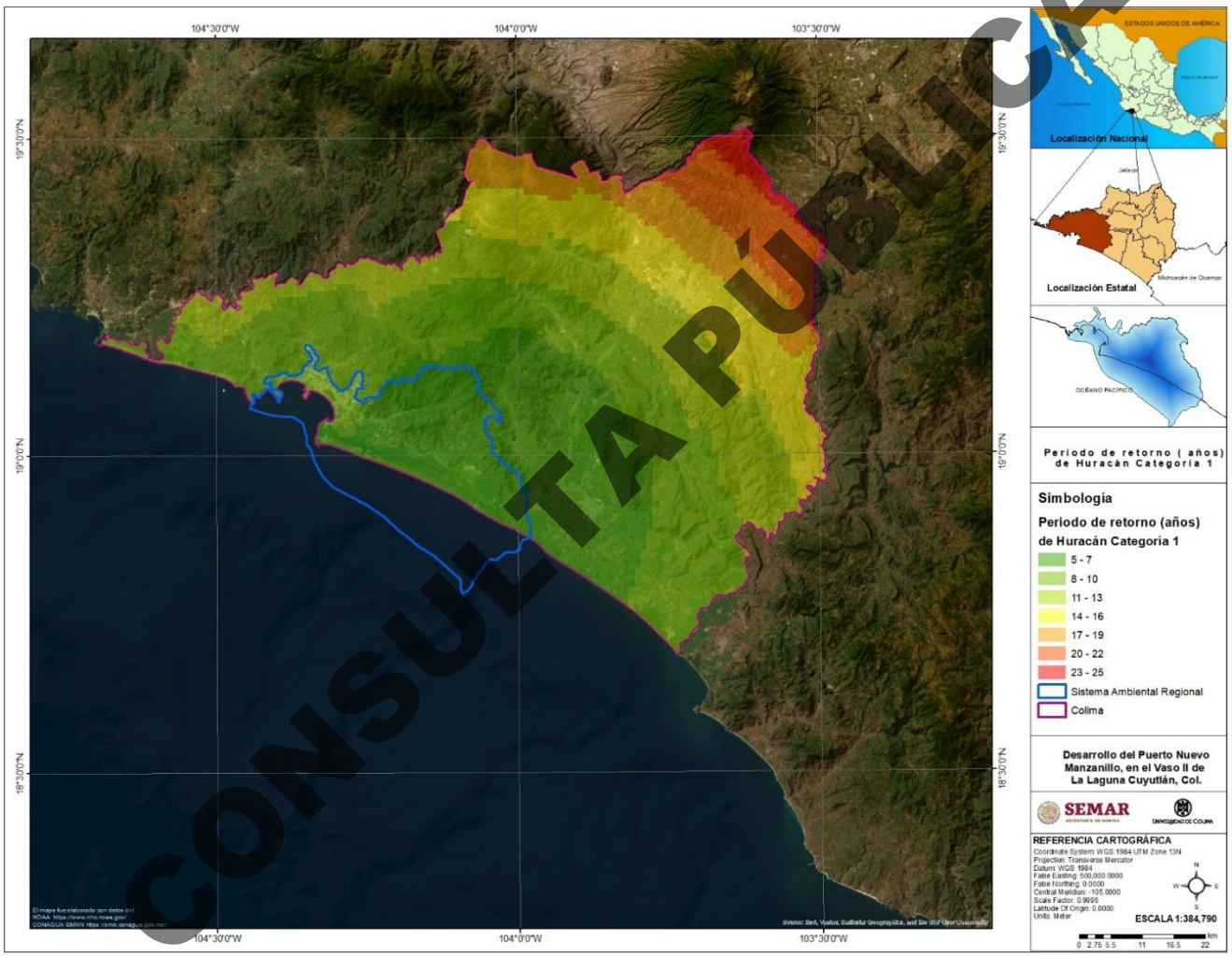
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 228. Periodo de retorno de Depresión Tropical. (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

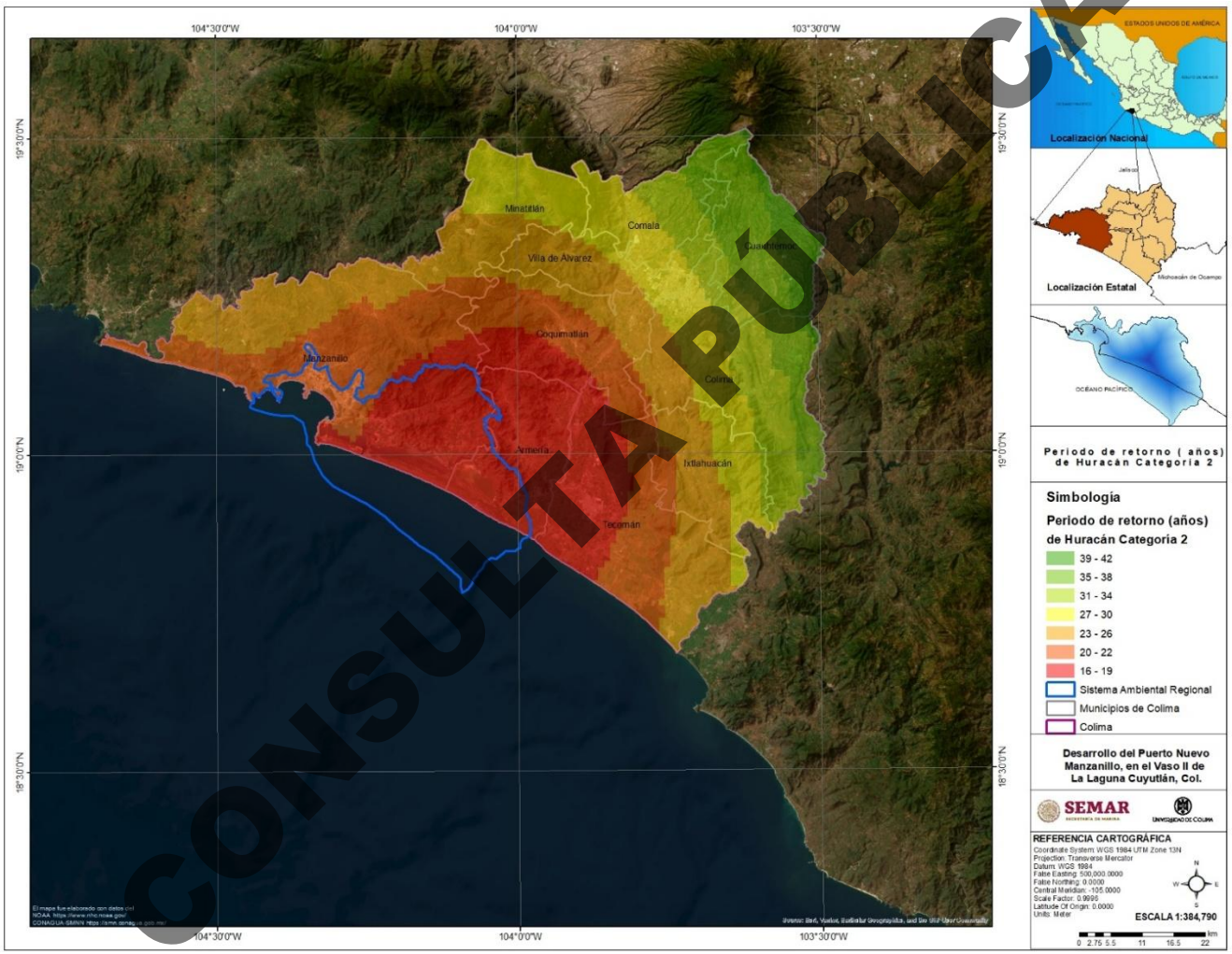


CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 229. Periodo de retorno de Tormenta Tropical (Elaboración propia con datos del APREC, 2015).

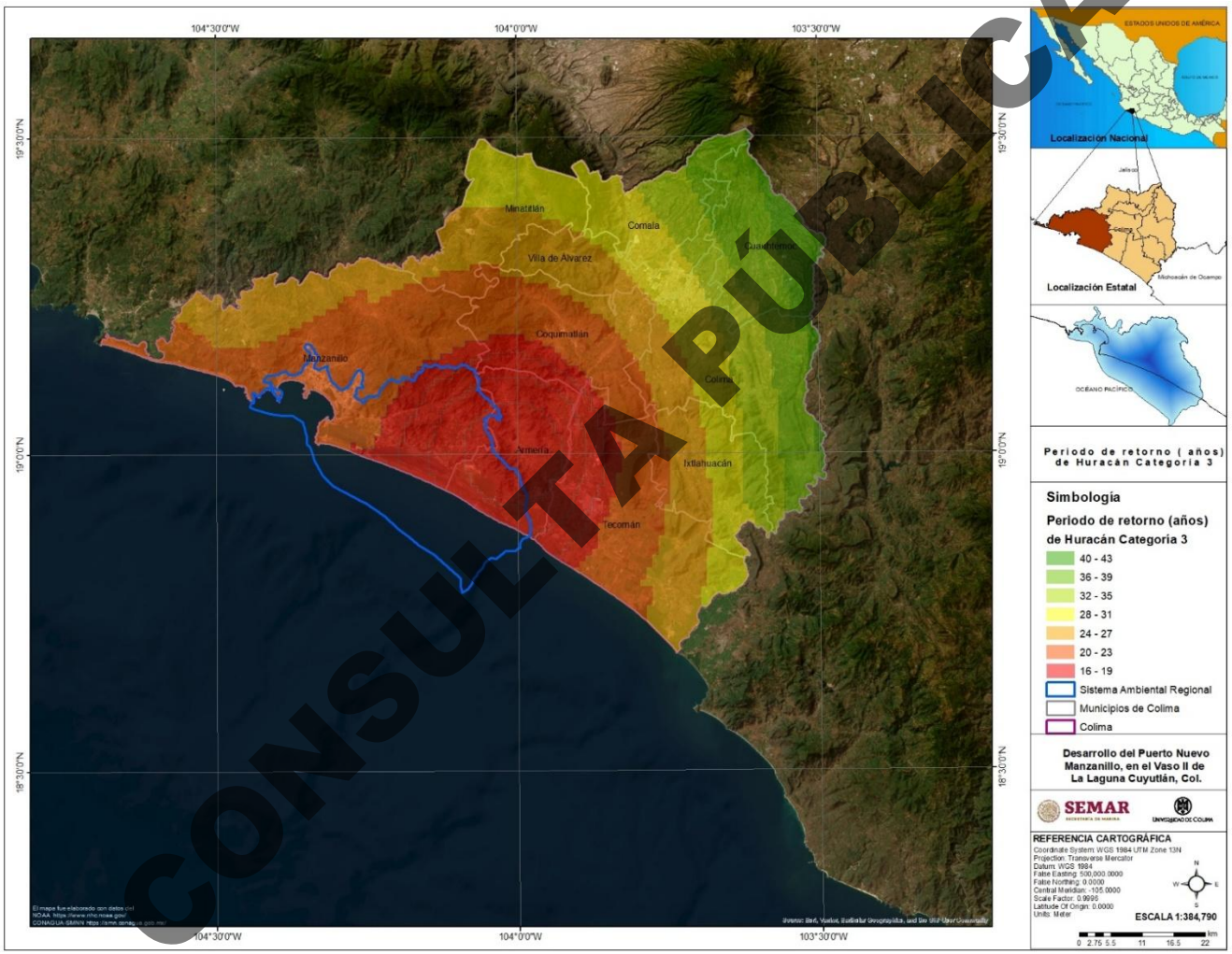


Mapa VII. 230. Periodo de retorno de Huracán Categoría 1.



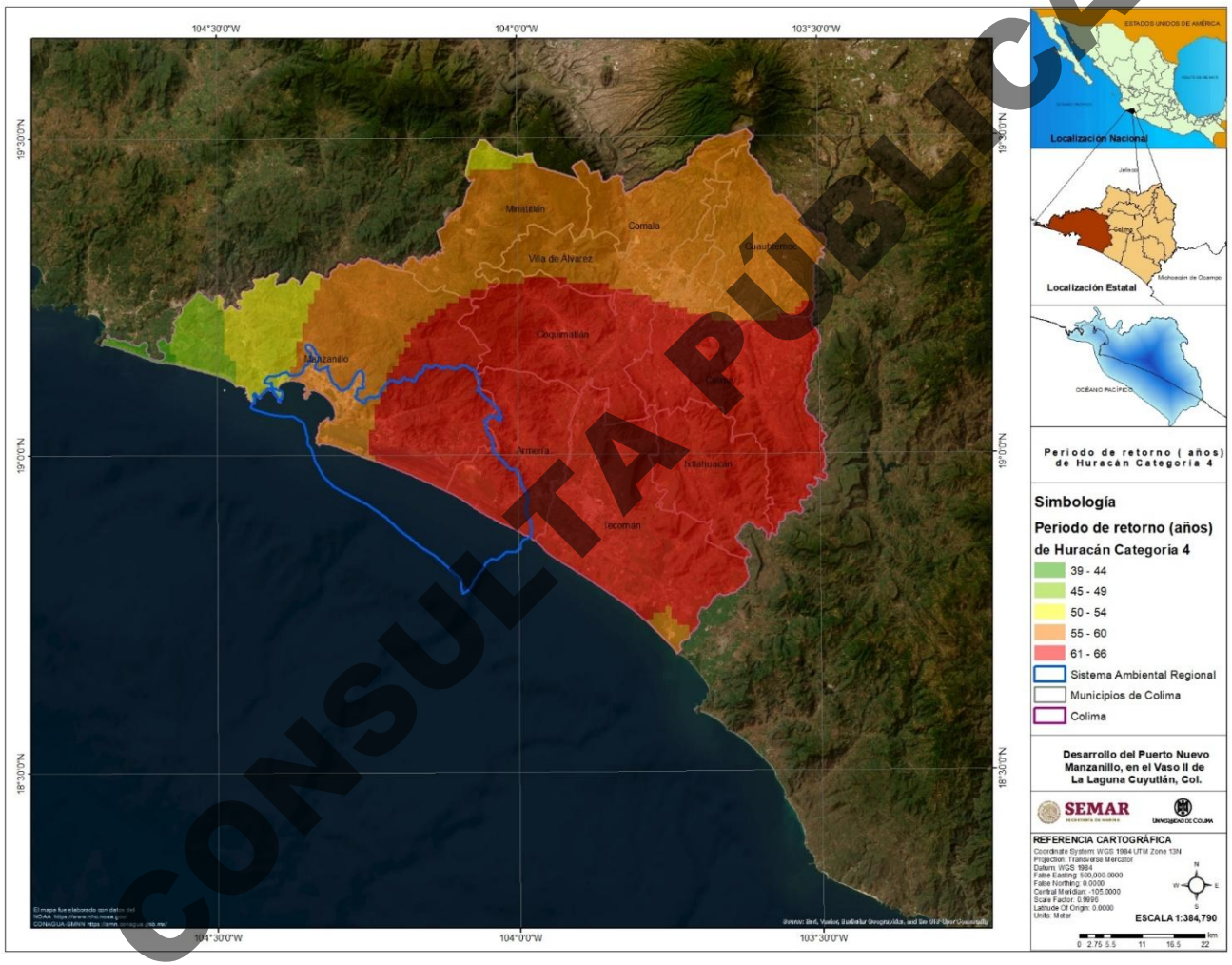
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 231. Periodo de retorno de Huracán Categoría 2.



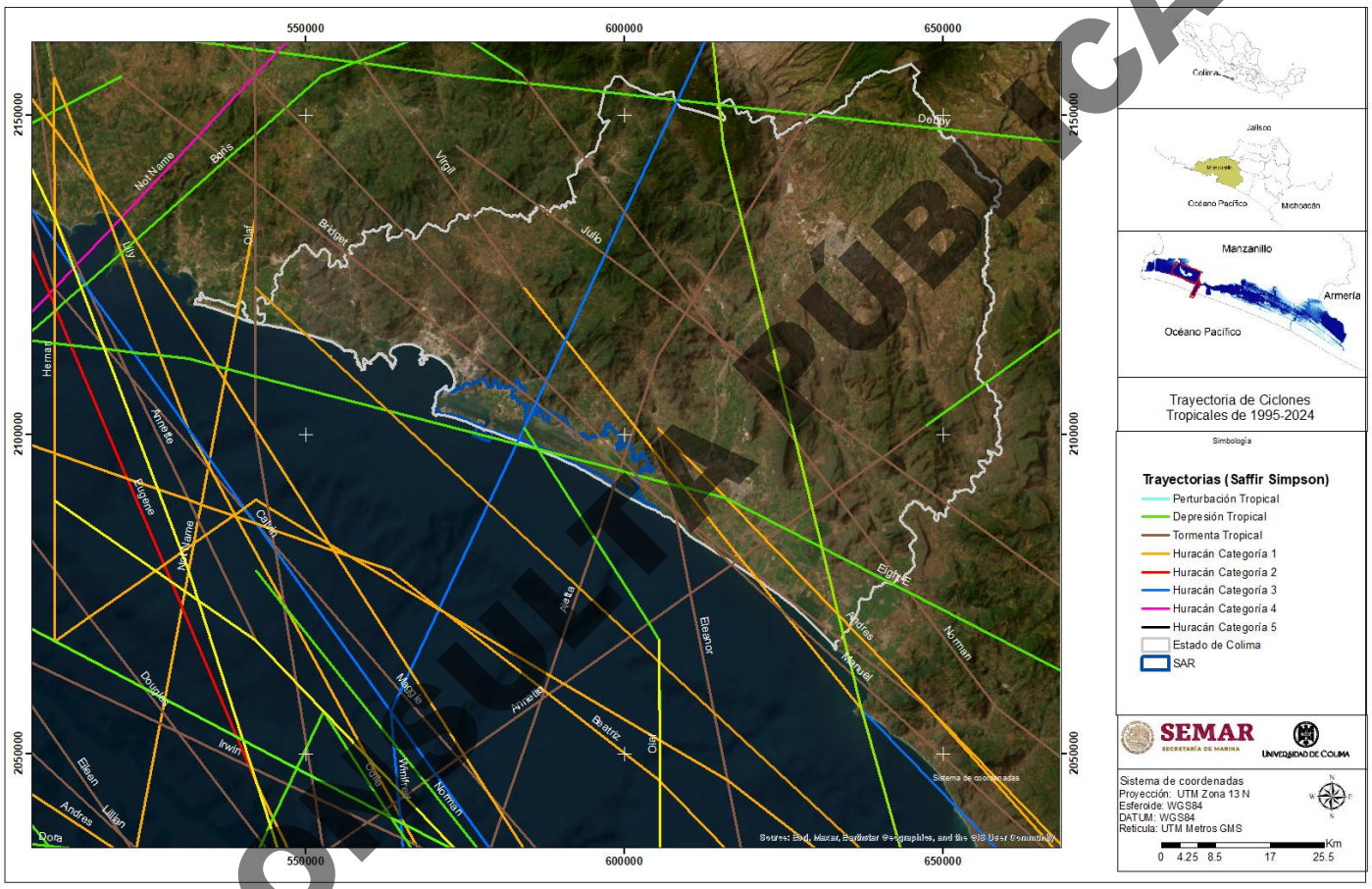
CONSULTA PÚBLICA

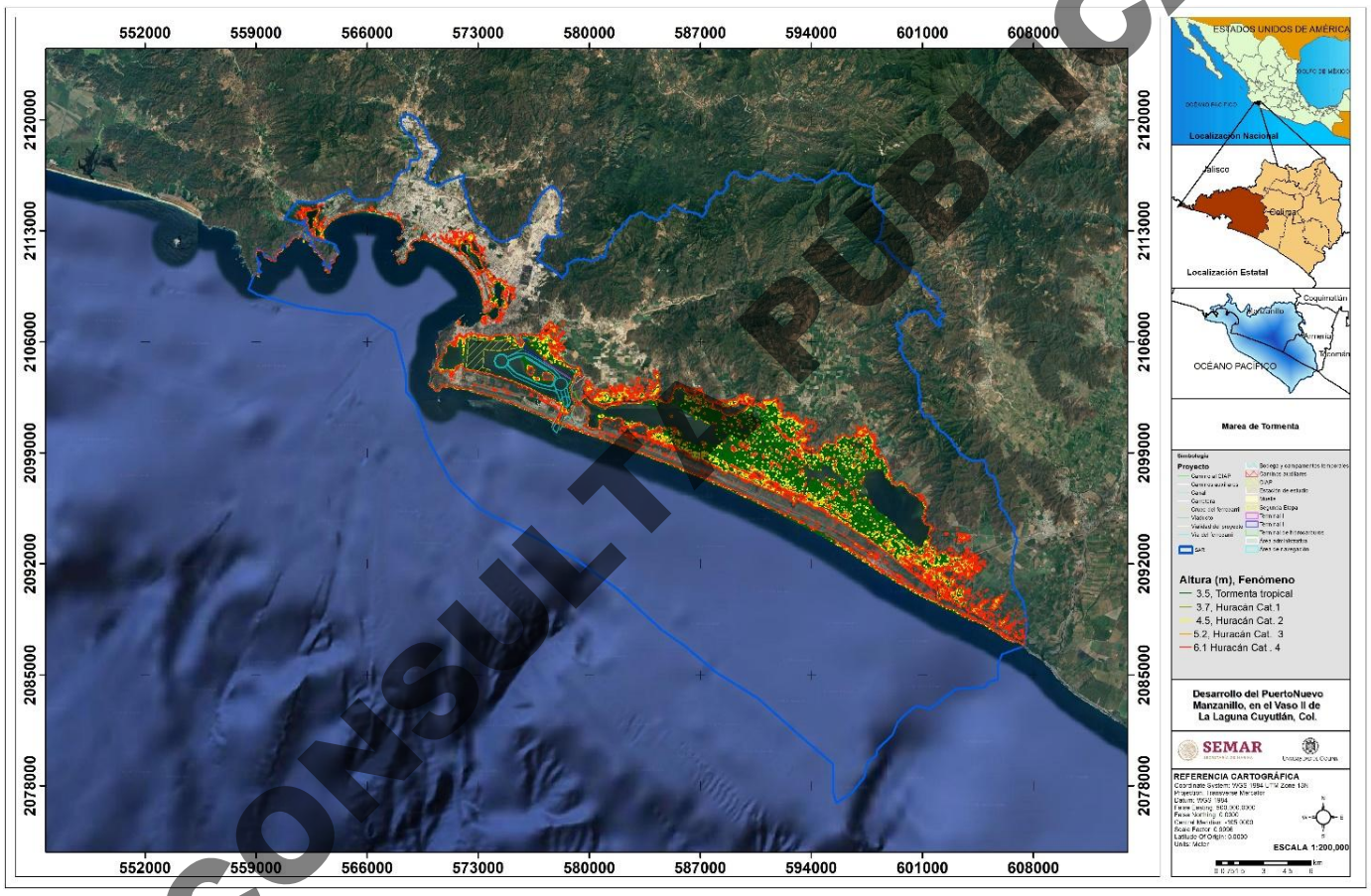
Mapa VII. 232. Periodo de retorno de Huracán Categoría



CONSULTA PÚBLICA

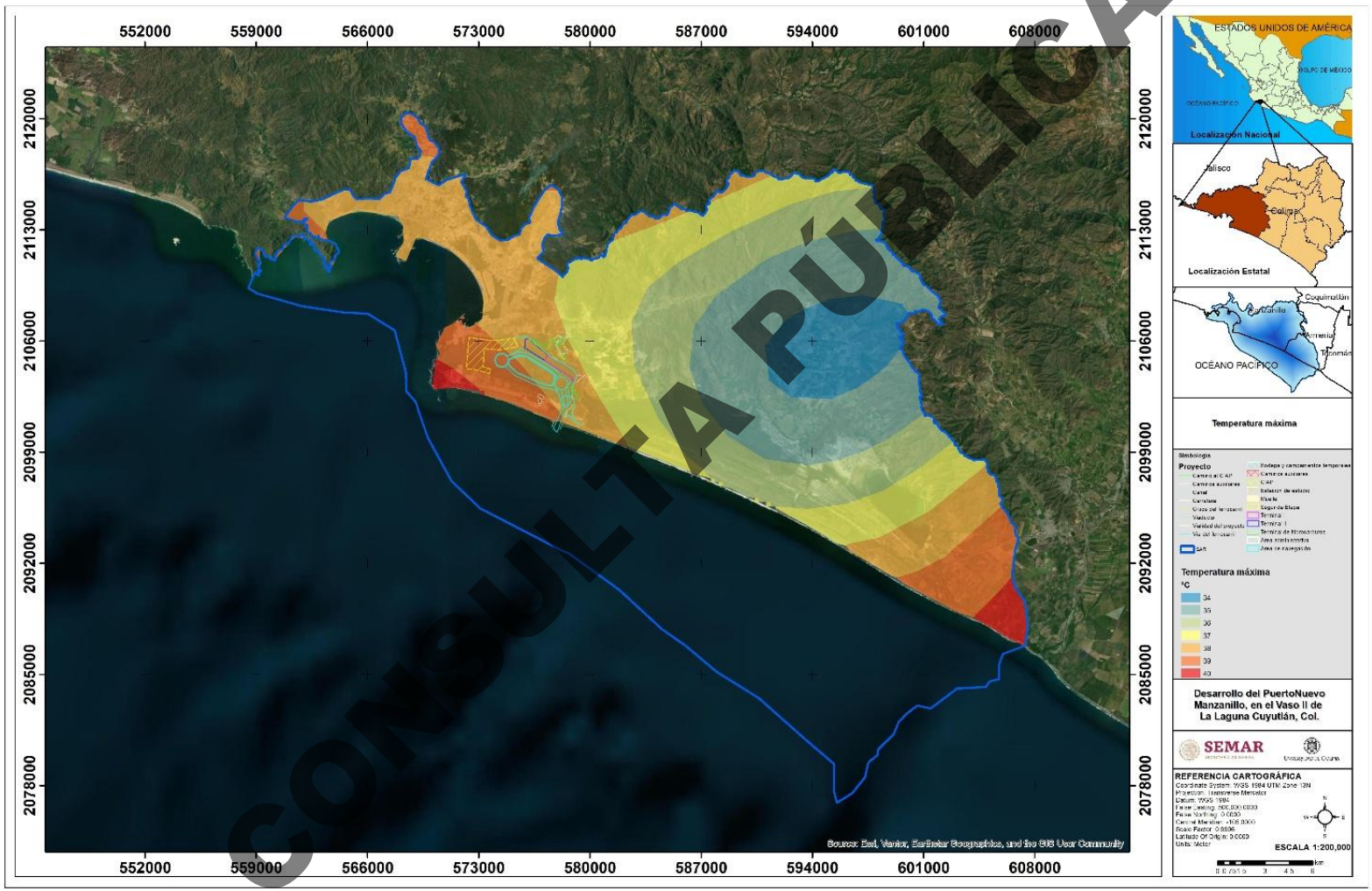
Mapa VII. 233. Periodo de retorno de Huracán Categoría 4.


550000
600000
650000
2150000
2100000
2050000
Debby
Virgil
Julio
Bridget
Olaf
Boris
Not Name
Hernan
Ariel
Ariel
Ariel



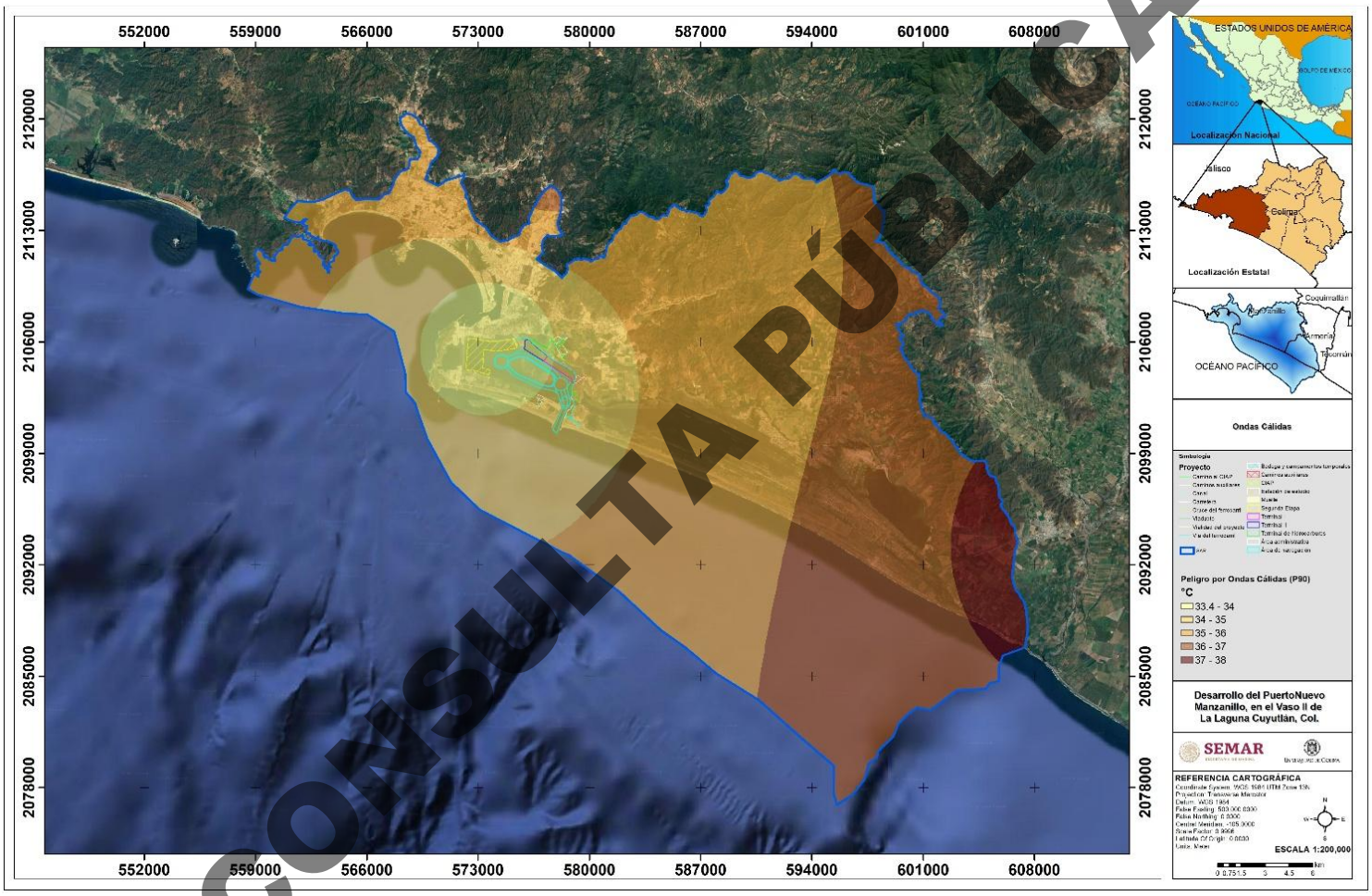
Mapa VII. 235. Inundación por marea de tormenta. Elaboración propia con datos del ANR (2026).

CONSULTA PÚBLICA



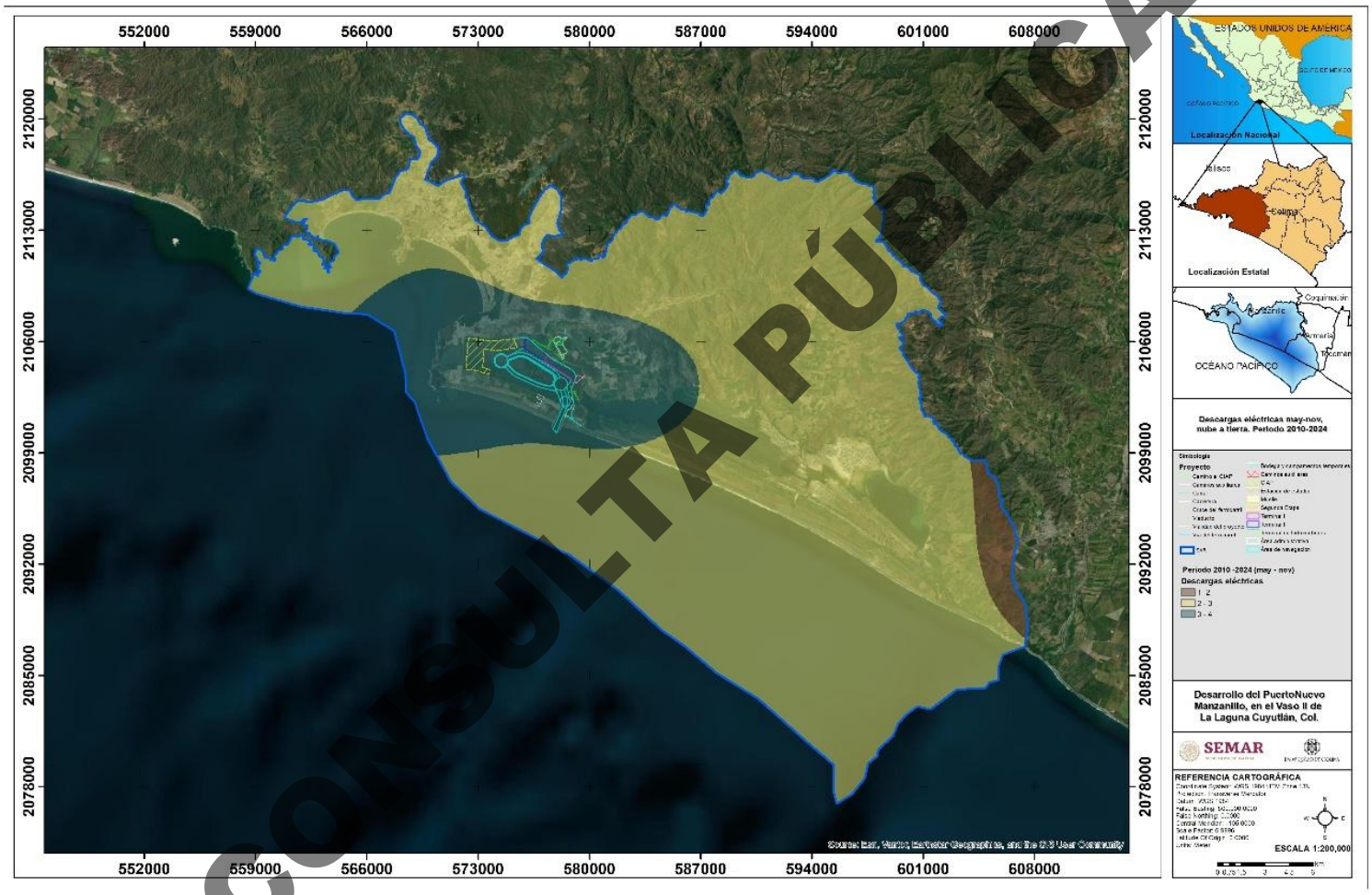
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 236. Temperatura máxima para un periodo de retorno de 50 años en el SAR. Fuente APREC, 2015



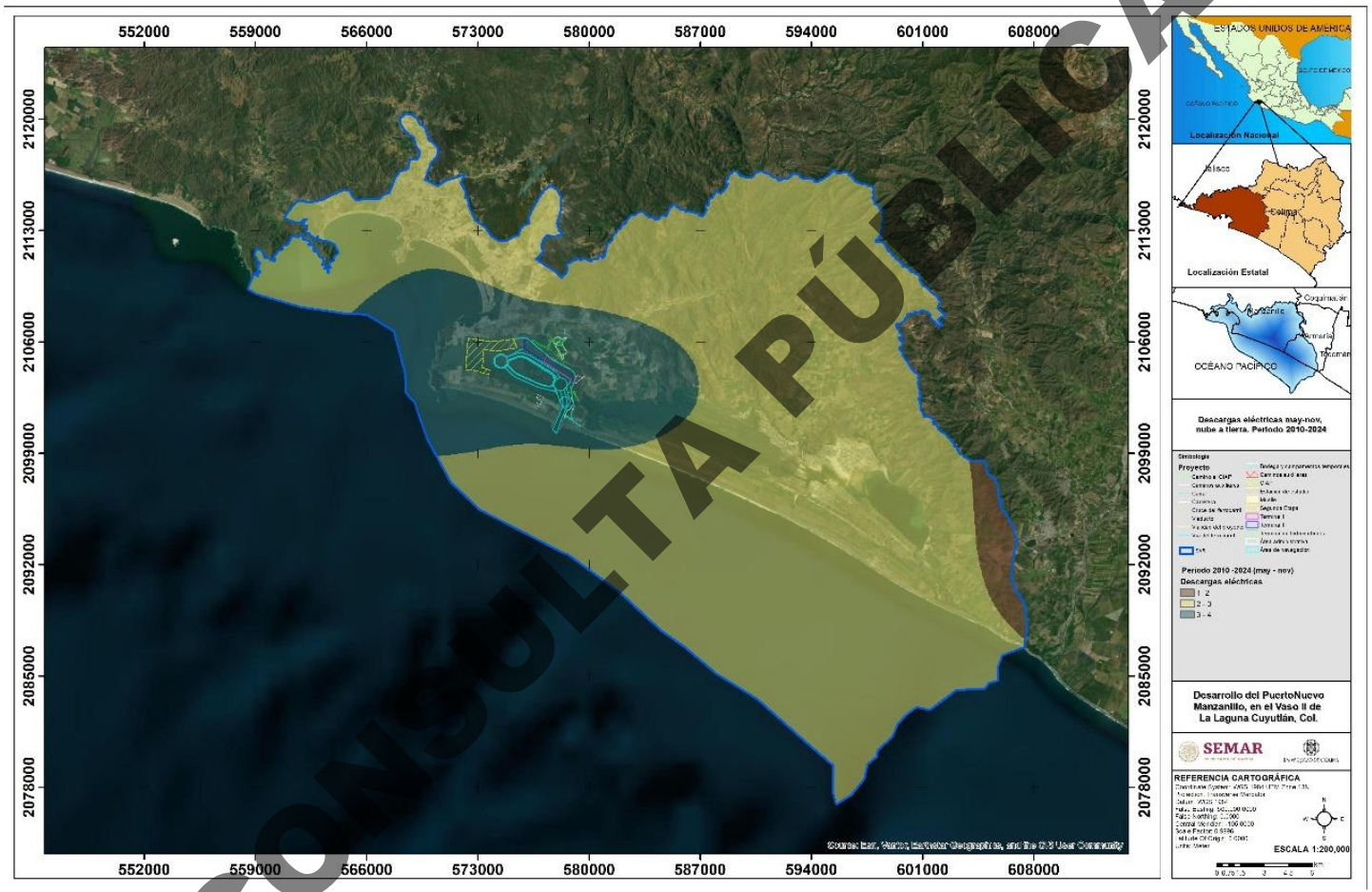
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 237. Peligro por ondas cálidas. Fuente ARM, 2024.



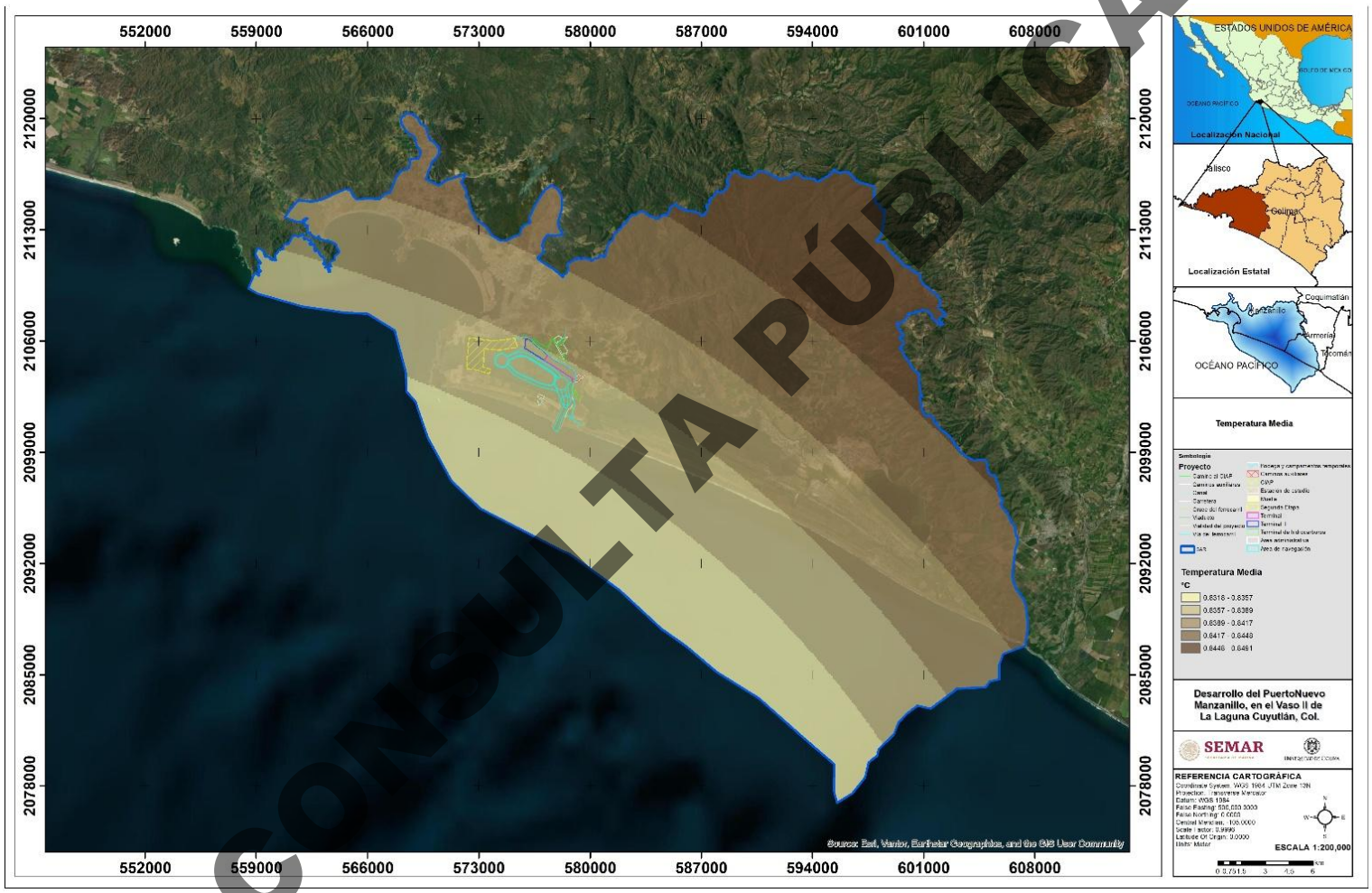
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 238. Descargas eléctricas mayo-noviembre, nube a tierra. Periodo 2010-2024. Elaboración propia con datos de Kaplan, JO (2025).



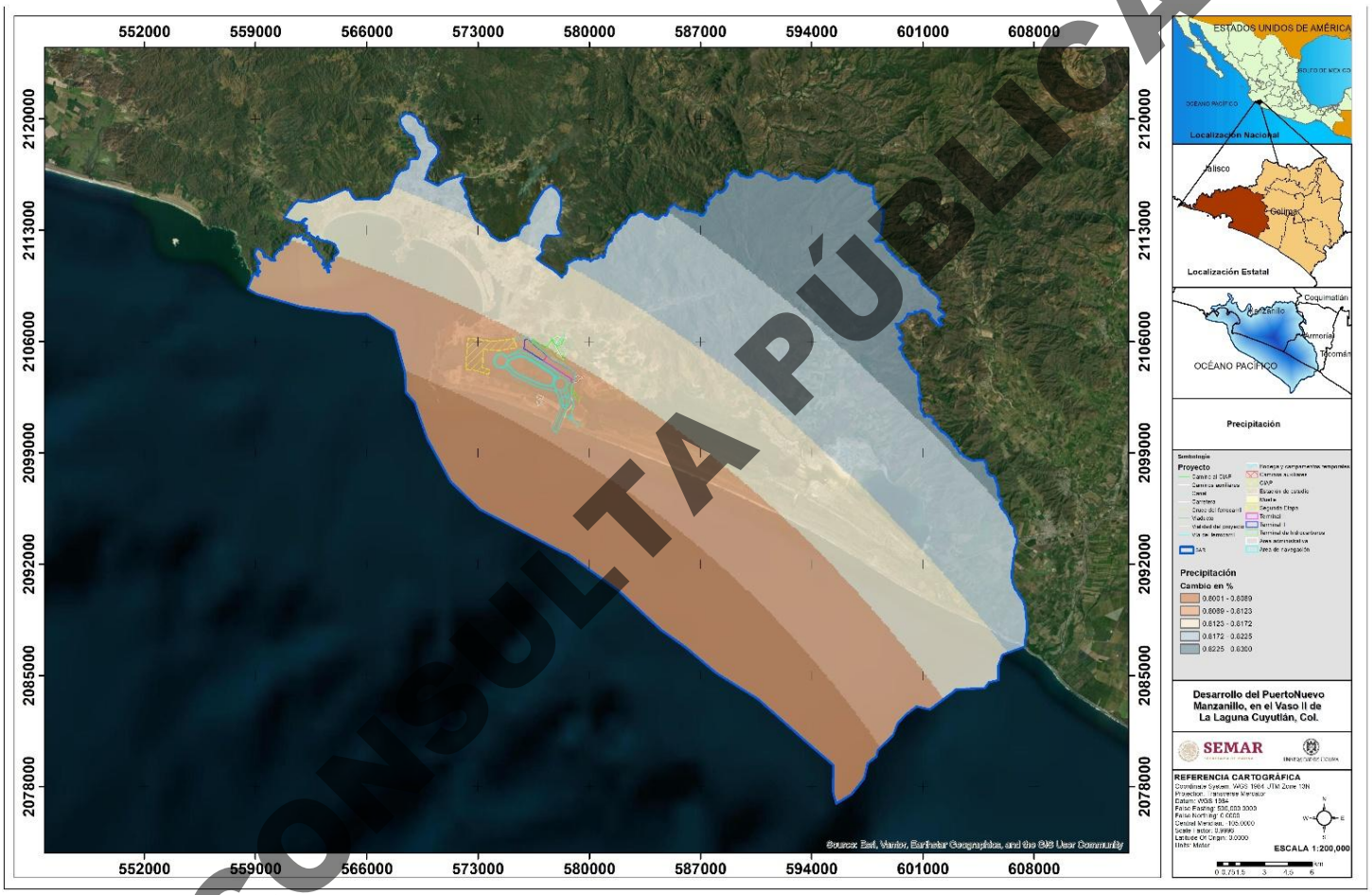
Mapa VII. 239. Riesgo de muertes por rayo en el SAR. Elaboración propia con datos de Jaramillo A., Domínguez C. (2024)

CONSULTA PÚBLICA



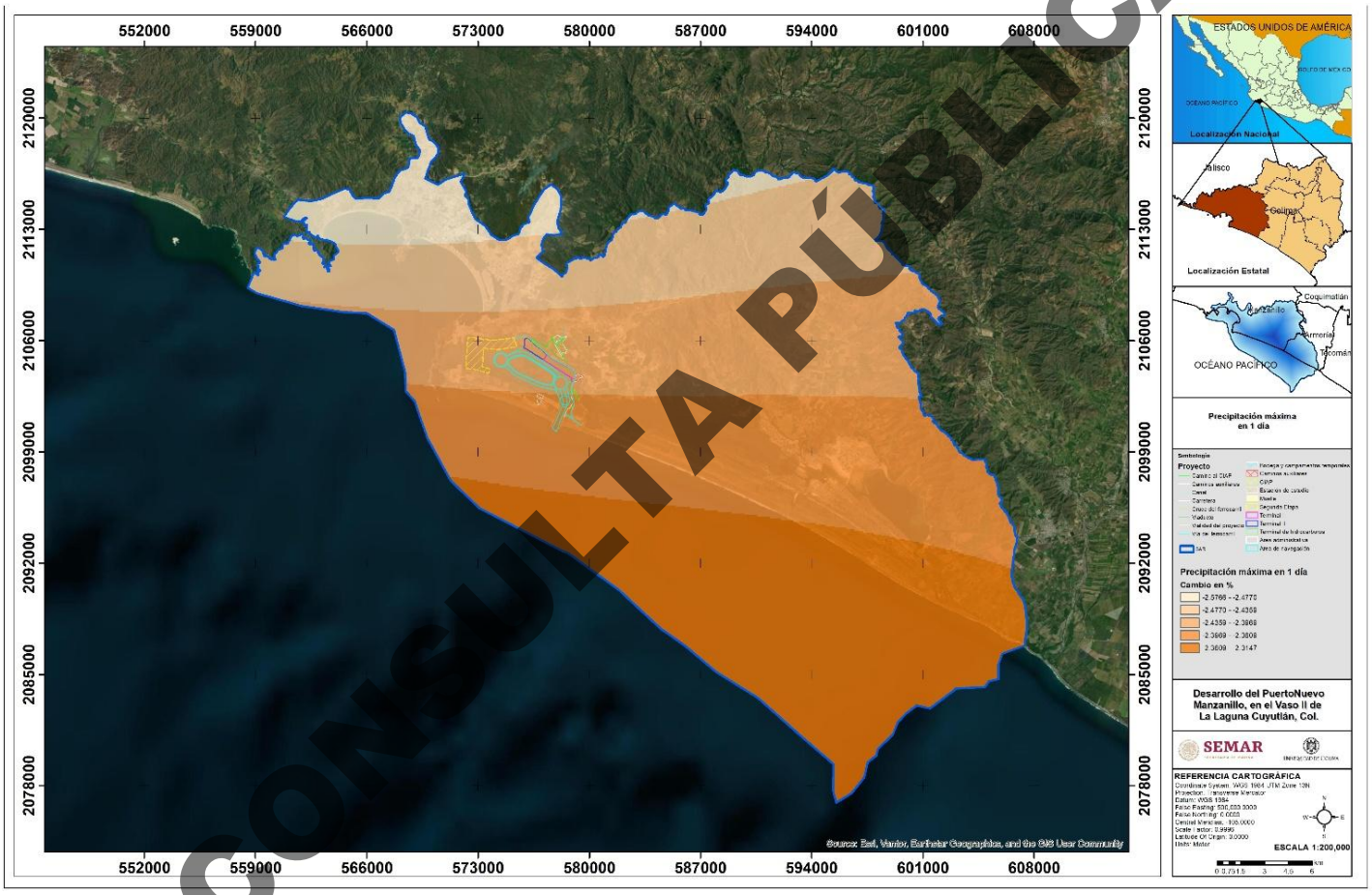
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 240. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.



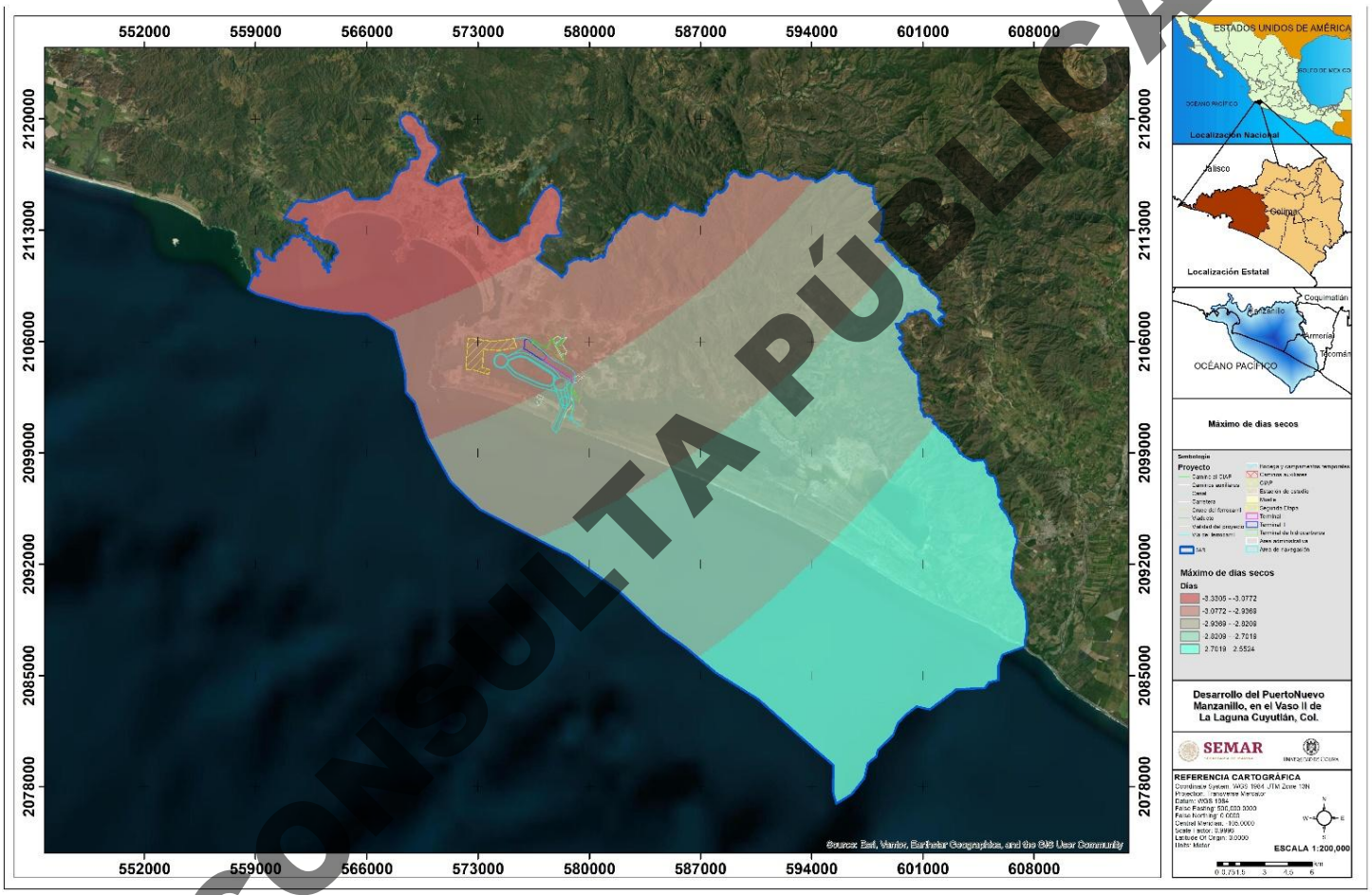
Mapa VII. 240. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

CONSULTA PÚBLICA



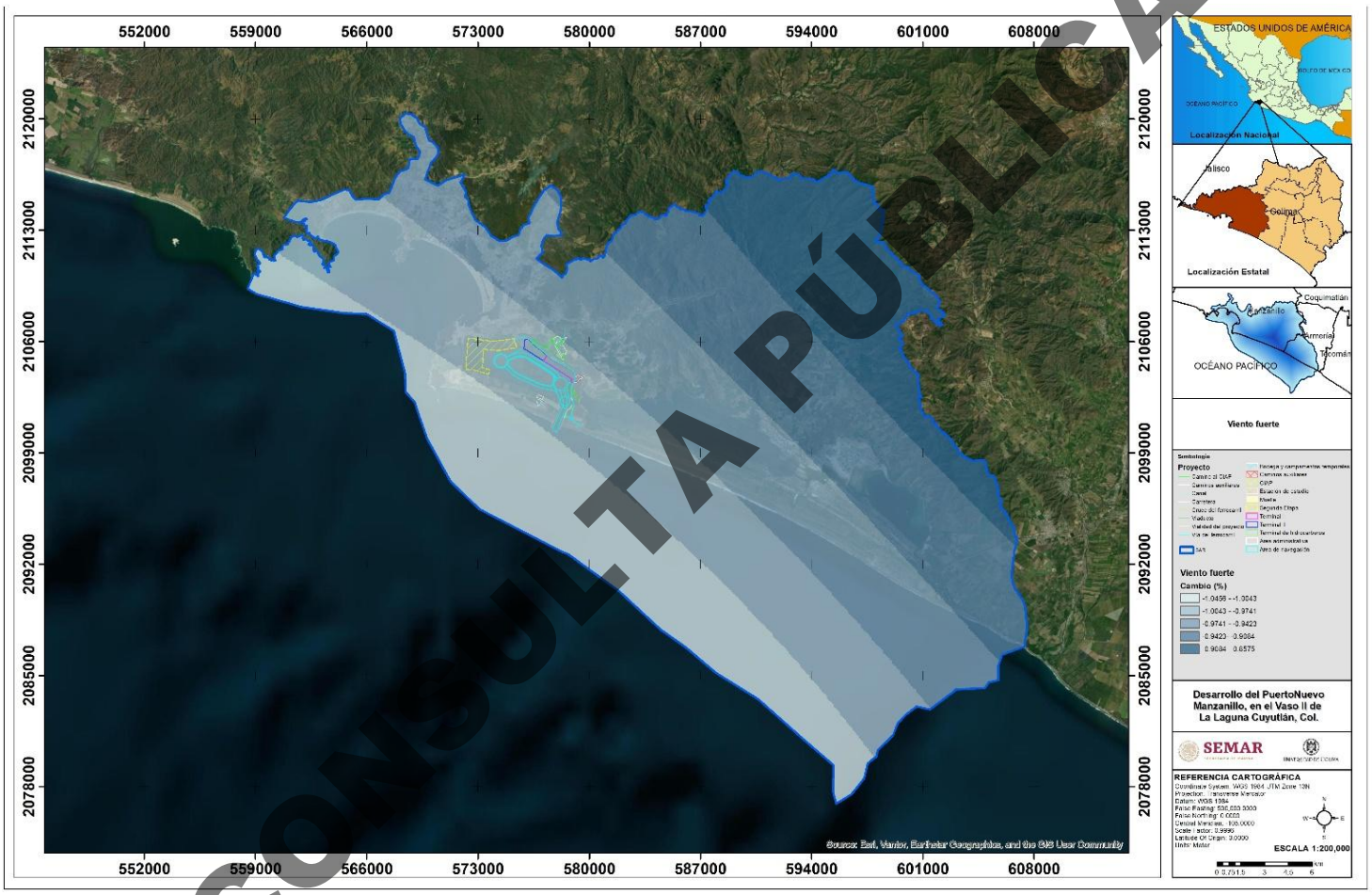
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 241. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.



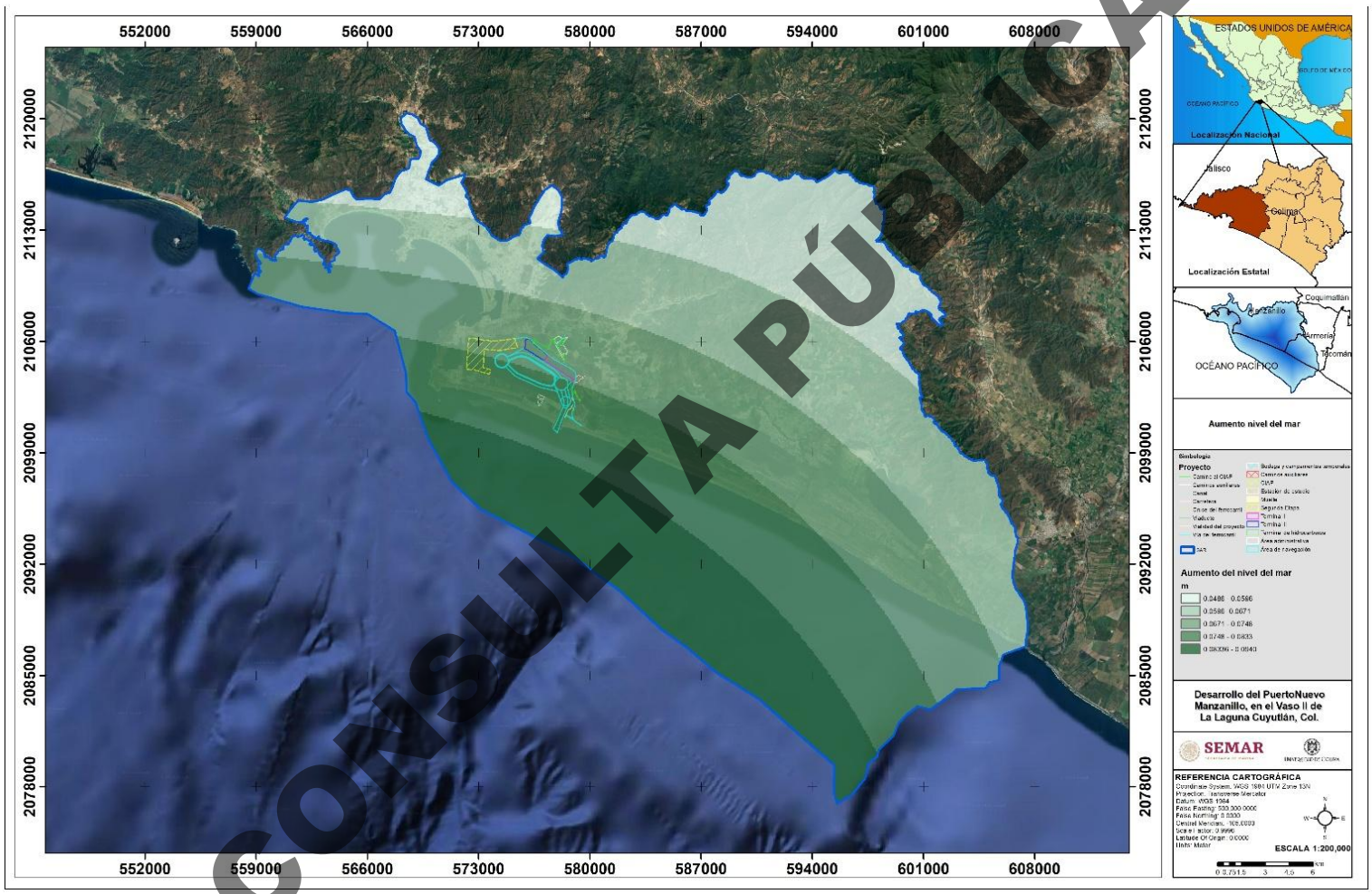
Mapa VII. 242. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

CONSULTA PÚBLICA



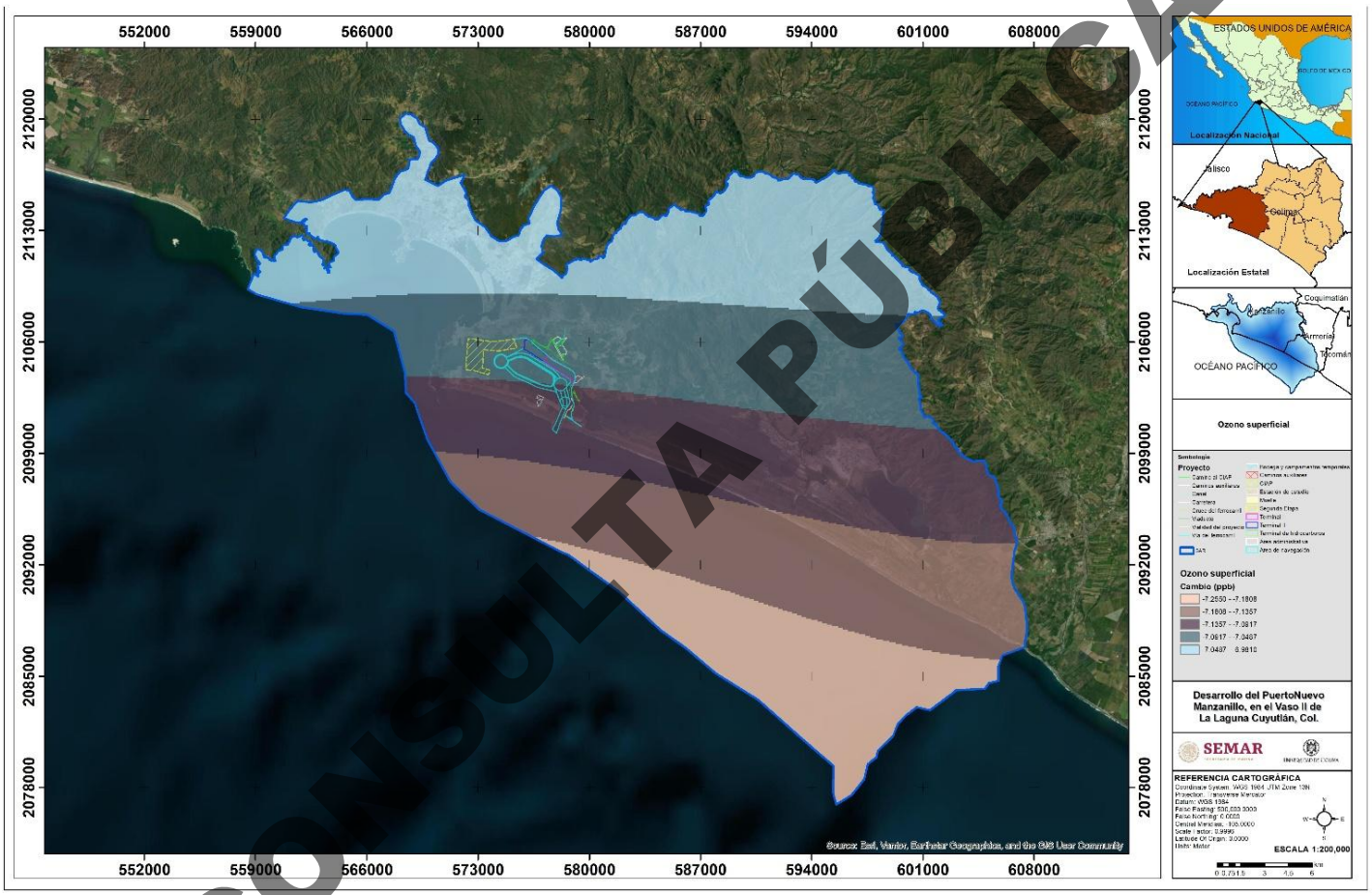
Mapa VII. 243. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.

CONSULTA PÚBLICA



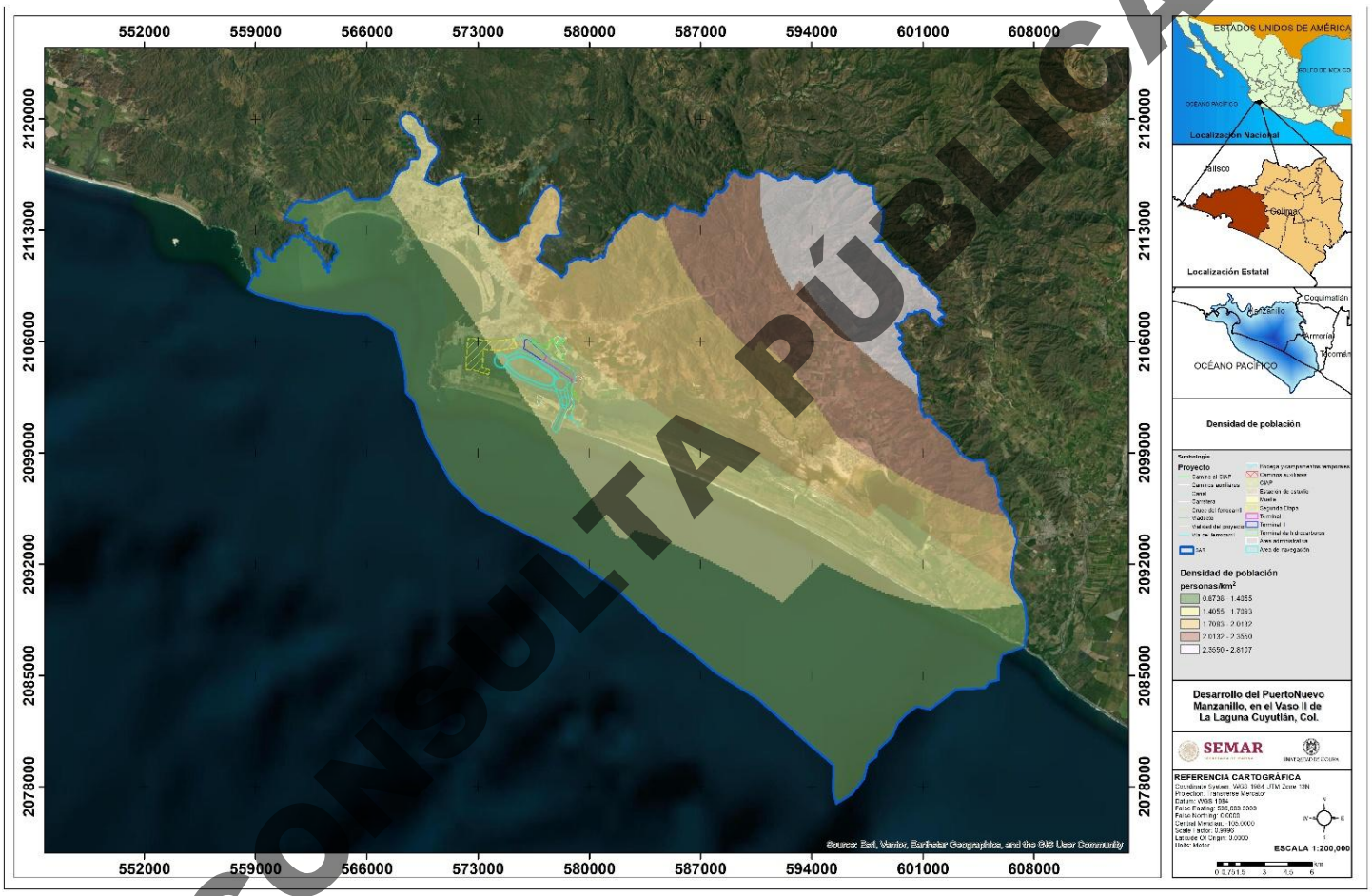
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 244. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.



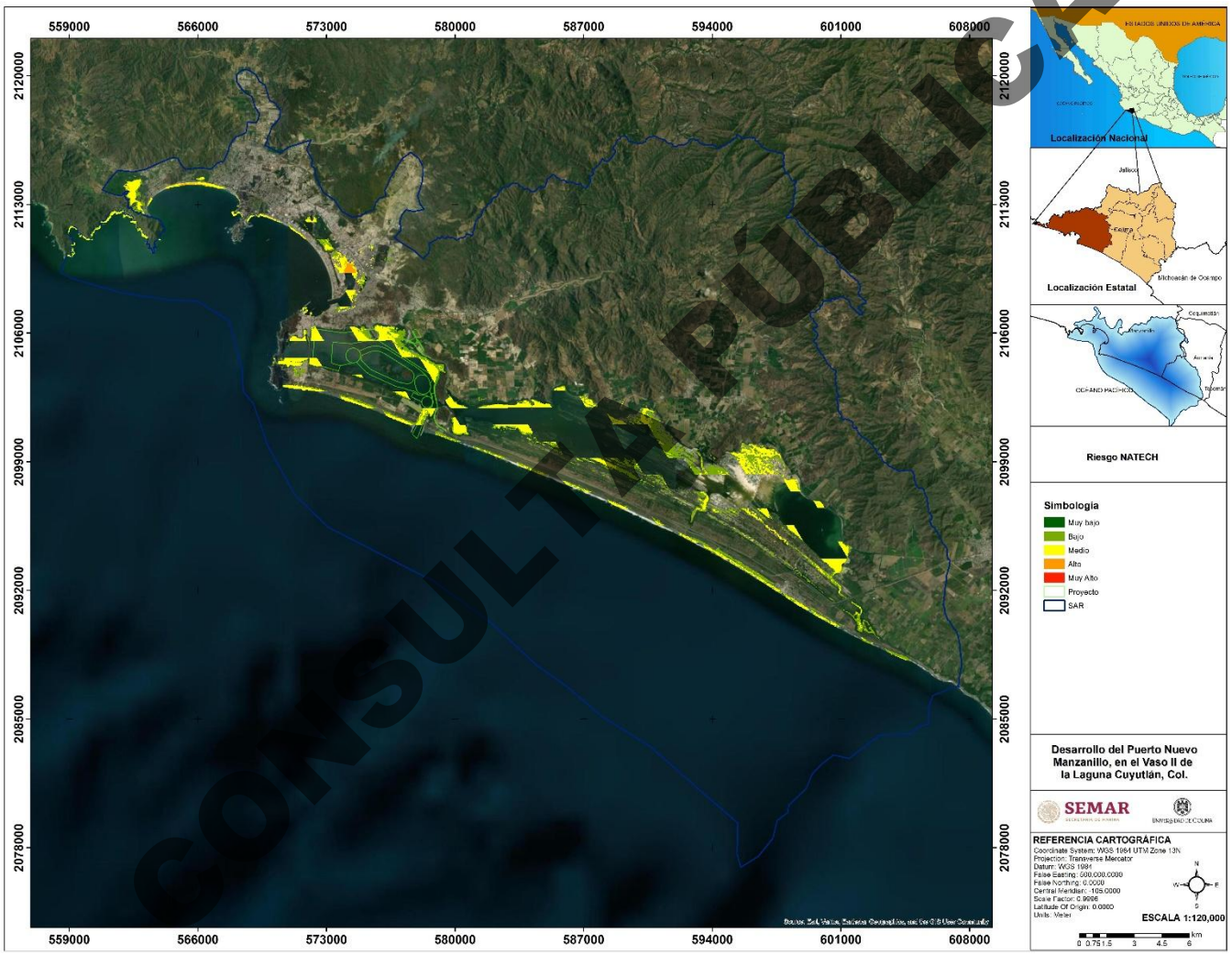
Mapa VII. 245. **Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.**

CONSULTA PÚBLICA



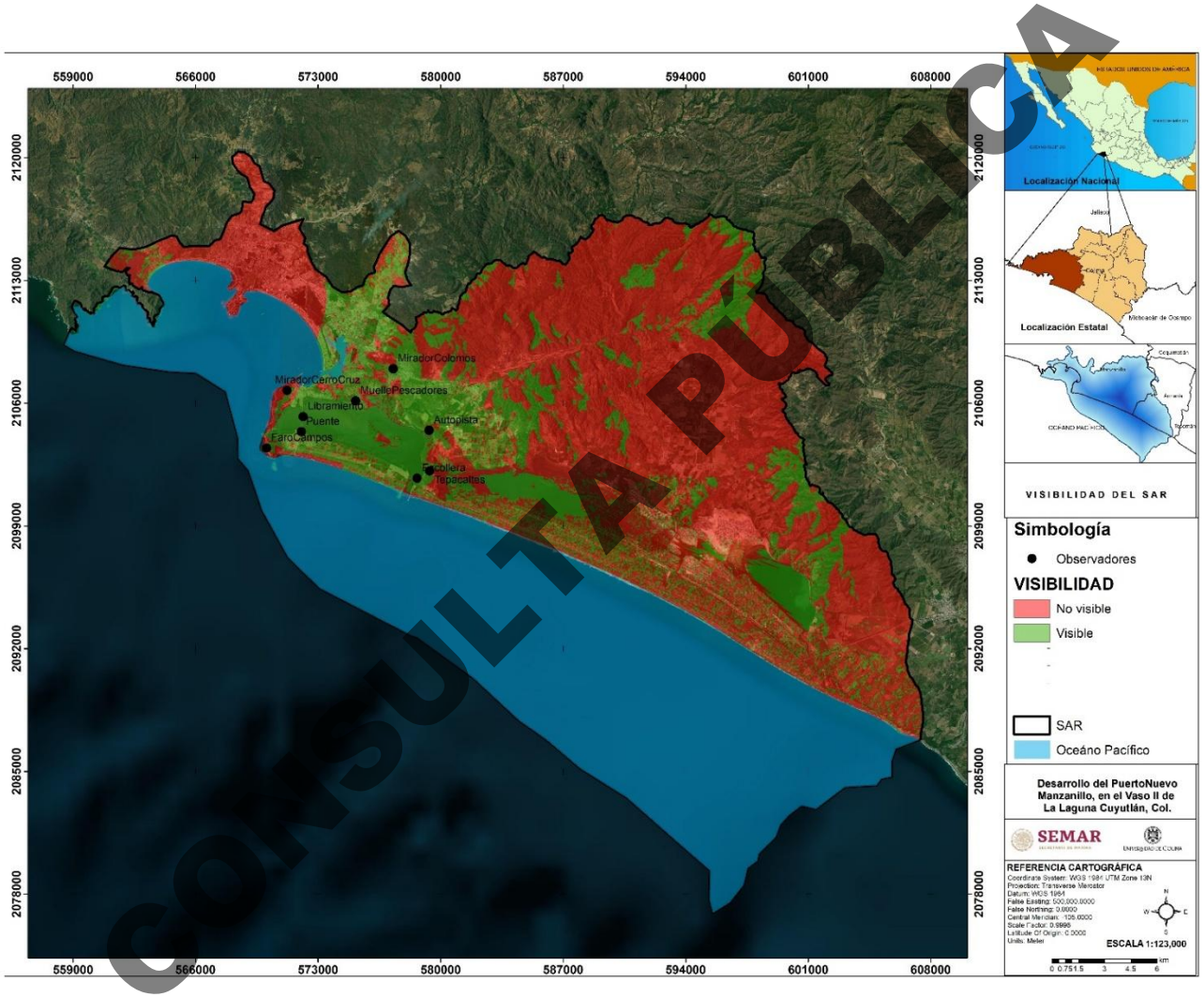
Mapa VII. 246**. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014.**

CONSULTA PÚBLICA



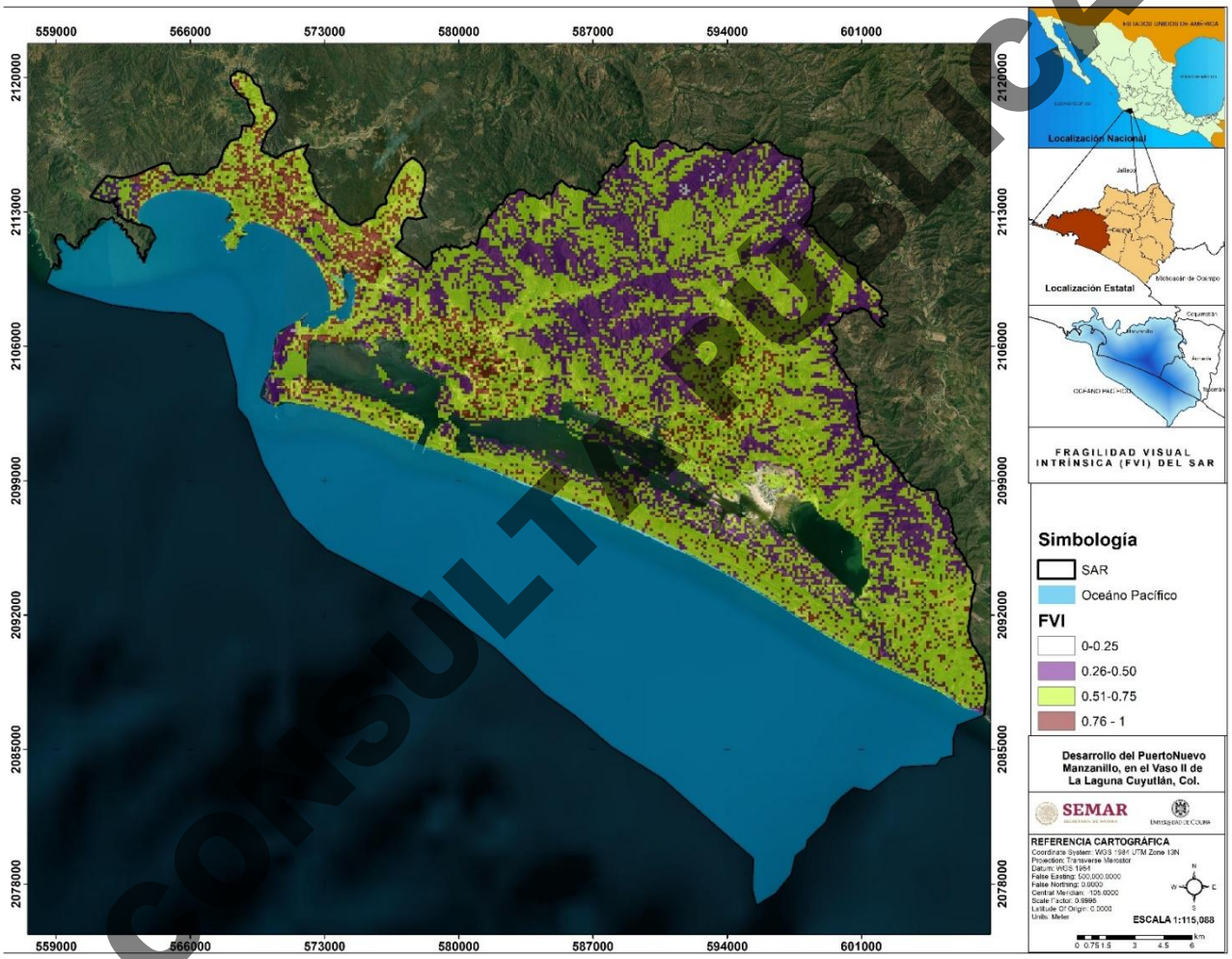
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 247. Riesgo NATECH en el SAR.



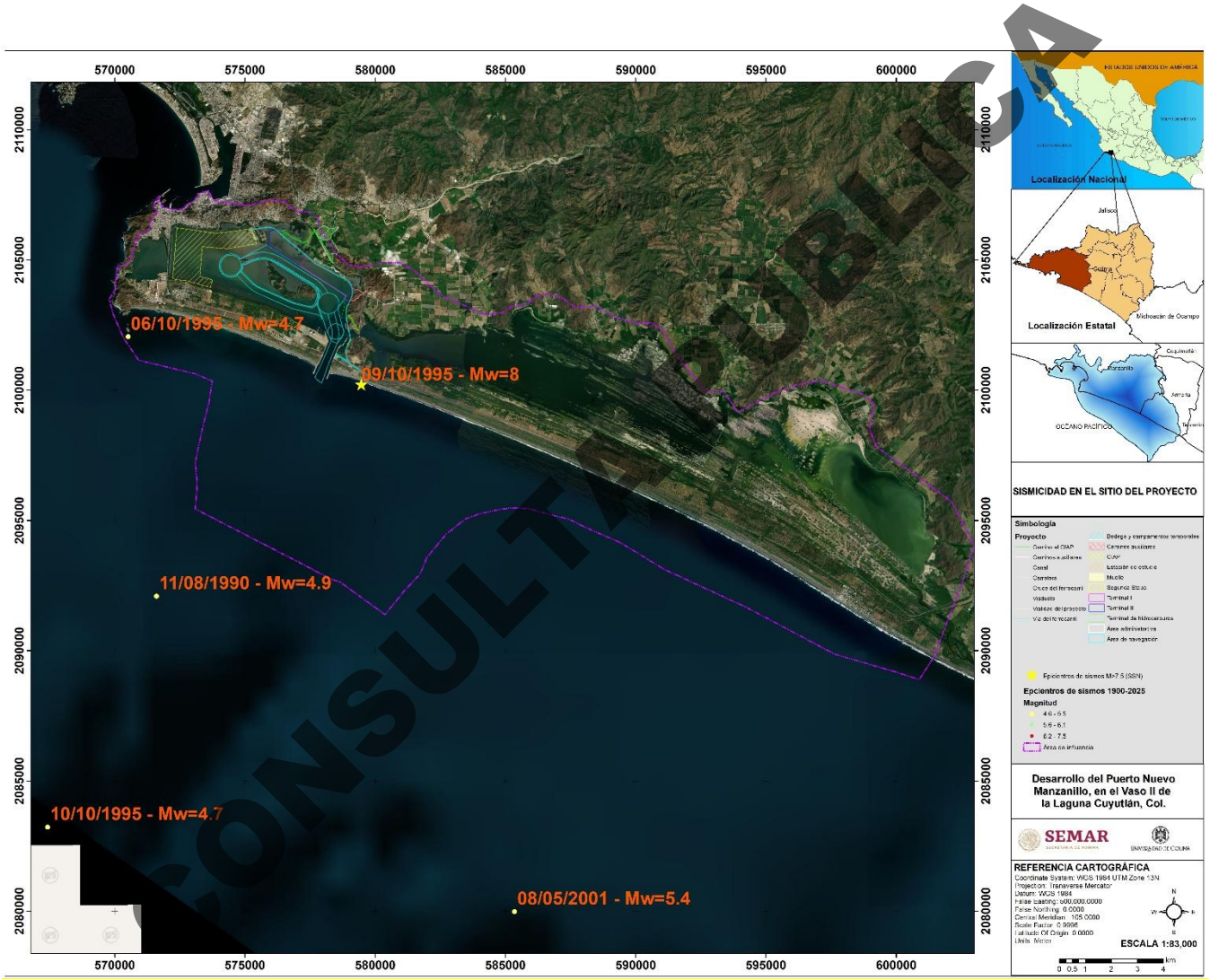
Mapa VII. 248. Visibilidad del SAR. (Elaboración propia con datos con datos de INEGI

CONSULTA PÚBLICA

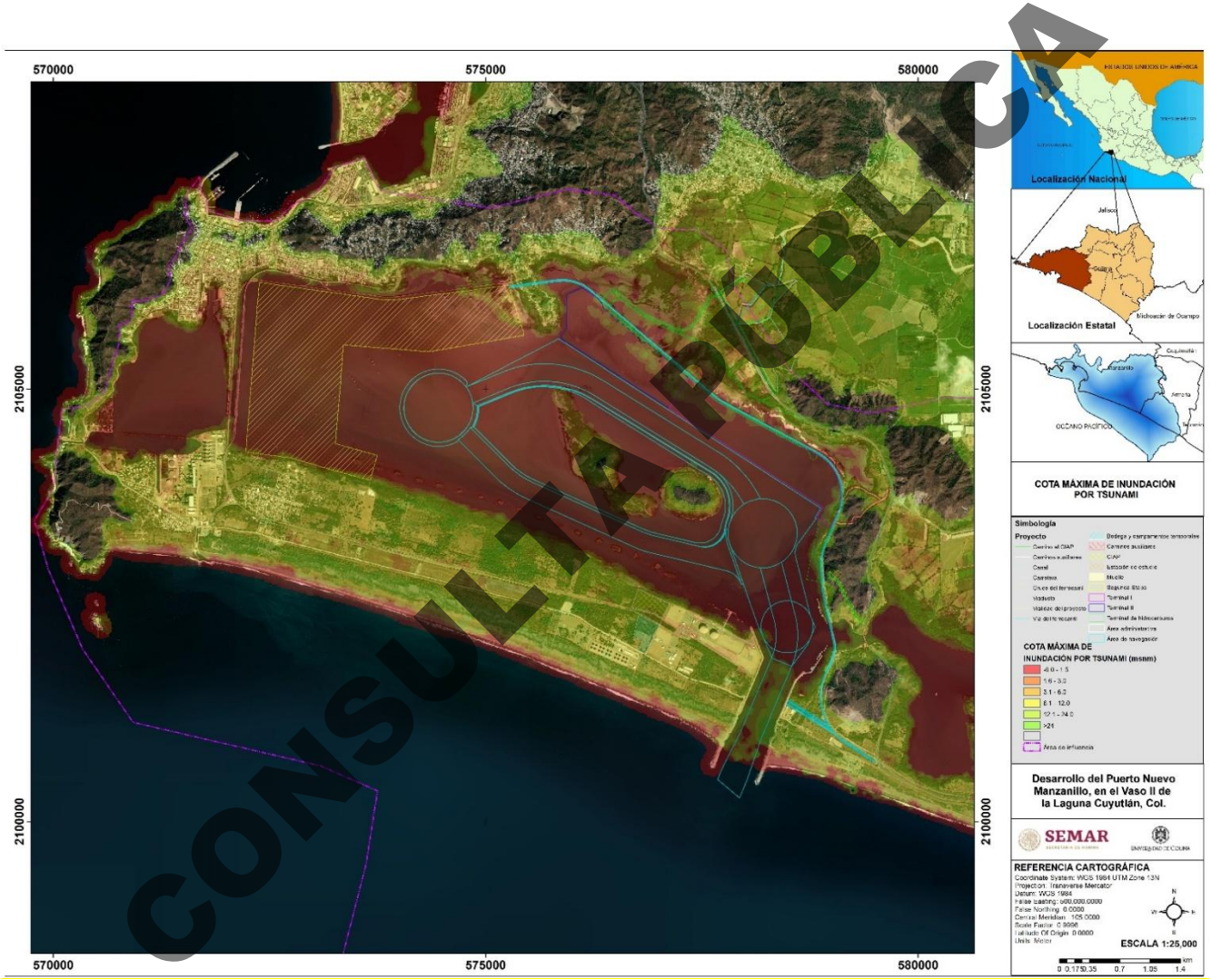


CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 249. Fragilidad Visual Intrínsica en el SAR. (Elaboración propia con datos de INEGI y CONABIO).



Mapa VII. 250. Sismos ocurridos en la zona del proyecto a menos de 10 km con (Magnitud M_W>4.5).

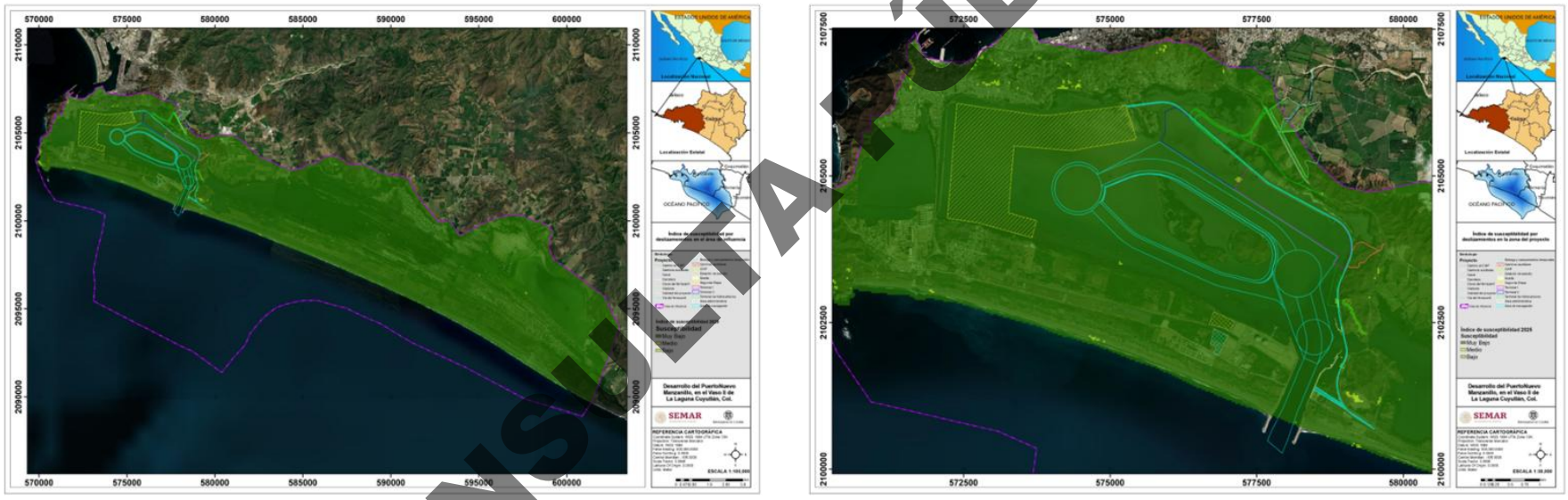


CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 251. Cota máxima de inundación por tsunami

a) Área de influencia

b) Zona del proyecto



Mapa VII. 252. Susceptibilidad por deslizamiento en el área de influencia y en la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

b) Zona del proyecto

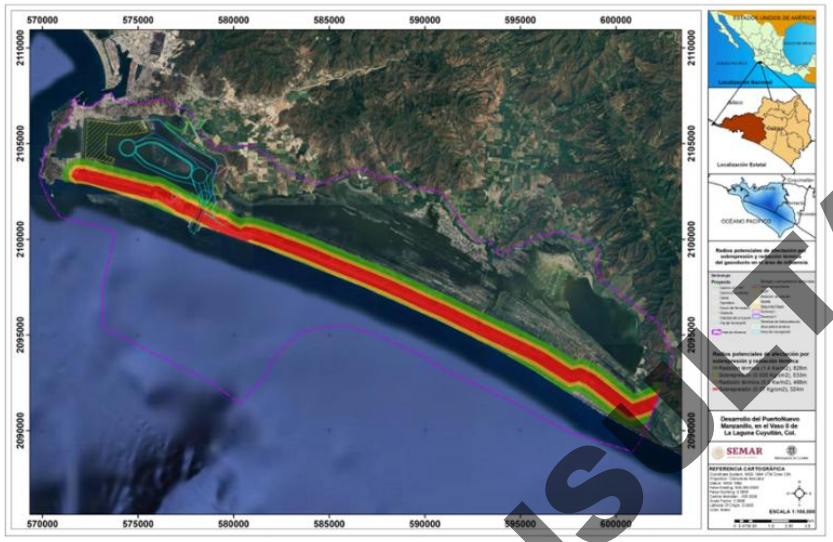




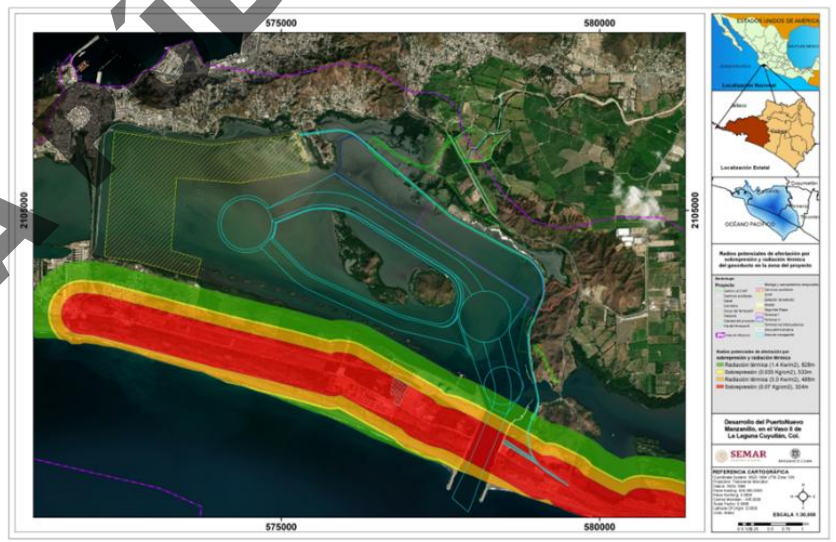
Mapa VII. 253. Radios de riesgo por explosión en ductos en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

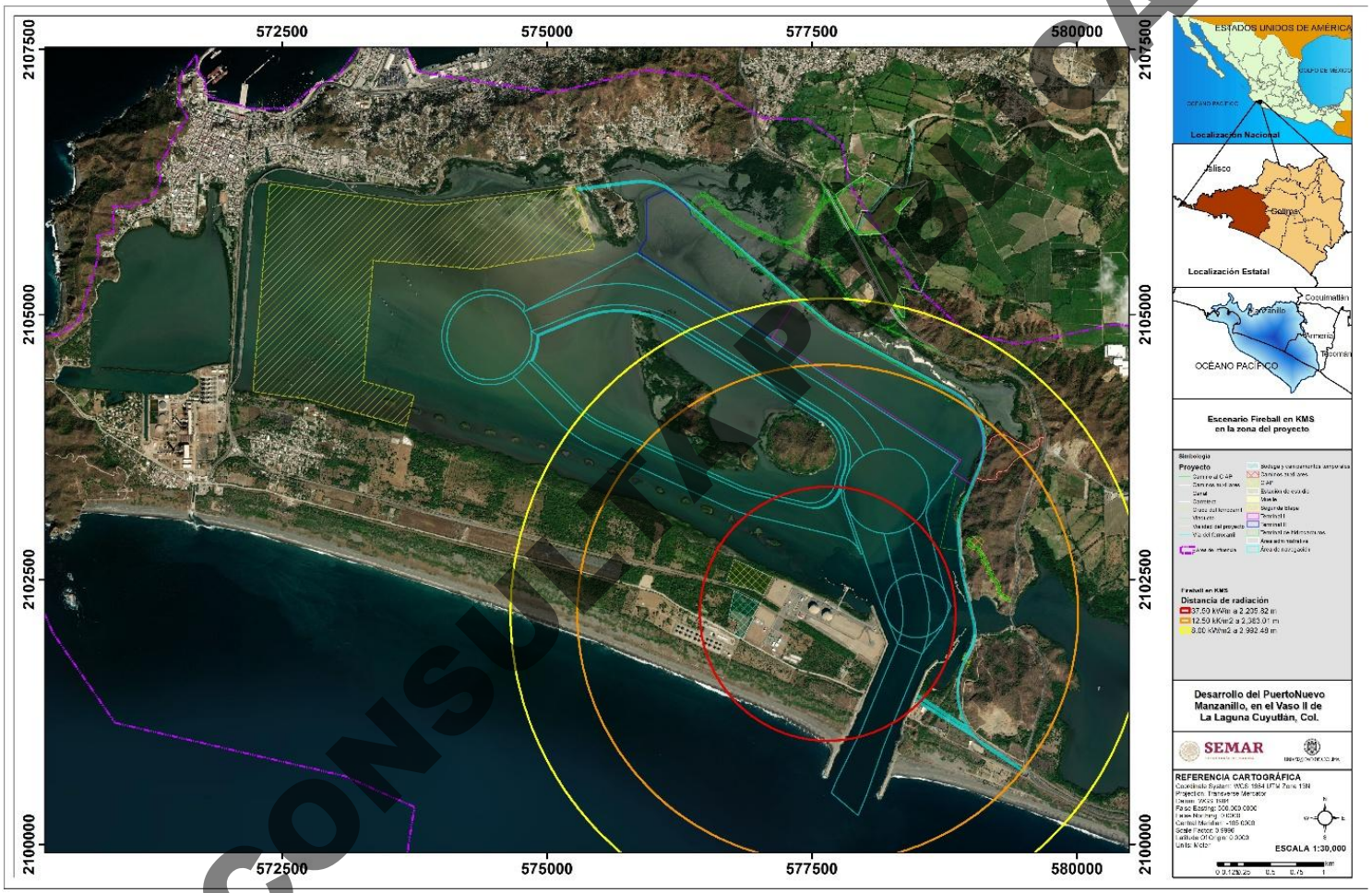


b) Zona del proyecto



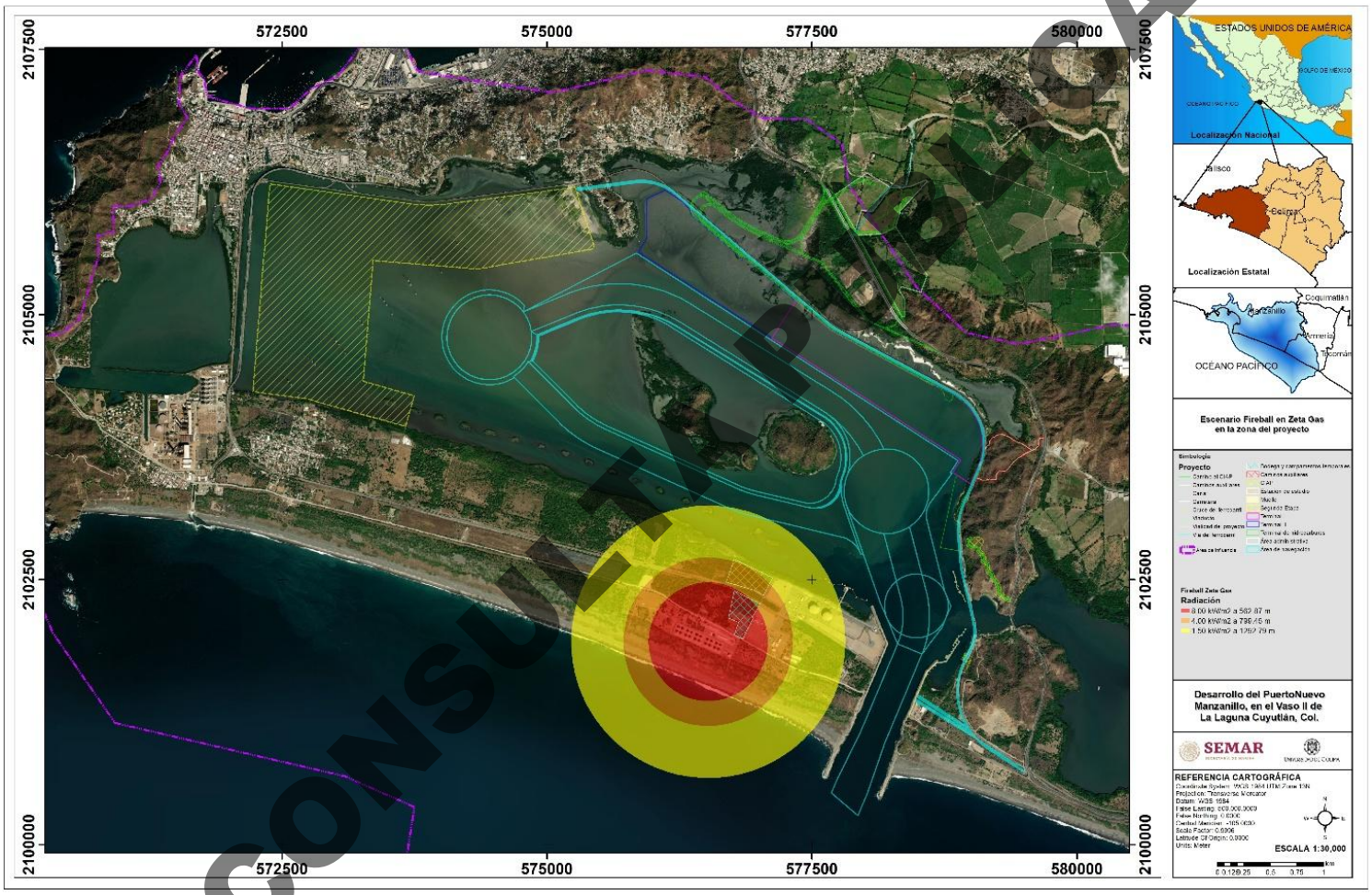
Mapa VII. 254. Radios potenciales de afectación por sobrepresión y radiación térmica del gasoducto en el área de influencia y la zona del proyecto. Fuente APREC, 2015.

CONSULTA PÚBLICA



Mapa VII. 255. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal KMS en la zona del proyecto. Fuente ARM, 2024.

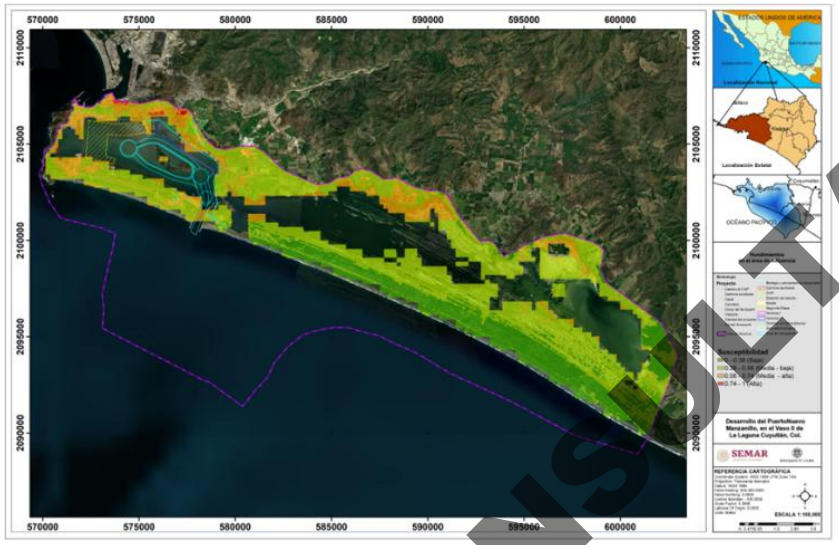
CONSULTA PÚBLICA



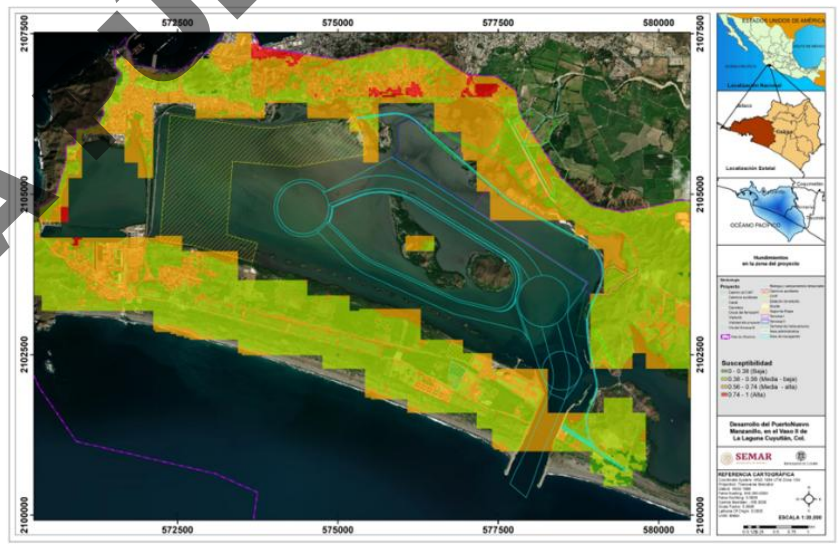
Mapa VII. 256. Radios de afectación por *Fireball* en la terminal Zeta Gas en la zona del proyecto. Fuente ARM, 2024.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

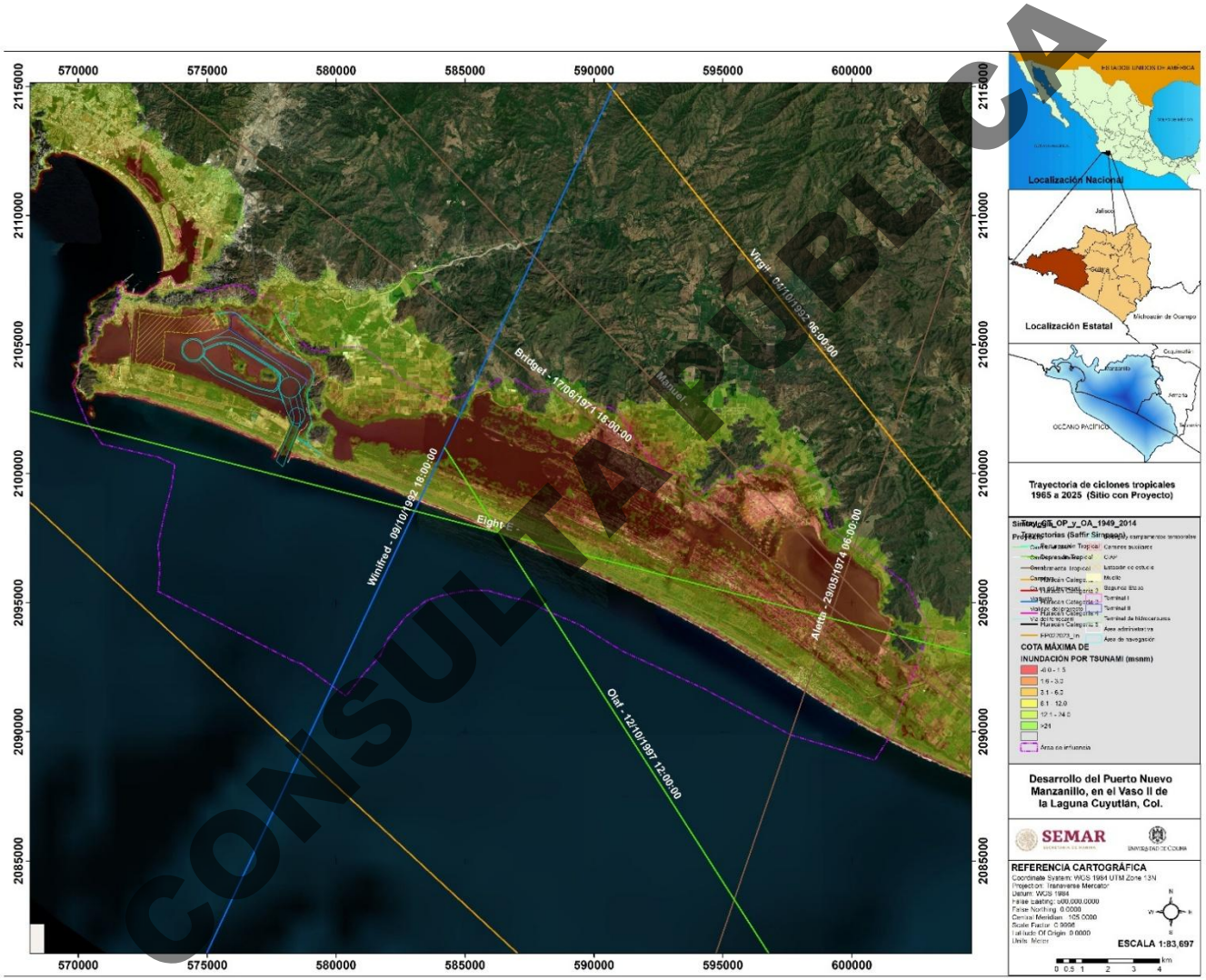


b) Zona del proyecto



Mapa VI. 257. Susceptibilidad por hundimientos periodo 2016 - 2025, en el área de influencia y en la zona del proyecto.

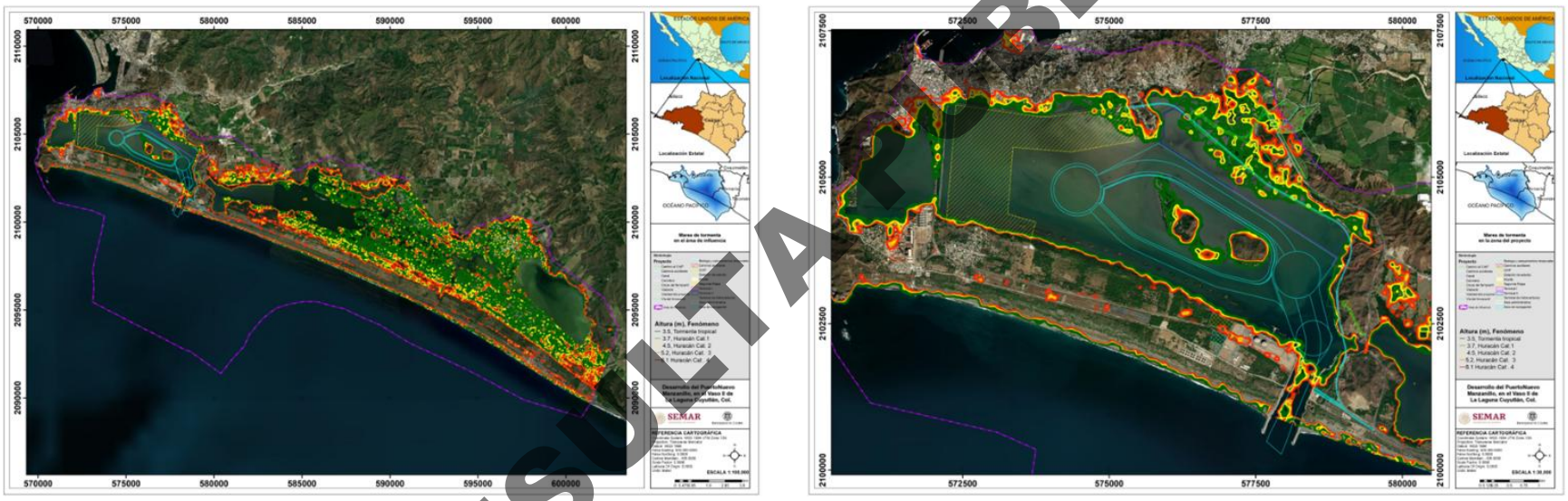
CONSULTA PÚBLICA



Mapa VII. 258. Trayectorias de ciclones tropicales que han afectado o impactado en el Estado de Colima desde 1965 hasta 2025

a) Área de influencia

b) Zona del proyecto



Mapa VII. 259. Inundación por marea de tormenta en el área de influencia y la zona del proyecto. Elaboración propia con datos del ANR (2026).

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Zona del proyecto



Mapa VII. 260**. Anomalía de la temperatura de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.**

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



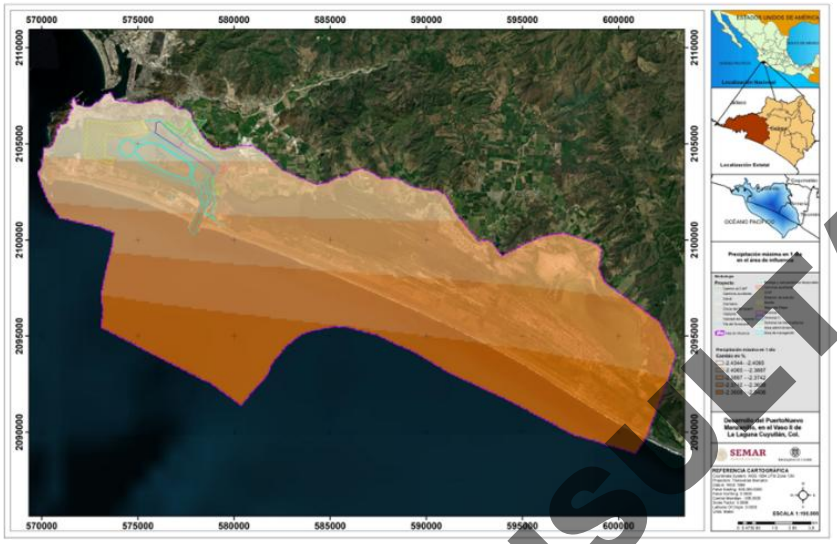
b) Zona del proyecto



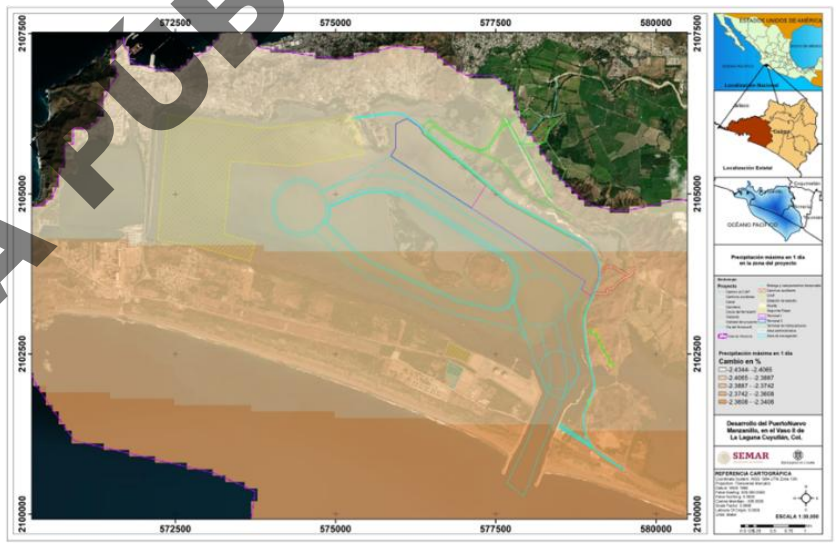
Mapa VII. 261. Anomalía de la precipitación de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



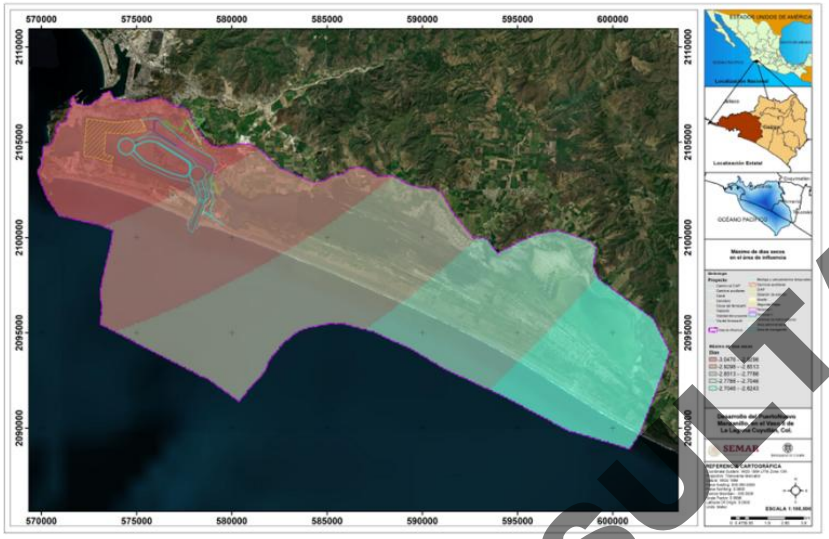
b) Zona del proyecto



Mapa VII. 262. Anomalía de la precipitación máxima en un día de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Zona del proyecto



Mapa VII. 263. Anomalía del máximo de días consecutivos secos de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Zona del proyecto



Mapa VII. 264. Anomalía por vientos fuertes de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



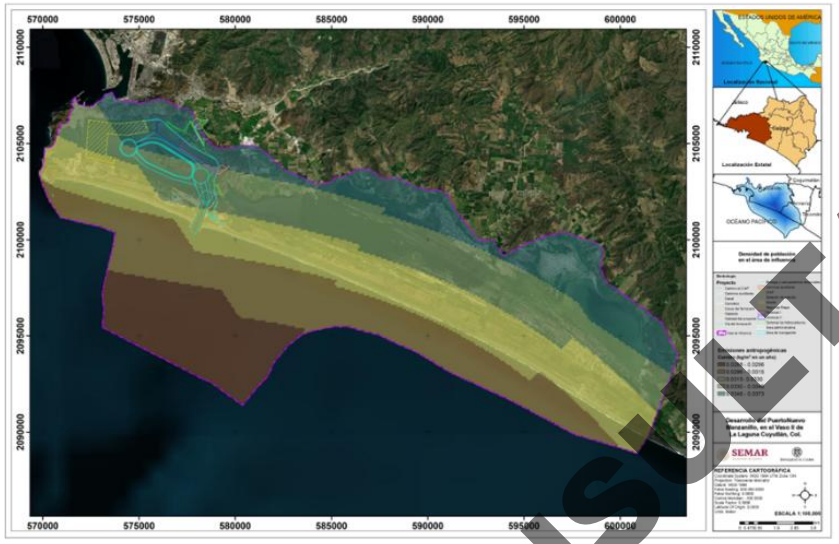
b) Zona del proyecto



Mapa VII. 265. Aumento del nivel del mar de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Zona del proyecto



Mapa VII. 266. Anomalía por emisiones antropogénicas de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia



b) Zona del proyecto



Mapa VII. 267. Anomalía ozono superficial de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA

a) Área de influencia

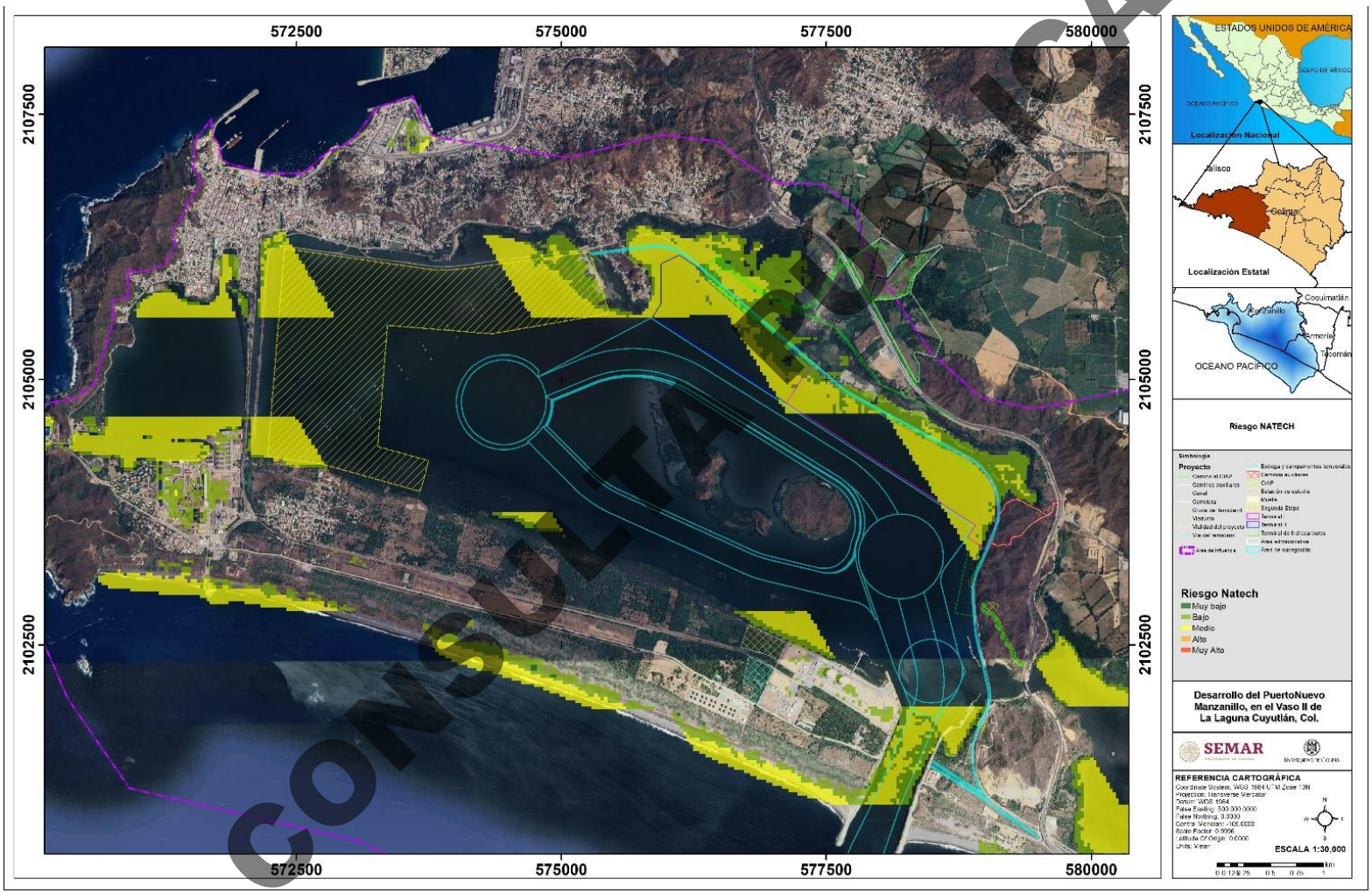


b) Zona del proyecto



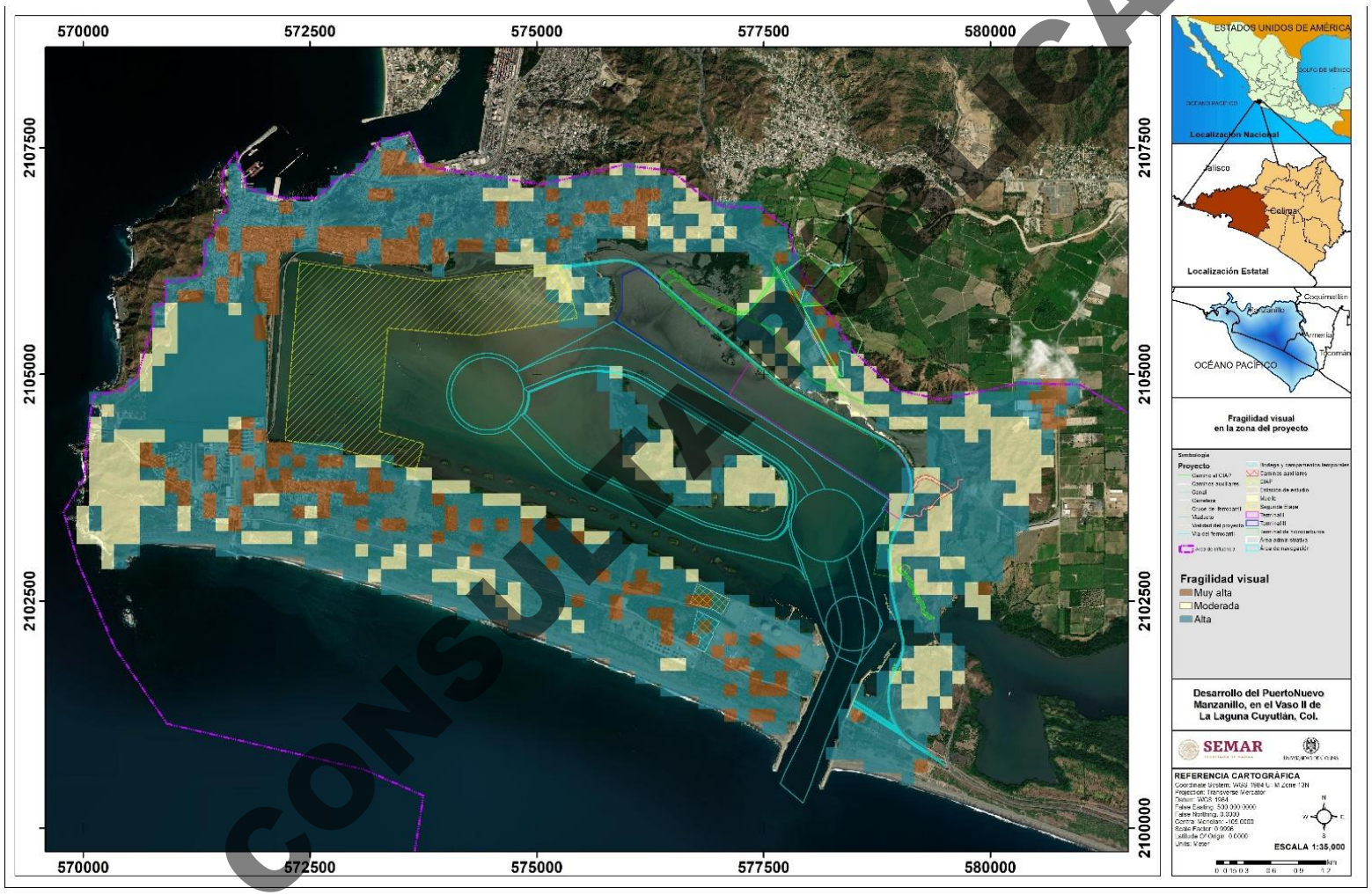
Mapa VII. 268. Cambio de densidad de población de la proyección del escenario de cambio climático con respecto al clima histórico 1995-2014 en el área de influencia y la zona del proyecto.

CONSULTA PÚBLICA



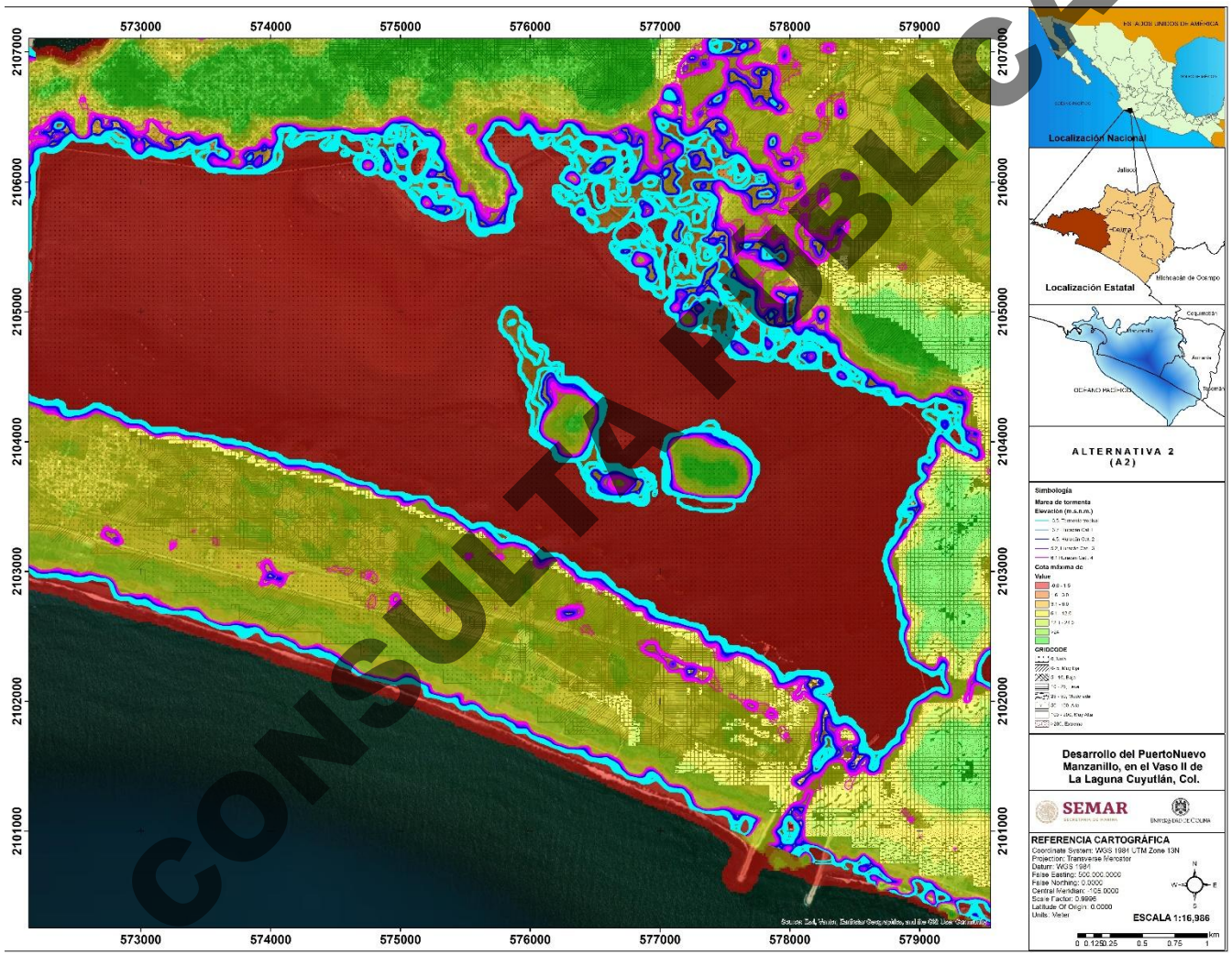
Mapa VII. 269.. Riesgo NATECH en el área de influencia.

CONSULTA PÚBLICA



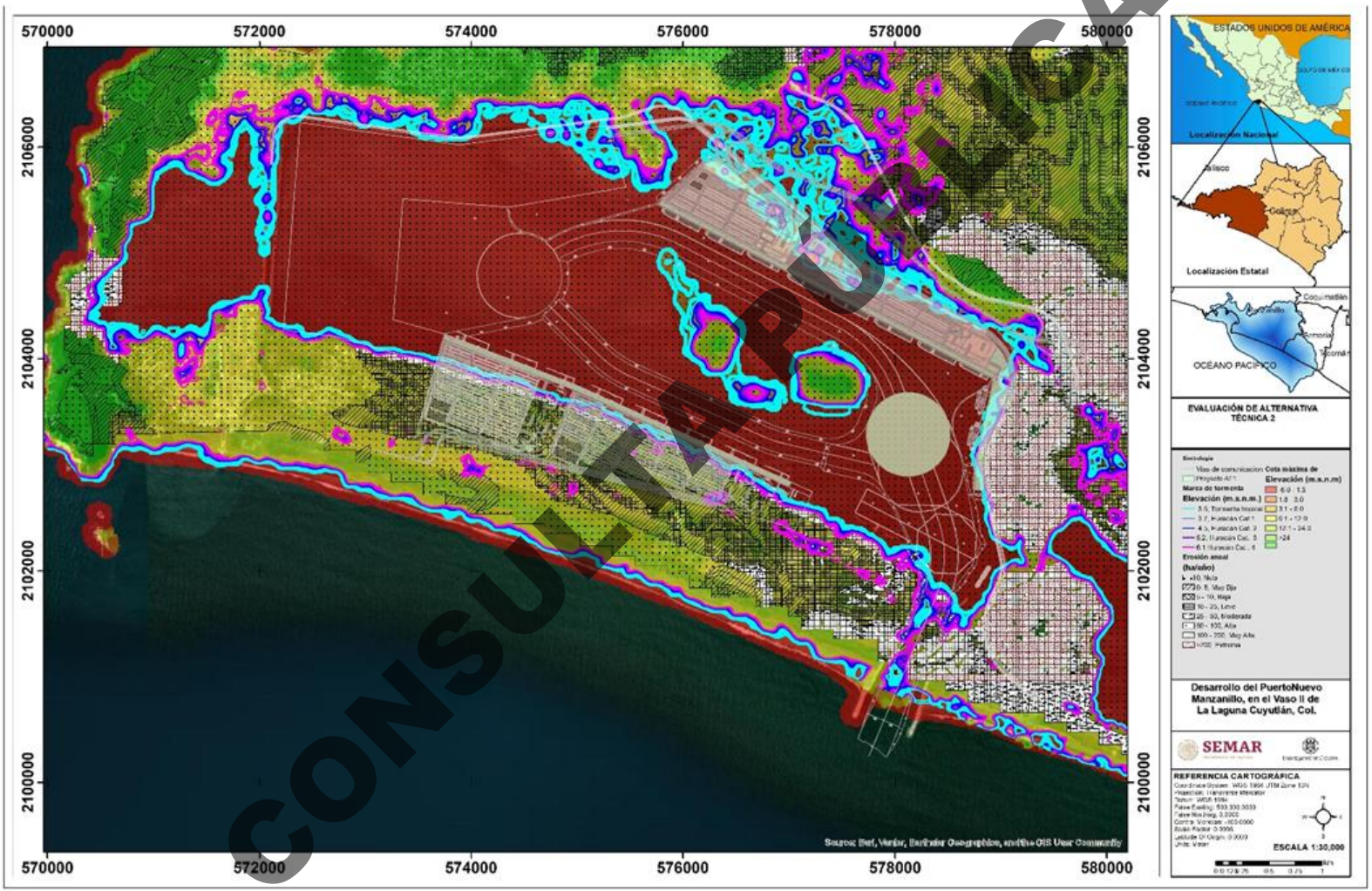
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 270. Fragilidad visual en la zona del proyecto.



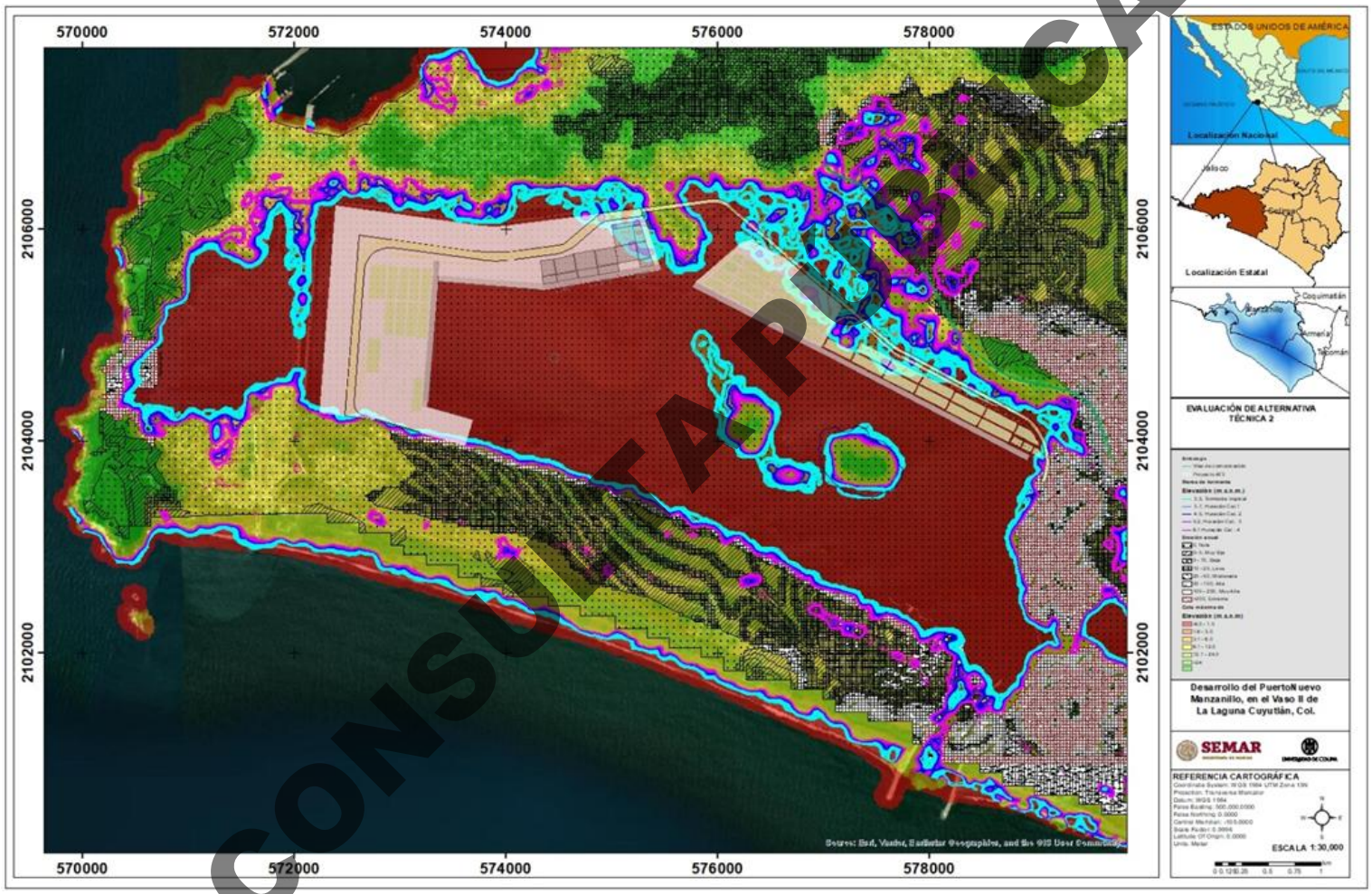
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 271. Alternativa cero (A_0).



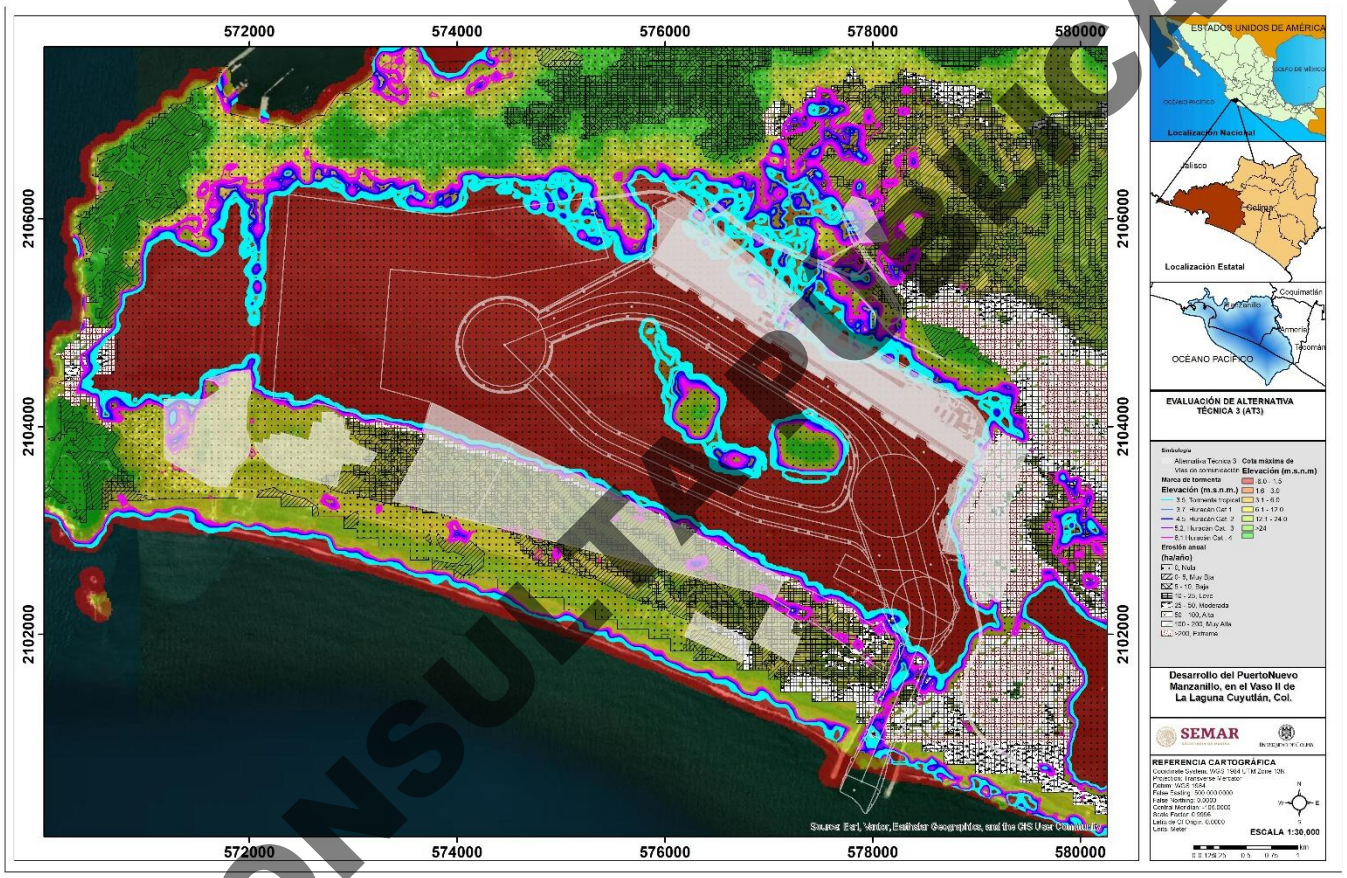
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 272. Alternativa técnica 1 (AT1).



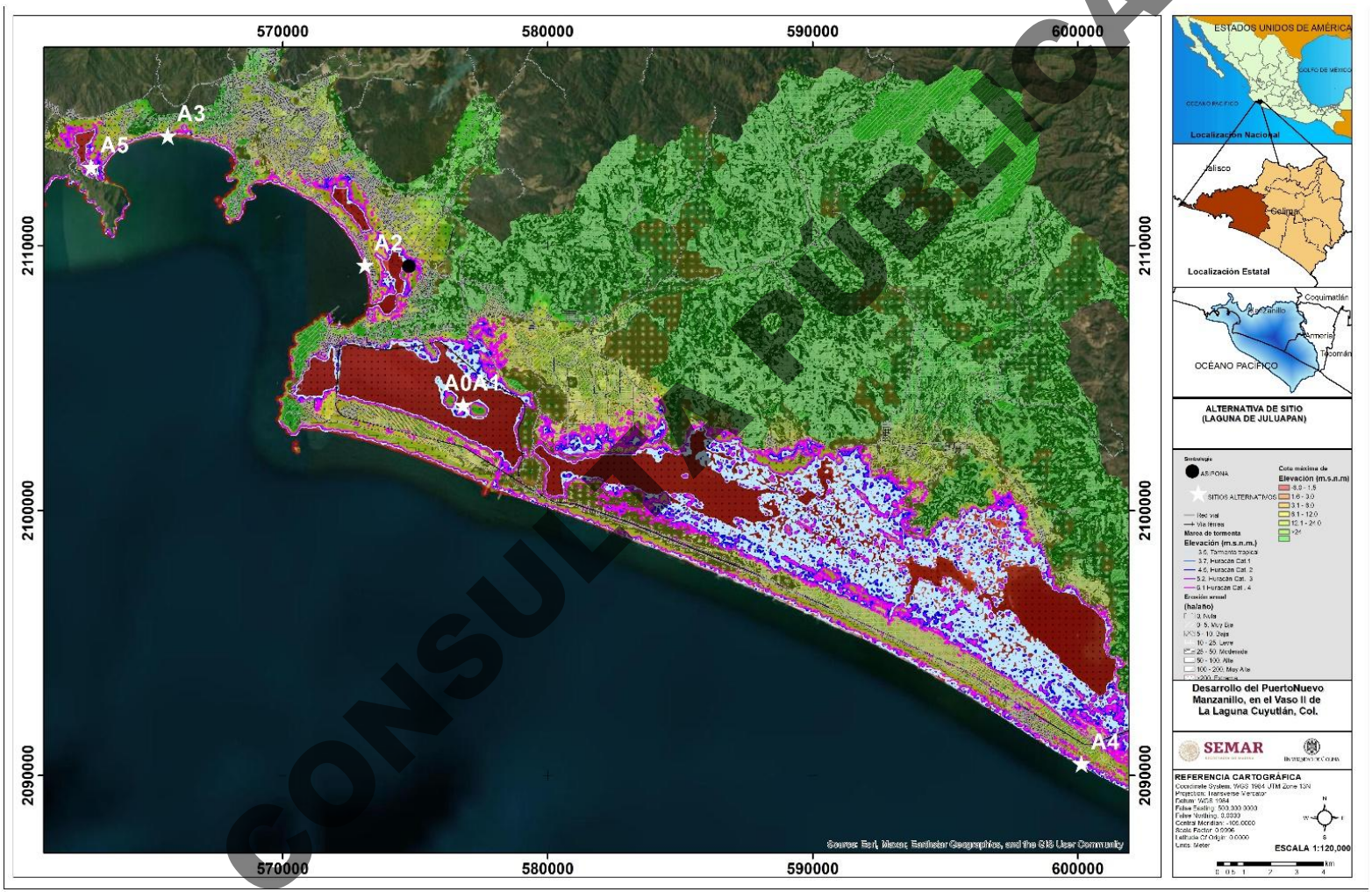
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 273. Alternativa 2 (A_2).

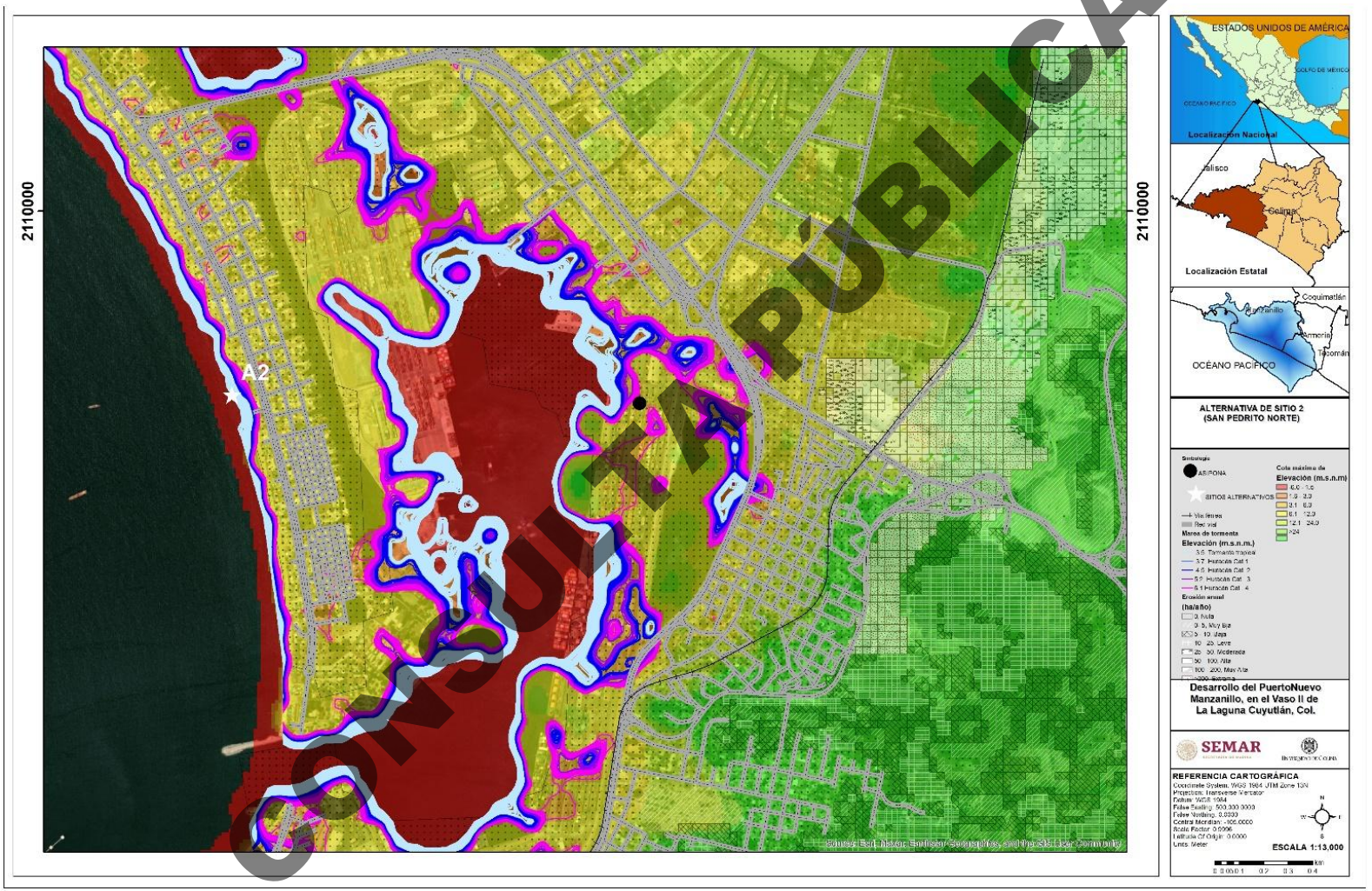


Mapa VII. 274. Alternativa 3 (A_{T3}).

CONSULTA PÚBLICA

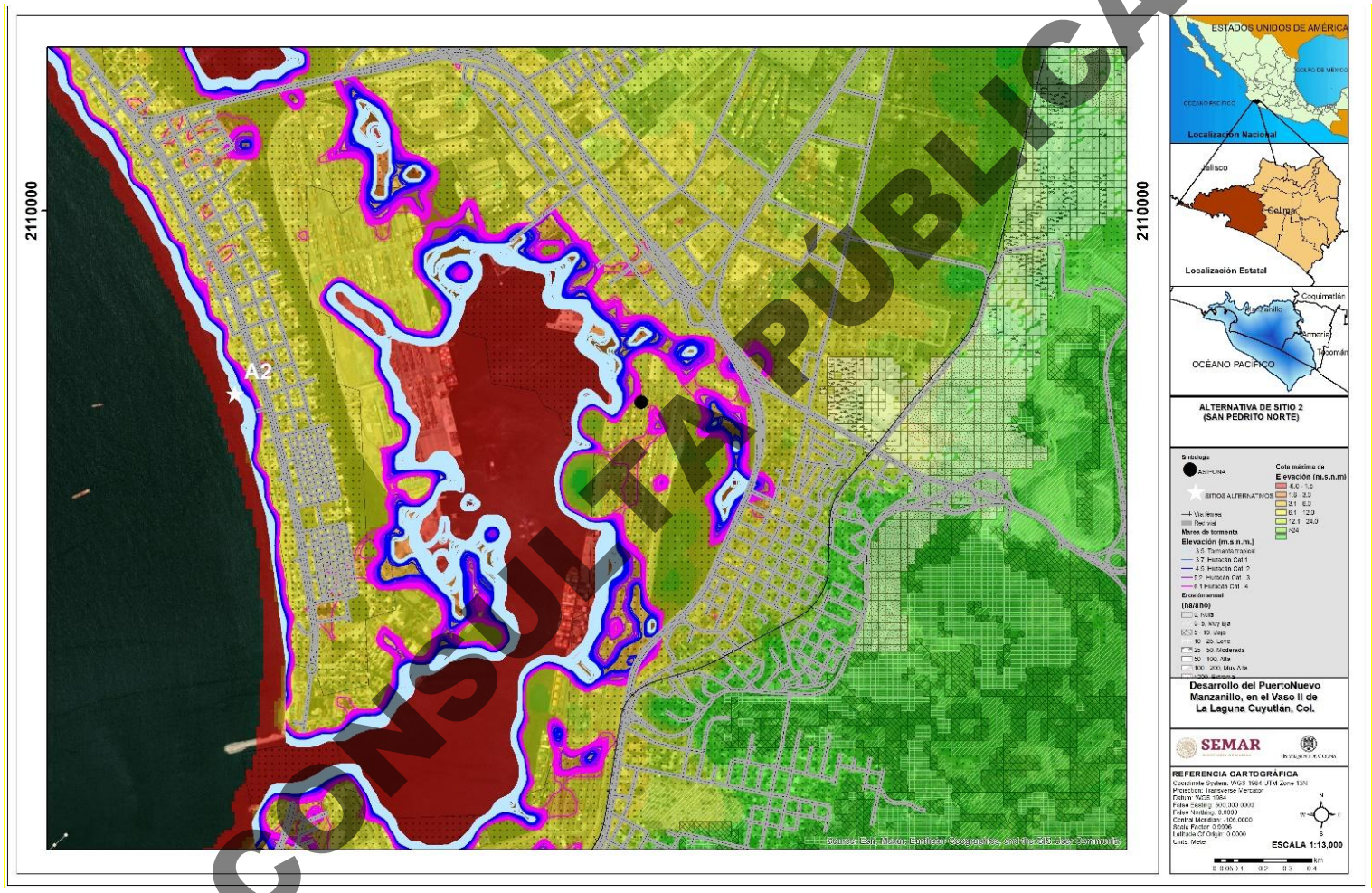


Mapa VII. 275. Alternativas de sitio.



CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 276. Alternativa 1 (A_1).



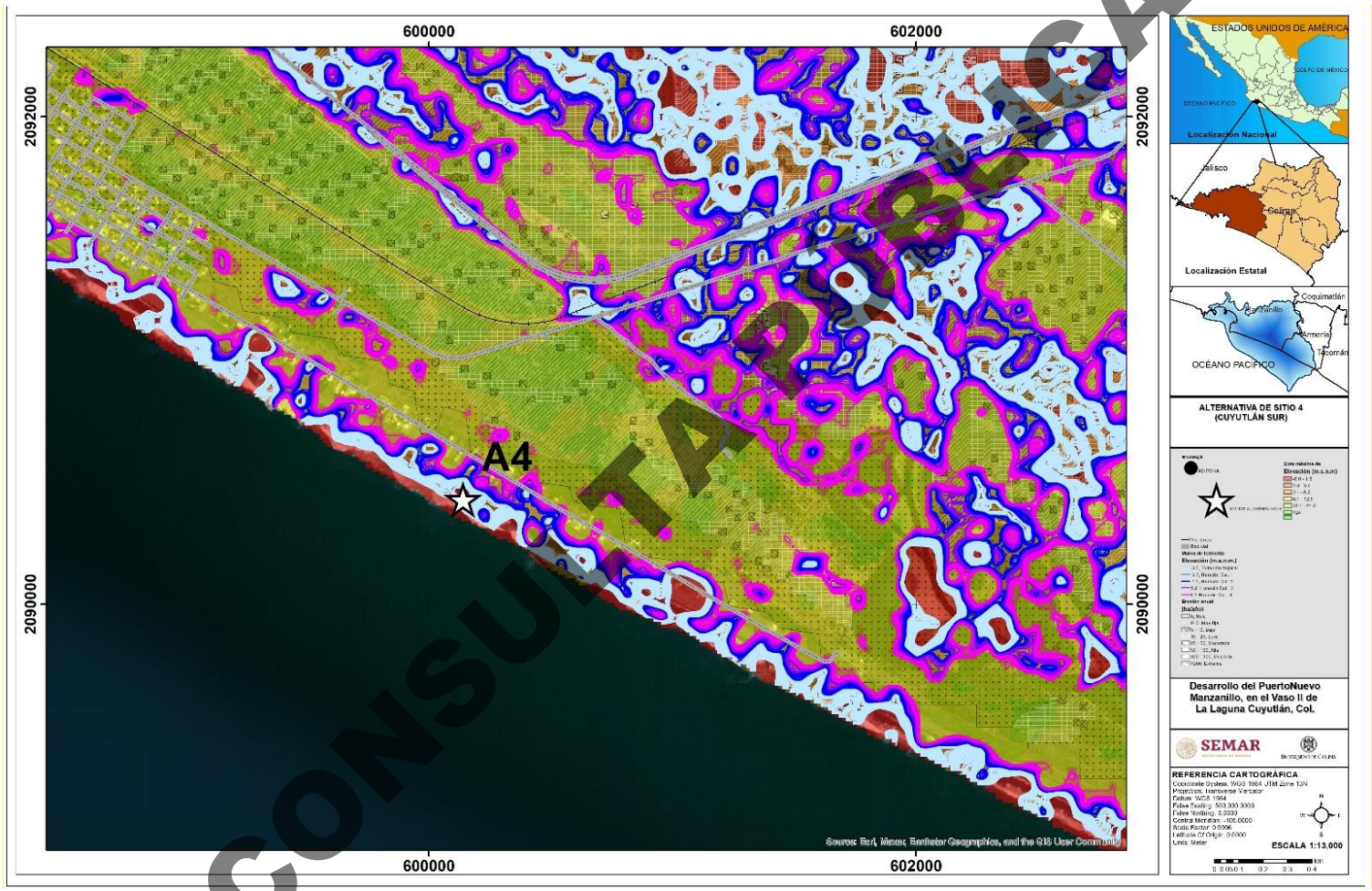
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 277. Alternativa 2 (A_2).



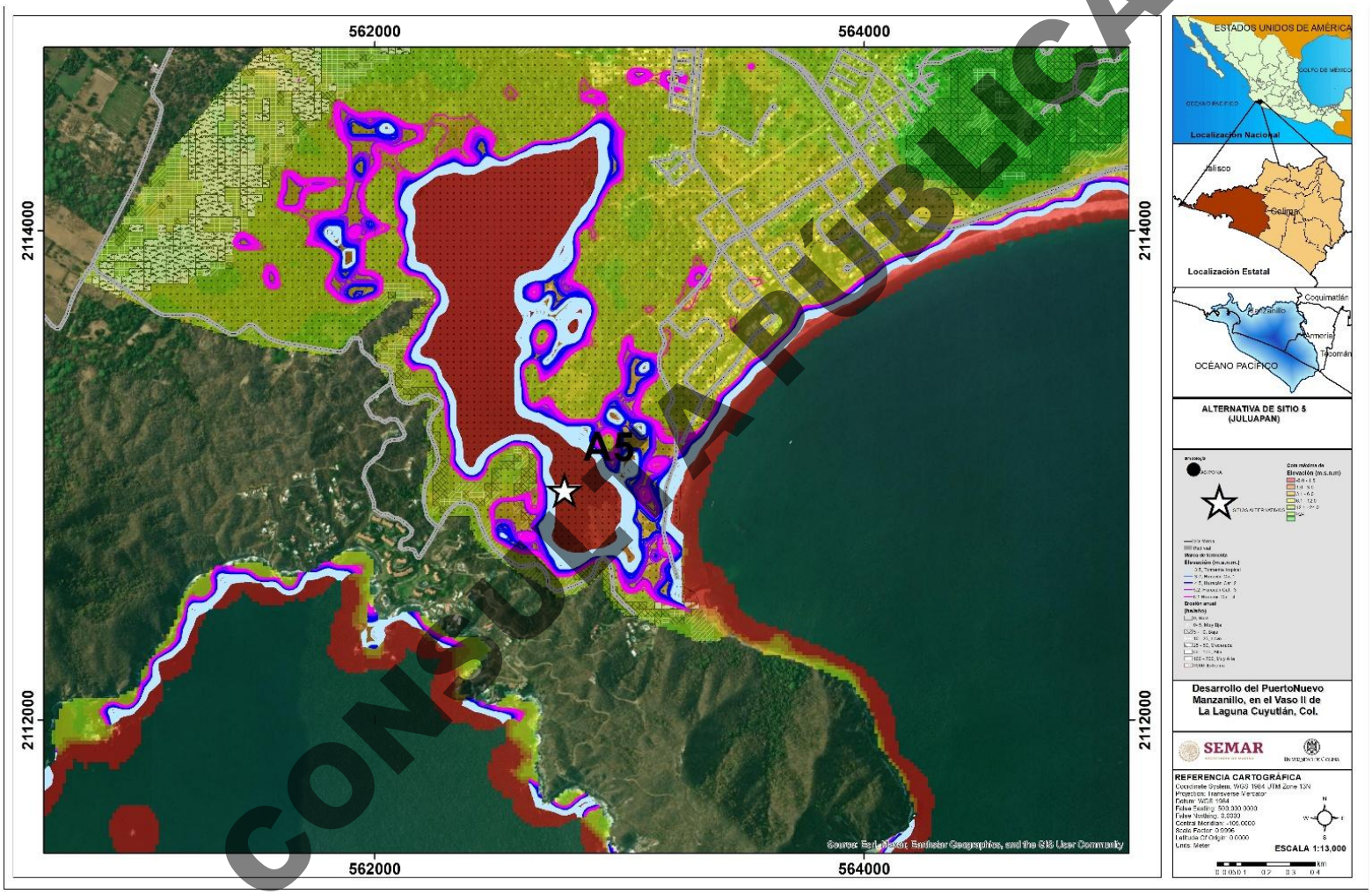
CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 278. Alternativa 3 (A_3).



CONSULTA PÚBLICA

Mapa VII. 279. Alternativa 4 (A_4).



Mapa VUI. 280. Alternativa 5 (A_5).

ANEXO II

MAPAS DE HIDRODINAMICA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO).

CONSULTA PÚBLICA

Contenido

1. TIEMPOS DE RESIDENCIA 1

1.1. Sin Proyecto 1

1.1.1. Secas 1

1.1.2. Lluvias 3

1.2. Con Proyecto Fase I 5

1.2.1. Secas (con proyecto F-I) 5

1.2.2. Lluvias (con proyecto F-I) 7

1.3. Con Proyecto Fase II 9

1.3.1. Secas (con proyecto F-II) 9

1.3.2. Lluvias (con proyecto F-II) 11

CONSULTA PÚBLICA

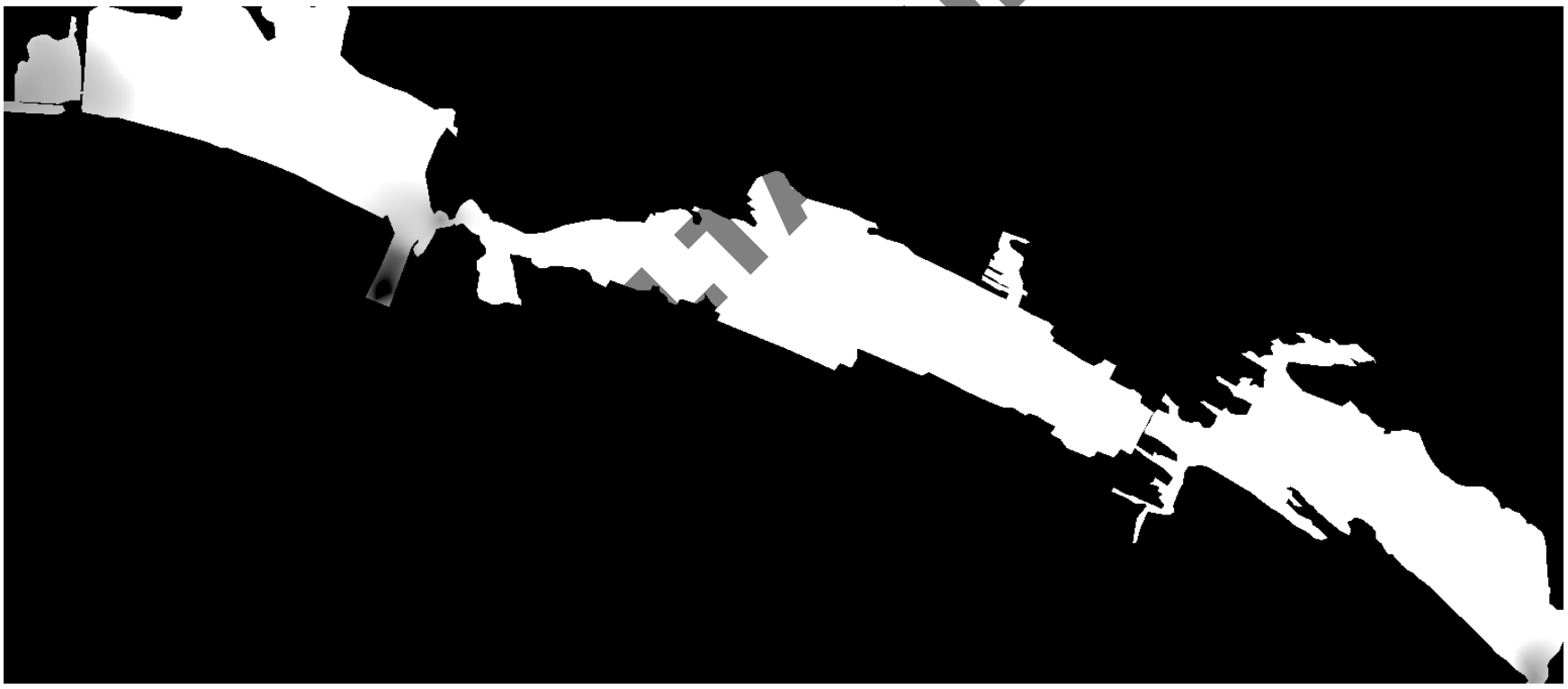
PÚBLICA

1. TIEMPOS DE RESIDENCIA

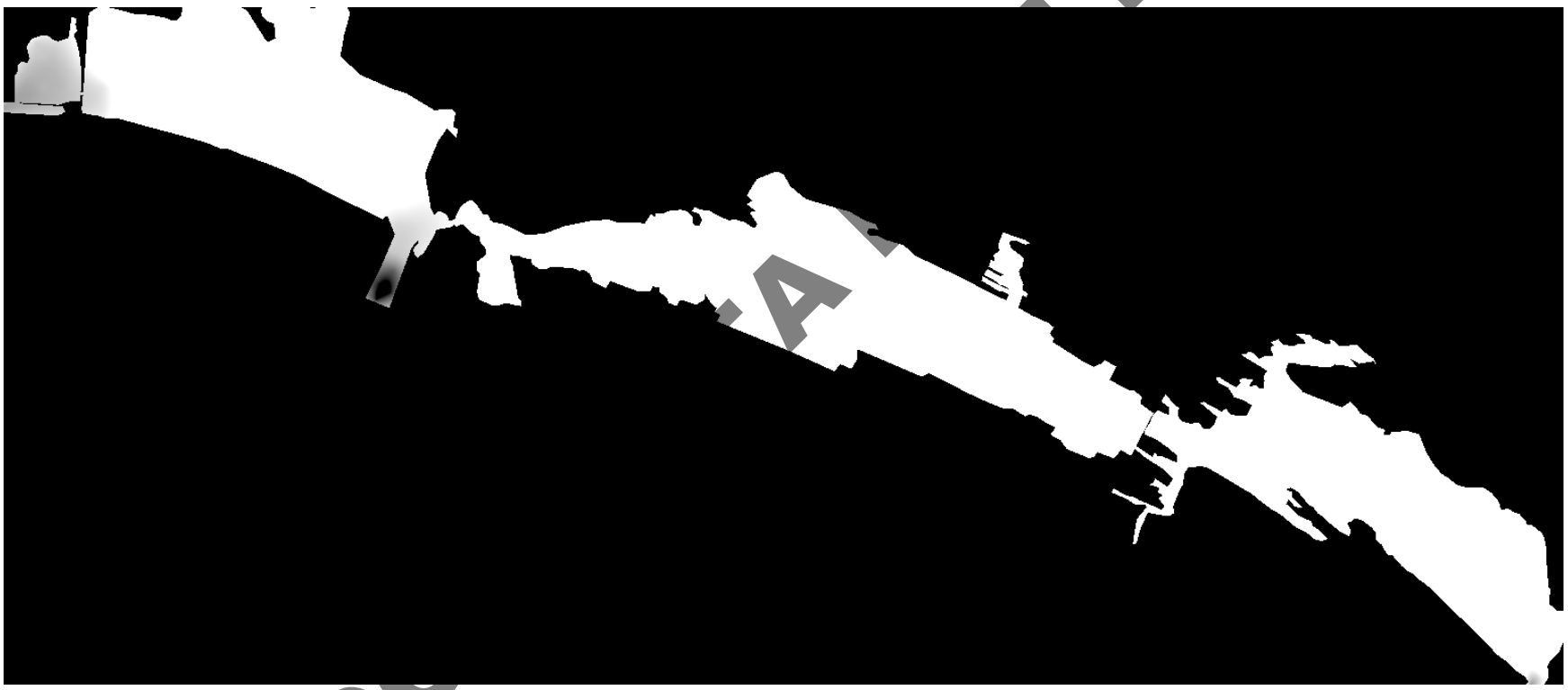
1.1. Sin Proyecto

1.1.1. Secas

1.1.1.1. (primer arribo)

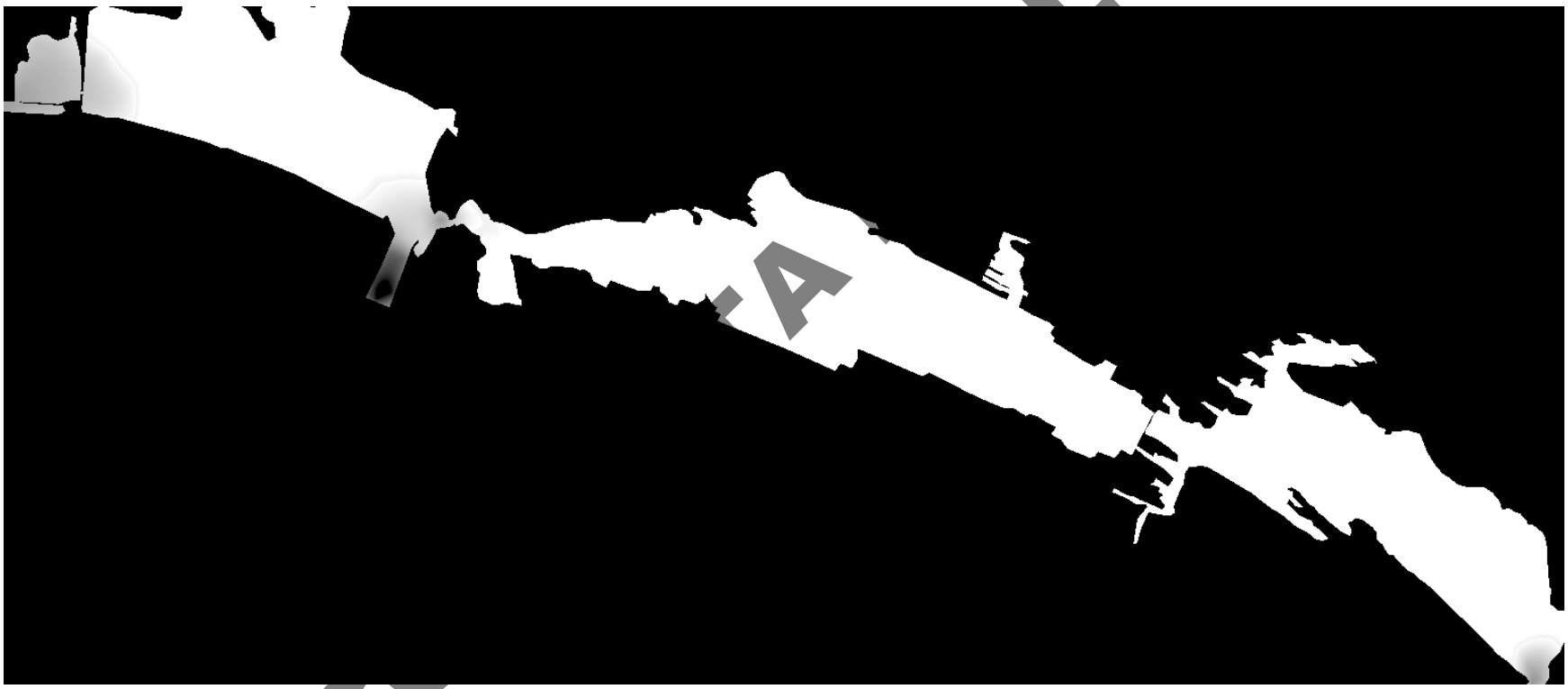


1.1.1.2. (Mezcla)



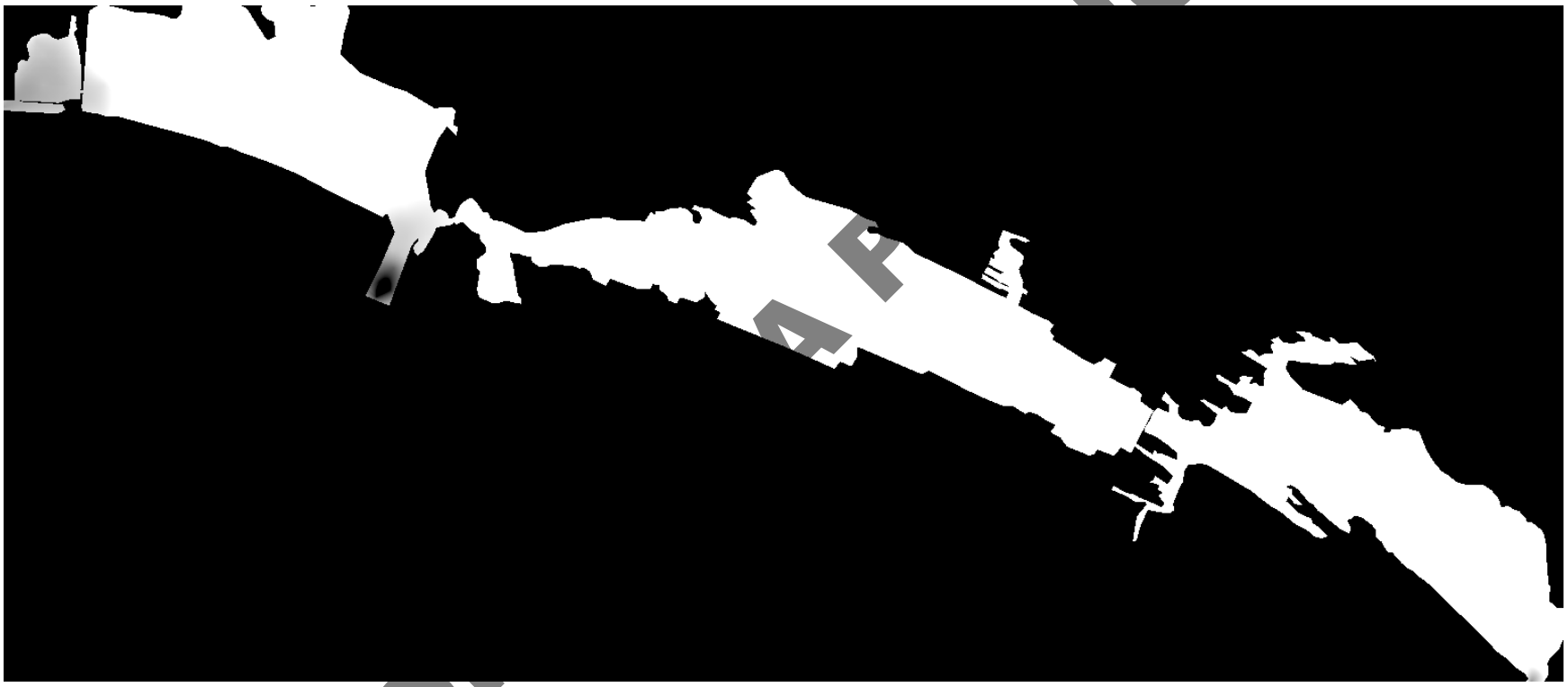
1.1.2. Lluvias

1.1.2.1. (arribo)



COPIA PÚBLICA

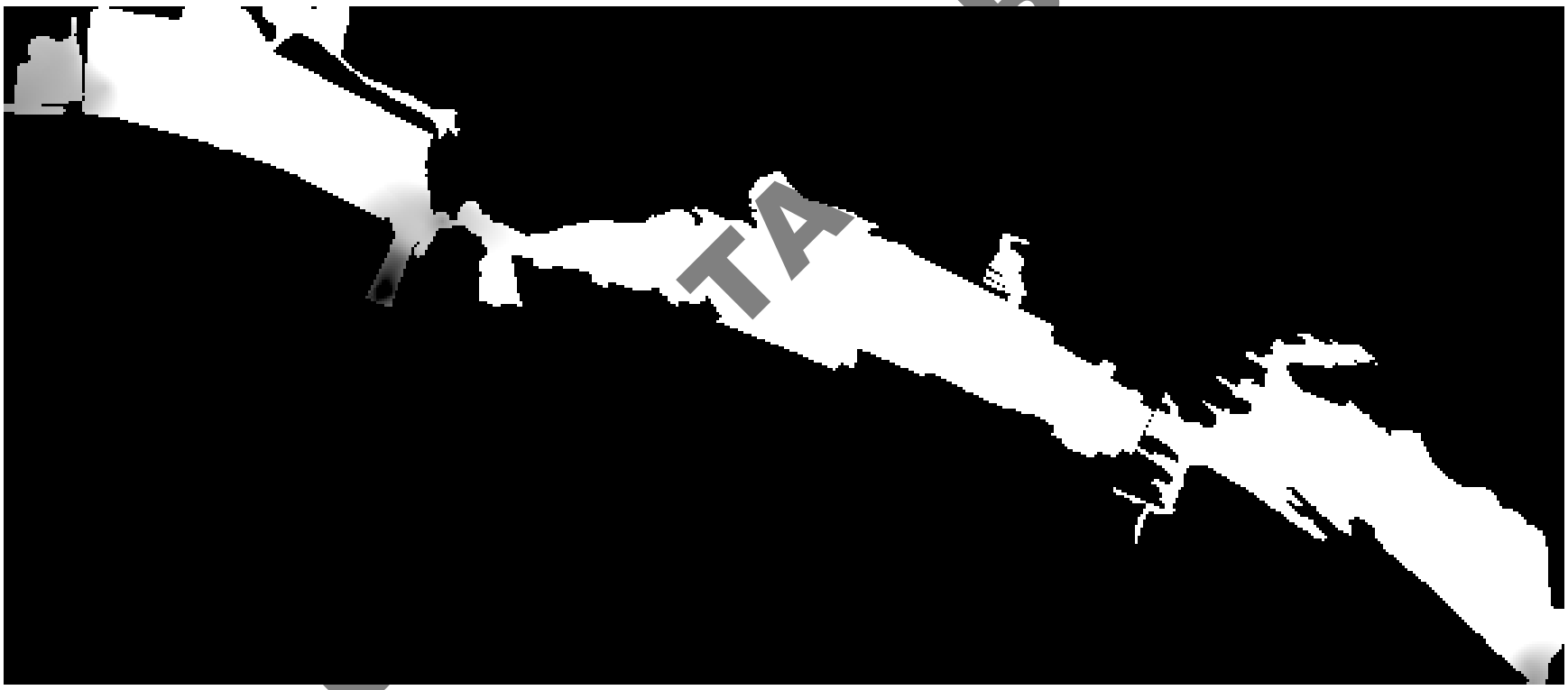
1.1.2.2. (mezcla)



1.2. Con Proyecto Fase I

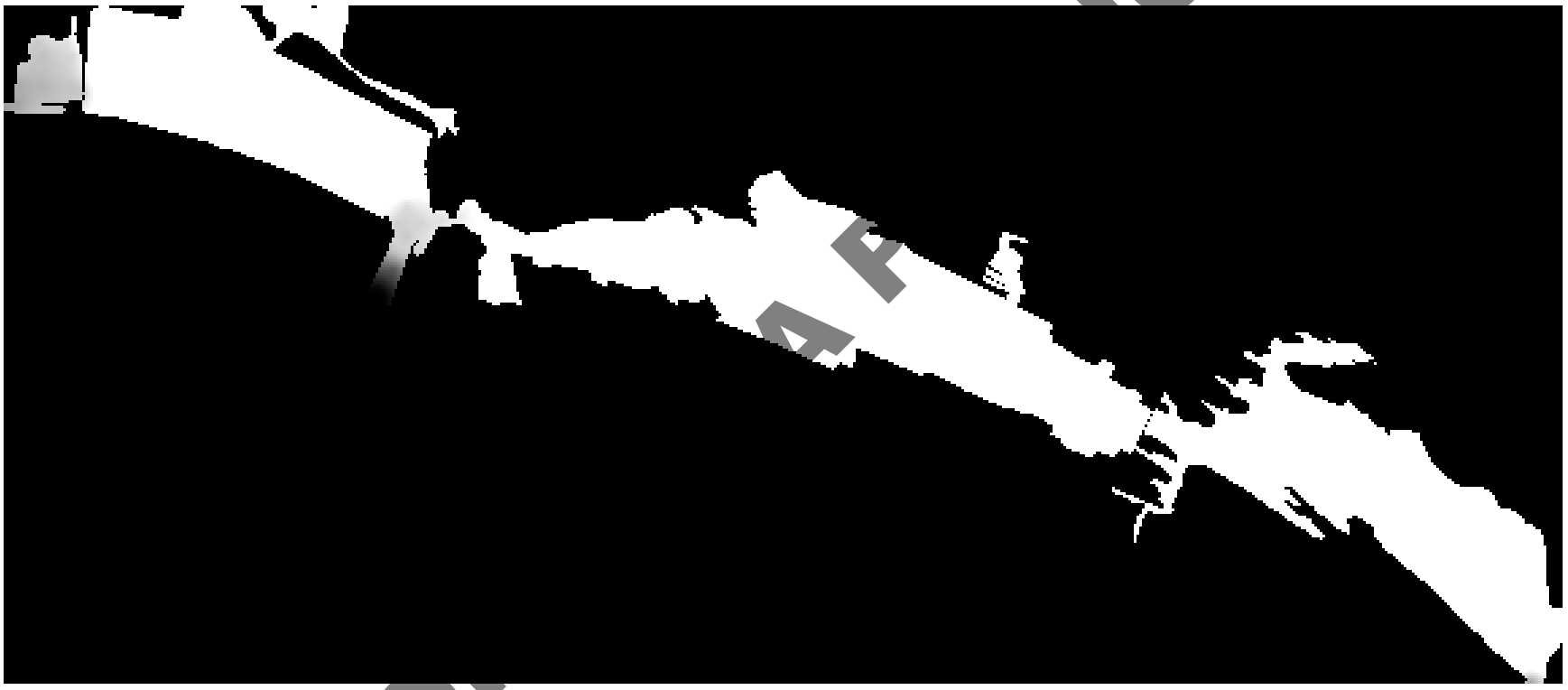
1.2.1. Secas (con proyecto F-I)

1.2.1.1. (arribo)



TA BLICA

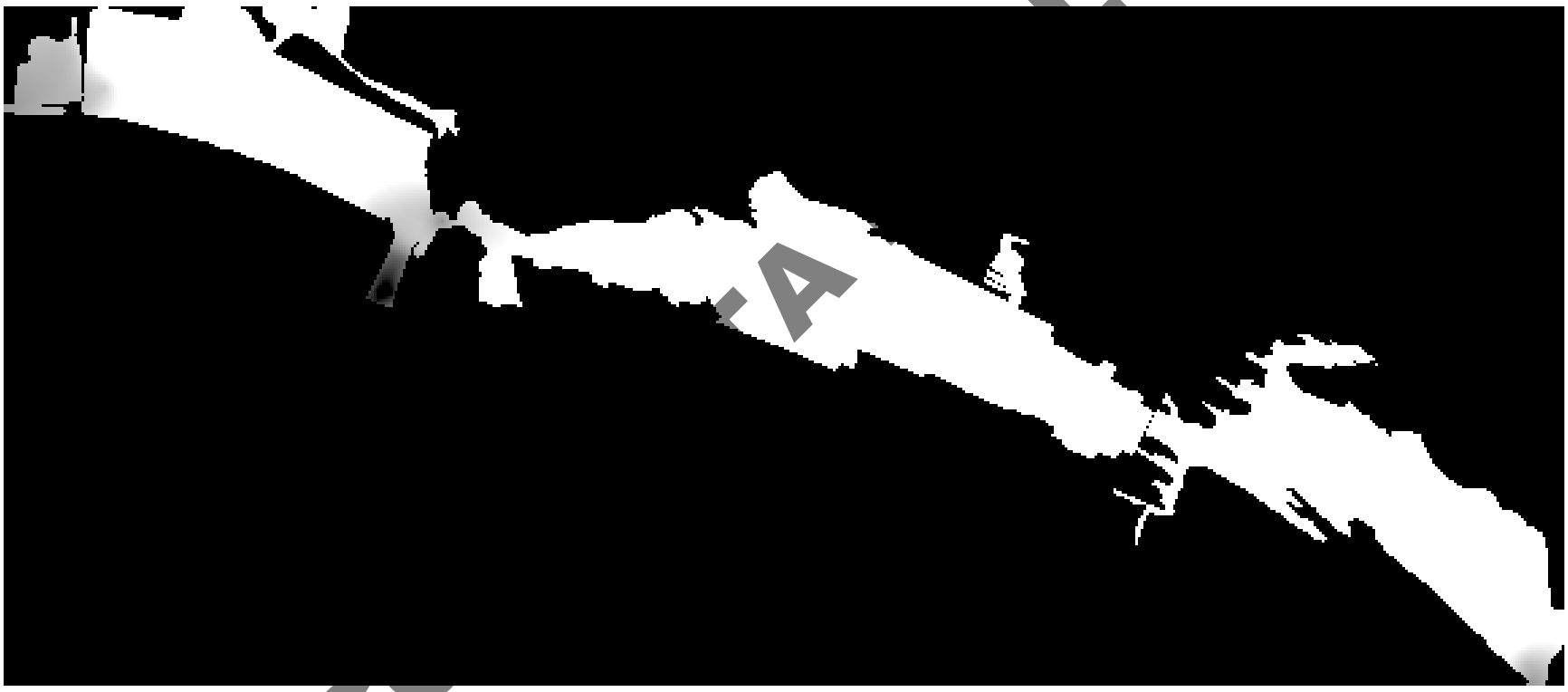
1.2.1.2. (mezcla)



COPIA FÍSICA

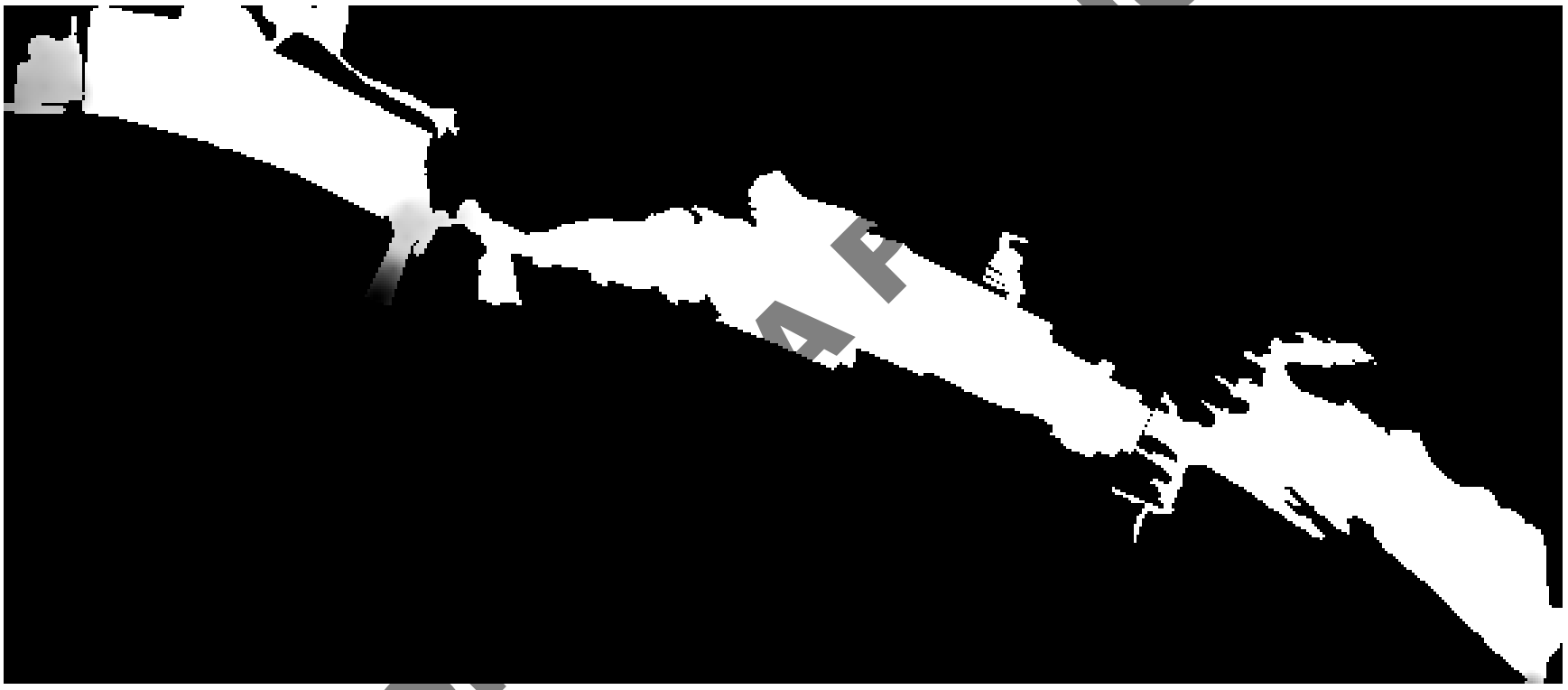
1.2.2. Lluvias (con proyecto F-I)

1.2.2.1. (arribo)



COPIA PÚBLICA

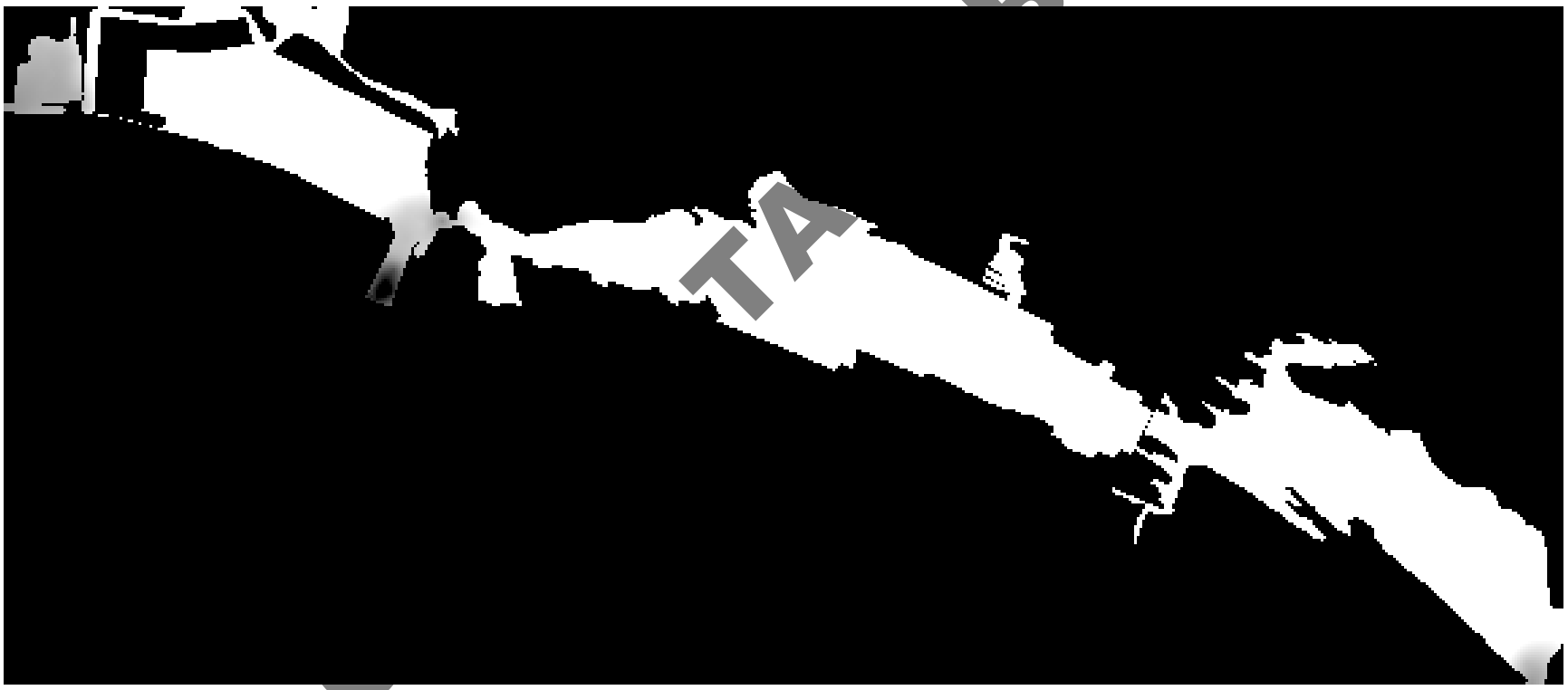
1.2.2.2. (mezcla)



1.3. Con Proyecto Fase II

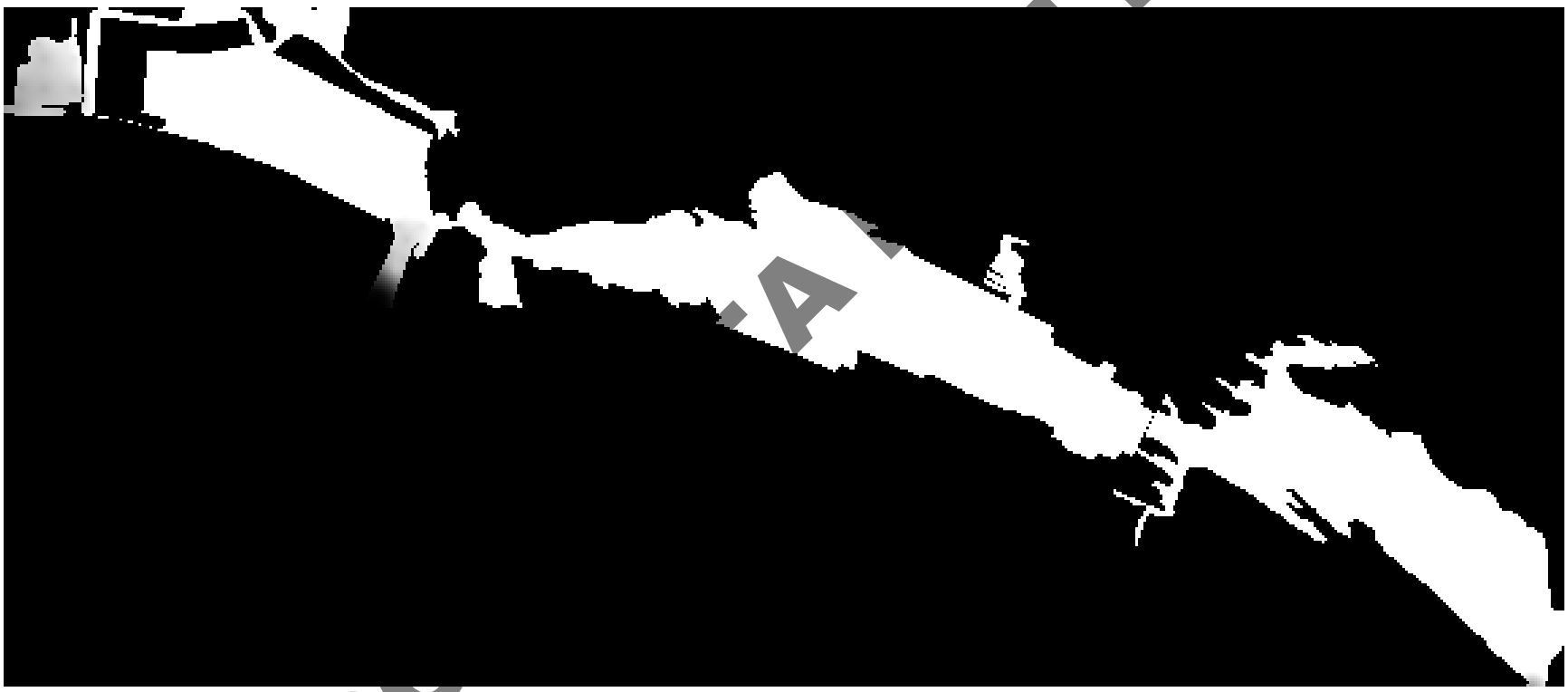
1.3.1. Secas (con proyecto F-II)

1.3.1.1. (arribo)



TA BLICA

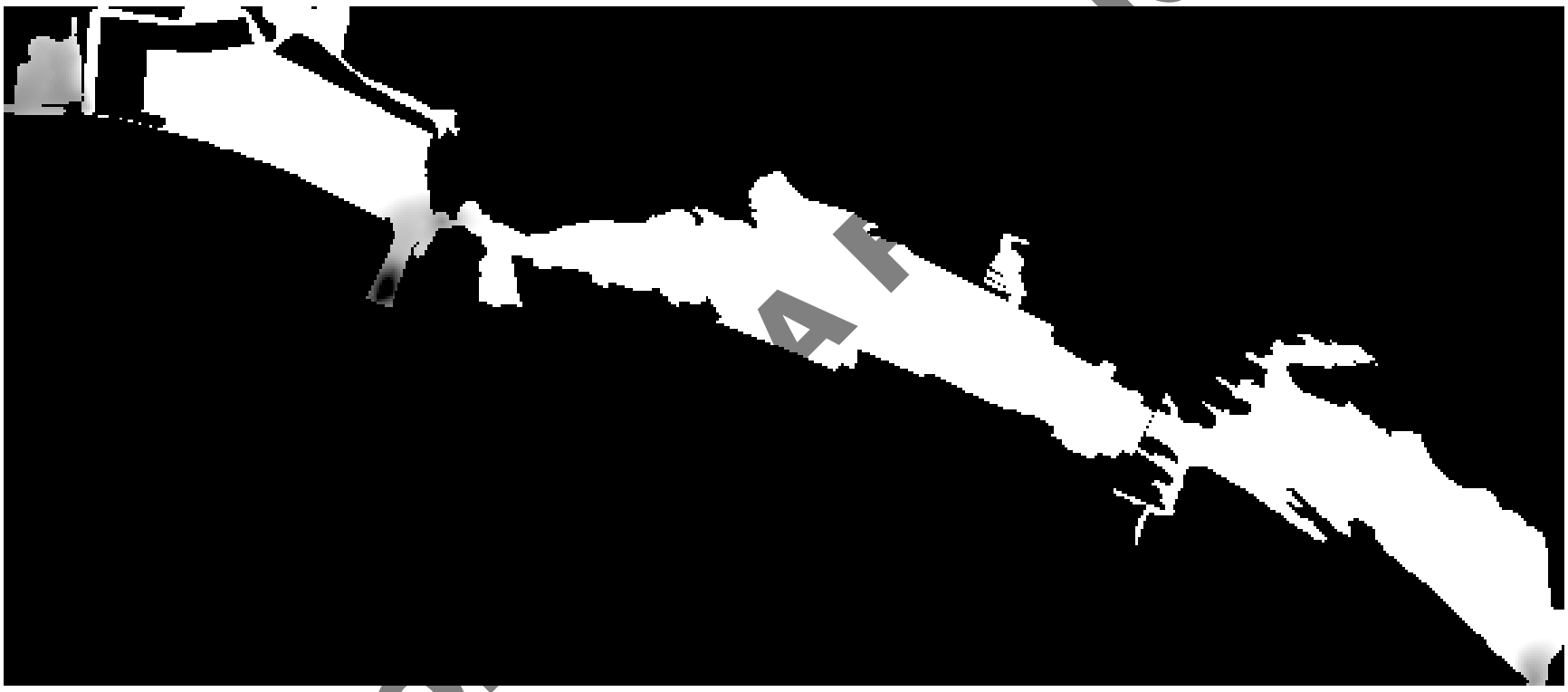
1.3.1.2. (mezcla)



COPIA PÚBLICA

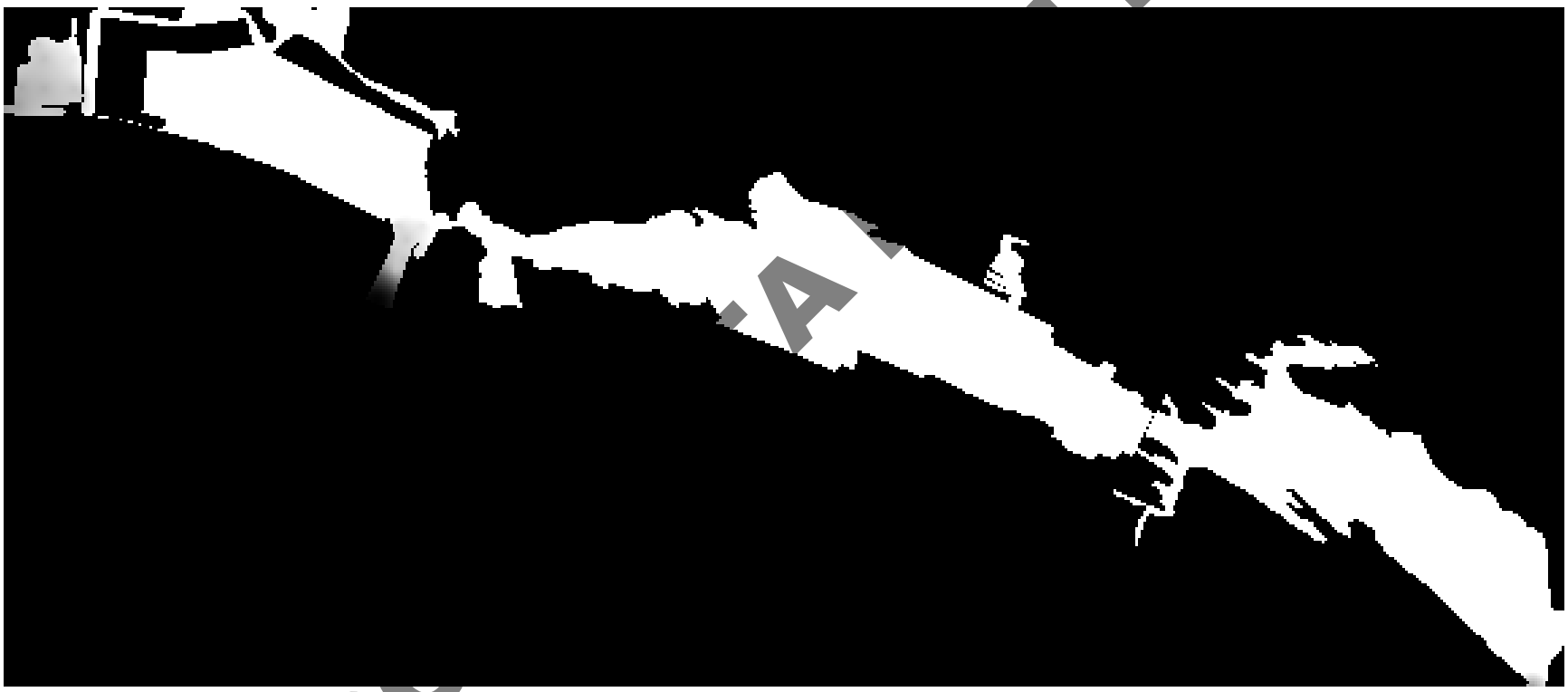
1.3.2. Lluvias (con proyecto F-II)

1.3.2.1. (arribo)



COPIA FÍSICA

1.3.2.2. (mezcla)



COPIA PÚBLICA

ANEXO III

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

Contenido

1. FLORA TERRESTRE....3
2. FAUNA TERRESTRE....16
3. PECES....21
4. PLANCTON....22
5. BENTOS....24
6. FISICOQUIMICOS DE CALIDAD DE AGUA....26
7. SEDIMENTOS....28
8. MAMIFEROS MARINOS....29
9. SOCIOECONOMICO....30

CONSULTA PÚBLICA

1. FLORA TERRESTRE

SITIOS DE MUESTREO



Sitios de muestreo área del proyecto
Selva baja caducifolia - Punta grande



Sitios de muestreo área del proyecto
Selva baja caducifolia - Punta grande

CONSULTA PÚBLICA



Sitios de muestreo área del proyecto
Selva baja caducifolia - parte sureste del proyecto junto a la vía del ferrocarril



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar - Parte Norte Vaso II

CONSULTA



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar - Parte Norte Vaso II



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar - Parte Norte Vaso II

CONSULTA PÚBLICA



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar - Parte Norte Vaso II

CONSULTA PÚBLICA



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar (islote por afectar) - Parte Sur Vaso II



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar - Parte Norte Vaso II. *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en desarrollo

CONSULTA PÚBLICA



Sitios de muestreo área del proyecto
Manglar - Parte Norte Vaso II



Estero Palo verde
Toma de datos en *Rizophora mangle* colindando en con el canal

VISTAS DE LA VEGETACIÓN DE LA LAGUNA

CONSULTA PÚBLICA



Area de Manglar en crecimiento, se observa *Avicennia germinans*
Zona de menor inundación - Vaso II -parte Norte



Area de Manglar en crecimiento
Zona de menor inundación - Vaso II -junto autopista

CONSULTA PÚBLICA



Area de Manglar en el Vaso III
Zona cercana al Puente Tepalcates



Vaso IV laguna de Cuyutlán
Áreas secas con fragmentos de selva baja caducifolia
Y presencia de *Batis maritima*

CONSULTA PÚBLICA



Estero Palo verde



Estero Palo verde
En su parte mas cercana al mar en el poblado de Paraíso

COPIA PUBLICA



Vaso II laguna de Cuyutlán
Islas cocodrilo, con presencia de mangle en la ribera de la isla
Y SBC en las áreas no inundables



Vista de las islas cocodrilo - Vaso II

CONSULTA PÚBLICA



Conexión Vaso IV - estero Palo verde

MUESTREO SAR



Sitios de muestreo SAR
Bosque de encino

COPIA PÚBLICA



Sitios de muestreo SAR
Selva mediana subcaducifolia



Sitios de muestreo SAR
Selva baja caducifolia

CONSULTA PÚBLICA



Sitios de muestreo SAR - islas cocodrilo
Selva baja caducifolia y Manglar



Sitios de muestreo - SAR - Vaso IV
Vegetación Hidrófila Halófila

CONSULTA PÚBLICA

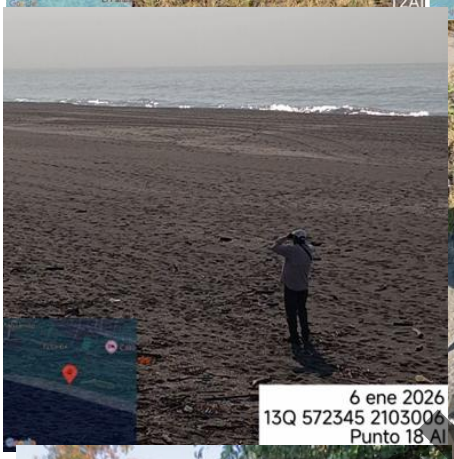
2. FAUNA TERRESTRE

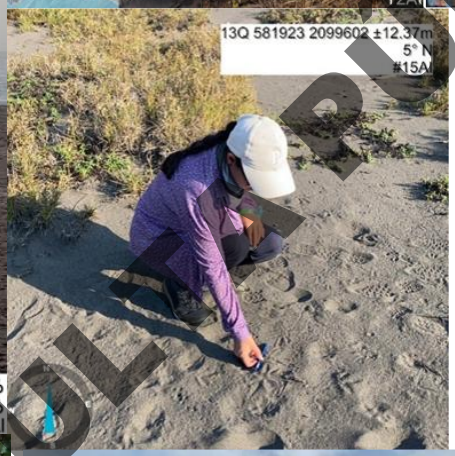
ACTIVIDADES EN CAMPO





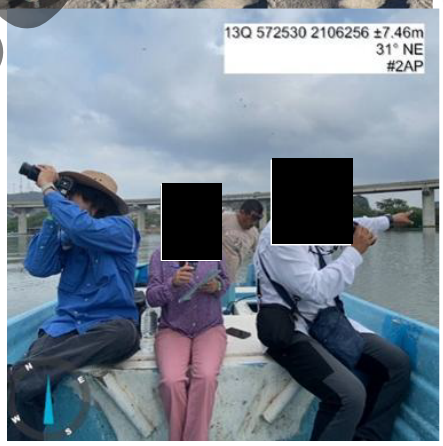














SITIOS

COPIA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

ESPECIES



Boa sigma



Cynanthus latirostris



Iguana rhinolopha



Fregata magnmificens



Nycticorax nycticorax



Pelecanus occidentalis

RECORRIDOS

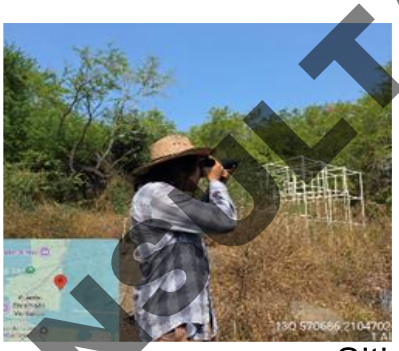
CONSULTA PÚBLICA




Palo Verde




Recorrido SAR




Sitios A




Registro de huellas

REGISTROS

CONSULTA PÚBLICA



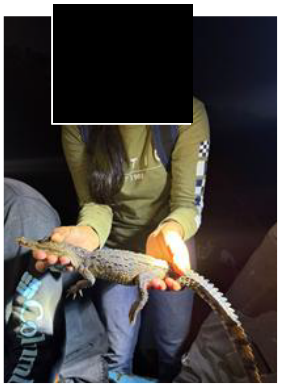
Registro de mamiferos



Registro de murcielagos



Registro de reptiles



Censado de cocodrilo





Registros de aves

CONSULTA PÚBLICA

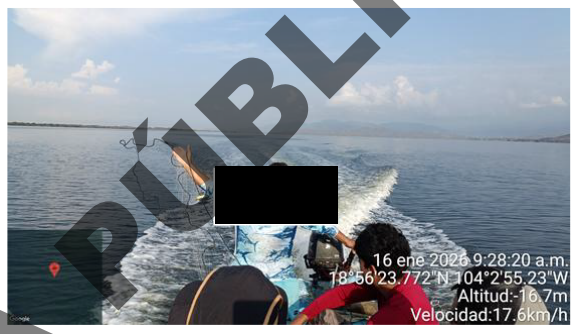
3. PECES

MUESTREO EN CAMPO













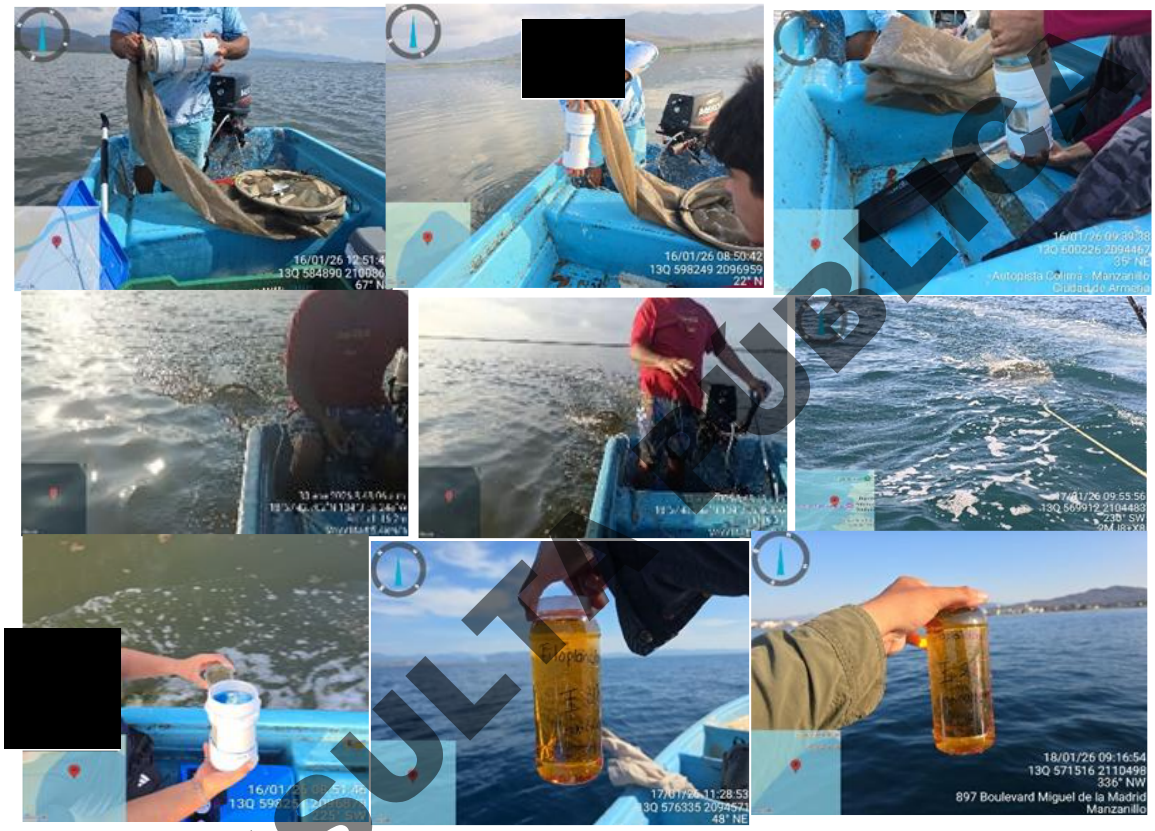




CONSULTA PÚBLICA

4. PLANCTON

ARRASTRE DE ZOOPLANCTON Y COLECTA DE FITOPLANCTON



CONSULTA PÚBLICA

TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE PLANCTON EN LABORATORIO



IDENTIFICACIÓN Y CONTEO DE ZOOPLANCTON



IDENTIFICACIÓN Y CONTEO DE FITOPLANCTON

CONSULTA PÚBLICA

5. BENTOS

MUESTREO EN CAMPO Y ANALISIS EN LABORATORIO



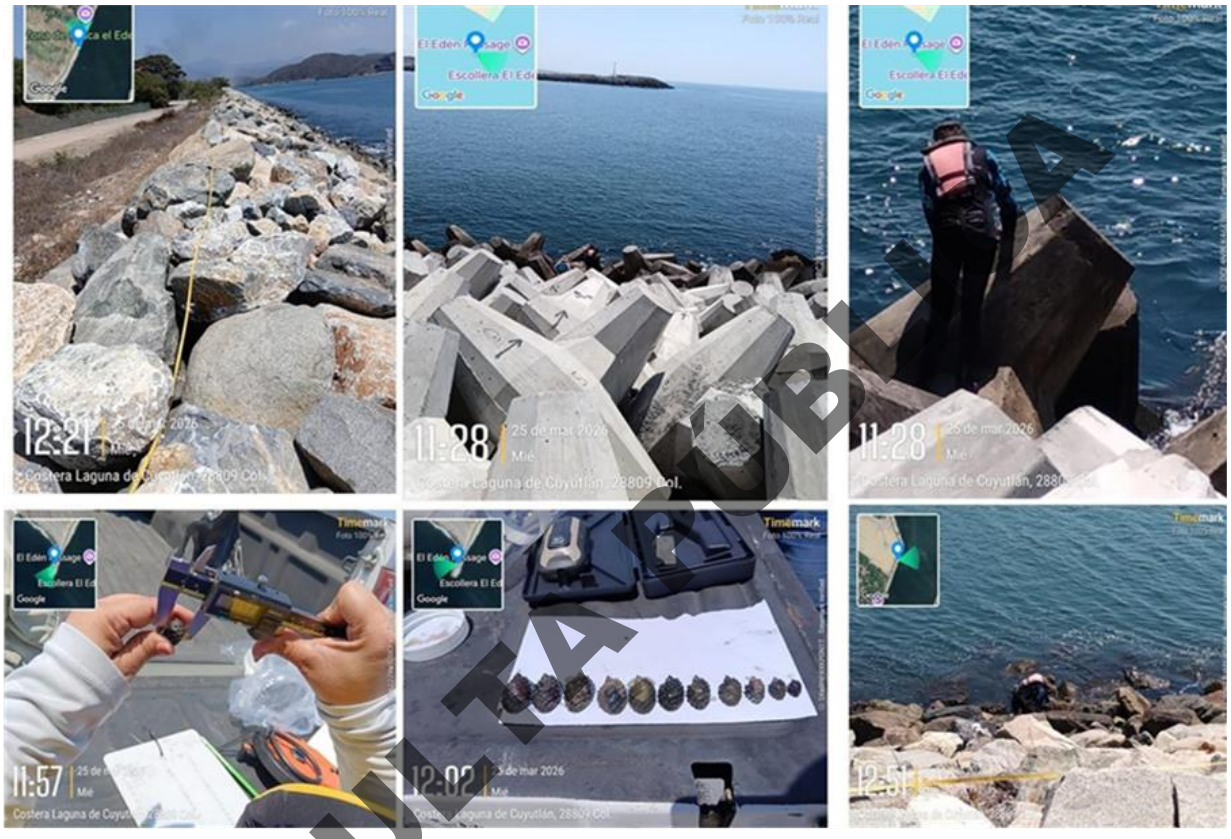
COLECTA DE BENTOS



TRATAMIENTO DE MUESTRA E IDENTIFICACIÓN DE BENTOS

CONSULTA PÚBLICA

RECORRIDOS EN ESCOLLERAS (CARACOL PURPURA)

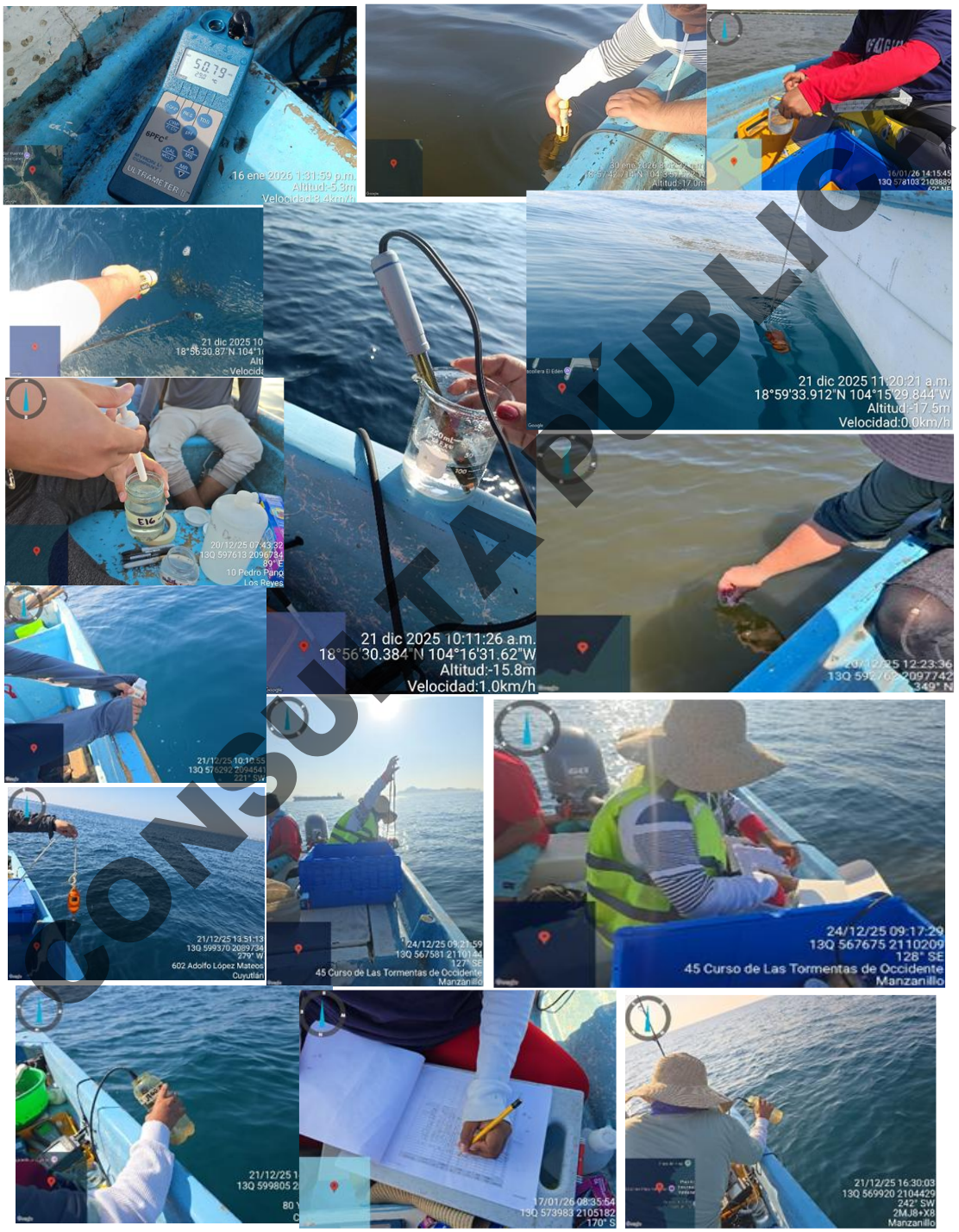




CONSULTA PÚBLICA

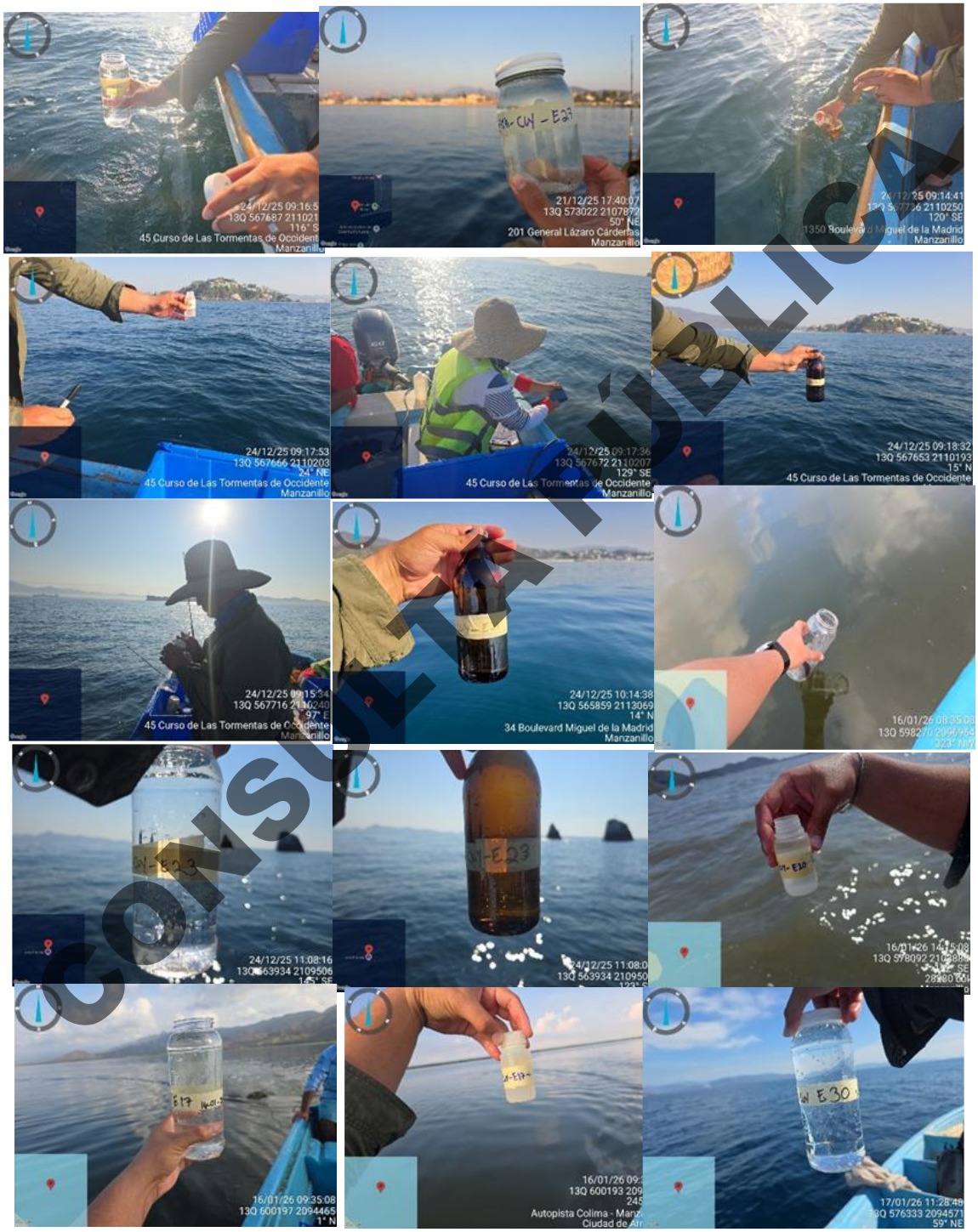
6. FISICOQUIMICOS DE CALIDAD DE AGUA

MEDICIONES IN SITU DE CALIDA DE AGUA



CONSULTA PUBLICA

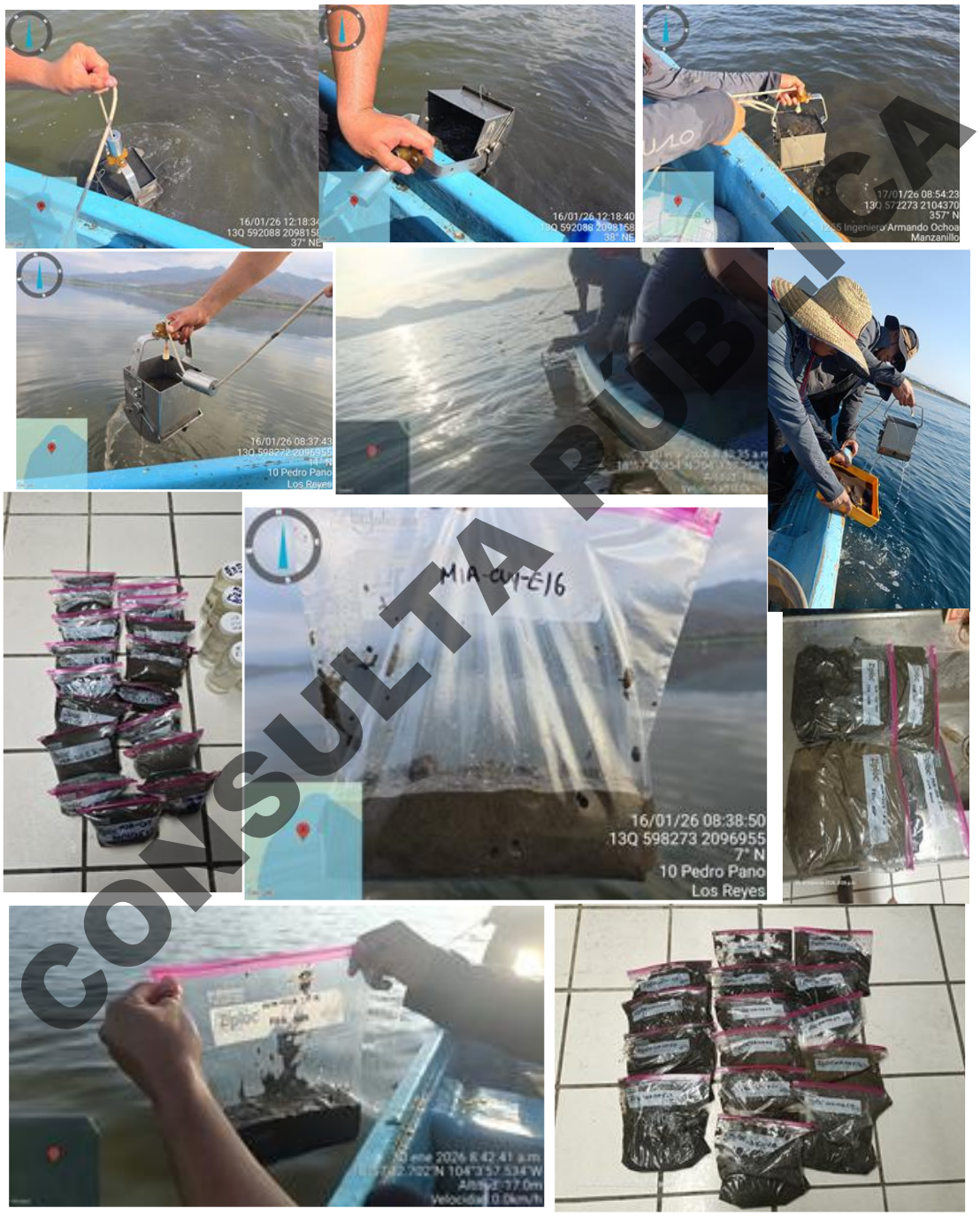
COLECTA DE MUESTRAS PARA SU POSTERIOR ANALISIS FISICOQUIMICO CALIDAD DE AGUA



CONSULTA PÚBLICA

7. SEDIMENTOS

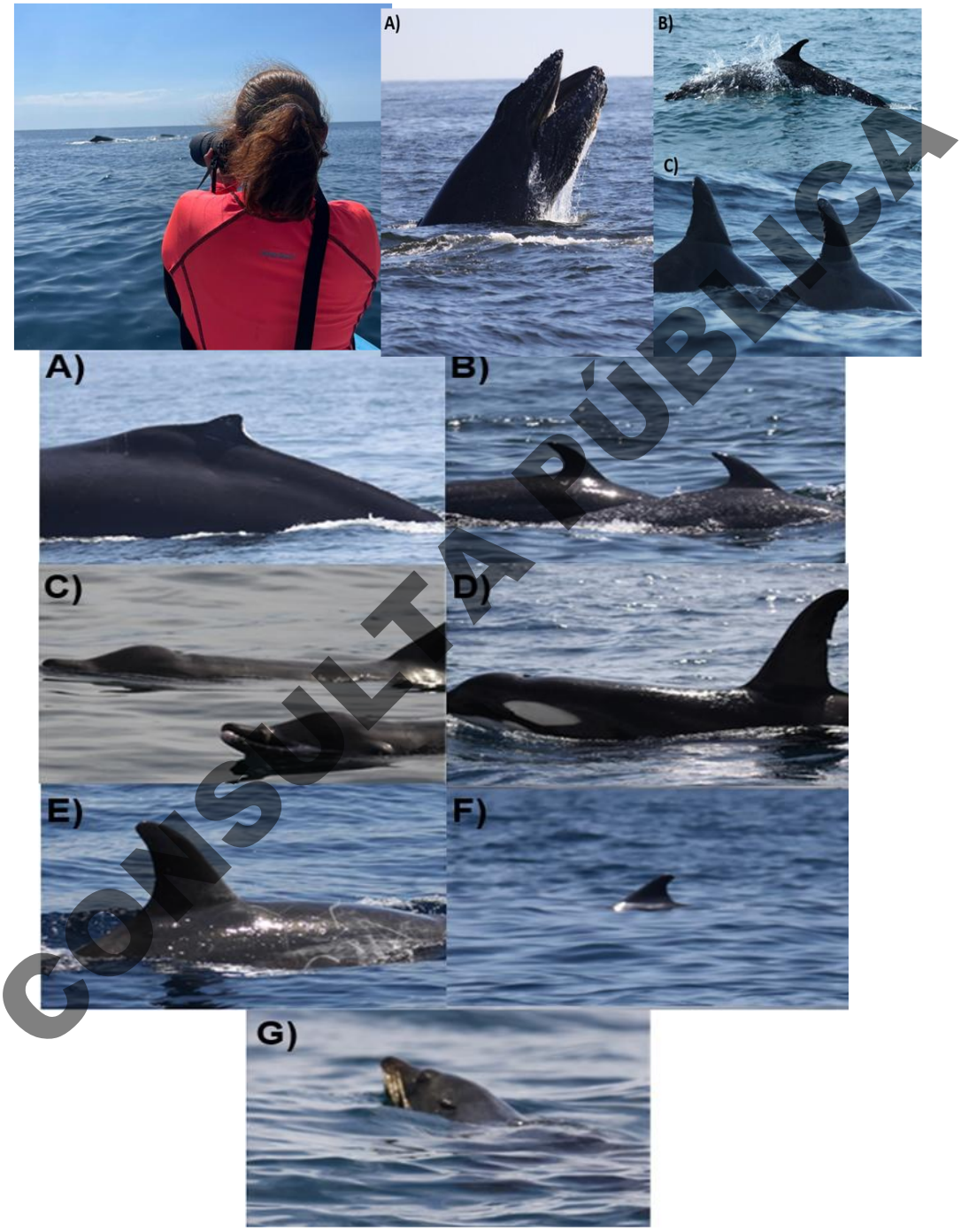
COLECTA DE SEDIMENTO



CONSULTA PÚBLICA

8. MAMIFEROS MARINOS

AVISTAMIENTOS DE MAMIFEROS



CONSULTA PÚBLICA

9. SOCIOECONOMICO

TRABAJO EN CAMPO (VISITA A DIFERENTES SECTORES)



CONSULTA PÚBLICA

ANEXO IV

CATÁLOGO ESPECIES

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

CONTENIDO

1. PLANCTON 1
1.1. Fitoplancton 1
1.2. Zooplancton 26
2. PECES 42
2.1. ACHIRIDAE 42
2.2. CARANGIDAE 43
2.3. CHAENIDAE 50
2.4. 50
2.4. DOROSOMATIDAE 51
2.5. ELOPIDAE 53
2.6. ENGRAULIDAE 54
2.7. GERREIDAE 55
2.8. HAEMULLIDAE 57
2.9. LUTJANIDAE 58
2.10. MUGILIDAE 59
2.11. SCIANIDAE 61
2.12. SCOMBRIDAE 62
2.13. PORTUNIDAE 63
3. BENTOS 64
3.2. Clase Gasterópoda 68
3.3. Clase Scaphopoda 71
3.4. Clase Cirripedia 71
4. FAUNA (TERRESTRE) 72
5. FLORA (TERRESTRE) 86
6. MAMIFEROS MARINOS 93

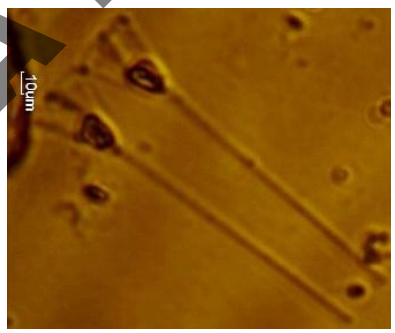
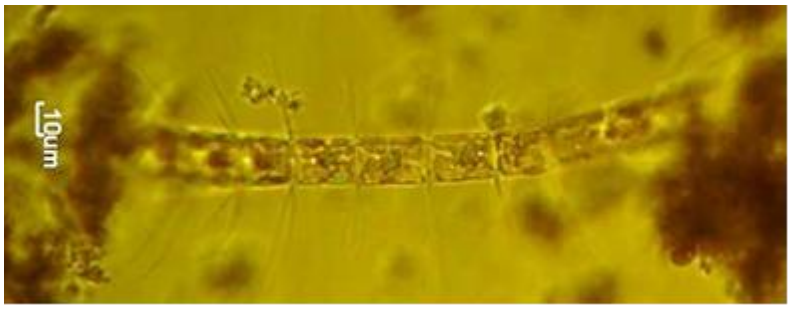
CONSULTA PÚBLICA

1. PLANCTON

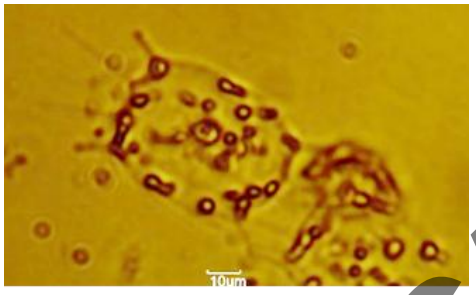
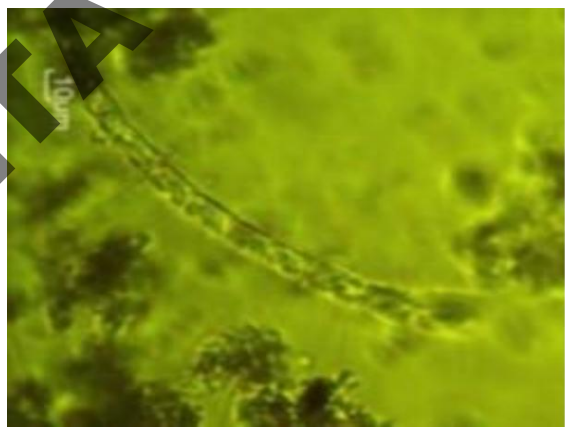
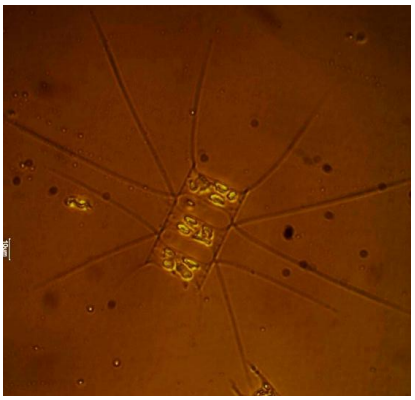
Se presenta el catálogo de los morfotipos de plancton (fitoplancton y zooplancton) registrados en las estaciones distribuidas en el Vasos I, II, III y IV de la Laguna de Cuyutlán y la zona costera marina ubicados dentro del SAR en el periodo diciembre de 2025 a febrero 2026, junio de 2025, y noviembre de 2024 a enero de 2025.

*A: noviembre 2024-enero 2025, B: junio 2025, C: diciembre 2025-febrero 2026, D: 2018

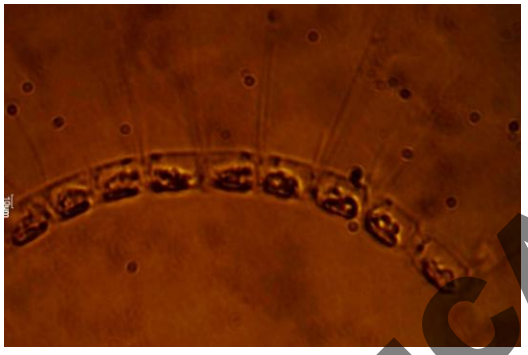
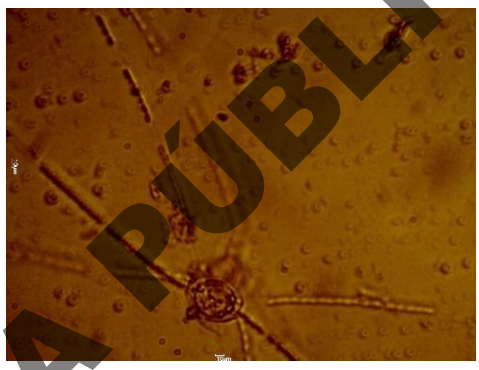
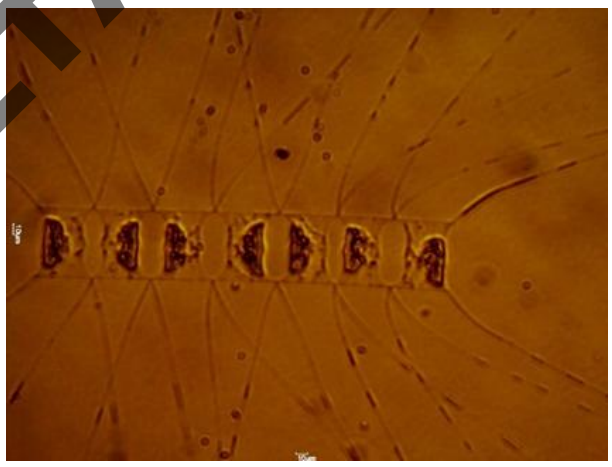
1.1. Fitoplancton

Diatomeas	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Bacillariophyceae **Orden:** Thalassiophysales **Familia:** Catenulaceae **Género:** Amphora sp. **Periodo registrado: A, B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhaphoneidales **Familia:** Asterionellopsidaceae **Género:** Asterionellopsis **Especie:** *Asterionellopsis glacialis* **Periodo registrado: C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Chaetocerotaceae **Género:** *Bacteriastrum* *Bacteriastrum sp.* **Periodo registrado: D**	

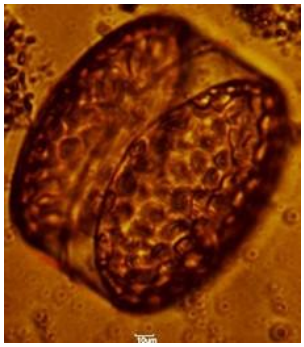
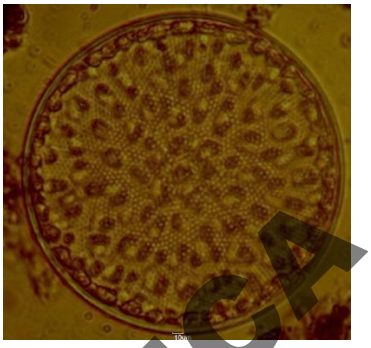
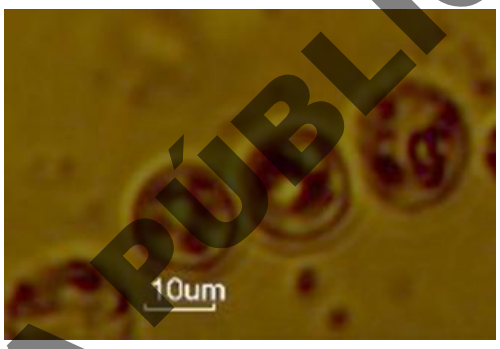
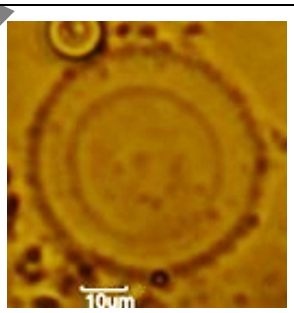
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Biddulphiales **Familia:** Biddulphiaceae **Género:** Biddulphia Bidulphia sp. **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Surirellales **Familia:** Surirellaceae **Género:** *Campilodiscus* sp. **Periodo registrado: B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Chaetocerotaceae **Género:** Chaetoceros **Especie:** *Chaetoceros curvicetus* **Periodo registrado: D**	
Filo: Bacillariophyta **Clase:** Coscinodiscophyceae **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Chaetocerotaceae **Género:** Chaetoceros **Especie:** *Chaetoceros lorenzianus* **Periodo registrado: C**	

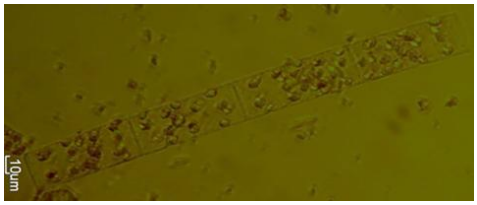
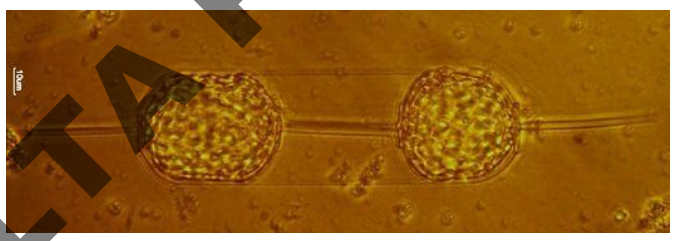
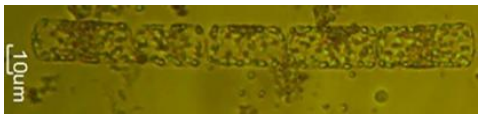
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Chaetocerotaceae **Género:** Chaetoceros **Especie:** *Chaetoceros pseudocurvicetus* **Periodo registrado: C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Chaetocerotaceae **Género:** Chaetoceros **Especie:** *Chaetoceros peruvianus* **Periodo registrado: C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Chaetocerotaceae **Género:** Chaetoceros Chaetoceros sp. **Periodo registrado: A, C**	

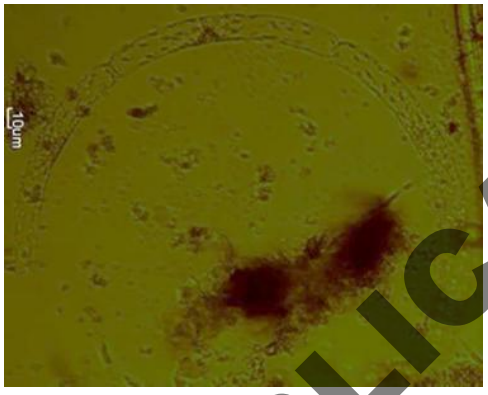
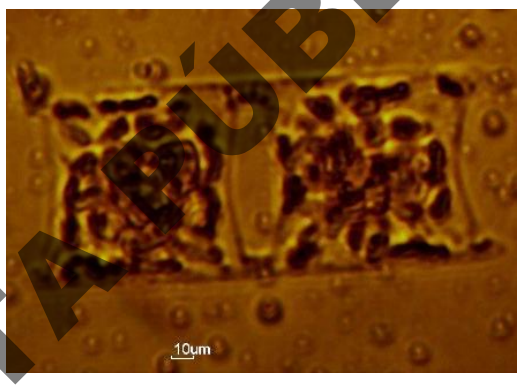
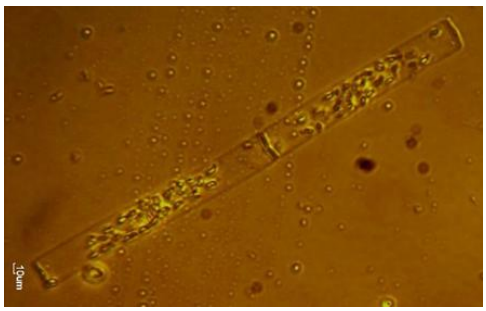
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Coscinodiscales **Familia:** Coscinodiscaceae **Género:** *Coscinodiscus* **Periodo registrado: A, B, C**	 
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Thalassiosirales **Familia:** Stephanodiscaceae **Género:** *Cyclotella atomus* **Periodo registrado: B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Thalassiosirales **Familia:** Stephanodiscaceae **Género:** *Cyclotella meneghiniana* **Periodo registrado: A, B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Bacillariales **Familia:** Bacillariaceae **Género:** Cylindrotheca *Cylindrotheca closterium* **Periodo registrado:** A, B, C	

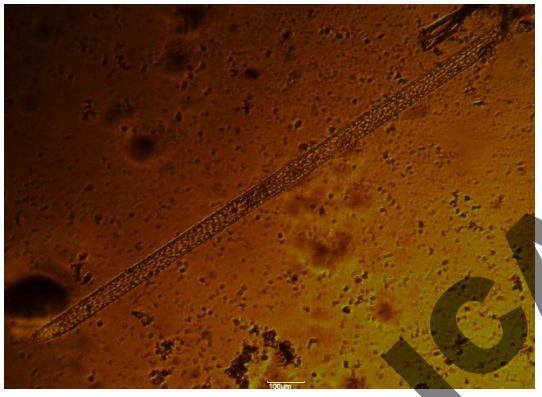
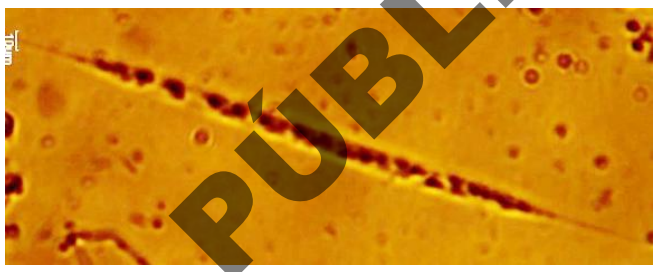
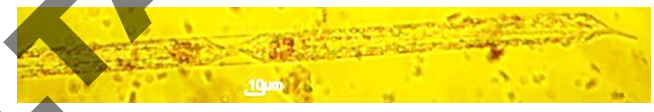
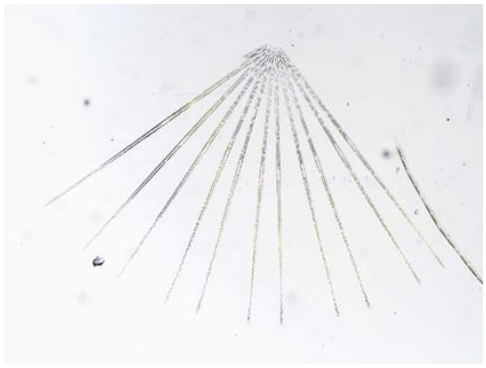
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** Dactyliosolen	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Thalassiosirales **Familia:** Thalassiosiraceae **Género:** Detohula *Detonula pumila* **Periodo registrado:** C	
Filo: *Bacillariophyta* ***Clase:*** *Coscinodiscophyceae* ***Orden:*** *Hemiaulales* ***Familia:*** *Hemiaulaceae* ***Género:*** *Ditylum* ***Especie:*** *Ditylum brightwellii* **Periodo registrado:** C	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** Guinardia **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** Guinardia **Especie:** *Guinardia delicatula*	

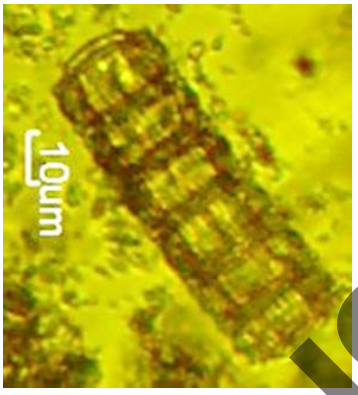
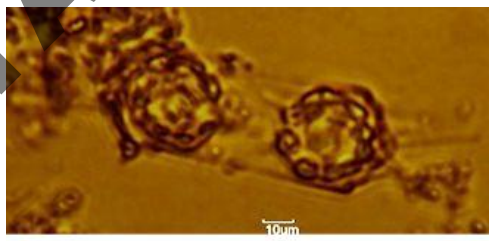
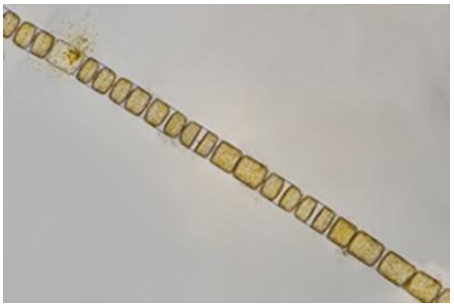
CONSULTA PÚBLICA

Periodo registrado: D	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** Guinardia **Especie:** *Guinardia striata* **Periodo registrado: D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Hemiaulales **Familia:** Hemiaulaceae **Género:** Hemiaulus **Periodo registrado: C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Chaetocerotales **Familia:** Leptocylindraceae **Género:** Leptocylindrus **Especie:** *Leptocylindrus danicus* **Periodo registrado: C, D**	

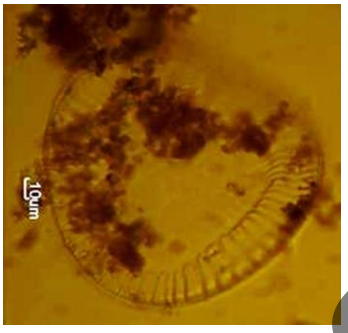
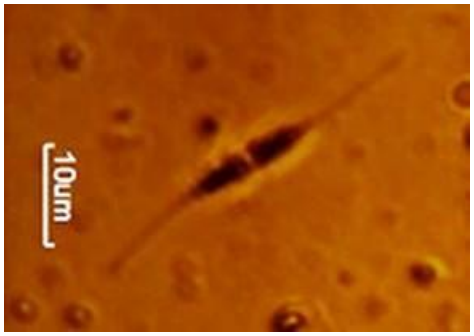
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** Rhizosolenia **Especie:** *Rhizosolenia alata* **Periodo registrado: A, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** *Rhizosolenia* **Especie:** *Rhizosolenia setigera* **Periodo registrado: A, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Rhizosoleniales **Familia:** Rhizosoleniaceae **Género:** *Rhizosolenia* **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Thalassionematales **Familia:** Thalassionemataceae **Género:** Lioloma **Especie:** *Lioloma pacificum* **Periodo registrado: D**	 https://enciclovida.mx/especies/12224

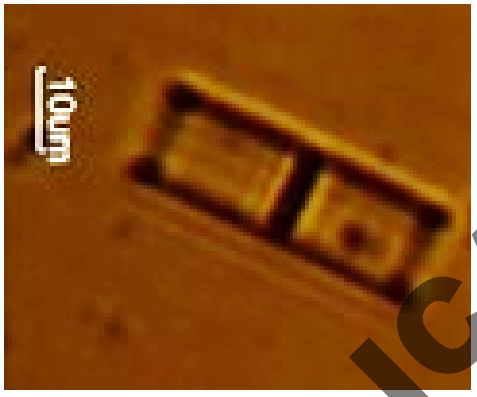
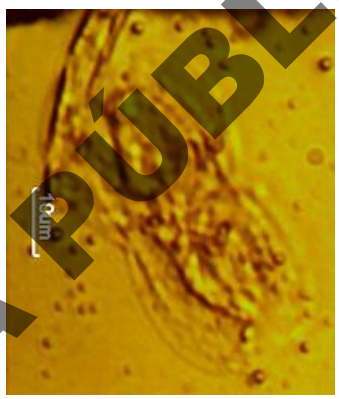
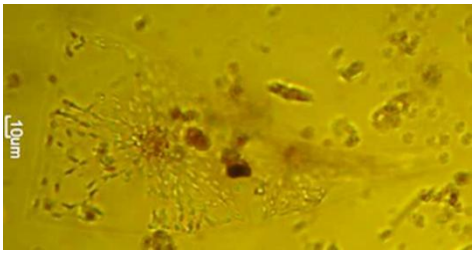
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Paraliales **Familia:** Paraliaceae **Género:** Paralia **Especie:** *Paralia sulcata* **Periodo registrado: D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Thalassiosirales **Familia:** Skeletonemataceae **Género:** Skeletonema **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Biddulphiales **Familia:** Stephanopyxidaceae **Género:** Stephanopyxis **Especie:** *Stephanopyxis turris* **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Biddulphiales **Familia:** Stephanopyxidaceae **Género:** Stephanopyxis	 https://mexico.inaturalist.org/taxa/203628-Stephanopyxis/browse_photos

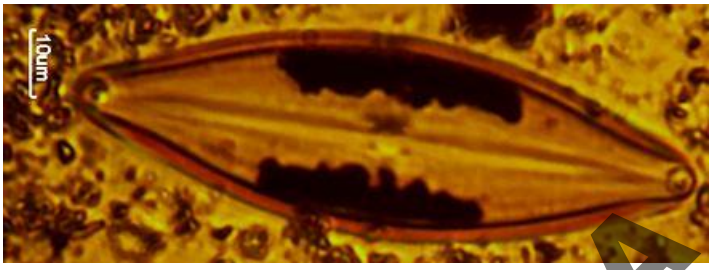
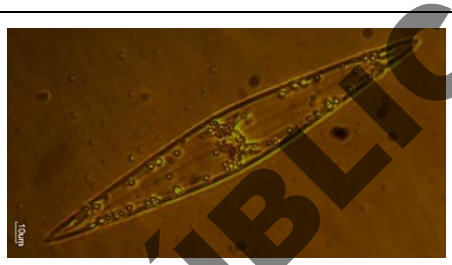
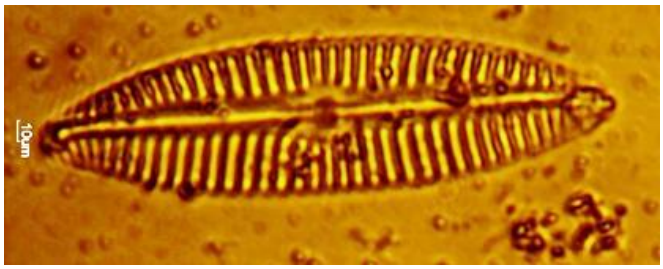
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Surirellales **Familia:** Surirellaceae **Género:** Campylodiscus **Periodo registrado: D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas centrales **Orden:** Thalassiosirales **Familia:** Thalassiosiraceae **Género:** *Talassiosira* **Periodo registrado: A, B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Thalassiophysales **Familia:** Catenuláceas **Género:** *Amphora* **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Bacillariales **Familia:** Bacillariaceae **Género:** *Cylindrotheca closterium* **Periodo registrado: A, B, C**	

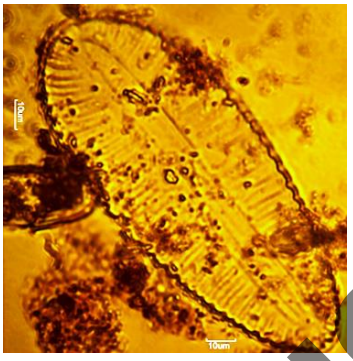
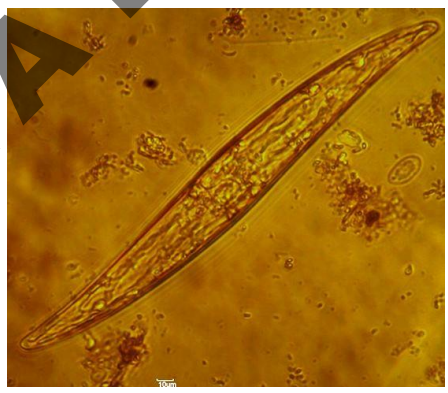
CONSULTA PUBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Diversos **Familia:** Diversos **Género:** *Pennada NI* **Periodo registrado: B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Surirellales **Familia:** Entomoneidaceae **Género:** *Entomoneis* **Periodo registrado: B**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Surirellales **Familia:** Entomoneidaceae **Género:** *Entomoneis* **Especie:** *Entomoneis alata* **Periodo registrado: C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Lothodesmiales **Familia:** Lithodesmiaaceae **Género:** Helicotheca **Especie:** *Helicotheca tamesis* **Periodo registrado: C, D**	

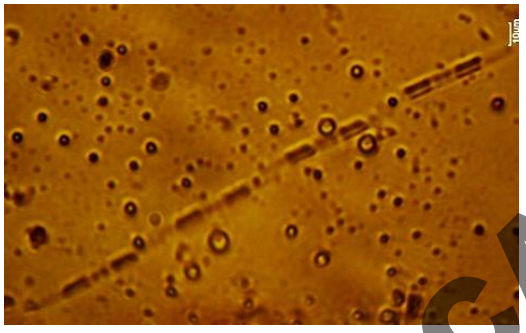
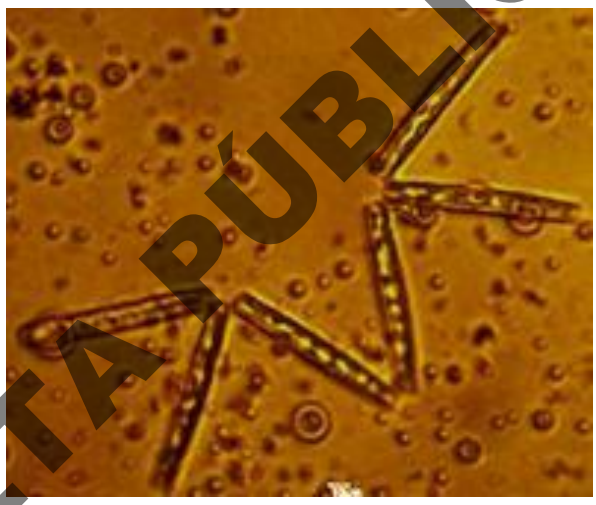
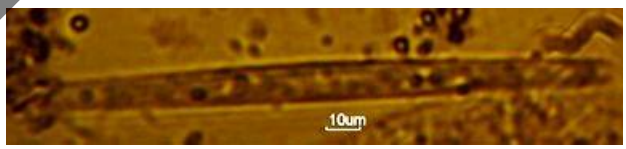
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Naviculales **Familia:** Mastogloiaceae **Género:** *Mastogloia* **Periodo registrado: A, B**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Naviculales **Familia:** Naviculinea **Género:** Haslea **Periodo registrado: C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Naviculales **Familia:** Naviculaceae **Género:** *Navicula* **Periodo registrado: A, B, C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Naviculales **Familia:** Naviculaceae **Género:** *Navicula yarrensis* **Periodo registrado: A, B, C**	

CONSULTA PÚBLICA

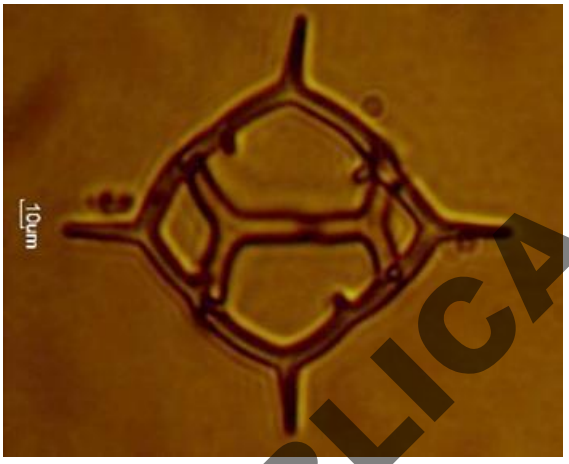
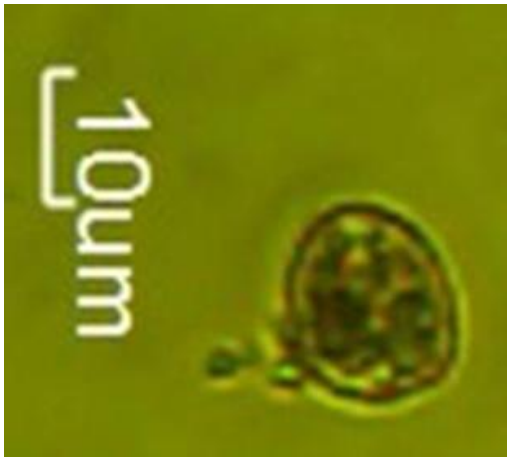
Filo: Bacillariophyta **Clase:** *Bacillariophyceae* **Orden:** Surirellales **Familia:** Surirellaceae **Género:** *Surirella* **Periodo registrado: C**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Bacillariales **Familia:** Bacillariaceae **Género:** *Nitzschia* **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Naviculales **Familia:** Pleurosigmataceae **Género:** *Pleurosigma/Gyrosigma* **Periodo registrado: A, B, C, D, E**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Bacillariales **Familia:** Bacillariaceae **Género:** *Nitzschia* **Especie:** *Nitzchia sigma* **Periodo registrado: C**	

CONSULTA PÚBLICA

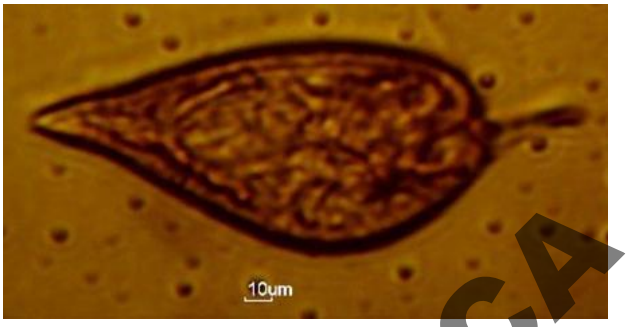
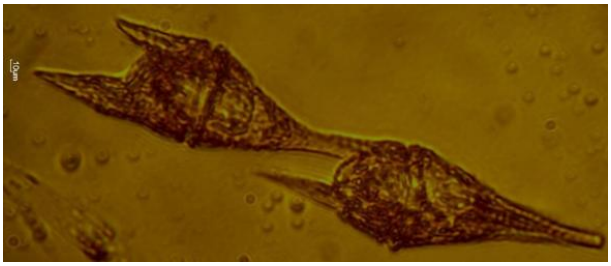
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Bacillariales **Familia:** Pseudo-nitzschiaceae **Género:** *Pseudo-nitzschia* **Periodo registrado: A, B, C, D** ***Incluye especies productoras de florecimientos algales nocivos.**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Thalassionematales **Familia:** Thalassionemataceae **Género:** *Thalassionema* **Especie:** *Thalassionema nitzschioides* **Periodo registrado: A, B, C, D**	
Filo: Ochrophyta **Clase:** Diatomeas pennadas **Orden:** Thalassionematales **Familia:** Thalassionemataceae **Género:** *Thalassionema* **Periodo registrado: A, B, C, D**	

Dinoflagelados	

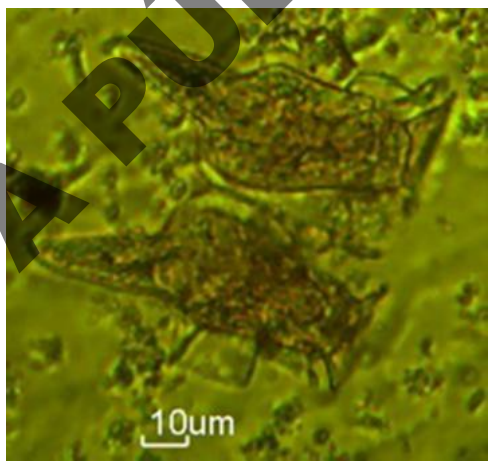
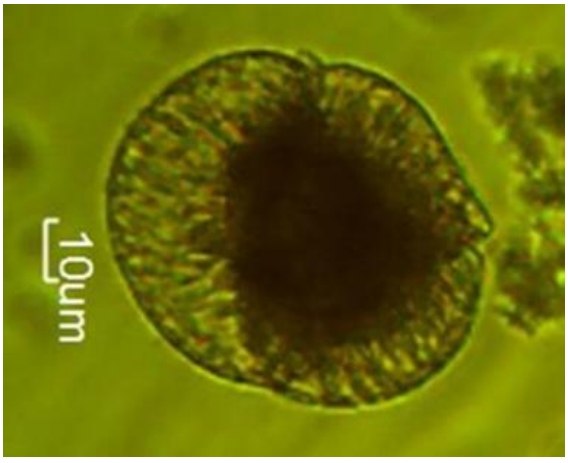
CONSULTA PÚBLICA

Filo: *Ochrophyta* ***Clase****: Dictyochophyceae* ***Orden****: Dictyochales* *F**amilia**: Dictyochaceae* ***Género:*** *Dictyocha* ***Especie****: Dictyocha fibula* **Periodo registrado: C**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Prorocentrales **Familia:** Prorocentraceae **Género:** Prorocentrum **Especie:** *Prorocentrum micans* **Periodo registrado: D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Prorocentrales **Familia:** Prorocentraceae **Género:** Prorocentrum **Especie:** *Prorocentrum mínimum* **Periodo registrado: D**	

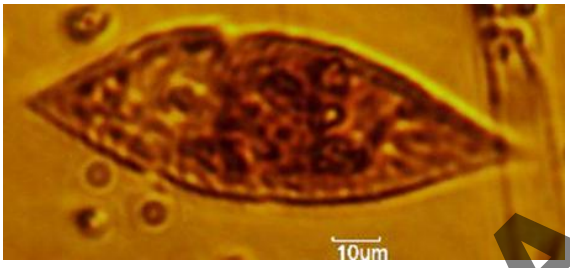
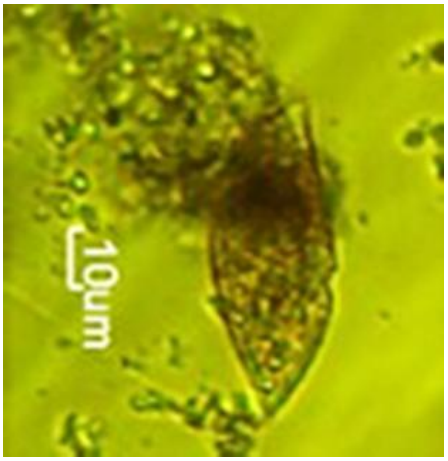
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Prorocentrales **Familia:** Prorocentraceae **Género:** Prorocentrum **Periodo registrado: A, C**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gonyaulacales **Familia:** Ceratiaceae **Género:** Ceratium **Periodo registrado: C, D**	 https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&pic=39674&tid=109506
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gonyaulacales **Familia:** Ceratiaceae **Género:** Ceratium **Especie:** *Ceratium furca* **Periodo registrado: C, D**	

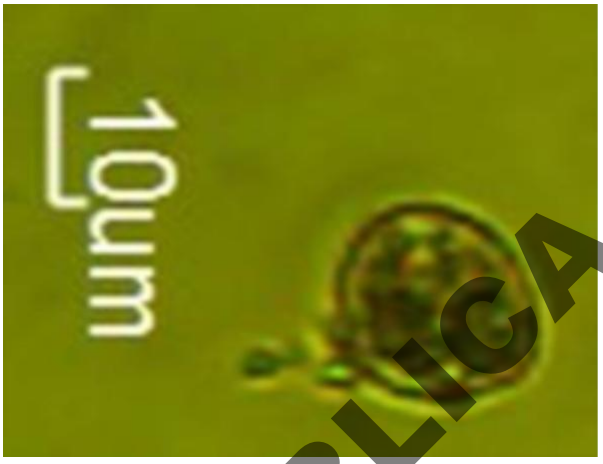
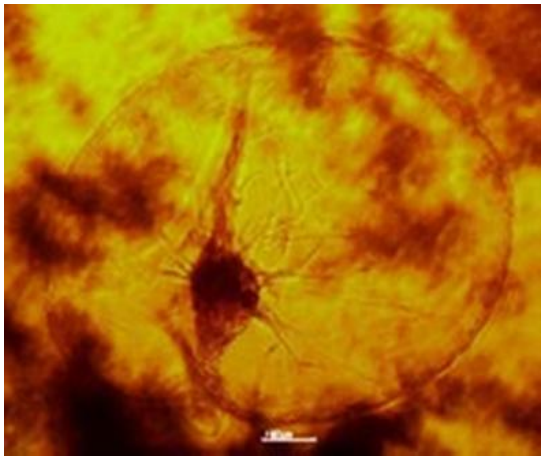
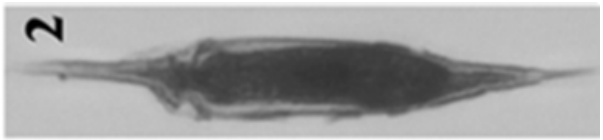
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gonyaulacales **Familia:** Ceratiaceae **Género:** Ceratium **Especie:** *Ceratium fusus* **Periodo registrado: D**	 https://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=1033&pic=37803#photogallery
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Dinophysiales **Familia:** Dinophysiceae **Género:** Dinophysis **Especie:** *Dinophysis caudata* **Periodo registrado: D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gymnodiniales **Familia:** Gymnodiniaceae **Género:** Gymnodinium **Periodo registrado: C, D**	

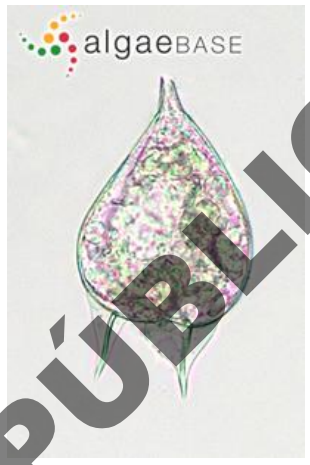
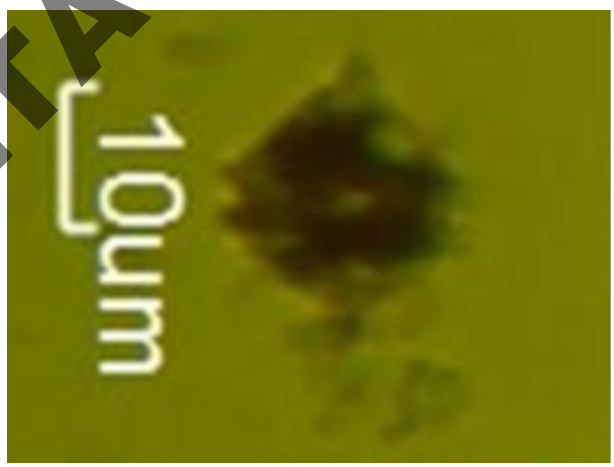
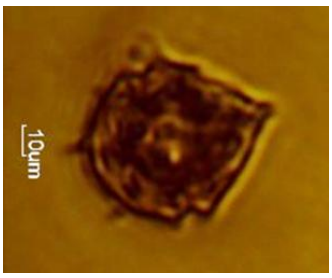
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gymnodiniales **Familia:** Gymnodiniaceae **Género:** Gyrodinium **Periodo registrado: C**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gymnodiniales **Familia:** Gymnodiniaceae **Género:** Gymnodinium **Especie:** *Gymnodinium catenatum* **Periodo registrado: D**	 https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&pic=33855&tid=109784
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Gymnodiniales **Familia:** Gymnodiniaceae **Género:** Gymnodinium **Especie:** *Gymnodinium spirale* **Periodo registrado: D**	

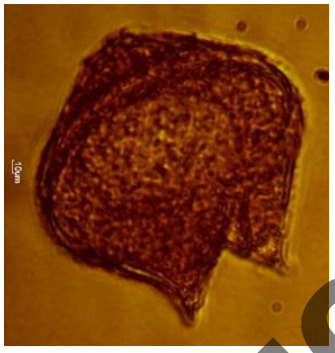
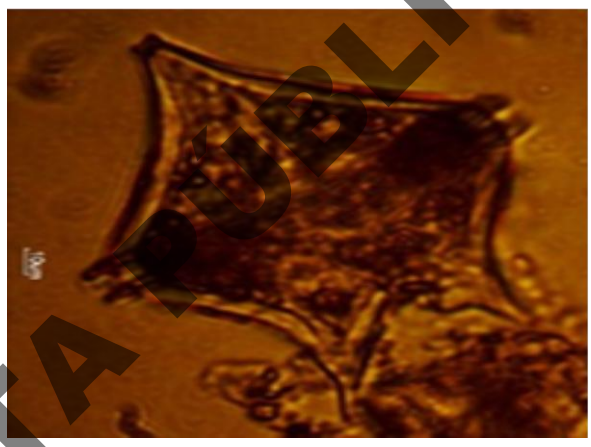
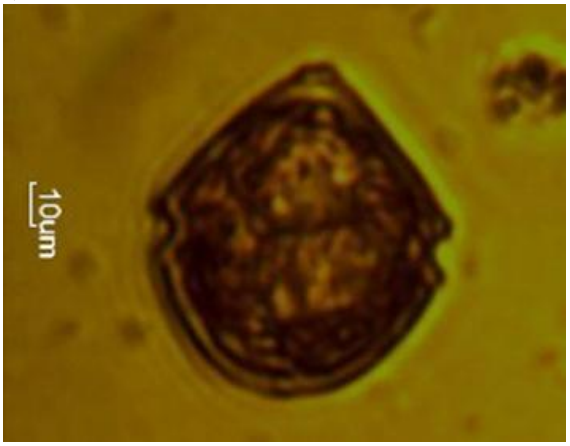
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Prorocentrales **Familia:** Prorocentraceae **Género:** Prorocentrum **Especie:** *Prorocentrum mínimum* **Periodo registrado: D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales **Familia:** Peridiniaceae **Género:** Heterocapsa **Periodo registrado: C, D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Noctilucales **Familia:** Noctilucaceae **Género:** Noctiluca **Especie:** *Noctiluca scintillans* **Periodo registrado: D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales	

CONSULTA PÚBLICA

Familia: Oxytozaceae **Género:** Oxytoxum **Especie:** *Oxytoxum longiceps* **Periodo registrado: D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales **Familia:** Podolampadaceae **Género:** Podolampas **Especie:** *Podolampas bipes* **Periodo registrado: D**	 https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=52584
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales **Familia:** Protoperidiniaceae **Género:** Protoperidinium < 30 µm	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales **Familia:** Protoperidiniaceae **Género:** Protoperidinium **Especie:** *Protoperidinium quinquecorne* **Periodo registrado: C** ***Especie formadora de FAN**	

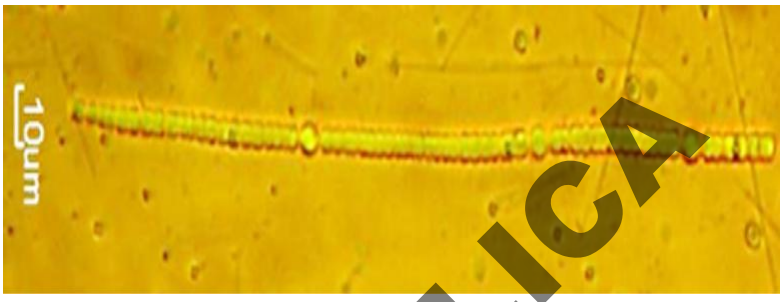
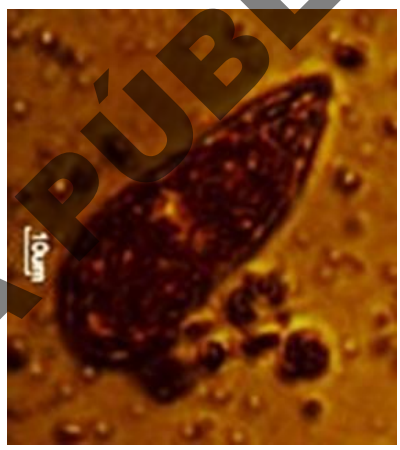
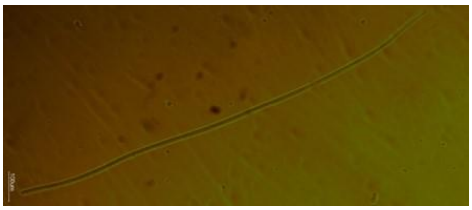
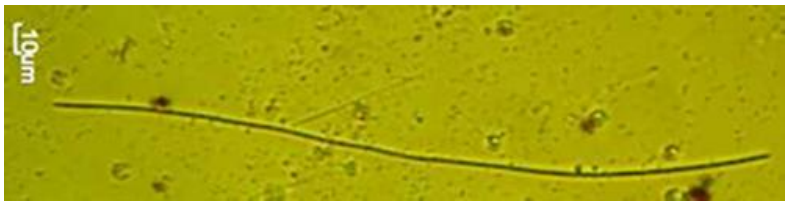
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales **Familia:** Protoperidiniaceae **Género:** Protoperidinium > 30 µm **Periodo registrado: C, D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Peridiniales **Familia:** Protoperidiniaceae **Género:** Protoperidinium **Especie:** *Protoperidinium wiesneri* **Periodo registrado: D**	
Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Thoracosphaerales **Familia:** Thoracosphaeraceae **Género:** Scrippsiella **Periodo registrado: A, C**	

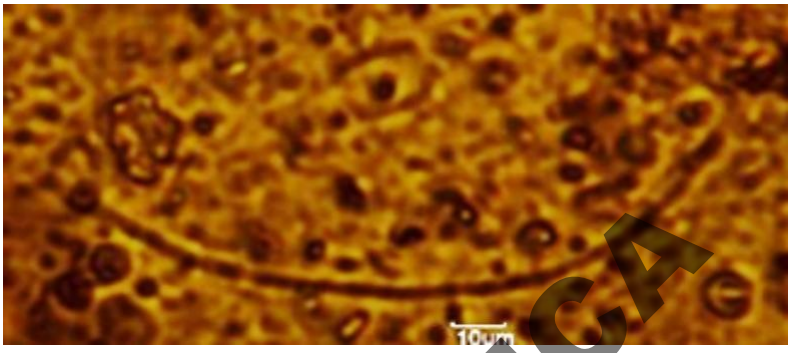
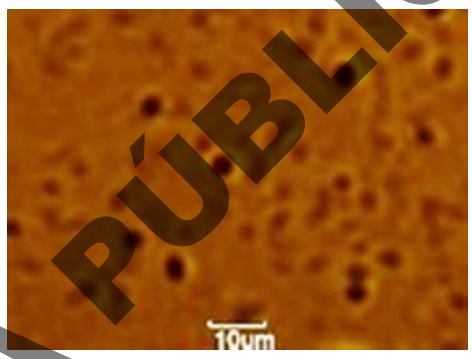
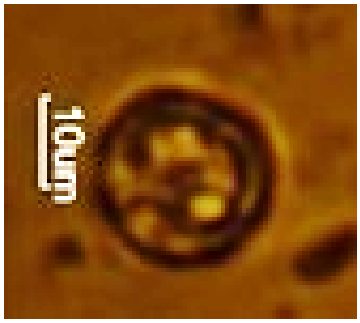
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Miozoa **Clase:** Dinoflagelados **Orden:** Diversos **Familia:** Diversos **Género:** Dinoflagelado NI <30 µm **Periodo registrado: A, B, C, D**	

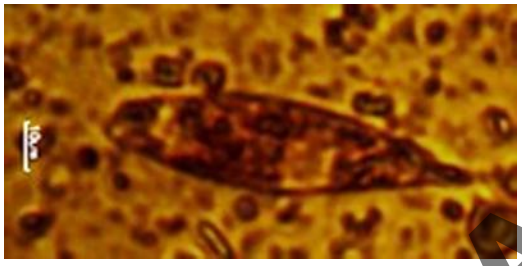
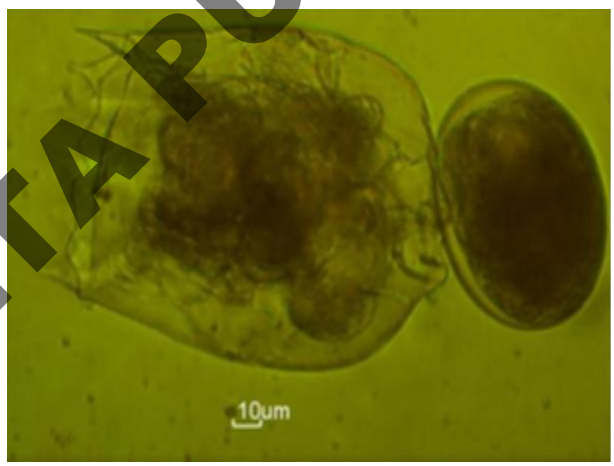
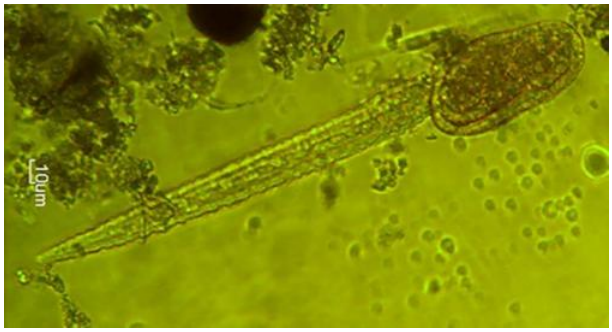
CONSULTA PÚBLICA

Otros (cianobacterias, microzooplancton)	
Filo: Cyanobacteria **Clase:** Cianobacteria **Orden:** Nostocales **Familia:** Diversos **Género:** Filamento cianobacteria gorda	
Filo: Euglenozoa **Clase:** Euglenophyceae **Orden:** Euglenales **Familia:** Euglenaceae **Género:** *Lepocinclis* **Especie:** *Lepocinclis sp*	
Filo: Cyanobacteria **Clase:** Cyanophyceae **Orden:** Oscillatoriales **Familia:** Oscillatoriaceae **Género:** *Phormidium* **Especie:** *Phormidium sp*	
Filo: Cyanobacteria **Clase:** Cianobacteria **Orden:** Nostocales **Familia:** Diversos **Género:** Filamento cianobacteria fina	

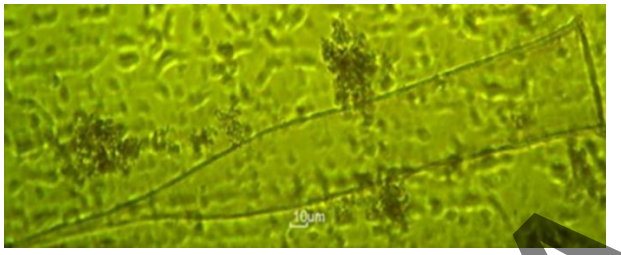
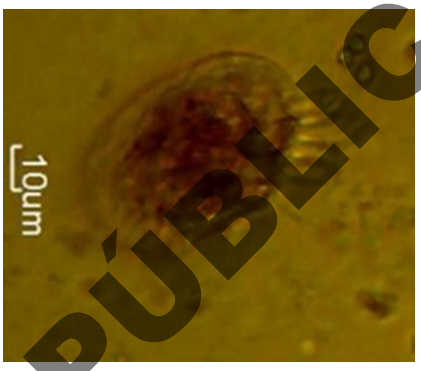
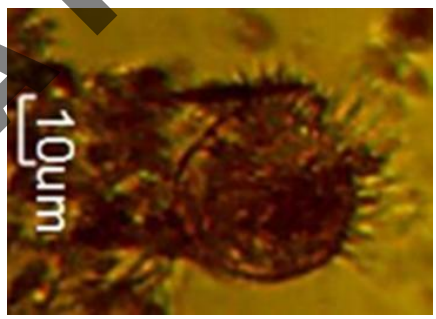
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Cyanobacteria **Clase:** Cianobacteria **Orden:** Nostocales **Familia:** Diversos **Género:** Filamento cianobacteria curva	
Filo: Cyanobacteria **Clase:** Cianobacteria **Orden:** Nostocales **Familia:** Diversos **Género:** Cianobacteria 2<20 µm	
Filo: Cyanobacteria **Clase:** Cyanophyceae **Orden:** Oscillatoriales **Familia:** Oscillatoriaceae **Género:** Oscillatoria	
Filo: Chlorophyta **Clase:** Nanoflagelados **Orden:** Diverso **Familia:** Diverso **Género:** Nanoflagelados NI 2-20µm	

CONSULTA PÚBLICA

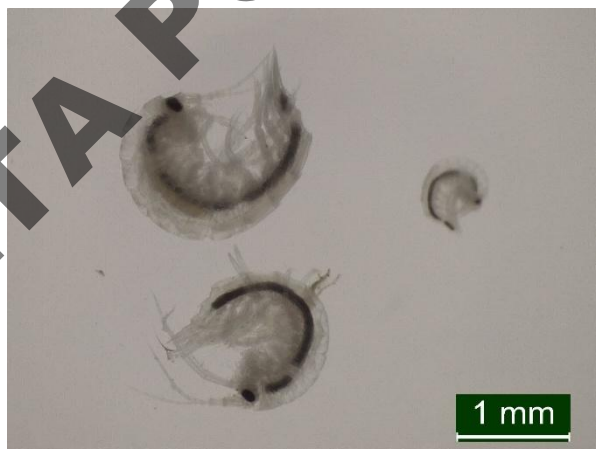
Filo: Euglenozoa **Clase:** Euglenophyceae **Orden:** Eutreptiales **Familia:** Eutreptiaceae **Género:** Eutreptiella	
Filo: Chlorophyta **Clase:** Pyramimonadophyceae **Orden:** Pyramimonadales **Familia:** Pyramimonadaceae **Género:** Pyramimonas	
Filo: Rotifera **Clase:** Otros **Orden:** Diversos **Familia:** Diversos **Género:** Rotíferos	
Filo: Rotifera **Clase:** Otros **Orden:** Diversos **Familia:** Diversos **Género:** Appendicularia	

CONSULTA PÚBLICA

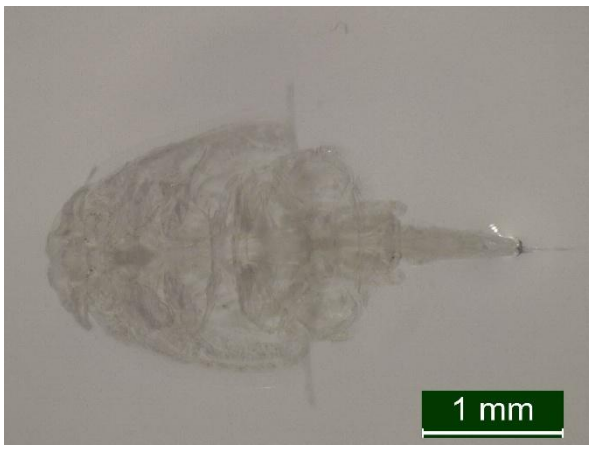
Filo: Ciliophora **Clase:** Spirotrichea **Orden:** Tintinnida **Familia:** Diversos **Género:** Tintinidos > 30 µm	
Filo: Ciliophora **Clase:** Otros **Orden:** Ciliofaureidae **Familia:** Diversos **Género:** Ciliado > 30 µm	
Filo: Ciliophora **Clase:** Otros **Orden:** Diversos **Familia:** Ciliofaureidae **Género:** Ciliado < 30 µm	
Filo: Arthropoda **Clase:** Copepoda (nauplio)	

CONSULTA PÚBLICA

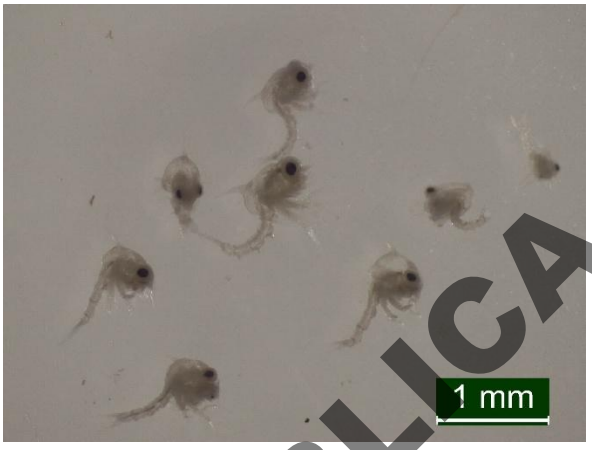
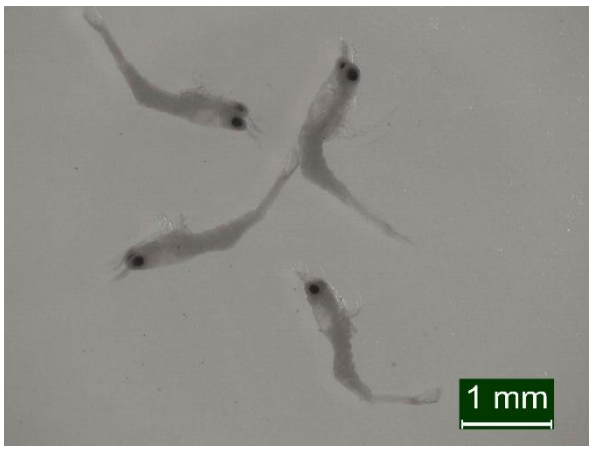
1.2. Zooplancton

Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Amphipoda **Familia:** Caprellidae	
Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Amphipoda **Familia:** Gammaridae	
Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Amphipoda **Familia:** Hyperiidae	

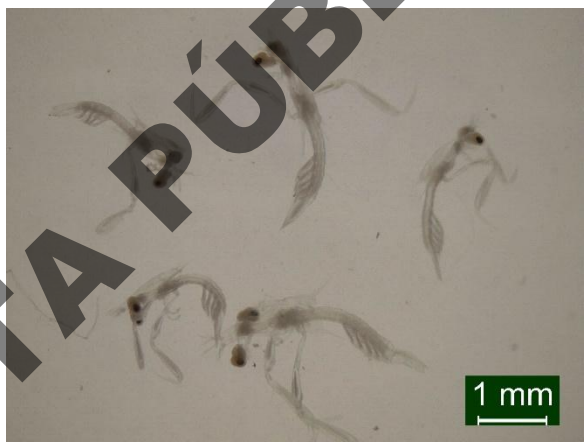
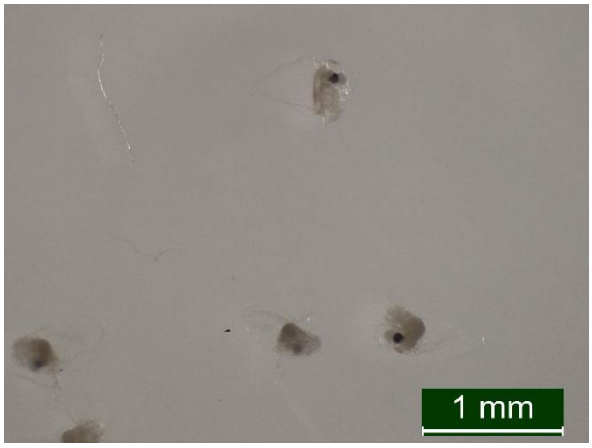
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Arthropoda **Clase:** Copepoda	
Filo: Arthropoda **Clase:** Copepoda **Orden:** Monstrilloida **Familia:** Monstrillidae ***Copepodo parásito**	
Filo: Arthropoda **Clase:** Copepoda **Orden:** Siphonostomatoida **Familia:** Pandaridae ***Copepodo parásito**	

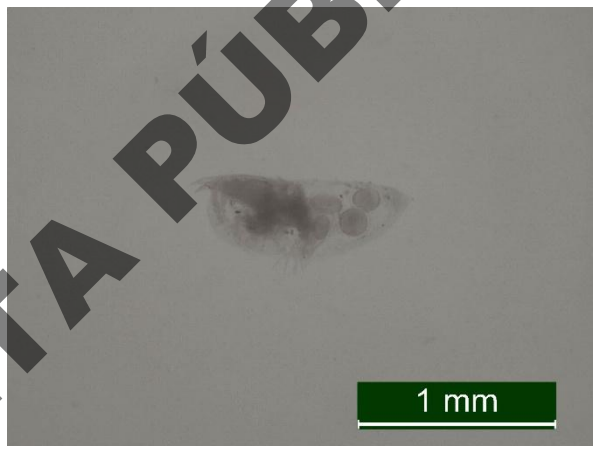
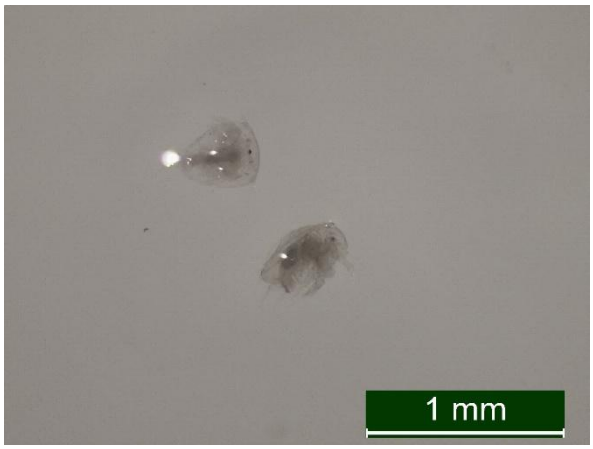
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Decapoda **Infraorden:** Brachyura	
Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Decapoda **Infraorden:** Anomura	
Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Decapoda **Infraorden:** Caridea	

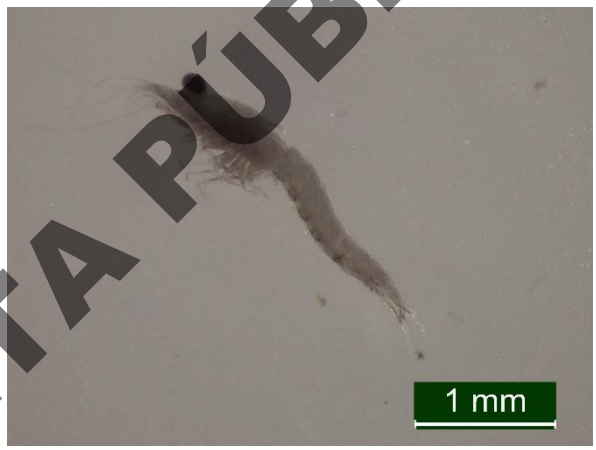
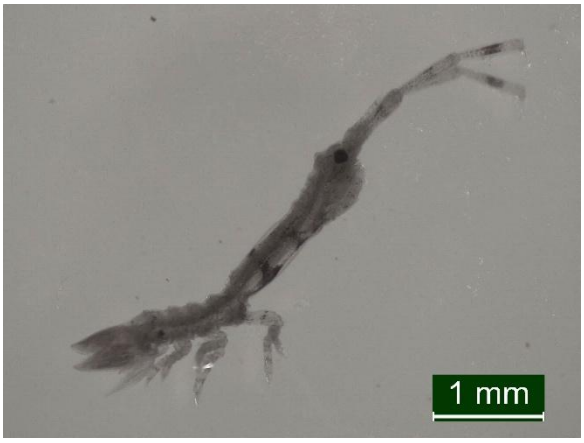
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Decapoda **Infraorden:** Achelata (Macrura)	
Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Stomatopoda	
Filo: Arthropoda **Clase:** Branchiopoda **Orden:** Onychopoda **Familia:** Podonidae **Género:** Evadne	

CONSULTA PÚBL

Filo: Arthropoda **Clase:** Branchiopoda **Orden:** Ctenopoda **Familia:** Sididae **Género:** Penilia	
Filo: Arthropoda **Clase:** Ostracoda	
Filo: Arthropoda **Clase:** Thecostraca **Subclase:** Cirripedia	

CONSULTA PÚBLICA

Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Euphausiacea	
Filo: Arthropoda **Clase:** Mysidacea	
Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Isopoda	

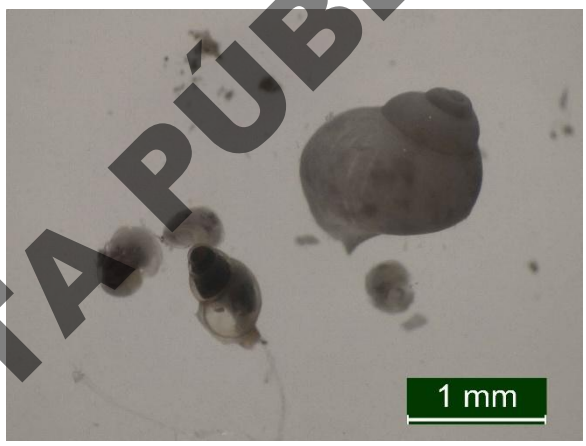
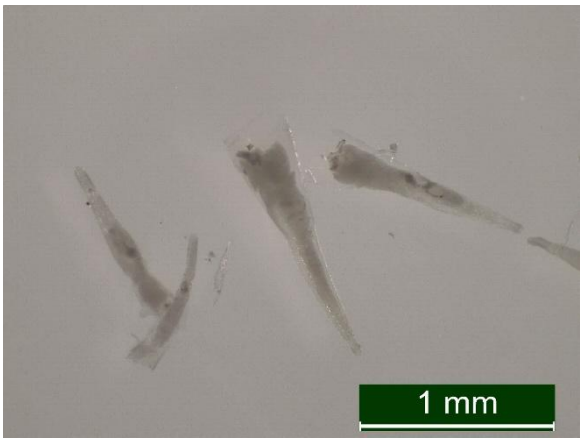
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Arthropoda **Clase:** Malacostraca **Orden:** Cumacea	
Filo: Arthropoda **Clase:** Pycnogonida	 https://link.springer.com/article/10.1007/s12526-021-01181-0
Filo: Annelida **Clase:** Polychaeta	

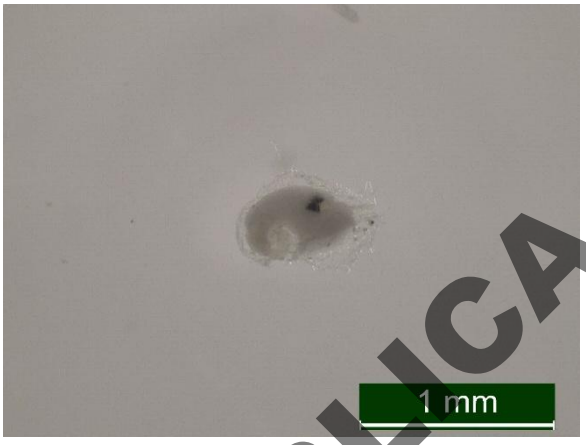
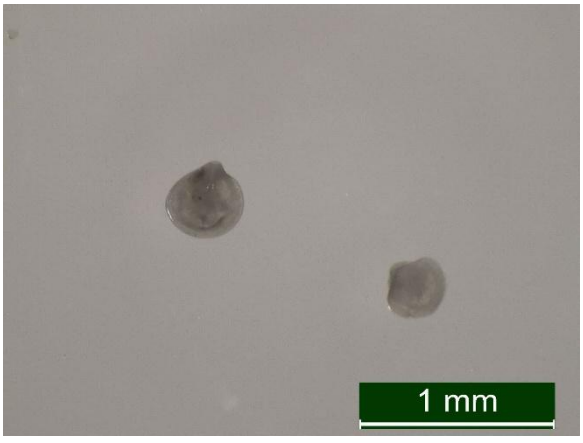
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Xenacoelomorpha **Clase:** Nemertodermatida	
Filo: Phoronida	 https://www.thebiologistapprentice.com/blog-archives/micro-cthulhu-zooplankton
Filo: Phoronida **Clase:** Anthozoa **Orden:** Actiniaria	 https://www.shutterstock.com/es/video/clip-1086803336-larva-sea-anemone-actiniaria-under-microscope-class

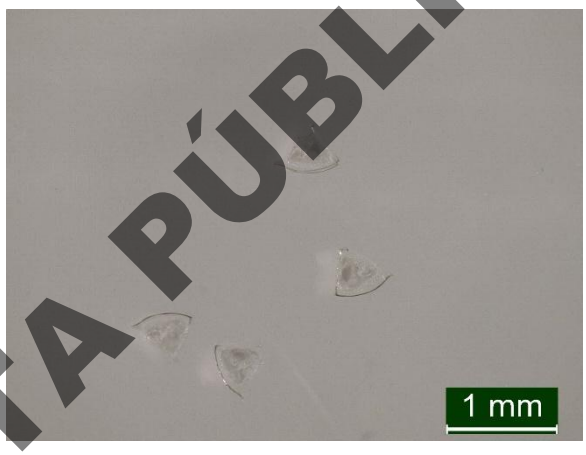
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Chaetognatha	
Filo: Mollusca **Clase:** Gastropoda	
Filo: Mollusca **Clase:** Gastropoda **Orden:** Pteropoda	

CONSULTA PÚBLICA

Filo: Mollusca **Clase:** Gastropoda **Orden:** Littorinimorpha (Heteropoda) **Familia:** Atlantidae **Género:** Atlanta	
Filo: Mollusca **Clase:** Gastropoda **Orden:** Nudibranchia	 https://enciclovida.mx/especies/4007902
Filo: Mollusca **Clase:** Bivalvia	

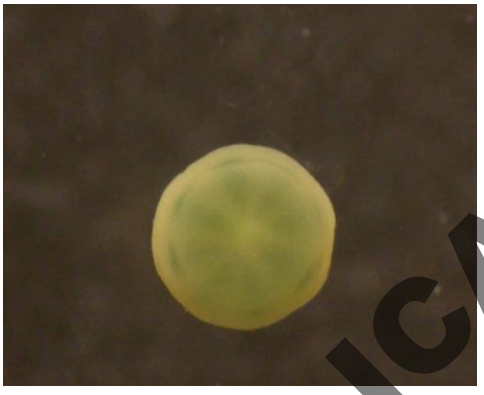
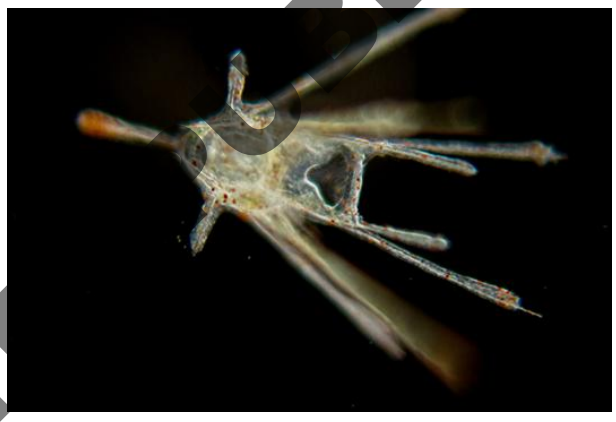
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Mollusca **Clase:** Cephalopoda	
Filo: Briozoa	
Filo: Cnidaria **Clase:** Hydrozoa **Orden:** Leptothecata **Familia:** Campanulariidae **Género:** Obelia	 http://sio-legacy.ucsd.edu/zooplanktonguide/species/obelia-spp

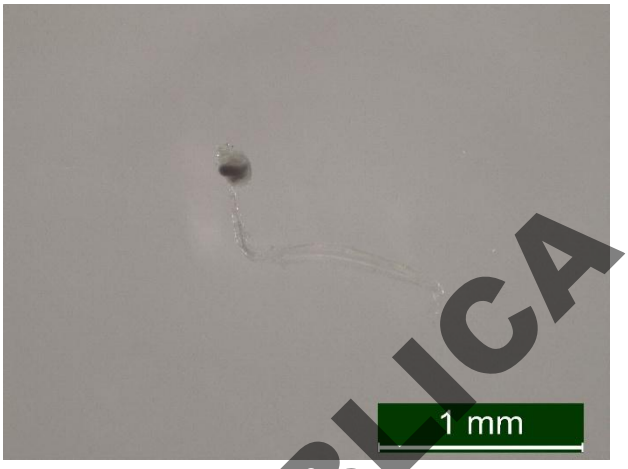
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Cnidaria **Clase:** Hydrozoa **Orden:** Anthoathecata **Familia:** Porpitidae **Género:** Porpita **Especie:** *Porpita porpita*	 https://enciclovida.mx/especies/47894
Filo: Cnidaria **Clase:** Hydrozoa **Orden:** Siphonophorae	
Filo: Ctenophora	 https://www.seawater.no/fauna/ctenophora/index.html

CONSULTA PÚBLICA

Filo: Cnidaria **Clase:**Anthozoa **Orden:** Zoantharia	
Filo: Echinodermata	 https://zooplankton.nl/en/diversity/echinoderms/
Filo: Chordata **Clase:** Thaliacea **Orden:** Salpidae **Familia:** Salpidae	 https://mexico.inaturalist.org/taxa/51104-Thaliacea

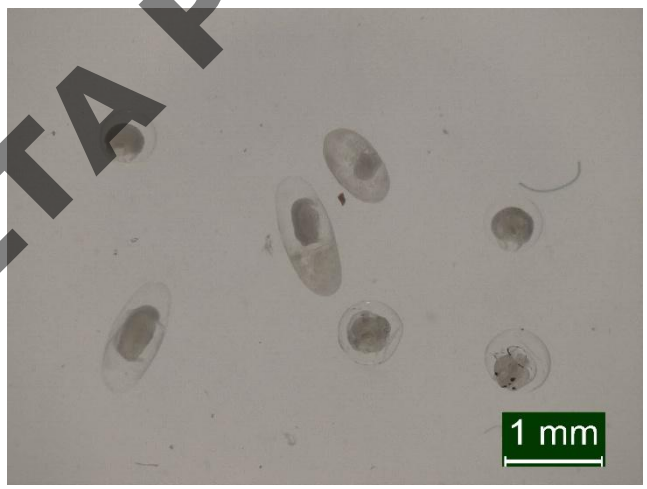
CONSULTA PÚBLICA

Filo: Chordata **Clase:** Appendicularia	
Filo: Brachiopoda	 https://www.mdpi.com/1424-2818/11/1/2
Filo: Platyhelminthes	 https://mapress.com/zt/article/view/zootaxa.5583.1.6

CONSULTA PÚBLICA

Filo: Tanaidacea	

CONSULTA PÚBLICA

Ictioplancton	
Filo: Chordata Larvas de peces	
Filo: Chordata Huevos de peces	

CONSULTA PÚBLICA

2. PECES

Los organismos fueron identificados empleando claves taxonómicas de Fisher et al. (1995), y sistemas de información en línea: Peces: Pacifico Oriental (Robertson et. al. 2024), FishBase (Froese and Pauly, 2024) y iNaturalist.org. Las fotografías fueron tomadas de especímenes frescos al momento del muestreo. El catálogo está integrado por fichas de identificación agrupadas por familia, se presentan en orden filogenético, las especies aparecen alfabéticamente por nombre científico; se incluye el nombre común el cual proporcionaron los propios pescadores de la localidad.

2.1. ACHIRIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Achirus klunzingeri, Steindachner, 1879.

NOMBRE COMÚN

Lenguado, suela plomiza, lenguado redondo plomizo, suela guardaboya.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo ovalado; ojos en el lado derecho; hocico redondeado; boca pequeña, arqueada, ligeramente por debajo del hocico; labio inferior en el lado de los ojos con flecos; margen frontal de la cabeza con tentáculos cortos; margen posterior del preopérculo visible como un surco cubierto con piel; aberturas branquiales amplias, unidas delante las aletas pélvicas; una abertura conecta las cámaras branquiales en ambos costados; origen de la dorsal ~ arriba del ojo; radios dorsales 59-63; radios anales 46-48; radios pectorales 2-5; pélvica en el lado de los ojos fusionada a la anal; pectorales presentes o ausentes; línea lateral desde la cabeza a la cola, recta, con ramas perpendiculares cruzando el cuerpo; cuerpo cubierto por escamas ásperas; escamas en el lado de los ojos con filamentos finos negros como pelos; la línea lateral con >77 escamas.

HÁBITAT

Especie demersal que habita fondos arenosos y fangosos en estuarios, lagunas costeras y zonas someras marinas.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	12.6	9.4	30

CONSULTA PÚBLICA

2.2. CARANGIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Caranx caballus Günther, 1868.

NOMBRE COMÚN

Cocinero, jurel, bonito, jurel cojinúa.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Color oliva claro a verde azulado oscuro en el dorso, en adultos cuerpo moderadamente comprimido, sin franjas verticales oscuras lóbulos de aletas dorsal y anal con una vaina escamosa basal relativamente estrecha; el ojo con un párpado adiposo moderadamente desarrollado; en la mandíbula superior una fila externa de caninos y una banda interna de dientes finos, branquiespinas 13-15; aletas pectorales más largas que la cabeza, radios dorsales VIII, radios anales II + I; aletas dorsal y anal no seguidas por aletillas, línea lateral con un arco anterior pronunciado, pero corto, escamas en la línea lateral en la parte recta 0-7, seguidas por 45-56 escudetes fuertes.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Sur de California a Chile, y todas las islas oceánicas; ocasionalmente registrado en abundancia en Hawái, pero no establecido allá.



HABITAT

Pelágico en aguas costeras y oceánicas. Se alimenta de peces, camarones y otros invertebrados.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E02	19°2'7.04"	104°19'25.43"
E07	19°1'43.19"	104°17'22. "
E11	19°1'1.70"	104°15'22.30"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	28.1	21.9	215
Min.	18.3	14.18	24.8
Prom.	23.68	17.69	131.91

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Caranx caninus Günther, 1867

NOMBRE COMÚN

Jurel toro

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

En adultos cuerpo modernamente comprimido, oblongo y moderadamente profundo; la boca alcanza detrás del ojo; en la mandíbula superior una fila externa de caninos y una banda interna de dientes finos, la mandíbula inferior con una fila de dientes; branquiespinas (excluyendo los rudimentos) 3-6 + 15-17; margen del cuerpo en la parte posterior de la cámara branquial sin papilas; aletas pectorales más largas que la cabeza; radios dorsales VIII + I, 19-21; radios anales II + I, 16-17; aletas dorsal y anal no seguidas por aletillas; línea lateral con un arco anterior pronunciado, moderadamente largo, parte recta con 35-42 escudetes fuertes; pecho sin escamaso, excepto por una pequeña área medial enfrente de las aletas pélvicas, en la base de la aleta pectoral.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El Sur de California al Golfo de California a Perú y la Islas de Revillagigedo, las Galápagos, del Coco y Malpelo.



HÁBITAT

Ambientes costeros, estuarios y lagunas costeras; juveniles frecuentes en zonas protegidas.

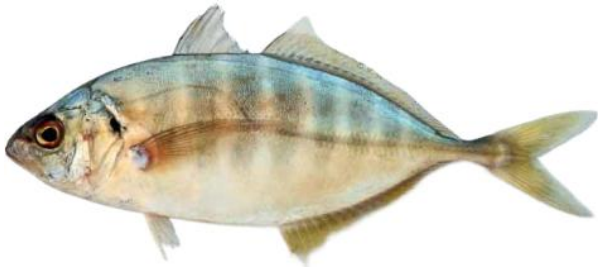
SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E02	19°2'7.04"	104°19'25.43"
E03	19°2'25.23"	104°19'11.78"
E04	19°1'50.82"	104°18'46.63"
EO6	19°2'16.25"	104°17'50.86"
E08	19°2'24.8"	104°16'41.09"
E10	19°1'34.11"	104°15'27.12"
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"
E19	18°58'09.06"	104°07'03.02"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso gr)
Máx.	25.4	195	215
Min.	15.1	11	34.2
Prom.	20.68	20	116.20

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Caranx vinctus Jordan & Gilbert, 1882.

NOMBRE COMÚN

Chocho, Jurel rayado, Jurel platanito.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Dorso azul grisáceo, vientre plateado con reflejos verde-dorados. Cuerpo alargado, moderadamente alto y comprimido, perfil dorsal convexo, perfil ventral recto anteriormente. Hocico levemente aguzado; párpado adiposo poco desarrollado; una hilera de caninos en cada mandíbula, orillada en la región anterior por una hilera interna, número de branquiespinas en el primer arco 11 o 12 en la rama superior, 28 a 30 en la inferior y 39 a 44 en total. Aleta dorsal con VIII espinas seguidas por I espina y 22 a 24 radios blandos; aleta anal con II espinas aisladas, seguidas por I espina y 18 a 21 radios blandos. Línea lateral anteriormente con una curva pronunciada y corta, número de escamas en la porción recta de 0 a 4, seguidas por 46 a 53 fuertes escudetes.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Del sur de California a los 2/3 inferiores del Golfo de California central y Perú y Malpelo.



HABITAT

Especie pelágica que habita en aguas costeras y oceánicas, hasta unos 30 metros de profundidad.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E18	18°59'14.99"	104°09'12.27"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	22.4	17	195
Min.	198	15	75.4
Prom.	21.1	16	100.2

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Choroscombrus orqueta, Jordan & Gilbert, 1883

NOMBRE COMÚN

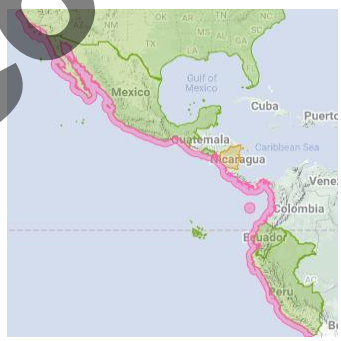
Catalina, horqueta del pacifico, orqueta, jurel pardo, jurel citarina.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Ventral más convexo que el dorsal. Hocico corto y romo, ojo con un discreto parpado adiposo, boca pequeña y oblicua, extremo posterior de la mandíbula superior situado muy poco por delante de una línea vertical a través del borde anterior del ojo, ambas mandíbulas con dientes dispuestos en franjas estrechas, número de branquiespinas en el primer arco: 9-12 en la rama superior, 30-38 en la inferior y 39-50 en total. Aleta dorsal con VIII espinas seguidas por I espina y 26-29 radios blandos; aleta anal con II espinas aisladas, seguidas por I espina y 26-29 radios blandos. Pecho enteramente escamoso. El color del dorso, cuerpo y cabeza oscuro (azul metálico), flancos y vientre plateados.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Es un género tropical restringido al Pacífico Oriental (una especie endémica) y al Atlántico (una especie endémica).



HÁBITAT

Zonas costeras, lagunas costeras y estuarios, generalmente en cardúmenes.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E02	19°2'7.04"	104°19'25.43"
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	19.5	15	95
Min.	14.4	10.4	21.8
Prom.	15.73	11.78	30.43

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Selar crumenophthalmus Bloch, 1793

NOMBRE COMÚN

Ojotón, charrito ojón, jurel ojo grande.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo alargado, color azul metálico a verde azulado arriba desvaneciéndose a blanco abajo, algunas veces presenta una franja amarilla desde el margen del opérculo a la base superior de la base de la aleta caudal. Cuerpo fusiforme, ojo cubierto con un párpado seboso y que tiene una hendidura vertical en el centro; margen del hueso en la parte posterior de la cámara branquial con dos papilas, la más pequeña arriba y la más pequeña abajo; branquiespinas 9-12, radios dorsales VIII + I, 24-27; 2 aletas muy juntas, sin espinas libres al frente.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Mares tropicales y subtropicales; la parte central de la Baja y el Golfo de California a Ecuador y las Islas Oceánicas.



HABITAT

Costero. Planctívoro

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E05	19°2'46.01"	104°18'39.89"
E10	19°1'34.11"	104°15'27.12"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	23	18	158.2
Mín.	17.5	13.1	62
Prom.	21.05	16.34	116.97

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Centropomus robalito, Jordan & Gilbert, 1882.

NOMBRE COMÚN

Constantino, róbalo aletas amarillas, robalito

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo oblongo, alargado y comprimido; perfil superior de la cabeza levemente cóncavo a recto; boca grande y protáctil, mandíbula inferior proyectante; el margen de preopérculo aserrado; branquiespinas 21-25 (19-26);radios dorsales VIII (3ra usualmente > 4ta) + I, 10 (raramente 9 u 11); radios anales III, 6 (raramente 7), segunda espina muy fuerte, mucho más larga que la tercera, llega o pasar el nivel de la base de la aleta caudal cuando se baja, y claramente excede en longitud al radio anal más largo; aletas pélvicas insertadas justo detrás de la base pectoral, con I espina fuerte y 5 radios blandos; radios pectorales 14-16 (usualmente 15); escamas de la línea lateral 47-55 (usualmente 50-54); escamas alrededor del pedúnculo caudal 18-22 (usualmente 19-21); 5-5.5 escamas entre la línea lateral y la segunda aleta dorsal.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La parte sur del Golfo de California a Ecuador.



HÁBITAT

Estuarios, lagunas costeras, manglares y zonas costeras someras.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E02	19°2'7.04"	104°19'25.43"
E07	19°1'43.19"	104°17'22.91"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"
E19	18°58'09.06"	104°07'03.02"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	28	22.2	219
Mín.	18	14.3	50
Prom.	23.68	18.67	131.11

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Centropomus viridis Lockington, 1877.

NOMBRE COMÚN

Róbalo plateado, róbalo blanco.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo plateado con línea lateral negruzca, aletas dorsal, caudal y anal oscuras. El cuerpo es oblongo, alargado, relativamente esbelto y comprimido, perfil superior de la cabeza levemente cóncavo; estrecho entre los ojos, boca grande y protráctil, el margen del preopérculo aserrado, con 14 branquiespinas; 8 radios dorsales, 3 radios anales, la segunda y tercera espina anales relativamente cortas y delgadas, más o menos iguales en tamaño, no exceden la longitud del radio anal más largo, aletas pélvicas insertadas justo detrás de la base pectoral, con I espina fuerte y 5 radios blandos; radios pectorales 14-16, con 88 escamas de la línea lateral, escamas alrededor del pedúnculo cauda 25-30. Alcanza un tamaño de 131 cm y un peso de 23.8 kg.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Baja California Sur y el Golfo de California Central al sur de Ecuador y las Galápagos.



HABITAT

Costero, Bentónico, fondos blandos, se encuentra generalmente en bahías, esteros y partes bajas de cauces de agua dulce.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna Cuyutlán	Coordenadas	
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	36	29.8	365
Mín.	25.5	20.5	115
Prom.	30.75	25.15	240

CONSULTA PÚBLICA

2.3. CHAENIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Chanos chanos, Forsskål, 1775

NOMBRE COMÚN

Sábalo, sabalote, chano.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Un cuerpo alargado y moderadamente comprimido; cabeza puntiaguda; ojo grande; boca pequeña, abre al frente, sin dientes; una aleta dorsal a medio cuerpo; pélvicas por debajo de la aleta dorsal; aleta anal pequeña, muy por detrás de la dorsal; aleta caudal grande bifurcada; escamas pequeñas, lisas; línea lateral presente, recta, en toda la longitud del cuerpo. Plateado; superficies superiores (interiores) de las aletas pectorales y pélvicas negras.

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	57	39	985
Mín.	24.5	18.5	1.205
Prom.	36.37	26.73	354

HÁBITAT

Costero, lagunas, estuarios y ocasionalmente aguas abiertas.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E01	19°1'50.82"	104°19'44.56"
E03	19°2'25.23"	104°19'11.78"
E05	19°2'46.01"	104°18'39.89"
E07	19°1'43.19"	104°17'22.91"
E08	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
E12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
E13	18° 59'57.61"	104°14'17.84"
E14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
E16	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
E17	18° 56'25.67"	104°02'58.58"
E19	18° 58'09.06"	104°07'03.02"

2.4.

CONSULTA PÚBLICA

2.4. DOROSOMATIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Ophistonema bulleri, Regan, 1904

NOMBRE COMÚN

Sardina crinuda azul, machuelo hebra fina, sardina gallera fina.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo relativamente delgado, su altura ~ 31% del LE; boca abre al frente, oblicua, corta, sin muesca al frente de las mandíbulas superiores; dientes pequeños y cónicos; mandíbula superior de 2 huesos con dientes; 25-36 branquiespinas inferiores; branquiespinas centrales (ceratobranquiales) con base oblicua al cuerpo de las branquiespinas, con el cuerpo de las branquiespinas densamente cubierto de pequeñas espículas a lo largo de su longitud; hombro abajo el borde del opérculo con 2 solapas carnosas; dorsal más o menos a medio punto en el cuerpo, último radio largo y filamentoso pero no alcanza la aleta caudal ; aleta pectoral corta, no alcanza debajo la aleta dorsal ; aleta anal con la base más corta que la cabeza, su origen muy por detrás de la aleta dorsal; 7 radios pélvicos ramificadas; barriga con una quilla de escudetes antes y después de las pélvicas; escamas relativamente pequeñas (< 50 en la serie lateral), arregladas irregularmente.

HÁBITAT

Costero, estuarios y lagunas; forma cardúmenes.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"
E18	18°59'14.99"	104°09'12.27"

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	22.2	18	106
Mín.	16.9	13	10

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Opisthonema libertate, Günther, 1867

NOMBRE COMÚN

Sardina crinuda, sardina gallera común, sardina gallera pecosa, machuelo hebra del Pacífico, arenque de hebra común

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo moderadamente alto, su altura ~ 38% del LE; boca abre al frente, oblicua, corta, sin muesca al frente de las mandíbulas superiores; dientes pequeños y cónicos; mandíbula superior de 2 huesos con dientes; 63-110 branquiespinas inferiores; branquispinas centrales (ceratobranquiales) con base alineada con cuerpo de las branquispinas, con el cuerpo de las branquispinas sin espículas a lo largo de su longitud.; hombro abajo el borde del opérculo con 2 solapas carnosas; dorsal más o menos a medio punto en el cuerpo, último radio largo y filamentoso, casi alcanza la base de la aleta caudal; aleta pectoral larga, pasando el origen de la aleta dorsal; aleta anal con la base más corta que la cabeza, su origen muy por detrás de la aleta dorsal; 7 radios pélvicos ramificadas; barriga con una quilla de escudetes antes y después de las pélvicas, escamas relativamente pequeñas (< 50 en la serie lateral), arregladas irregularmente.

HÁBITAT

Ambientes costeros y estuarinos; común en lagunas costeras.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"
E18	18°59'14.99"	104°09'12.27"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	28.8	18	105
Mín.	15	11.5	33
Prom.	18.9	15.08	66.78

CONSULTA PÚBLICA

2.5. ELOPIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Elops affinis, Regan, 1909.

NOMBRE COMÚN

Chile, machete del Pacífico, pez torpedo.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo largo, delgado; boca larga abre hacia el frente, y se extiende hasta detrás del ojo; dientes pequeños, granulares, en las mandíbulas, paladar, la lengua y las bases de los arcos branquiales; branquiespinas (excluyendo rudimentos), 10-11 + 16-20; una placa ósea alargada por debajo del mentón y entre las mandíbulas inferiores; una sola aleta dorsal en el centro del dorso, 21-25 radios; aletas pélvicas bajas a los lados, directamente por debajo del origen de la dorsal; aletas pectorales 16-17, bajo el costado justo detrás de la abertura branquial; radios anales 14-17; aleta caudal notablemente bifurcada; línea lateral completa y recta; todas las aletas sin espinas; escamas chicas, de 100-120 en la línea lateral.

HÁBITAT

Estuarios, lagunas costeras y aguas marinas someras.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"
E17	18°56'25.67"	104°02'58.58"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	42	31.7	605
Mín.	24.8	19.8	25
Prom.	31.2	24.45	215

CONSULTA PÚBLICA

2.6. ENGRAULIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Anchovia macrolepidota, Kner, 1863.

NOMBRE COMÚN

Huesuda, anchoveta escamuda, anchoa escamas grandes.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo alto, fuertemente comprimidos; hocico corto (< ¾ diámetro ocular) puntiagudo; mandíbula superior relativamente corta, extendiéndose sobre el preopérculo, su extremo posterior puntiagudo; dientes muy finos en la mandíbula inferior; espinas branquiales finas y delgadas, branquiespinas inferiores 70-135, 70 a 5 cm de LE, 100 a 8-13 cm y 120-135 en peces grandes, ninguna en la cara posterior del 3er arco; la membrana branquial no se une a través por debajo de las branquias; aleta dorsal 15, origen casi a medio cuerpo; la pectoral alcanza la base pélvica; base de la aleta anal larga, iii, 26-29 radios, el origen está por debajo ~ el centro de la base de la dorsal. Azulado en el dorso, plateado abajo; una banda plateada algunas veces a lo largo del centro del costado, pero no en adultos; aletas amarillentas, caudal con borde oscuro.

HÁBITAT

Costero, estuarino y lagunar; forma cardúmenes.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	27.7	25.5	25

CONSULTA PÚBLICA

2.7. GERREIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Diapterus brevirostris, Sauvage, 1879

NOMBRE COMÚN

Malacapa, mojarra aletas amarillas, palmito aleta amarilla

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo color plateado, aletas pélvicas y anales amarillentas. Tiene un cuerpo romboidal comprimido, el perfil ventral de la cabeza cóncavo muy distintivo, la boca es muy protráctil y se extiende hacia abajo cuando se proyecta, el margen inferior del preopérculo finamente serrado, hueso por debajo de la parte frontal del ojo y por arriba de la mandíbula superior con un borde liso, todos los dientes dentro de la garganta son puntiagudos, tiene IX radios dorsales, radios anales III, 8, aletas pectorales relativamente largas, escamas en la parte anterior del cuerpo no más grandes que las posteriores.

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	19.3	14.5	115
Mín.	14	10.1	26.6
Prom.	16.73	12.12	66.35

HÁBITAT

Estuarios, lagunas costeras y fondos arenosos.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E08	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
E09	19°1'9.74"	104°15'60.00"
E12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
E13	18°59'57.61"	104°14'17.84"
E14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

NOMBRE CIENTÍFICO

Gerres simillimus (G. cinereus) Cuvier, 1830.

NOMBRE COMÚN

Mojarra rayada del Pacífico, mojarra amarilla.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo comprimido y bastante alto. Boca fuertemente protráctil, extremo posterior del maxilar situado por debajo del borde anterior del ojo, borde del preopérculo liso. Aleta dorsal escotada, segunda a cuarta espina mucho más larga que las demás. Aleta anal con III espinas y 7 radios blandos; segunda espina anal moderadamente larga; aletas pectorales largas extendiéndose más allá del ano. Color de cuerpo plateado con 8 o 9 franjas verticales azules en los flancos y franjas longitudinales oscuras poco evidentes. Aletas pélvicas y anal amarillentas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El sur de Baja California y los 2/3 inferiores del Golfo de California a Perú y las Galápagos.

HABITAT

Vive en aguas costeras y especialmente, en pequeñas áreas estuarinas salobres también penetra en la parte baja de los ríos. Omnívoro.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E13	18°59'57.61"	104°14'17.84"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	22.1	16.4	710

2.8. HAEMULLIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Haemulopsis elongatus Steindachner, 1879.

NOMBRE COMÚN

Ronco trompudo, ronco alargado.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo alargado, plateado, hocico relativamente largo, perfil de la cabeza recto, boca pequeña, relativamente oblicua, mentón con dos pares de poros, par posterior en una foseta profunda, preopérculo finamente aserrado, branquiespinas inferiores 10-14, aleta dorsal XII, continua, con hendidura entre las partes espinosa y suaves, radios anales III, la tercera espina anal al ser plegada con el cuerpo, solo alcanza la base del penúltimo radio anal, la aleta pectoral es más corta que la cabeza, escamas del cuerpo sin escamas accesorias pequeñas, dorsal suave y anal con escamas entre los radios así como también con una vaina escamada en la base.

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	24.2	19.5	181
Min.	19	15.2	80
Prom.	21.65	17	124.3

HABITAT

Costero, prefiere fondos suaves. Carnívoro.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E01	19°1'50.82"	104°19'44.56"
E02	19°2'7.04"	104°19'25.43"
E06	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
E07	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
E08	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
E09	19° 1'9.74"	104°15'60.00"
E10	19° 1'34.11"	104°15'27.12"
E12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"

CONSULTA PÚBLICA

2.9. LUTJANIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Lutjanus argentiventris Peters, 1869

NOMBRE COMÚN

Alazán, pargo amarillo.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo relativamente alto, moderadamente comprimido. Perfil anterior del cabeza muy empinado, hocico algo puntiagudo, preopérculo con escotadura y tubérculo poco acentuados, placa de dientes vomerinos triangular o semilunar, con una extensión posterior mediana larga, lengua con un área de dientes granulares, 12 o 13 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial. Aleta dorsal con X espinas y 14 radios blandos; aleta anal con III espinas y 8 radios blandos, aleta caudal emarginada. Serie de escamas en el dorso paralelas a la línea lateral.

Color rosáceo-rojizo anteriormente, pero anaranjado o amarillo intenso en la mayor parte del cuerpo.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El sur de California al Golfo de California y a Perú, incluyendo todas las islas oceánicas menos Clipperton.



HABITAT

Vive en arrecifes rocosos y coralinos costeros, hasta por lo menos 60 m de profundidad. Carnívoro, se alimenta de invertebrados y peces.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	21	16.7	125

CONSULTA PÚBLICA

2.10. MUGILIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Mugil cephalus, Linnaeus, 1758

NOMBRE COMÚN

Lisa cabezuda, Lisa común, lisa pardete, lisa rayada

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Cuerpo moderadamente alargado, robusto, subcilíndrico, cabeza ancha y achatada dorsalmente, boca pequeña que abre hacia al frente, ojos cubiertos parcialmente por parpados adiposos, labios delgados, un bulto al frente de los labios inferiores, fila externa de dientes en las mandíbulas, dos aletas dorsales cortas muy espaciadas, la primera con IV espinas delgadas, la segunda con 9 o 10 radios blandos. Aletas pectorales altas en el costado, el primer radio duro, pélvicas insertadas por detrás de la base pectoral, aleta caudal bifurcada, escamas moderadas a grandes, ásperas en el cuerpo de adultos.

Color del dorso azul o aceitunado oscuro, verdoso o grisáceo, flancos plateados, con 3 a 9 estrías bien definidas.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Sur de California al Golfo de California a Perú y las Galápagos.



HÁBITAT

Estuarios, lagunas costeras, manglares y zonas marinas costeras.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E02	19°2'7.04"	104°19'25.43"
E03	19°2'25.23"	104°19'11.78"
E05	19°2'46.01"	104°18'39.89"
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"
E19	18°58'09.06"	104°07'03.02"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	33.6	26.7	340
Min.	27.1	21.4	195
Prom.	30	23.90	261.8

CONSULTA PÚBLICA



NOMBRE CIENTÍFICO

Mugil setosus, Gilbert, 1892.

NOMBRE COMÚN

Lisa, liseta.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Gris por encima, plateado por debajo; escamas de los costados sin líneas oscuras, pélvicas pálidas, otras aletas oscuras; la caudal con margen negro. Cuerpo comprimido, perfil inferior más convexo que el superior; cabeza grande; ojos con párpados transparentes bien desarrollados; boca oblicua pequeña que abre al frente, labios delgados, un bulto al frente de los labios inferiores; dientes grandes, con una punta, los de la hilera exterior grandes , con tallos redondeados, aquellos sobre el labio superior en varias series, dos aletas dorsales cortas muy espaciadas entre sí, IV + I, 8, segunda dorsal fuertemente cóncava en el posterior, origen ligeramente detrás de la aleta anal, ambas dorsales son relativamente altas, aleta anal III, 9 (juveniles 10), en el borde posterior fuertemente cóncavo, aletas pectorales altas en el costado.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Baja California y el Golfo de California hasta Perú, las Islas Revillagigedo, Isla del Coco y las Galápagos.



HÁBITAT

Ambientes estuarinos y lagunas costeras, tolerante a variaciones de salinidad.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E07	19°1'43.19"	104°17'22.91"
E08	19°2'24.8"	104°16'41.09"
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"
E15	18°59'56.18"	104°11'32.34"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	31.8	25.3	310
Min.	24.3	19.4	140
Prom.	27.73	22.21	205.18

CONSULTA PÚBLICA

2.11. SCIANIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Larimus acclivis Jordan & Bristol, 1898.

NOMBRE COMÚN

Boquinete, corvina ñata rayada.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Color gris plateado, más oscuro en el dorso, flancos con estrías negras bien evidentes a lo largo de las hileras de escamas. Cuerpo moderadamente corto, dorso fuertemente arqueado. Boca grande, fuertemente oblicua, la mandíbula inferior proyectada hacia arriba; extremo del mentón con 4 poros, hocico con 5 poros marginales a lo largo de su borde inferior y 3 poros dorsales; dientes pequeños, dispuestos en una sola hilera, ojo grande, borde preopercular liso, branquiespinas largas y delgadas, su número en el primer arco branquial, 18 a 22 en total y 13 a 16 en la rama inferior. Aleta dorsal con 11 espinas y 27 a 30 radios blandos, la segunda parte de la aleta de base larga; aleta anal con II espinas y 6 radios blandos.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Baja California Sur y el este del Golfo de California al norte de Perú.



HABITAT

Vive en aguas costeras y lagunas.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E10	19°1'34.11"	104°15'27.12"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	21.2	17.3	115

CONSULTA PÚBLICA

2.12. SCOMBRIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Euthynnus lineatus Kishinouye, 1920

NOMBRE COMÚN

Barrilete negro

HABITAT

Solo marino.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Alargado, fusiforme; sin párpado gordo; dientes de la mandíbula son delgados, cónicos; parte de arriba de la lengua con 2 crestas cartilaginosas; 33-39 branquiespinas; 1ra aleta dorsal X-XV; frente de la 1ra dorsal es alta; solo una pequeña separación entre las dos aletas dorsales; ~ 9 aletillas dorsales y ~ 7 aletillas anales; hueso entre la base de las pélvicas es corta, bifurcada; pectorales con 25-29 radios; dos quillas pequeñas separadas por una quilla más grande en la base de la cola; corselete de escamas grandes y gruesas en el parte frontal del cuerpo, cuerpo no escamado por detrás del corselete.

Azul oscuro en el dorso, con un área de 5-6 franjas negras horizontales en el dorso, que se extiende hacia adelante hasta debajo de la parte anterior de la primera aleta dorsal; parte inferior del costado y el vientre plateados.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E31	18°58’27.44"	104°12’29.60"
E33	18°54’13.48"	104°03’09.45"

LONGITUD Y PESO

	Lt (cm)	Ls (cm)	Peso (gr)
Máx.	56	49.5	2840
Mín.	50.7	45.4	1855
Prom.	54.14	47.61	2137.85

CONSULTA PÚBLICA

2.13. PORTUNIDAE



NOMBRE CIENTÍFICO

Callinectes arcuatus

NOMBRE COMÚN

Jaiba azul del Pacífico, jaiba cuata.

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Crustáceo decápodo con caparazón verdoso-amarillento o marrón moteado, destacando por sus patas y tenazas de color azul brillante y un par de patas traseras aplanadas en forma de remo para nadar. Presenta un caparazón ancho con espinas laterales prominentes, alcanzando hasta 18-24 cm de ancho y 600g.

Los machos tienen un abdomen estrecho en forma de "T" invertida, mientras que las hembras maduras tienen un abdomen ancho y redondeado.

Para crecer, cambian su exoesqueleto duro periódicamente, pasando por una fase de "jaiba suave" inmediatamente después de la muda

HABITAT

Zonas estuarinas de baja profundidad y también en lagunas.

Depredadores, omnívoros oportunistas, detritívoros, carnívoros y caníbales.

SITIO DE LOCALIZACIÓN

Laguna de Cuyutlán	Coordenadas	
E02	19° 2'7.04"	104°19'25.43"
E03	19°2'25.23"	104°19'11.78"
E06	19°2'16.25"	104°17'50.86"
E14	19°0'21.14"	104°13'07.56"

LONGITUD Y PESO

	A.C. (cm)	L.C. (cm)	Peso entero
Máx.	10.4	30.7	90
Mín.	6.6	3.4	19
Prom.	8.31	4.88	42.61

CONSULTA PÚBLICA

3. BENTOS

3.1. Clase Bivalva

	**Taxonomía**: **Familia Ostreidae** **Género Crassostrea** **Especie: *C. iridescens*** (Samuel Hanley, 1854)
	**Taxonomía**: **Familia Ostreidae** **Género Saccostrea** **Especie: *S. palmula*** (P.P. Carpenter, 1857)
	**Taxonomía**: **Familia Veneridae** **Género Chione** **Especie: *C. gnidia*** (Broderip & G.B.Sowerby I, 1829)

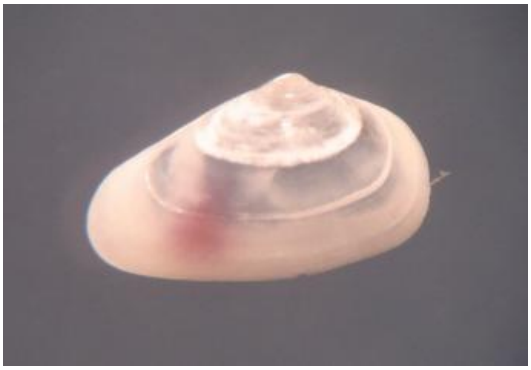
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Familia Arcidae** **Género Anadara** **Especie: *A. tuberculosa*** (Linnaeus, 1758)
	**Taxonomía**: **Familia Psammobiidae** **Subfamilia Solecurtinae** **Género Tagelus** (Gray, 1847) **Especie: *T. longisinuatus*** (Pilsbry &Olsson, 1932)
	**Taxonomía**: **Familia: Cardiidae** **Subfamilia Fraginae** **Género Trigoniocardia** (Dall, 1900) **Especie *Trigoniocardia obovalis*** (Sowerby, 1833)

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Familia: Mytilidae** **Subfamilia: Mytilinae** **Género Mytella** (Soot-Ryen, 1955) **Especie: *M. strigata*** (Hanley, 1843)
	**Taxonomía**: **Familia: Corbulidae** **Género Corbula** *(Bruguiére, 1797)* **Especie: *Corbula porcella*** *(Dall, 1916)*
	**Taxonomía**: **Familia: Lucinidae** **Género Ctena** (Conrad, 1865) **Especie: *C. mexicana***

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Familia:Tellinidae** **Género Tellina** (Linnaeus, 1758) **Especie:** ***Tellina sp***

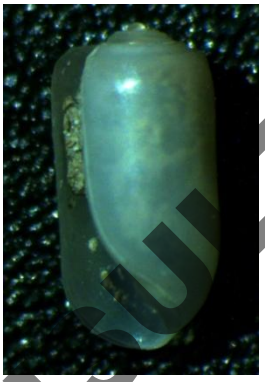
	**Taxonomía**: **Familia:Crassitellidae** **Subfamilia: Scambulinae** **Género Crassinella** (Guppy, 1874) **Especie:** ***C. mexicana*** (C.B. Adams, 1852)

3.

	**Taxonomía**: **Familia: Cardiidae** **Subfamilia: Fraginae** **Género Trigoniocardia** (Dall, 1900) **Especie:** ***T. obovalis*** (Sowerby, 1833)

CONSULTA PÚBLICA

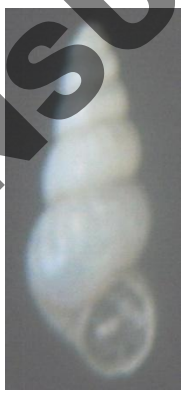
3.2. Clase Gasterópoda

	**Taxonomía**: **Familia Murcidae** **Género Picopurpura** **Especie: *P. columellaris*** (Lamarck, 1816)
	**Taxonomía**: **Clase Gasterópoda** **Familia: Scaphandridae** **Género Acteocina** (Gray, 1847) **Especie: *A. infrequens*** (C.B.Adams, 1852)
	**Taxonomía**: **Familia: Rissoellidae** **Género Rissoella** (J. E. Gray, 1847) **Especie: *R. excolpa*** (Bartsch, 1920)

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Familia: Cerithioidea** **Subfamilia: Thiarinae** **Género Thiara** **Especie: *Thiara sp***
	**Taxonomía**: **Familia:Rissoidae** **Subfamilia: Rissoinae** **Género Alvinia** **Especie: *Alvinia sp***
	**Taxonomía**: **Familia: Barleeidae** **Subfamilia: Barleeinae** **Género Barleeia** **Especie: *Barleeia sp***

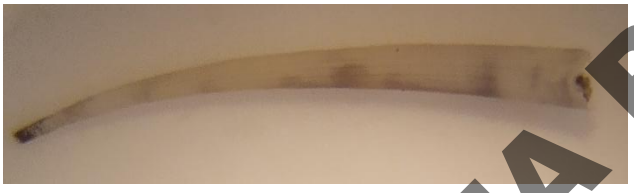
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Familia: Vitrinellidae** **Género Solariorbis** (Conrad, 1865) **Especie: *Solariorbis sp.***
	**Taxonomía**: **Familia: Vitrinellidae** **Género Teinostoma** (H. & A. Adams, 1853) **Especie: *Teinostoma (P.) amplectans*** (Carpenter, 1857)
	**Taxonomía**: **Familia: Pyramidellidae** **Subfamilia: Turbonillinae** **Género Turbonilla** (Risso, 1826) **Especie: *Turbonilla sp.***

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Familia: Pyramidellidae** **Subfamilia: Odostomiinae** **Género Odostomia** (Fleming, 1813) **Especie: *Odostomia sp***

3.3. Clase **Scaphopoda**

	**Taxonomía**: **Familia**: **Dentaliidae** **Género: Dentalium** (Linnaeus, 1758) **Especie: *Dentalium oerstedii*** (Morch, 1860

3.4. Clase Cirripedia

	**Taxonomía**: **Familia**: **Balanidae** **Género: Balanus** (Da Costa, 1778) **Especie: *Balanus Anfitrite*** (Darwin, 1854)

CONSULTA PÚBLICA

4. FAUNA (TERRESTRE)

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** serpiente. Bejuquilla Café **Nombre Científico:** ***Oxybelis microphthalmus***
	**Taxonomía**: **Nombre Común :** Lagartija espinosa de hocico negro **Nombre Científico:** ***Sceloporus melanorhinus***
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Coatí **Nombre Científico:** *Nasua narica*

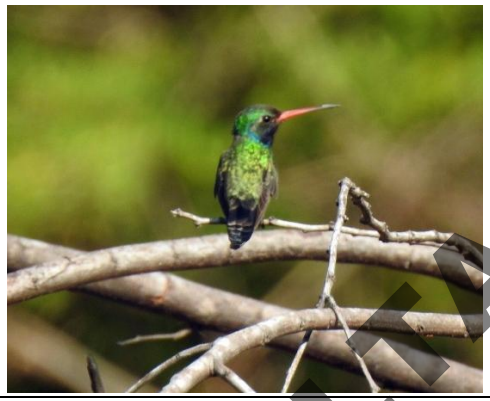
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Zorro gris **Nombre Científico:** ***Urocyon cinereoargenteus***
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Playero alzacolita **Nombre Científico:** *Actitis macularia* **Descripción :** especie diurna, visitante de invierno, con amplia distribución en América, presente en ambientes dulceacuícolas, salobres y marinos.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garza blanca **Nombre Científico:** *Ardea alba* **Descripción :** especie diurna, presente en ambientes dulceacuícolas..

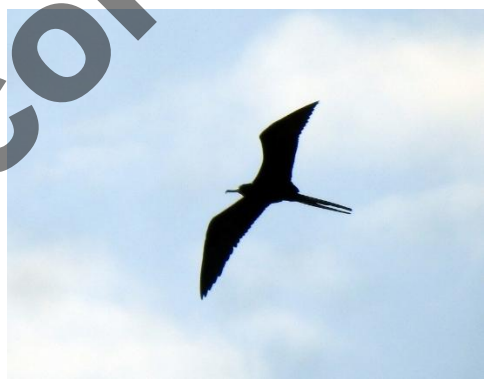
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garza morena **Nombre Científico:** *Ardea herodias* **Descripción :** especie diurna, residente, presente en ambientes dulceacuícolas
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garcita verdosa **Nombre Científico:** *Butorides viricens* **Descripción :** especie diurna, residente, , presente en ambientes dulceacuícolas.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Tórtola cola larga **Nombre Científico:** *Columbina inca* **Descripción:** especie diurna, residente, presente en ambientes terrestres.

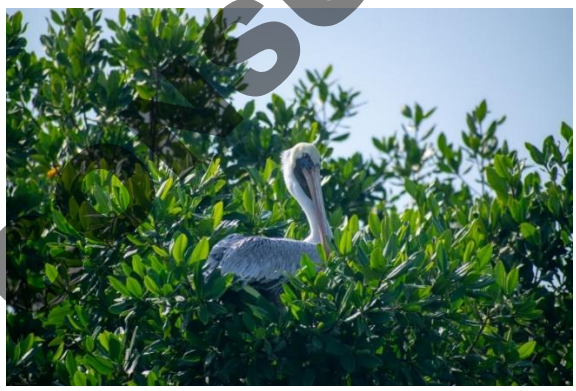
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garrapatero pijuy **Nombre Científico:** *Crotophaga sulcirostris* **Descripción :** especie diurna, residente, con amplia distribución en México y Centroamérica, presente en ambientes terrestres.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Colibrí de pico ancho **Nombre Científico:** *Cynanthus latirostris* **Descripción :** especie diurna, residente, , presente en ambientes terrestres.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garza azul **Nombre Científico:** *Egretta caerulea* **Descripción :** especie diurna, residente, con amplia distribución en América, presente en ambientes dulceacuícolas.

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garza tricolor **Nombre Científico:** *Egretta tricolor* **Descripción :** especie diurna, residente, presente en ambientes dulceacuícolas.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Ibis blanco (Izquierda) Zarapito trinador (derecha) **Nombre Científico:** *Eudocimus albus* (Izquierda) *Numenius phaeopus* (derecha) **Descripción:** Dos especies compartiendo el hábitat. Especies de la izquierda es diurna, y presente en ambientes dulceacuícolas y la especie de la derecha es diurna, visitante de invierno, con amplia distribución Mundial, presente en ambientes dulceacuícolas y marinos.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Fregata tijereta **Nombre Científico:** *Fegrata magnificens.* **Descripción :** especie diurna, residente, presente en ambientes marinos.

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Monjita **Nombre Científico:** *Himantopus mexicanus* **Descripción :** especie diurna, presente en ambientes dulceacuícola
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Garza nocturna de corona clara **Nombre Científico:** *Nyctanassa violácea* **Descripción :** especie nocturna y diurna, , presente en ambientes dulceacuícola.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Pelicano pardo **Nombre Científico:** *Pelecanus occidentalis* **Descripción :** especie diurna, residente, presente en ambientes dulceacuícolas y marinos.

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Espátula rosada **Nombre Científico:** *Platalea ajaja* **Descripción :** especie diurna, residente, presente en ambientes dulceacuícolas
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Zanate mexicano **Nombre Científico:** *Quiscalus mexicanus* **Descripción :** especie diurna, residente, con amplia distribución en América, presente en ambientes terrestres
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Avoceta americana **Nombre Científico:** *Recurvirostra americana* **Descripción :** especie diurna, residente, presente en ambientes dulceacuícolas

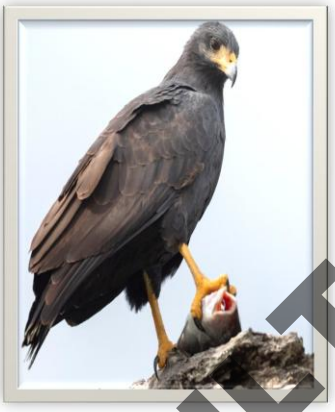
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Chipe amarillo **Nombre Científico:** *Setophaga petechia* **Descripción :** especie diurna, visitante de invierno, con amplia distribución desde Norteamérica al norte de Sudamérica, presente en ambientes terrestres.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Playero aliblanco **Nombre Científico:** *Tringa semipalmata* **Descripción :** especie diurna, visitante de invierno, con amplia distribución en América y Europa, presente en ambientes dulceacuícolas, salobres y marinos
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Culebrita negra del Pacífico **Nombre Científico:** *Tantilla calamarina* **Descripción:** especie diurna, residente, reptil endémico de México, presente en ambientes terrestres

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Orden: Squamata Familia: Teiidae Nombre científico: Aspidoscelis lineattissimus Nombre común: Huico de líneas de Jalisco NOM-059: Sujeta a Protección Especial (Pr) UICN: Preocupación menor (Lc) CITES: No considerado ENDEMISMO: **Endémica**
	**Taxonomía**: Orden: Squamata Familia: Teiidae Nombre científico: Aspidoscelis communis Nombre común: Huico moteado gigante NOM-059: Sujeta a Protección Especial (Pr) UICN: Preocupación menor (Lc) CITES: No considerado ENDEMISMO: **Endémica**
	**Taxonomía**: Orden: Squamata Familia: Boidae Nombre científico: Boa sigma Nombre común: Mazacuata NOM-059: Amenazada (A) UICN: Preocupación menor (Lc) CITES: **Apéndice II** ENDEMISMO: **Endémica**

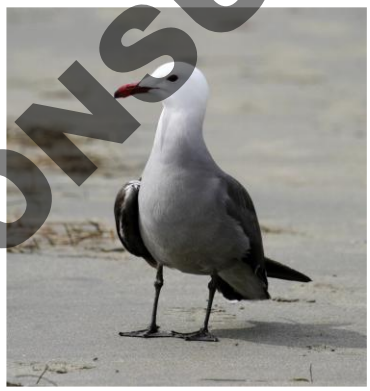
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Orden: Accipitriformes Familia: Accipitridae Nombre científico: Buteo albonotatus Nombre común: Aguililla aura NOM-059: Sujeta a Protección Especial (Pr) UICN: Preocupación menor (Lc) CITES: **Apéndice II** ENDEMISMO: **Nativa**
	**Taxonomía**: Familia: Accipitridae Nombre científico: *Buteogallus anthracinus* Nombre común: Aguililla Negra Menor NOM-059: **Sujeta a protección especial (Pr)** ICUN: **Preocupación menor (LC)** CITES: Apéndice II ENDEMISMO: Nativa
	**Taxonomía**: Orden: Crocodylia Familia: Crocodylidae Nombre científico: *Crocodylus acutus* Nombre común: Cocodrilo de rio NOM-059: **Sujeta a protección especial (Pr)** ICUN: **Vulnerable (VU)** CITES: Apéndice II ENDEMISMO: Nativa

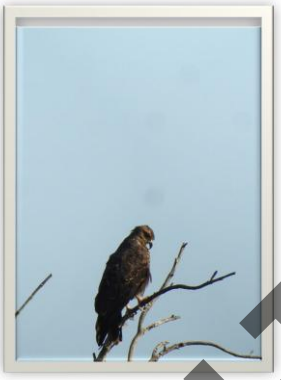
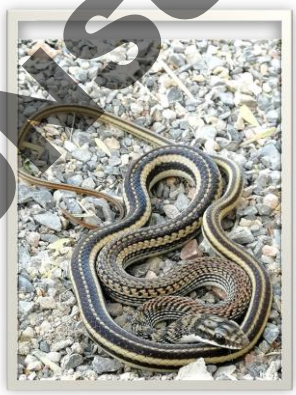
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Familia: Iguanidae Nombre científico: *Ctenosaura pectinata* Nombre común: Iguana negra NOM-059: **Amenazada (A)** ICUN: **Preocupación menor (LC)** CITES: Apéndice II ENDEMISMO: Endémica
	**Taxonomía**: Orden: Anura Familia: Eleutherodactylidae Nombre científico: *Eleutherodactylus nitidus*. Nombre común: Rana chirriadora de dedos chatos. NOM-059: **Sujeta a protección especial (Pr)** ICUN: **Preocupación menor (LC)** CITES: No considerado ENDEMISMO: Endémica
	**Taxonomía**: Orden: Passeriformes Familia: Icteridae Nombre científico: Icterus gularis Nombre común: Calandria Dorso Negro Mayor NOM-059: Sujeta a protección especial (PR) IUCN: LC CITES: No considerado ENDEMISMO: NativA

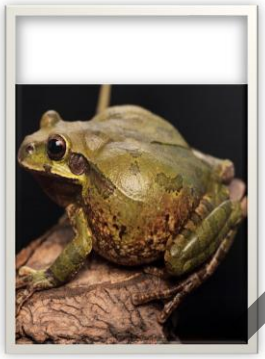
CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Orden: Sauria Familia: Iguanidae Nombre científico: Iguana rhinolopha Nombre común: Iguana verde NOM-059: Sujeta a protección especial (PR) IUCN: LC CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa
	**Taxonomía**: Orden: Testudines Familia: Kinosternidae Nombre científico: Kinosternon chimalhuaca Nombre común: Tortuga de pantano Mexicana NOM-059: Sujeta a protección especial (PR) IUCN: LC CITES: Apéndice II ENDEMISMO: Endémica
	**Taxonomía**: Orden: Charadriiformes Familia: Laridae Nombre científico: Larus heermanni Nombre común: Gaviota plomiza NOM-059: Sujeta a protección especial (PR) IUCN: NT CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Orden: Ciconiiformes Familia: Ciconiidae Nombre científico: *Mycteria americana* Nombre común: Cigüeña americana NOM-059: **Sujeta a Protección Especial (Pr)** IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa
	**Taxonomía**: Orden: Accipitriformes Familia: Accipitridae Nombre científico: *Rostrhamus sociabilis* Nombre común: Caracolero común NOM-059: **Sujeta a Protección Especial (Pr)** IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: **Apéndice II** ENDEMISMO: Nativa
	**Taxonomía**: Orden: Serpentes Familia: Colubridae Nombre científico: *Salvadora mexicana* Nombre común: Culebra chata del Pacífico NOM-059**: Sujeta a Protección Especial (Pr)** IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Orden: Rodentia Familia: Cricetidae Nombre científico: *Sigmodon mascotensis* Nombre común: Rata del algodón de Jalisco NOM-059**:** No considerado IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa
	**Taxonomía**: Orden: Anura Familia: Hylidae Nombre científico: *Smilisca baudinii* Nombre común: Rana arborícola mexicana NOM-059**: Sujeta a Protección Especial (Pr)** IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa
	**Taxonomía**: Orden: Charadriiformes Familia: Sternidae Nombre científico: *Sternula antillarum* Nombre común: Charrán mínimo NOM-059**: Sujeta a Protección Especial (Pr)** IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: Orden: Anura Familia: Hylidae Nombre científico: *Tlalocohyla smithii* Nombre común: Rana de arbol mexicana NOM-059**: Sujeta a Protección Especial (Pr)** IUCN: Preocupación menor (LC) CITES: No considerado ENDEMISMO: Nativa

5. FLORA (TERRESTRE)

 REFERENCIA: https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:789806 / https://www.gbif.org/es/species/3958806	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Pitayo viejo **Nombre Científico:** *Pilosocereus purpusii* **Familia:** Cactaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Protección. **Tipo de vegetación: Endémica** **DESCRIPCIÓN:** Esta especie endémica de México tiene mayor presencia en las zonas bajas del este del país, y generalmente se encuentra en selvas bajas, sin embargo, también se puede encontrar en selvas medias y zonas de transición a bosques.

CONSULTA PÚBLICA

 REFERENCIA: https://enciclovida.mx/especies/161381-tillandsia-caput-medusae https://anales.ib.unam.mx/index.php?journal=SerZool&page=article&op=view&path%5B%5D=1637&path%5B%5D=1696	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Gallito Medusa **Nombre Científico:** *Tillandsia caput-medusae* **Familia:** Bromeliaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Protección. **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Especie nativa de América central, al pertenecer a la familia de las *Bromeliaceae* estas se pueden encontrar en diferentes tipos de vegetación con clima tropical y los bosques en transición colindantes, así como bosques de encino-pino.
 REFERENCIA: https://mexico.inaturalist.org/taxa/276648-Encyclia-trachycarpa	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Orquídea de frutos ásperos **Nombre Científico:** *Encyclia trachycarpa* **Familia:** Orchidaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Protección. **Tipo de vegetación: Endémica** **DESCRIPCIÓN:** Su distribución generamente abarca bosques tropicales caducifolios, aunque también se puede encontrar con menor presencia en selvas bajas.
 REFERENCIA: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/6-apocy2m.pdf https://mexico.inaturalist.org/taxa/123438-Plumeria-rubra	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Flor de mayo **Nombre Científico:** *Plumeria rubra* **Familia:** Apocynaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** No aplica **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Árbol o arbusto caducifolio, de 5 a 8 m (hasta 25 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de hasta 70 cm, con abundante líquido lechoso en la corteza. La distribución de esta especie se presenta principalmente en selvas secas y húmedas

CONSULTA PÚBLICA

 REFERENCIA: https://enciclovida.mx/especies/144022-pachycereus-pecten-aboriginum	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Cardón hecho **Nombre Científico: :** *Pachycereus pecten-aboriginum* **Familia** Cactaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** No aplica. **Tipo de vegetación:Endémica** **DESCRIPCIÓN:** Se distribuye en las selvas bajas de la vertiente del pacifico, esta puede presentar entre 8-12 costillas. Su distribución generalmente abarca bosques tropicales caducifolios, aunque también se puede encontrar con menor presencia en selvas bajas.
	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Culebro **Nombre Científico:** *Astronium graveolens* **Familia:** Anacardiaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Anenazada **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Se distribuye en gran parte de los bosques caducifolios y perennifolios desde hasta las selvas bajas, por lo que se puede encontrar con mayor presencia en la zona sur del centro de México.
 REFERENCIA: https://mexico.inaturalist.org/taxa/284696-Roseodendron-donnell-smithii	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Primavera **Nombre Científico:** *Roseodendron donnell-smithii* **Familia:** Bignoniaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Característico de las selvas bajas caducifolios

CONSULTA PÚBLICA

	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Tepemezquite **Nombre Científico:** *Lysiloma divaricatum* **Familia:** Fabaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A. **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Se distribuye principalmente en las selvas y bosques secos caducifolios de centro América
 REFERENCIAS:https://mexico.inaturalist.org/taxa/287647-Lysiloma-divaricatum	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Papelillo rojo **Nombre Científico:** *Bursera simaruba* **Familia:** Burseraceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Protección. **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Se puede encontrar con mayor abundancia en los bosques de encino y bosque tropical desde el sur de la florida hasta el norte de América del sur, aunque también forman parte de la selva baja su desarrollo en esta no es tan vigorosa como en los bosques
 REFERENCIAS: https://mexico.inaturalist.org/taxa/287647-Lysiloma-divaricatum	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Huizcolote **Nombre Científico:** *Vachellia hindsii* **Familia:** Fabaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A. **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Generalmente se encuentra en zonas de transición con humedad intermedia como la selva media.

CONSULTA PÚBLICA

 REFERENCIAS: https://enciclovida.mx/especies/165715-ficus-obtusifolia	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Amate **Nombre Científico:** *Ficus obtusifolia* **Familia:** Moraceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A. **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Se caracterizan por su presencia entre bosques de galería y en los arroyos de otro tipo de comunidades, como el bosque mesó filo de montaña o el bosque tropical sub caducifolio.
 REFERENCIAS: https://enciclovida.mx/especies/166645	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Uvero **Nombre Científico:** *Coccoloba barbadensis* **Familia:** Polygonaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Este se presenta en bosques tropicales caducifolios y dunas costeras
 REFERENCIAS: https://enciclovida.mx/especies/166645	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Cardón Pitayo **Nombre Científico:** *Stenocereus queretaroensis* **Familia:** Cactaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A. **Tipo de vegetación: Endémica** **DESCRIPCIÓN:** Generalmente se desarrolla en selva baja caducifolia, además de matorrales xerófilos

CONSULTA PÚBLICA

 REFERENCIAS https://enciclovida.mx/especies/162733-amphipterygium-adstringen	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Cuachalalate **Nombre Científico:** *Amphipterygium adstringens* **Familia:** Anacardiaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Se presenta de manera dominante en la selva baja caducifolia. Esta también se considera vulnerable y de importancia cultural.

 REFERENCIAS: https://enciclovida.mx/especies/186277-caesalpinia-eriostachys	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Iguanero **Nombre Científico:** *Cenostigma eriostachys* **Familia:** Fabaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Este se desarrolla en las selvas bajas caducifolias y contribuye en refugio o madrigueras para especies como las iguanas mismas que le otorgan.

 REFERENCIAS: https://enciclovida.mx/especies/171791-prosopis-juliflora	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Mezquite o Huizache **Nombre Científico:** *Neltuma juliflora* **Familia:** Fabaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Al ser un árbol con raíces profundas se desarrolla en suelos áridos y semiáridos para lo que es el caso las dunas costeras.

CONSULTA PÚBLICA

 REFERENCIAS:https://enciclovida.mx/especies/163259-cochlospermum-vitifolium	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Panicua **Nombre Científico:** *Cochlospermum vitifolium* **Familia:** Bixaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** N/A **Tipo de vegetación:Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Se distribuye entre los bosques tropicales caducifolios, sub caducifolios y selva baja caducifolia
 REFERENCIAS: https://mexico.inaturalist.org/taxa/291423-Handroanthus-chrysanthus	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Guayacán **Nombre Científico:** *Handroanthus chrysanthus* **Familia:** Bignoniaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Amenazada **Tipo de vegetación: Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Presenta una distribución selvática caducifolia similar a la *Roseodendron donnell-smithii y comparten algunas características sin embargo la abundancia de floración difiere un poco al igual que el tronco y corteza.*
 REFERENCIAS: https://mexico.inaturalist.org/taxa/291423-Handroanthus-chrysanthus	**Taxonomía**: **Nombre Común:** Mangle Blanco **Nombre Científico:** *Laguncularia recemosa* **Familia:** Combretaceae **NOM-059-SEMARNAT-2010:** Amenazada. **Tipo de vegetación:Nativa** **DESCRIPCIÓN:** Es un árbol de hasta 20 metros, frecuentemente con neumatóforos. Su corteza externa es de color gris obscuro a rojo obscuro. Habita en selvas cálido-húmedas y selvas cálido-secas, entre los 0 a 100 msnm, en clima tropical o subtropical seco a subtropical húmedo.

CONSULTA PÚBLICA

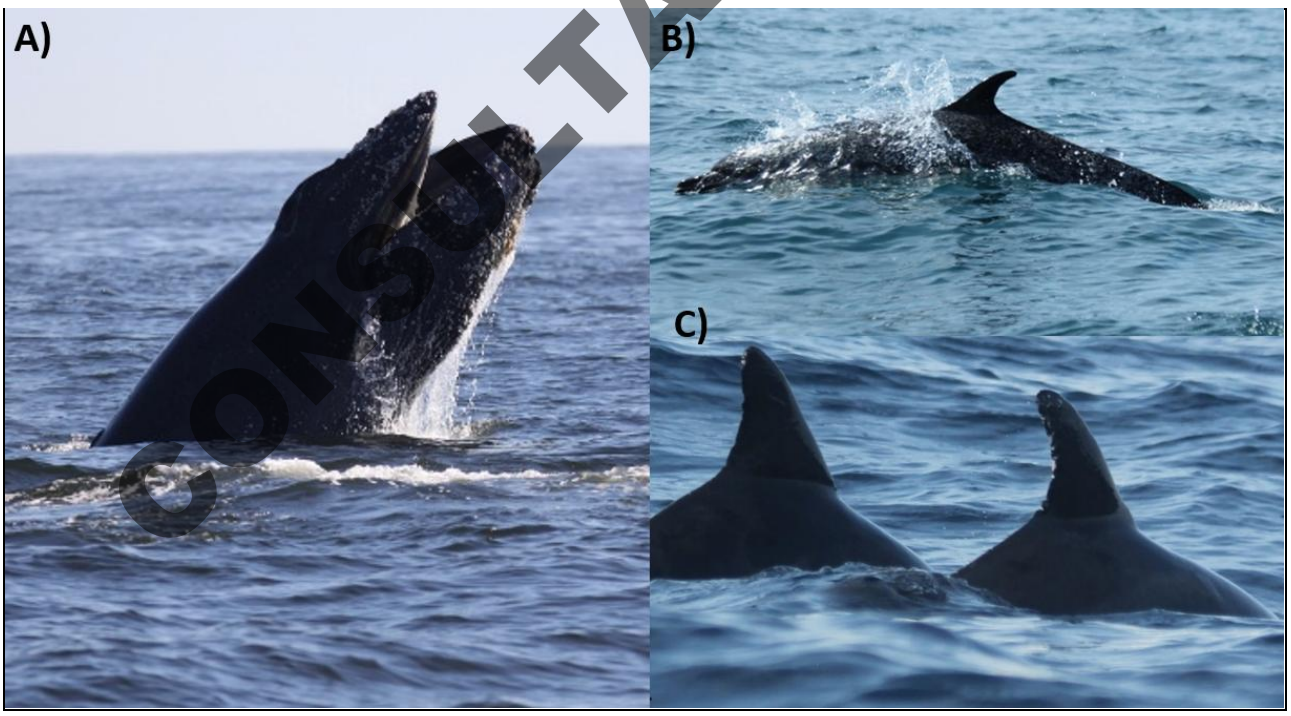


REFERENCIAS: https://enciclovida.mx/especies/166804-rhizophora-mangle

Taxonomía:
Nombre Común: Mangle Rojo
Nombre Científico: *Rhizophora mangle*
Familia: Rhizophoraceae
NOM-059-SEMARNAT-2010: Amenazada.
Tipo de vegetación: Nativa
DESCRIPCIÓN: El mangle rojo (*Rhizophora mangle*) es una especie vegetal de la familia Rhizophoraceae, la cual cuenta con alrededor de 120 especies distribuidas en 16 géneros, siendo el género Rhizophora el mejor conocido, dominando las partes más anegadas de los ecosistemas manglar

CONSULTA PÚBLICA

6. MAMIFEROS MARINOS

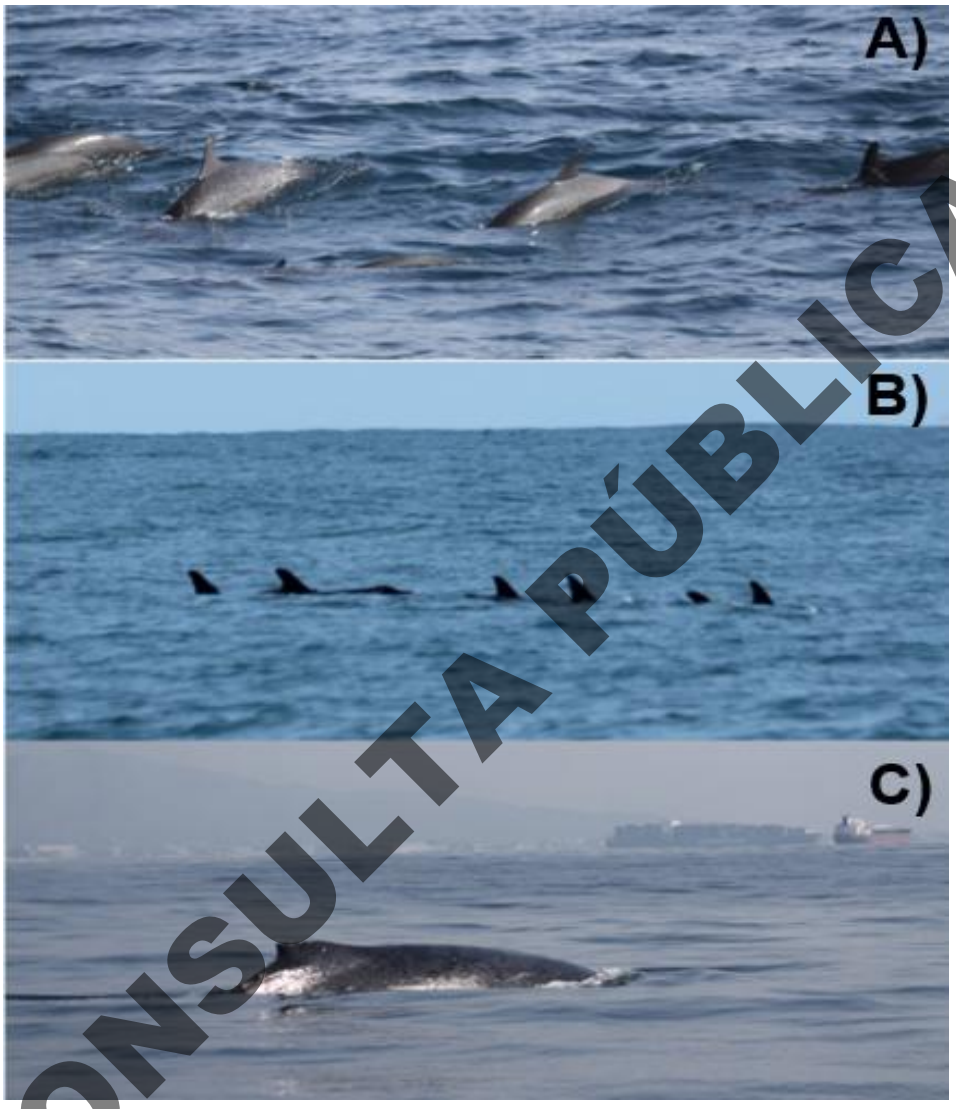


A) la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*),: B) el delfín moteado (*Stenella attenuata*) y C) el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*).



CONSULTA PÚBLICA

: A) la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), B) el delfín moteado (*Stenella attenuata*), C) el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), D) la orca (*Orcinus orca*), E) el delfín de Risso (*Grampus griseus*), F) el cachalote enano (*Kogia sima*), y G) el cachalote pigmeo (*Kogia breviceps*).



CONSULTA PÚBLICA

A) el delfín moteado (*Stenella attenuata*) y B) el delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*); y a una especie de misticeto: C) la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*),

ANEXO V

FICHA TÉCNICA DEL CARACOL PURPURA

(*PLICOPURPURA PANSA*)

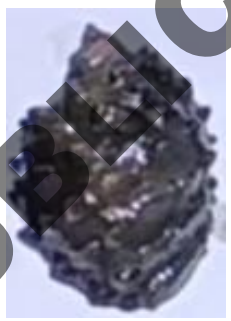
MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

CONSULTA PÚBLICA

FICHA TÉCNICA DEL CARACOL PÚRPURA

Taxonomía	
Phylum :	Mollusca
Clase:	Gasteropoda
Orden:	Neogastropoda
Familia:	Murcidae
Género:	Plicopurpura
Especies:	*Plicopurpura pansa* (A.A. Gould, 1853)
Nombre común	Caracol púrpura y caracol pansa



Marco normativo	
NOM-059-SEMARNAT-2010	Categoría de protección especial.
UICN	Riesgo de extinción.

Descripción biológica

Especie con hábitos relativamente sedentarios, permaneciendo adherido a las rocas mediante un fuerte pie muscular. Una de sus características más distintivas es la producción de una secreción mucosa que, al exponerse al oxígeno y la luz solar, se utilizada tradicionalmente por para teñir textiles.. Alimentación carnívora se alimenta principalmente de pequeños invertebrados como balanos, bivalvos y otros moluscos. El tamaño del organismo puede alcanzar entre 3 y 7 cm de longitud.
La especie *Plicopurpura pansa* puede considerarse un indicador de ambientes intermareales rocosos bien conservados, debido a su sensibilidad a la perturbación y su dependencia de hábitats específicos.

Evaluación poblacional de *Plicopurpura pansa* en el canal de Tepalcates, Manzanillo, Colima

Área de Estudio

Canal de Tepalcates, en el municipio de Manzanillo, Colima, zona que establece una conexión hidrológica entre el océano Pacífico y la laguna de Cuyutlán, generando un gradiente ambiental marino-lagunar que puede influir en la estructura poblacional de especies intermareales.

Localización Geográfica

Ubicación de los Transectos		
1	UTM	
Inicio	577665	2100728
Final	577660	2100712
2	UTM	
Inicio	577958	2101297
Final	577949	2101279
3	UTM	
Inicio	578160	2101785
Final	578150	2101758

CONSULTA PÚBLICA

Metodología de muestreo

Se realizó transectos terrestres para estimar una prospección poblacional en el ecosistema intermareal rocoso mediante el establecimiento de tres transectos lineales sobre la escollera con orientación noroeste. El área muestreada se estimó considerando una franja intermareal promedio de 3 m de ancho. Cada transecto presentó características diferenciadas en términos de exposición al oleaje, accesibilidad y tipo de sustrato:

Transecto 1 (15 m): Zona de difícil acceso, con pendiente pronunciada y alta exposición al oleaje. Presencia de estructuras artificiales tipo tetrápodos.

Transecto 2 (20 m): Sustrato rocoso consolidado, con menor exposición relativa.

Transecto 3 (30 m): Zona más próxima a la laguna de Cuyutlán, con influencia de condiciones lagunares.

Se registraron variables poblacionales y morfométricas, incluyendo:

- Abundancia (organismos/m²)
- Longitud total y ancho de concha
- Relación longitud-ancho y peso-talla
- Proporción sexual
- Presencia de imposex
- Signos de bioerosión
- Presencia de neoplasias

Resultados

Abundancia y densidad

De acuerdo a la Tabla 1 y Figura 1, se observó un incremento en la densidad poblacional desde el transecto más expuesto hacia el más interno. Se observó un incremento progresivo en la densidad poblacional desde el transecto más expuesto hacia el más interno, lo que sugiere una preferencia por zonas con menor energía hidrodinámica y mayor estabilidad del sustrato.

Estructura de tallas y condición biológica

Se identificó una disminución pronunciada en la talla promedio hacia el transecto 3 (Figura 1), acompañada de una mayor proporción de machos y una alta incidencia de bioerosión. Este patrón podría estar asociado a condiciones ambientales subóptimas, posiblemente relacionadas con la influencia lagunar. Asimismo, la presencia de signos de imposex en estaciones intermedias sugiere la posible influencia de compuestos asociados con la disrupción endocrina, los cuales han sido documentados como moduladores del desarrollo morfológico en gasterópodos en entornos marinos del área de influencia marina de la costa de Colima (Liñán-Cabello 2015).

Relaciones morfométricas

Las relaciones longitud-ancho y peso-talla presentaron altos coeficientes de determinación ($R^2 > 0.9$) en los transectos 1 y 2, indicando crecimiento alométrico consistente. En contraste, el transecto 3 mostró menor ajuste ($R^2 = 0.63–0.78$), sugiriendo mayor variabilidad en el desarrollo, lo cual evidencia una alteración del crecimiento más que una simple disminución uniforme de talla. A este respecto existen evidencias que el imposex puede conllevar a cambios en la longitud y afectación de crecimiento de gasterópodos (Otegui et al 2019). En ningún transecto se reconocieron signos de neoplasias en la estructura del pie.

Comunidad asociada

En el transecto 2 se registró una mayor diversidad bentónica, destacando la presencia de gasterópodos (*Nerita scabricosta*) y equinodermos (*Diadema mexicanum, Centrostephanus coronatus*), lo cual sugiere condiciones

CONSULTA PÚBLICA

ambientales favorables y mayor complejidad ecológica. Por su parte en el entorno del transecto 3 estuvo presente cangrejos como Grapsus (G. grapsus), Pachygrapsus sp y Ocypode sp.

Tabla1.-Diversos indicador biométricos, morfológicos y poblacionales de *Pliopurpura pansa* colectados en la escollera con orientación noroeste del Canal de Tepalcates.

Parámetro	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Longitud monitoreada (metros lineales)	15	20	30
Área monitoreada (m2)	45	60	90
Organismos observados	19	27	69
Organismos colectados par análisis	11	14	20
Abundancia (org/m2)	0.42	0.45	0.76
Proporción sexual (Macho: Hembra)	1:1	1:1	7:3
Imposex (%)	0	20	SP
Signos de bioerosion (%)*	0	20	85
Ecuación de relación longitud total ancho, R2 asociada	Y=0.6491x + 1.0346 R^2 = 0.9314	y = 0.6744x + 0.3664 R^2 = 0.958	y = 0.3755x + 6.2977 R^2 = 0.7873
Ecuación de relación peso talla, R2 asociada	y = 2.9973x - 4.3329 R^2 = 0.9002	y = 5.5505x - 11.407 R^2 = 0.9029	y = 1.1175x - 0.4905 R^2 = 0.6356
Neoplasias asociadas a pie (%)	0	0	0

SP: significa que por su escaso tamaño no fue posible determinar posibles signos de afectación en hembras.

*Se reconocieron: presencia de incrustantes asociados a la concha, disminución en los patrones de ornamentación de costillas, nódulos y cordones espirales.

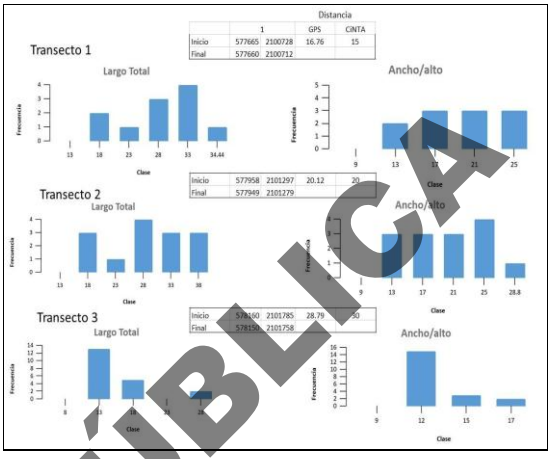


Figura 1. Frecuencia de tallas de *Plicopurpura pansa* en sitio de muestreo.

Estimación de la población de *Plicopurpura pansa.*

Metodología de estimación

La estimación del tamaño poblacional de *P. pansa* en el área de estudio se realizó mediante un enfoque de extrapolación de densidad, basado en muestreo por transectos en el intermareal rocoso. Este método es ampliamente utilizado en estudios ecológicos de organismos bentónicos de baja movilidad, al permitir inferir el tamaño poblacional total a partir de densidades obtenidas en unidades de muestreo representativas.

Se tomó como base las observaciones realizadas en los tres transectos lineales con diferente longitud y características ambientales, cubriendo un gradiente de exposición al oleaje y cercanía a la influencia lagunar.

La densidad promedio ponderada se calculó con base en el número total de organismos observados y el área total muestreada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$D = \sum ni / \sum Ai$

CONSULTA PÚBLICA

dónde:
D = densidad promedio (org/m²)
ni = número de organismos por transecto
Ai = área muestreada por transecto

Cálculo de densidad

A partir de los datos obtenidos en campo:

- Área total muestreada: 195 m²
- Número total de organismos observados: 115

Estimación del área de hábitat

El área potencial de ocupación de la especie se estimó considerando:

- Longitud total del espigón: 1,400 m
- Ancho promedio del intermareal rocoso: 3 m

Por lo tanto, el área total disponible se calculó como:

abundancia poblacional

Se estima que la población total de *Plicopurpura pansa* en el espigón del canal de Tepalcates es del orden de: ≈ *2,500 individuos*

Supuestos del modelo

La estimación se basa en los siguientes supuestos:

- Los transectos establecidos son representativos de las condiciones ambientales del espigón.
- La distribución de la especie es relativamente homogénea dentro del hábitat intermareal rocoso.
- La especie presenta baja movilidad, por lo que la densidad observada refleja adecuadamente su abundancia local.
- El ancho del intermareal considerado es constante a lo largo del espigón.

Limitaciones e incertidumbre

La estimación poblacional presenta incertidumbre asociada a la heterogeneidad espacial del hábitat, la influencia del gradiente marino-lagunar y las limitaciones de accesibilidad en zonas de alta energía. Asimismo, factores temporales como la variabilidad mareal, el reclutamiento y la mortalidad natural pueden influir en la precisión de la estimación.

Conclusiones

Los organismos de *Plicopurpura pansa* asociados al transecto más expuesto presentaron mejores condiciones morfológicas y ausencia de bioerosión, lo que sugiere un ambiente menos perturbado.

En contraste, los transectos con mayor influencia lagunar mostraron reducción en talla, incremento en bioerosión y presencia de alteraciones morfológicas, lo que podría estar relacionado con condiciones ambientales adversas.

En conjunto, los resultados evidencian un gradiente de condición biológica asociado a la transición marino-lagunar, indicando una posible presión ambiental en la porción interna del sistema.

La presencia de imposex y los signos de bioerosión observados en ciertos transectos sugieren condiciones de estrés ambiental, lo que refuerza el papel de *Plicopurpura pansa* como especie bioindicadora de perturbaciones en ecosistemas intermareales.

Propuesta de monitoreo

Se propone un programa de monitoreo ambiental enfocado en la especie *Plicopurpura pansa*, considerando su valor como bioindicador de perturbaciones en ecosistemas intermareales. No obstante, con el fin de lograr una evaluación más

CONSULTA PÚBLICA

integral del sistema, se plantea que este monitoreo pueda extenderse de manera complementaria a otras especies representativas del intermareal rocoso, particularmente aquellas con relevancia ecológica y sensibilidad a cambios ambientales.

Referencias

Otegui, M. B., Zamprogno, G. C., França, M. A., Daros, B. N., Albino, J., & Costa, M. B. (2019). Imposex response in shell sizes of intertidal snails in multiple environments. *Journal of Sea Research*, *147*, 10-18.

CONSULTA PÚBLICA

ANEXO VI

FICHA TÉCNICA DEL ARRECIFE CORALINO CARRIZALES

CONSULTA PÚBLICA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

FICHA TÉCNICA AMBIENTAL DE ARRECIFE CORALINO

La Bahía de Carrizales ubicada 19.09° N - 104.44° O presenta una superficie aproximada de 50 hectáreas. Su boca se orienta hacia el sureste, con profundidad máxima registrada es de alrededor de 13 m. En este sistema se desarrolla un arrecife coralino, el cual constituye un elemento de alta relevancia ecológica.

1. Nombre del ecosistema

Arrecife coralino Carrizales

2. Ubicación

Costa del estado de Colima, México, en el litoral del Pacífico central mexicano, dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto portuario en Cuyutlán.

3. Tipo de ecosistema

Ecosistema marino-costero:
Arrecife coralino somero desarrollado sobre sustrato duro natural, con influencia de procesos costeros y actividades antropogénicas regionales.

4. Escala de análisis

Regional (SAR), con implicaciones locales para la evaluación de impactos indirectos y acumulativos del proyecto portuario.

5. Componentes bióticos relevantes

- Comunidades coralinas dominadas por especies resistentes al estrés ambiental
- Bentos arrecifal asociado (algas, invertebrados sésiles y móviles)
- Fauna asociada dependiente de la complejidad estructural del arrecife

6. Estado ecológico general

El arrecife Carrizales presenta un **estado ecológico alterado**, caracterizado por:

- Cobertura coralina viva reducida
- Dominancia de pocas especies tolerantes
- Incremento de algas macrofitas y sustratos desnudos
- Simplificación estructural del hábitat arrecifal

Estos patrones son indicativos de estrés crónico de origen antropogénico.

7. Principales presiones ambientales identificadas

CONSULTA PÚBLICA

- Aumento de turbidez y sedimentación
- Alteraciones en la calidad del agua marina
- Influencia de actividades portuarias, urbanas y turísticas
- Presiones acumulativas de largo plazo

8. Función ecológica

A pesar del deterioro observado, el arrecife mantiene:

- Función como hábitat para organismos marinos
- Contribución a la biodiversidad regional
- Papel en la dinámica ecológica costera

Su funcionalidad actual es residual pero relevante a escala regional.

9. Sensibilidad ambiental

Alta

Los arrecifes coralinos son ecosistemas altamente sensibles a:

- Incrementos en sedimentación
- Cambios en turbidez
- Alteraciones físico-químicas del agua
- Perturbaciones acumulativas

Nota sobre la condición actual

10. Importancia ambiental dentro del SAR

- Ecosistema estratégico y vulnerable
- Receptor ambiental crítico para el análisis de:
  - Impactos indirectos
  - Impactos acumulativos y sinérgicos
- Referente regional del estado de los arrecifes coralinos en la costa de Colima

11. Relevancia para la MIA del puerto de Cuyutlán

CONSULTA PÚBLICA

El arrecife Carrizales:

- Proporciona una línea de referencia ecológica regional
- Justifica la aplicación de un enfoque precautorio en el proyecto
- Sustenta la necesidad de:

    1. Medidas de control de sedimentos
    2. Manejo ambiental de dragados
    3. Programas de monitoreo marino

- Refuerza la evaluación del proyecto bajo un enfoque de impactos acumulativos

12. Uso de la información en la MIA

- Integración en el capítulo del SAR
- Soporte técnico para:

    - Identificación de receptores sensibles
    - Definición de medidas de mitigación
    - Programas de seguimiento y monitoreo ambiental

13. Condición reciente y efectos de eventos climáticos extremos (ENSO 2023–2024)

Como actualización a la condición ecológica del arrecife Carrizales, se reconoce que durante el evento **El Niño–Oscilación del Sur (ENSO) 2023–2024** el sistema arrecifal experimentó un **incremento significativo en su nivel de vulnerabilidad,** asociado principalmente a **anomalías térmicas persistentes en la temperatura superficial del mar.**

Durante este periodo se documentó un **evento de blanqueamiento coralino severo,** con una **mortalidad estimada del 68 % de la cobertura coralina viva**, lo que representa una **pérdida sustancial de biomasa coralina** y una reducción marcada de la complejidad estructural del arrecife. Este nivel de mortalidad se considera elevado para arrecifes costeros del Pacífico mexicano y es consistente con escenarios de estrés térmico prolongado.

Adicionalmente, se reconoce que la **capacidad de recuperación natural del arrecife es lenta**, debido a la combinación de:

- Alta mortalidad de colonias adultas,
- Reducción del reclutamiento coralino,
- Presencia de presiones antropogénicas crónicas preexistentes.

En este contexto, el arrecife Carrizales presenta actualmente una **condición de vulnerabilidad incrementada,** en la que los efectos de perturbaciones climáticas extremas **se superponen** a impactos locales y regionales, aumentando el riesgo de degradación adicional ante nuevas presiones ambientales.

CONSULTA PÚBLICA

13. Especies dominantes de acuerdo a su cobertura

Las especies más dominantes son corales hermatípicos (constructores de arrecifes), representado principalmente por el género Pocillopora (*P. verrucosa*, *P. capitata* y *P. panamensis*), este arrecife tiene una alta relevancia ecológica, debido que funcionan como zona de refugio, alimentación y reproducción de diversas especies marina.

14. Fuente de información

Liñán, M. A. (2025).*Ecological condition of coastal coral reefs under chronic anthropogenic pressure.* Reporte técnico-científico

Cadena-Estrada, A., Ortega-Ortiz, C. D., & Liñán-Cabello, M. A. (2019). Cryptic fish associated with different substrates in two coastal reef communities of Colima, Mexico. *Latin american journal of aquatic research*, *47*(2), 318-330.

Reyes-Bonilla, H., López-Pérez, A., & Cruz-Piñón, G. (2013). *Community structure of zooxanthellate corals in Carrizales reef, Colima, Mexico*. Marine Biodiversity Records, 6, e77.

CONSULTA PÚBLICA

ANEXO VII (CAPÍTULO V)

Análisis de Redes Complejas

Informe técnico

Impactos Ambientales sinérgicos y acumulativos relativos a Manifestaciones de Impacto Ambiental, modalidad Regional (MIA-R) en el Sistema Ambiental Regional (SAR).

CONSULTA PÚBLICA

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

PUERTO LAGUNA CUYUTLÁN (PUERTO NUEVO MANZANILLO)

1. Introducción

El análisis de impactos ambientales asociado a proyectos portuarios en zonas costeras presenta un nivel de complejidad que difícilmente puede ser representado de manera global mediante esquemas lineales o matrices convencionales de cruce simple entre actividades, medios y factores sociambientales. En este tipo de proyectos, los efectos no se manifiestan e impactan en las condiciones ambientales como eventos aislados, sino como procesos encadenados, acumulativos, sinérgicos y, en muchos casos, retroalimentados y con interacciones entre sí.

Bajo esta consideración, el uso de la Teoría de grafos para representar impactos ambientales permite transitar desde una lógica descriptiva del tipo "actividad-factor" hacia una lógica estructural basada en relaciones entre impactos. En este enfoque, cada impacto puede operar simultáneamente como consecuencia de presiones previas y como detonador de nuevas alteraciones en otros componentes del sistema. Siendo entonces que la estructura relacional adquiere valor analítico propio.

Los *grafos* considerados en este marco *representan impactos ambientales, ecológicos, sociales, económicos, institucionales y de riesgo como nodos, mientras que las aristas expresan relaciones de influencia clasificadas como acumulativas o sinérgicas*, con *pesos asociados* que representan *intensidad, frecuencia, relevancia o fuerza relativa de interacción*. La presencia de cascadas, ciclos, nodos dominantes, redes distribuidas y relaciones entre subsistemas permite interpretar este enfoque no únicamente como una visualización de conexiones, sino como un modelo estructural sustentado en teoría de grafos, redes complejas (interacciones) y análisis de propagación.

Así, el presente informe expone la fundamentación conceptual, heurística, metodológica y operativa de este enfoque, así como sus ventajas, limitaciones y posibilidades de formalización cuantitativa más rigurosa, sin recurrir a formulación matemática explícita.

CONSULTA PÚBLICA

2. Cambio de enfoque: del impacto individual al sistema de impactos

En los enfoques tradicionales de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), la unidad principal de análisis suele ser el impacto directo derivado de una actividad específica del proyecto sobre un factor ambiental determinado. Aunque este procedimiento sigue siendo útil para ordenar y clasificar afectaciones, presenta limitaciones importantes cuando el sistema evaluado incluye relaciones indirectas o de segundo orden, propagación entre impactos, efectos acumulativos en el tiempo o en el espacio, interacciones sinérgicas, acoplamientos entre medio físico, biológico, social y económico, retroalimentaciones institucionales o territoriales y efectos emergentes *que no pueden reducirse a una suma lineal.*

En sistemas costeros y portuarios, estas condiciones son particularmente relevantes; tales como la alteración hidrodinámica, la resuspensión de sedimentos, el aumento de turbidez, la afectación al bentos, la pérdida y fragmentación de hábitats, la perturbación de fauna, la modificación del paisaje, la emisión de contaminantes, la percepción social, los cambios en la demanda logística y la respuesta de gobernabilidad y su gobernanza asociada npueden constituir una sola red de interacción.

Por ello, el problema y analisis deja de formularse exclusivamente como una relación binaria entre actividad e impacto, y pasa a definirse como una red de impactos interdependientes, en la que el interés técnico no se limita a identificar la existencia de una afectación, sino que se extiende a comprender de qué nodos proviene, hacia qué nodos se propaga, cuál es su capacidad de amplificación, si actúa como nodo fuente, nodo puente o nodo sumidero, si forma parte de cascadas relevantes, si integra rutas críticas de influencia y si su posición estructural lo que nos permite analizar sus alcances acumulativos y sinérgicos, siendo entonces un punto prioritario de gestión.

CONSULTA PÚBLICA

3. Fundamentación heurística del modelo

3.1 Pensamiento sistémico

La heurística principal subyacente al modelo corresponde al pensamiento sistémico, este enfoque asume que el *comportamiento* del sistema ambiental no puede comprenderse adecuadamente a partir de una suma de componentes aislados, sino a partir de la configuración de sus relaciones.

En esta lógica, el valor analítico no reside únicamente en la presencia de ciertos impactos, sino en la forma en que estos se articulan dentro de una estructura de interdependencia. Un impacto como las emisiones atmosféricas, por ejemplo, no constituye solo una alteración puntual, sino que *puede activar una cadena de efectos* sobre la calidad del aire, la salud humana, la percepción social, la conflictividad y la presión regulatoria.

Este principio permite interpretar *el sistema ambiental como una totalidad organizada*, en la cual la estructura de conexión entre impactos resulta tan relevante como los impactos mismos.

3.2 Causalidad estructural

El modelo incorpora además una *lógica de causalidad estructural*, en la que las conexiones entre nodos representan hipótesis de influencia o dependencia entre impactos. No se trata únicamente de asociaciones temáticas, sino de relaciones en las que un impacto contribuye a producir, intensificar, habilitar o amplificar a otro.

Este tipo de causalidad no necesariamente implica una inferencia probabilística estricta, pero sí una estructura relacional técnicamente plausible, sustentada en la lógica del proceso ambiental, en evidencia documental y en juicio experto.

3.3 Enfoque de sistema socioecológico complejo

CONSULTA PÚBLICA

El modelo responde también a la lógica de los sistemas socioecológicos complejos, en la medida en que integra subsistemas que tradicionalmente se estudian por separado, pero que en la práctica se encuentran acoplados. Entre ellos destacan el subsistema físico, el subsistema ecológico, la biodiversidad, la dimensión social, la dimensión económica, la gobernanza y el riesgo.

Esto permite reconocer que una alteración física puede traducirse en una afectación ecológica, derivar en una modificación de servicios ecosistémicos, generar percepción social negativa, inducir respuesta institucional y reconfigurar dinámicas económicas. En consecuencia, *el sistema evaluado no se modela como una suma de sectores independientes, sino como una red acoplada de procesos humanos y naturales.*

3.4 Lógica de impactos acumulativos y sinérgicos

Una característica central del modelo es la *clasificación de relaciones entre impactos como acumulativas o sinérgicas.*

Una relación acumulativa indica que el efecto de un impacto sobre otro se incrementa por reiteración, persistencia o superposición temporal y espacial. Este tipo de relación es especialmente importante en contextos portuarios, donde ciertas presiones no actúan una sola vez, sino de manera repetida o continua.

Una relación sinérgica indica que la interacción de dos o más impactos produce un efecto superior al que resultaría de la suma simple de sus efectos individuales. Esta condición es propia de sistemas complejos y justifica la necesidad de un modelo que permita representar interacciones no lineales.

4. Modelo formal subyacente

4.1 Grafo dirigido, ponderado y etiquetado

Desde el punto de vista formal, el sistema puede representarse como un grafo en el que los *nodos corresponden a impactos y las aristas a relaciones de influencia entre ellos.*

CONSULTA PÚBLICA

En este contexto, cada nodo representa un impacto específico y cada arista dirigida representa una relación en la que un impacto influye sobre otro. Las aristas cuentan además con un peso, que expresa la intensidad relativa de la relación, y con una etiqueta, que clasifica dicha relación como acumulativa o sinérgica.

Esta formulación permite sostener que el enfoque se apoya en la teoría de grafos dirigida y ponderada, con una semántica ambiental explícita incorporada a las aristas.

4.2 Representación matricial

El mismo sistema puede expresarse mediante una matriz de relaciones entre impactos. En términos metodológicos, esto significa que para cada par de impactos puede registrarse si existe o no una influencia entre ellos y, en caso afirmativo, cuál es su peso o intensidad.

Asimismo, si se requiere distinguir entre relaciones acumulativas y sinérgicas, estas pueden organizarse en estructuras separadas o integrarse posteriormente en una sola representación total. Esta forma de organización es importante porque permite una transición desde el análisis cualitativo hacia un tratamiento estructural y cuantitativo más riguroso.

4.3 Estructura multicapa

Dado que los nodos pueden agruparse por subsistemas, el modelo también puede formalizarse como una red multicapa. En este caso, las relaciones pueden distinguirse entre aquellas que ocurren dentro de una misma capa y aquellas que conectan capas distintas.

Esta formulación resulta especialmente útil en evaluación ambiental, ya que permite distinguir procesos internos a cada subsistema e interacciones transversales entre dimensiones físicas, ecológicas, sociales, económicas e institucionales.

5. Interpretación bajo el marco de redes complejas

CONSULTA PÚBLICA

Aunque el modelo parte de la teoría de grafos, su alcance analítico corresponde al campo de las redes complejas, en la medida en que el interés se centra en propiedades emergentes de la topología del sistema y no solo en la conectividad básica entre nodos.

Este encuadre se justifica por la presencia de hubs o nodos dominantes, ciclos y retroalimentaciones, trayectorias de propagación, agrupamientos funcionales, nodos puente entre subsistemas, redes altamente densas, estructuras distribuidas sin centro único y vulnerabilidades asociadas a la posición topológica.

Bajo esta perspectiva, el análisis no se limita a registrar conexiones, sino que examina cómo la configuración general de la red condiciona la propagación, acumulación y amplificación de impactos.

CONSULTA PÚBLICA

6. Métricas estructurales relevantes

El análisis de redes complejas permite utilizar diversas métricas para caracterizar la posición e importancia de cada nodo dentro del sistema.

El grado de salida permite identificar impactos con alta capacidad de propagación, es decir, impactos que detonan o influyen sobre numerosos impactos adicionales. El grado de entrada permite reconocer impactos que concentran múltiples presiones o efectos convergentes.

Las medidas ponderadas asociadas a estas conexiones permiten ir más allá del conteo simple y considerar también la fuerza total de influencia o de recepción.

La *centralidad de intermediación* permite identificar nodos que operan como puentes o puntos de articulación entre diferentes partes de la red. Este tipo de nodo es especialmente importante cuando conecta subsistemas distintos o canaliza cascadas de impacto.

La *centralidad de cercanía* permite identificar impactos topológicamente próximos al resto del sistema, con capacidad de alcanzar o ser alcanzados rápidamente por otros nodos.

La *centralidad de vector propio* permite distinguir impactos que no solo están conectados, sino que además están conectados con otros impactos de alta relevancia estructural.

En conjunto, estas métricas permiten diferenciar entre nodos generadores, nodos receptores, nodos puente y nodos estructuralmente influyentes, lo cual aporta una base técnica para la priorización.

7. Análisis de rutas: ruta más corta y ruta crítica de impacto

7.1 Ruta más corta

El análisis incorpora de forma natural el concepto de ruta más corta, aunque no en el sentido clásico de distancia física, sino como trayectoria de propagación eficiente entre impactos.

En términos operativos, la ruta más corta representa la secuencia de relaciones que permite pasar de un impacto origen a un impacto destino con el menor costo acumulado o con la mayor eficiencia estructural, dependiendo de cómo se interpreten los pesos.

La interpretación ambiental de esta medida depende de la relación entre peso y costo. Si el grosor de la arista representa fuerza o intensidad de la relación, entonces puede ser metodológicamente conveniente traducir esa fuerza en una lógica de menor resistencia para efectos del *cálculo de caminos mínimos*. Bajo esta convención, una relación más intensa implica una vía más eficiente de propagación.

En este modelo, la ruta más corta no describe una trayectoria espacial, sino una vía estructural de transmisión del efecto. Por ejemplo, una secuencia que conecte dragado, turbidez, afectación bentónica y pérdida de hábitat puede interpretarse como una trayectoria dominante de propagación si presenta la mayor eficiencia dentro de la red.

7.2 Ruta crítica de impacto

CONSULTA PÚBLICA

Aunque el análisis incorpora una noción de ruta crítica, esta no corresponde estrictamente al método clásico de ruta crítica utilizado en programación de proyectos. En el presente caso, los nodos son impactos y no actividades de cronograma, los pesos no representan necesariamente tiempo, pueden existir ciclos y retroalimentaciones, y el objetivo no es estimar duración total del proyecto, sino identificar trayectorias de mayor influencia estructural.

Por ello, la expresión más adecuada es ruta crítica de impacto, entendida como una adaptación conceptual del análisis de caminos críticos al campo de redes causales de impactos.

La ruta crítica de impacto puede entenderse como la trayectoria con mayor peso acumulado, mayor capacidad de influencia o mayor relevancia estructural dentro de la red. También puede construirse de manera más refinada incorporando no solo la fuerza de las relaciones, sino también la importancia topológica de los nodos involucrados.

En redes con ciclos, este análisis requiere criterios metodológicos adicionales, como limitar la longitud de las trayectorias, trabajar con caminos simples o establecer reglas para evitar repeticiones indefinidas.

8. Naturaleza híbrida del modelo

El enfoque analizado puede caracterizarse como un modelo híbrido, integrado por componentes conceptuales, estructurales y metodológicos.

En el plano heurístico y conceptual, integra pensamiento sistémico, causalidad estructural, teoría de sistemas complejos, enfoque socioecológico y análisis de acumulación y sinergia.

En el plano formal y estructural, integra teoría de grafos dirigidos, grafos ponderados, grafos etiquetados, redes complejas, análisis de caminos y redes multicapa.

En el plano metodológico aplicado a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), integra información documental, juicio experto, interpretación ambiental de relaciones, identificación de nodos críticos y *priorización estructural para mitigación y gestión.*

CONSULTA PÚBLICA

En términos metodológicos generales, puede describirse como un modelo híbrido de evaluación de impacto ambiental basado en una red causal dirigida, ponderada, etiquetada y multicapa, sustentada en pensamiento sistémico y formalizada mediante herramientas de teoría de grafos y análisis de redes complejas.

9. Adecuación del enfoque para la Evaluación de Impacto Ambiental

Este enfoque resulta particularmente adecuado para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) porque permite representar características que los métodos lineales suelen capturar solo parcialmente.

Entre sus principales fortalezas se encuentran la representación explícita de impactos indirectos, la incorporación estructural de acumulación y sinergia, la identificación de cascadas y trayectorias de propagación, el reconocimiento de nodos críticos y nodos puente, el análisis de acoplamientos entre subsistemas y la posibilidad de priorizar medidas de mitigación con efecto sistémico.

En proyectos portuarios y costeros, donde las perturbaciones físicas, ecológicas, sociales e institucionales interactúan de manera continua, la estructura en red constituye una representación más realista del comportamiento del sistema evaluado.

10. Ventajas frente a una matriz de Leopold tradicional

La matriz de Leopold permite identificar cruces entre actividades y factores, pero no representa de forma robusta cómo un impacto puede generar otros. El modelo en red sí permite esta representación.

Las relaciones de segundo y tercer orden, así como las cadenas de propagación, se integran de forma directa en la estructura del grafo, lo que mejora el tratamiento de impactos indirectos.

En los enfoques matriciales convencionales, la acumulación y la sinergia suelen tratarse de forma narrativa. En la red, estos elementos forman parte del modelo formal.

Las métricas de centralidad permiten justificar por qué ciertos impactos requieren atención prioritaria, lo cual constituye una ventaja relevante en términos de gestión ambiental.

CONSULTA PÚBLICA

La estructura multicapa facilita distinguir entre dimensiones físicas, ecológicas, sociales, económicas e institucionales, sin perder conectividad.

Además, la red constituye una base adecuada para evolucionar hacia modelos dinámicos, probabilísticos o semicuantitativos más avanzados.

11. Limitaciones del enfoque

A pesar de sus ventajas, el modelo presenta también limitaciones que deben ser reconocidas explícitamente.

La definición de aristas y pesos puede depender significativamente de interpretación técnica y especializada, lo que exige criterios de construcción claros y reproducibles. Una red excesivamente densa puede perder capacidad explicativa y dificultar la lectura analítica. Es necesario precisar con claridad qué representa cada peso, ya sea intensidad, frecuencia, severidad, probabilidad o una combinación de estas dimensiones. Aunque la acumulación se reconoce conceptualmente, la ausencia de una variable temporal explícita limita la distinción entre impactos inmediatos, diferidos o persistentes. Muchas relaciones pueden ser técnicamente plausibles, pero no necesariamente calibradas o validadas empíricamente con datos observacionales.

CONSULTA PÚBLICA

12. Posibilidades de formalización más rigurosa

El primer paso hacia una formalización más robusta consiste en trabajar de manera explícita con matrices de relaciones ponderadas, a partir de las cuales pueden calcularse centralidades, caminos, densidades, modularidad y conectividad.

La estructura multicapa permite separar relaciones intrínsecas a cada subsistema e interacciones entre capas, lo cual mejora la trazabilidad metodológica del modelo. Una extensión posible consiste en definir estados de activación o severidad para cada impacto y modelar cómo esos estados cambian en el tiempo en función de las influencias estructurales y de perturbaciones externas.

Una de las rutas de formalización más naturales para este tipo de red es el uso de mapas cognitivos difusos, dado que permiten representar nodos causales, incorporar pesos semicuantitativos, admitir ciclos, modelar retroalimentaciones y simular escenarios de manejo o mitigación.

Otra vía de formalización consiste en migrar ciertos procesos hacia modelos de dinámica de sistemas, particularmente útiles cuando existen acumulaciones, flujos, retroalimentaciones temporales y umbrales de cambio.

13. Síntesis metodológica

Con base en lo anterior, el modelo analizado puede describirse como un sistema de representación y *análisis de impactos basado en una red causal dirigida,* ponderada, etiquetada y potencialmente multicapa, sustentada heurísticamente en pensamiento sistémico, interpretada mediante teoría de sistemas complejos, analizada con métricas de redes complejas y complementada con análisis de rutas de propagación y rutas críticas de impacto.

Una formulación metodológica sintética y técnicamente sólida sería la siguiente:

La metodología se basa en la representación de impactos ambientales como nodos de una red causal dirigida, ponderada y multicapa, en la que las aristas expresan relaciones acumulativas y sinérgicas entre impactos de distinto subsistema. Este enfoque integra pensamiento sistémico, teoría de sistemas complejos, teoría de grafos y análisis de redes, permitiendo identificar cascadas de impacto, nodos críticos, trayectorias de propagación y rutas críticas de influencia dentro del sistema socioambiental.

14. Conclusiones

CONSULTA PÚBLICA

El análisis desarrollado permite concluir que el enfoque en cuestión no corresponde a una mera visualización de relaciones entre impactos, sino a un modelo estructural de evaluación ambiental basado en redes causales complejas.

El modelo heurístico subyacente se fundamenta en pensamiento sistémico, causalidad estructural, teoría de sistemas complejos, enfoque socioecológico y lógica de impactos acumulativos y sinérgicos. Y por su parte, el modelo formal subyacente corresponde a un grafo dirigido, ponderado y etiquetado, con potencial formalización multicapa y analizado bajo el marco de redes complejas.

Asimismo, el análisis incorpora rutas más cortas, entendidas como trayectorias de propagación eficiente, y rutas críticas de impacto, entendidas como trayectorias de mayor peso acumulado o mayor influencia sistémica.

Frente a una matriz de Leopold tradicional, este enfoque ofrece ventajas sustantivas en la representación de impactos indirectos, acumulativos, sinérgicos y estructuralmente relevantes. No obstante, su consolidación como herramienta cuantitativa robusta requiere fortalecer criterios de construcción de aristas, definición de pesos, formalización temporal y validación de relaciones causales. Como ruta de evolución metodológica, el modelo puede escalarse de manera consistente hacia matrices de adyacencia ponderadas, redes multicapa, mapas cognitivos difusos, modelos dinámicos de propagación y, eventualmente, dinámica de sistemas o esquemas probabilísticos más avanzados. *En términos generales, este enfoque constituye una base metodológica sólida para una Evaluación de Impacto Ambiental avanzada, particularmente en contextos portuarios y costeros donde predominan la interacción entre subsistemas, la acumulación de presiones y la emergencia de efectos no lineales.*

Análisis de Redes

CONSULTA PÚBLICA



El presente grafo ilustra un ciclo cerrado de retroalimentación positiva (feedback loop) entre dos impactos socioeconómicos fundamentales: el desarrollo económico y el impulso económico regional. Al tratarse de una red cíclica y no lineal, sin nodos terminales ni un principio o fin definidos, representa un sistema donde ambos factores se retroalimentan de manera continua, una dinámica característica de grandes infraestructuras como proyectos portuarios, zonas industriales y polos de desarrollo regional. En este esquema, el nodo de "desarrollo económico" (entendido como incremento de inversión, infraestructura y actividad productiva) detona el "impulso económico regional" (generación de empleo, dinamización de mercados y aumento de servicios), el cual, a su vez, vuelve a inyectar fuerza al desarrollo inicial.

Las relaciones entre estos elementos se identifican explícitamente como acumulativas y sinérgicas. Esto significa que los impactos no ocurren de forma aislada; por un lado, se suman a las condiciones previas incrementándose con el tiempo sin disiparse fácilmente (acumulativo) y, por otro, la interacción de ambos genera un efecto global mucho mayor que la suma de sus partes individuales (sinérgico). *El peso de estas interacciones queda representado por el grosor de las aristas*, el cual indica una intensidad muy alta en la relación y una gran probabilidad de que un factor detone al otro. En el marco de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), un mayor grosor exige darle prioridad a este vínculo, no solo para su mitigación, sino para su gestión estratégica.

CONSULTA PÚBLICA

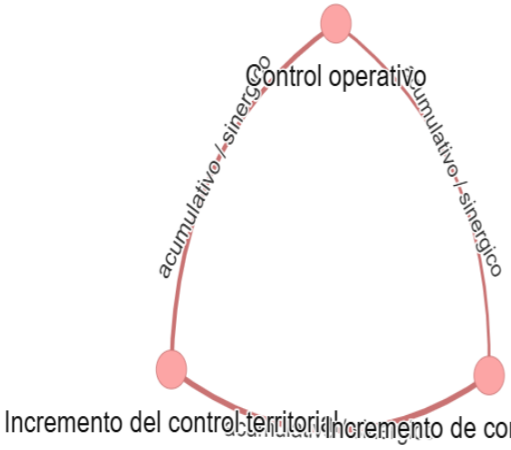


A diferencia del modelo cíclico analizado anteriormente, *este grafo presenta una estructura lineal de causa y efecto (sin retroalimentación), lo cual ilustra una relación direccional clara: un proceso de transición y mejora*. El esquema conecta una condición base del sistema socioeconómico —la "brecha de capacidades laborales" (que representa la falta de personal calificado y la dependencia de mano de obra externa)— con un impacto positivo inducido por el proyecto: el "fortalecimiento de capacidades técnicas" (logrado a través de la capacitación, la transferencia de conocimiento y la profesionalización de la población local).

Las interacciones en este proceso se identifican como acumulativas y sinérgicas. Por un lado, son acumulativas porque el desarrollo del capital humano no ocurre en un solo evento; la capacitación se incrementa con el tiempo y genera efectos duraderos en la comunidad. Por otro lado, son sinérgicas porque esta mejora no depende exclusivamente del proyecto, sino que se potencia al combinarse con otros factores como el respaldo de instituciones, la inversión y la experiencia práctica adquirida (es decir, capacitación + empleo + experiencia = mayor capacidad técnica real).

El grosor de la arista en este caso es un indicador de la intensidad del proceso de transformación, que, aunque la relación existe, el cambio es gradual y no es automático. Este es el hallazgo más crítico para la Evaluación de Impacto Ambiental: el impacto positivo no está garantizado. Su materialización está estrictamente condicionada a una gestión activa. Si el proyecto no implementa programas de capacitación reales, políticas de inclusión y transferencia tecnológica, la relación se rompe, lo que derivaría en la perpetuación de la desigualdad y la dependencia de la contratación externa.

CONSULTA PÚBLICA



Este tercer grafo ilustra un sistema de control con retroalimentación de estructura semicircular o cíclica. A diferencia de un ciclo económico puramente productivo, esta red representa un ciclo continuo de gobernanza. En él, interactúan dos elementos fundamentales: el control operativo (que abarca la supervisión de actividades, el cumplimiento normativo, el monitoreo ambiental y la gestión de riesgos) y el incremento del control territorial (traducido en una mayor presencia institucional, la regulación del uso del espacio y la vigilancia de actividades, como el control de accesos portuarios y ordenamiento del área de influencia).

Las interacciones entre ambos nodos son de carácter acumulativo y sinérgico. El sistema es acumulativo porque la capacidad de control no es instantánea, sino que se fortalece y consolida con el tiempo, la experiencia y la infraestructura. Es sinérgico porque la suma de la vigilancia territorial y la regulación operativa genera un efecto de ordenamiento integral mucho mayor (por ejemplo, una mejor vigilancia externa reduce actividades ilegales, lo que a su vez facilita una operación interna más controlada y eficiente). El grosor medio-alto de las aristas confirma que esta es una relación fuerte, estratégica y un pilar estructural del proyecto. Desde la perspectiva de la Evaluación de Impacto Ambiental, el hallazgo más crítico de este grafo es la estricta interdependencia de ambos factores. El control ambiental requiere que la capacidad operativa y la territorial funcionen al unísono. Si existe un buen control operativo pero falla el territorial, el proyecto queda expuesto a actividades externas no reguladas; a la inversa, un control territorial sin rigor operativo derivaría en una mala ejecución interna.

CONSULTA PÚBLICA

CONSULTA PÚBLICA

Este grafo representa una de las dinámicas más complejas y delicadas del análisis, ya que trasciende las dimensiones operativas o económicas para abordar impactos culturales profundos. En zonas costeras con una fuerte identidad local, como Manzanillo-Cuyutlán, estos factores suelen subestimarse en las evaluaciones tradicionales, pero son críticos para la viabilidad social a largo plazo.



El modelo exhibe un sistema mixto que combina un ciclo de retroalimentación y una ramificación lineal. Por un lado, muestra un ciclo de tensión constante entre la "Afectación al patrimonio cultural" (el impacto inicial por alteración de sitios o paisaje), la "Preservación del patrimonio cultural" (la mitigación y protección) y la "Pérdida de valores históricos" (un impacto intangible de desconexión identitaria). Por otro lado, esta dinámica deriva en una extensión lineal hacia un impacto final observable: la "Pérdida de actividades tradicionales", que representa el abandono de prácticas locales como la pesca artesanal y las dinámicas comunitarias.

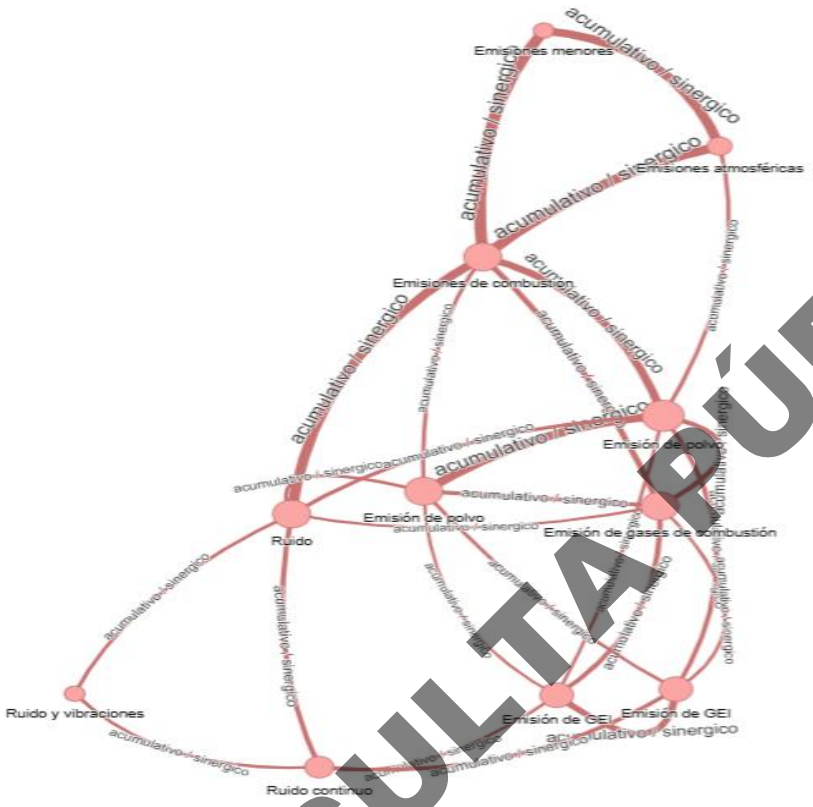
Todas las interacciones del sistema están etiquetadas como acumulativas y sinérgicas. Esto significa que la pérdida cultural no es inmediata, sino que se degrada de forma progresiva en el tiempo (acumulativa) y sus elementos se potencian entre sí (sinérgica). Por ejemplo, la pérdida de valores históricos reduce el interés comunitario en la preservación, lo que a su vez aumenta la afectación y acelera la pérdida de tradiciones. El grosor consistente y relativamente alto de las aristas refleja relaciones fuertes y persistentes; indica una alta conectividad donde es muy probable que un impacto detone al siguiente, generando efectos de difícil reversibilidad.



Este modelo, aunque visualmente es el más simple de los analizados, posee una enorme potencia en términos ambientales y socioeconómicos, ya que representa un puente crítico entre los impactos en el medio marino y el terrestre. Ilustra una estructura lineal simple de causa y efecto, que refleja un encadenamiento directo entre dos sectores productivos vitales para la región. El grafo conecta un impacto directo clave, la "Pérdida en zonas de pesca" (ocasionada por la restricción de áreas, tráfico marítimo o alteración de hábitats por dragado), con un impacto indirecto derivado: la "Pérdida agrícola" (que se traduce en el abandono de tierras y la disminución de la producción local).

La relación entre ambas variables se caracteriza por ser acumulativa y sinérgica. La pérdida pesquera reduce paulatinamente los ingresos y presiona económicamente a las familias (efecto acumulativo). Al combinarse con otras presiones del entorno, genera un efecto sinérgico donde el deterioro de un sector acelera el abandono del otro a una velocidad mayor de la esperada. En un escenario realista, la caída de los ingresos pesqueros obliga a las comunidades a migrar o cambiar de actividad, lo que provoca el descuido de la agricultura y resulta en una pérdida doble para el sistema productivo. El grosor medio de la arista nos indica que esta relación es probable y relevante, pero no automática; está estrictamente condicionada al contexto socioeconómico de las comunidades que dependen de la dualidad de estos sectores. *El hallazgo más crítico que revela este esquema es el riesgo latente de un colapso multidimensional de los sistemas productivos locales.* Este impacto negativo indirecto y potencialmente irreversible no se limita a lo ambiental, sino que abarca pérdidas económicas, sociales y culturales.

CONSULTA PÚBLICA



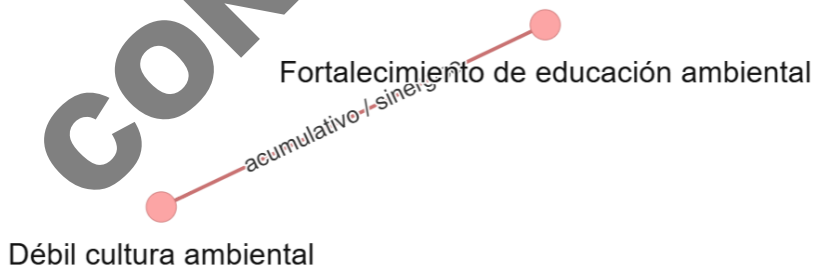
Este modelo representa un nivel avanzado de análisis ambiental, ya que trasciende la evaluación de impactos aislados para ilustrar un subsistema atmosférico-acústico completo y altamente interconectado. A través de una red compleja caracterizada por múltiples nodos centrales, alta densidad de conexiones y subredes interdependientes, el grafo detalla los impactos físicos típicos de las fases de construcción y operación de un proyecto. En este sistema convergen tres grandes grupos de impacto: las emisiones atmosféricas (que incluyen emisiones de combustión, emisiones menores y Gases de Efecto Invernadero [GEI]), la generación de material particulado (emisión de polvo) y las perturbaciones físicas (ruido continuo y vibraciones).

Dentro de esta estructura, se identifican nodos con roles críticos. Las "Emisiones de combustión" (derivadas de la maquinaria, el transporte y la operación portuaria) actúan como el *hub* principal y detonador de todo el sistema. Por su parte, la "Emisión de polvo" (vinculada al movimiento de materiales y obras) funciona como un nodo puente entre la calidad del aire, el suelo y la salud pública. Asimismo, el "Ruido" y las "Vibraciones" representan impactos físicos directos sobre la fauna y la población, mientras que la "Emisión de GEI" aporta la dimensión global del cambio climático.

CONSULTA PÚBLICA

Todas las interacciones entre estos componentes están etiquetadas como acumulativas y sinérgicas. De manera acumulativa, las emisiones y perturbaciones se suman en el tiempo y no se disipan de inmediato (por ejemplo, incrementando las concentraciones diarias). De forma sinérgica, la combinación de estos elementos genera un deterioro mucho más severo que la suma de sus partes individuales (como la interacción de polvo y emisiones de combustión degradando la calidad del aire, o el ruido sumado a las vibraciones maximizando la afectación a la fauna). Esta dinámica se refleja en el grosor variable de las aristas: las líneas más gruesas indican relaciones de alta intensidad, frecuencia y dependencia (como entre la combustión y las emisiones atmosféricas), mientras que las más delgadas señalan interacciones secundarias.

El hallazgo estratégico más crítico que revela este grafo es que nos enfrentamos a un **sistema de impactos físicos interdependientes que no puede ser mitigado de forma aislada.** Intentar controlar únicamente el polvo o el ruido por separado resultará ineficaz, dado que un solo origen operativo genera múltiples impactos que se potencian entre sí.



A diferencia de los modelos anteriores que ilustran impactos ambientales o productivos pasivos, este grafo es estratégicamente clave porque representa una palanca de transformación del sistema.

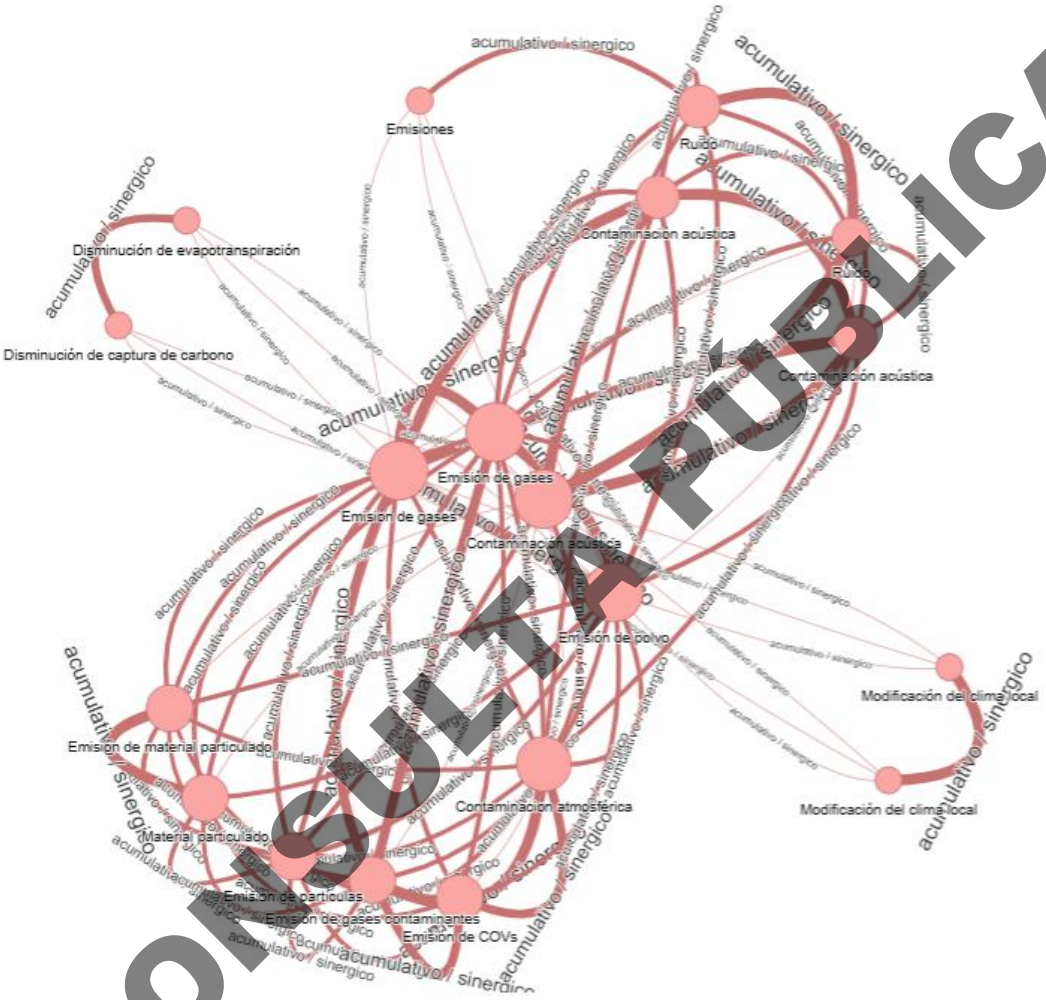
CONSULTA PÚBLICA

Se trata de una estructura lineal de intervención que conecta una condición base del entorno, la "Débil cultura ambiental" (que se traduce en un bajo nivel de conciencia, prácticas no sostenibles y que actúa como amplificador de impactos negativos, como el mal manejo de residuos), con una medida de gestión inducida: el "Fortalecimiento de educación ambiental" (que implica capacitación comunitaria, sensibilización y un cambio real de comportamiento).

Las interacciones en este proceso son de naturaleza acumulativa y sinérgica. La educación ambiental no tiene un efecto inmediato; sus resultados se construyen a lo largo del tiempo de manera acumulativa, donde las campañas progresan hacia la formación de hábitos, luego a la cultura y, finalmente, a un cambio estructural. Simultáneamente, esta intervención tiene un carácter sinérgico, ya que se potencia al interactuar con otros factores como los programas sociales, el empleo local y la participación comunitaria, generando una mayor apropiación del proyecto por parte de la población. El grosor medio de la arista refleja un hallazgo crítico: aunque esta es una relación altamente gestionable, su éxito no es automático y depende estrictamente de la calidad de su implementación. Si la educación es superficial, corre el riesgo de quedarse como un mero requisito administrativo, sin lograr cambiar comportamientos ni reducir impactos reales.

El valor más potente de este grafo radica en su capacidad transversal para intervenir y romper los ciclos negativos de los otros sistemas analizados. Es decir, actúa como un mecanismo de cambio sistémico que, si bien no opera directamente sobre el medio físico, modifica la manera en que las personas interactúan con él.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Este modelo representa el núcleo ambiental del análisis, ilustrando un subsistema físico-atmosférico y parcialmente climático de alta complejidad. A través de una estructura de red tipo *hub-and-spoke* (centro y radios) entrelazada con una malla, el grafo integra de manera sistémica tres grandes dominios de impacto: el subsistema de calidad del aire (emisiones de gases, Compuestos Orgánicos Volátiles [COVs], material particulado y contaminación atmosférica), el subsistema acústico (ruido y contaminación acústica) y el subsistema climático local (modificación del clima, disminución de la evapotranspiración y pérdida en la captura de carbono).

El elemento más crítico de esta red es el nodo de "Emisión de gases", el cual actúa como el centro dominante (*super-nodo*) de todo el sistema. Al estar conectado con la gran mayoría de los componentes, este nodo se posiciona como el impacto origen que detona la contaminación atmosférica, la generación de partículas y los efectos climáticos. Las interacciones que se desprenden de él son estrictamente acumulativas y sinérgicas. Los impactos no solo se concentran y persisten escalando con el tiempo, sino que se potencian mutuamente; por ejemplo, la combinación de gases, partículas y COVs deteriora la calidad del aire mucho más rápido, y la suma de estas emisiones con la pérdida de vegetación acelera la modificación del clima local.

La variabilidad en el grosor de las aristas es un indicador preciso de la magnitud y prioridad de gestión en la Evaluación de Impacto Ambiental. Las líneas más gruesas representan relaciones dominantes de alta intensidad y frecuencia (como la interacción directa entre gases y contaminación atmosférica), mientras que las líneas delgadas señalan conexiones indirectas o secundarias. En conjunto, clasifican a estos impactos como negativos, directos (emisiones) e indirectos (clima), así como multiescala, afectando desde el entorno inmediato hasta dinámicas globales.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

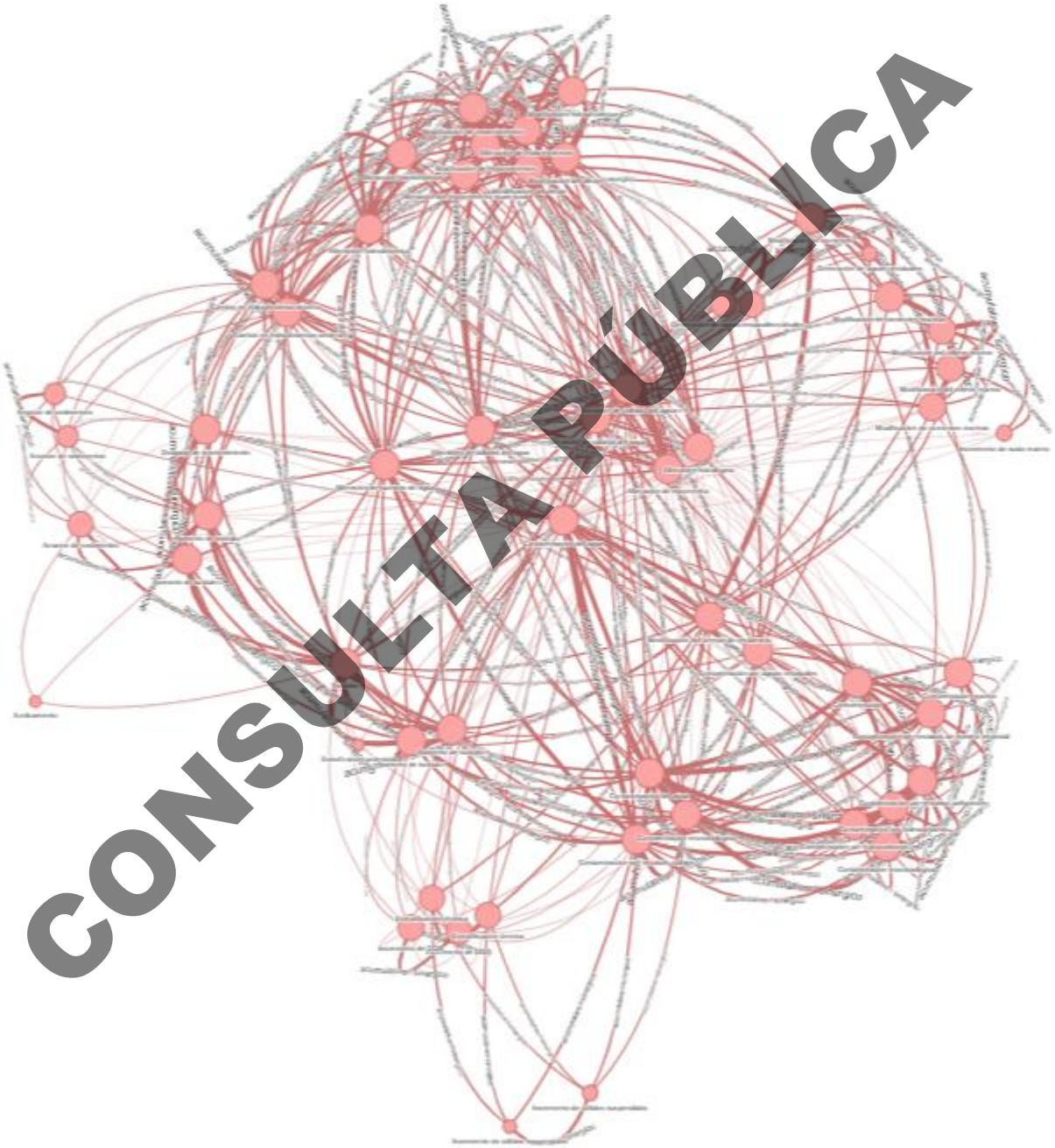
Este último grafo representa la culminación del análisis ambiental y territorial: el modelo sistémico completo del proyecto. A diferencia de las redes anteriores que evaluaban componentes específicos, esta es una red sistémica multicomponente y altamente densa que funciona como un sistema complejo adaptativo. Integra de manera simultánea las dimensiones físicas (aire, ruido, residuos), biológicas (ecosistemas, suelo), sociales (cultura, percepción, empleo), económicas (demanda, desarrollo), territoriales (cambio de uso de suelo) y la dimensión de riesgos emergentes que subyace en toda la red.

A nivel estructural, el sistema se compone de múltiples subredes interconectadas dominadas por nodos críticos o *hubs* que actúan como los motores de impacto del proyecto. Entre los más destacados se encuentran:

- Emisiones y Contaminación Atmosférica: El centro físico del grafo y principal detonador del subsistema atmosférico.
- Contaminación de Suelo y Manejo de Residuos: El nodo de degradación ambiental directa, ancla del subsistema edáfico y ecosistémico.
- Cambio de Uso de Suelo: Representa la transformación territorial y constituye el impacto estructural de más largo plazo.
- Nodos Sociales, Culturales y de Ruido: Elementos que reciben los efectos secundarios del sistema físico, configurando los impactos locales sobre la calidad de vida y el tejido comunitario.

La dinámica global del sistema se rige por un flujo de retroalimentación multiescala. Las actividades del proyecto generan emisiones y residuos, lo que deriva en contaminación ambiental y afectación ecosistémica; esto, a su vez, impulsa la transformación territorial y desencadena los impactos socioeconómicos que terminan retroalimentando al sistema. En este modelo, el grosor de las aristas proporciona una priorización automática de impactos: las líneas gruesas trazan las rutas críticas dominantes (por ejemplo, *emisiones → contaminación → salud pública*), mientras que las delgadas señalan los efectos indirectos.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

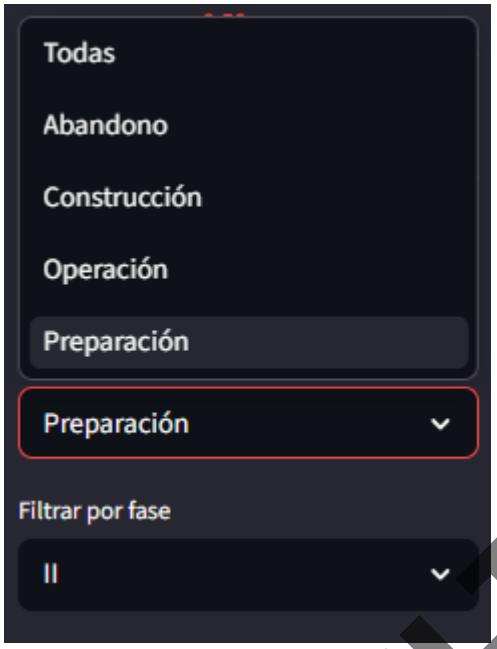
Este último grafo representa la versión más consolidada y densificada del ecosistema del proyecto. En este punto, el análisis trasciende la mera identificación de impactos aislados para entrar en el terreno de la modelación sistémica real: estamos observando *el comportamiento dinámico del proyecto en su totalidad. Se trata de una red compleja tipo "malla interconectada total", caracterizada por una altísima densidad, múltiples conexiones cruzadas y una gran redundancia (es decir, la existencia de múltiples caminos entre nodos).*

A diferencia de los modelos anteriores, donde podíamos identificar claramente un nodo dominante o un eje central, la estructura de este sistema es distribuida y sin un centro único. Existen múltiples *hubs* dominantes que operan de manera interconectada. Esto indica que el proyecto funciona como un sistema integralmente acoplado donde las emisiones, los residuos, el territorio, la sociedad y la economía interactúan de forma simultánea. El grosor de las aristas revela una realidad operativa compleja: las líneas gruesas (rutas dominantes) se superponen continuamente, lo que demuestra que no existe una sola ruta crítica, sino múltiples rutas críticas simultáneas.

El hallazgo global más contundente de esta red es que nos enfrentamos a un sistema altamente propagativo y emergente. *El flujo de los impactos ya no es lineal ni fácilmente predecible; es difuso y múltiple.* Una perturbación en un solo nodo puede propagarse a través de diversas rutas alternativas (efecto en cascada) y afectar a múltiples componentes al mismo tiempo, haciendo que surjan impactos sistémicos no previstos de forma directa. Esta redundancia dota al sistema de una alta resiliencia: si se intenta controlar un solo nodo, el sistema encuentra vías alternas para seguir operando y propagando efectos.

CONSULTA PÚBLICA

Estructura de la herramienta y ruta critica.



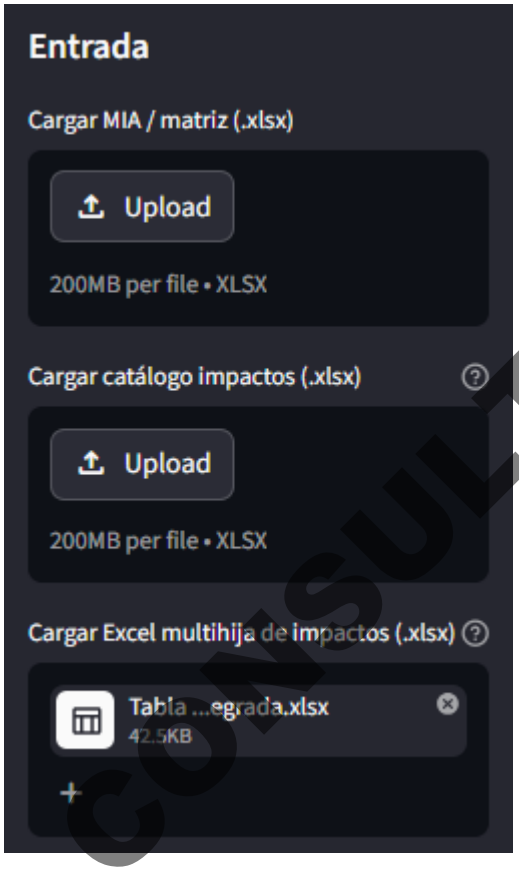
La imagen representa el panel de control temporal (interfaz de filtrado) del sistema complejo que hemos estado analizando. En el contexto de tu Evaluación de Impacto Ambiental (MIA), esta herramienta es la que te permite pasar de un análisis estático a una simulación dinámica de impactos a lo largo del tiempo. Se trata de un filtro de fases del proyecto dentro de tu dashboard interactivo. Permite segmentar la inmensa red de impactos (esa malla compleja que vimos en el último grafo) y aislar únicamente los nodos y relaciones que están activos en un momento específico de la vida del proyecto.

El menú desplegable muestra las etapas que deben considerarse en una MIA conforme la guía respectica de SEMARNAT (https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/definicion-y-objetivo-de-la-evaluacion-del-impacto-ambiental), y su implementación a un modelo de red:

- Todas: Al seleccionar esta opción, el sistema muestra el grafo maestro (el último que analizamos), donde todos los impactos y ciclos de vida se superponen. Es el escenario de máximo riesgo acumulativo.
- Preparación (Seleccionada): Aislará la red de impactos iniciales. Aquí se observarán nodos como *cambio de uso de suelo*, *desmonte*, *pérdida de cobertura vegetal* y *ahuyentamiento de fauna*. Es la fase de mayor alteración física directa.
- Construcción: Activará la red de perturbaciones físicas y sociales temporales. Verás encenderse los nodos de *emisión de polvo*, *ruido*, *vibraciones* y el *impulso económico regional* (por contratación de mano de obra).

CONSULTA PÚBLICA

- Operación: Muestra la red de impactos a largo plazo. Aquí dominarán los ciclos que vimos antes: *emisiones de gases* (el super-nodo), *dinámicas socioeconómicas* y la *erosión cultural*.
- Abandono: Se observa la red de cierre, enfocada en remediación de suelo, desmantelamiento y pérdida de empleos.



Es el módulo de entrada de datos (Data Ingestion) de tu herramienta o dashboard. Representa el puente exacto donde la información estática y tradicional de una MIA se transforma en una red compleja, dinámica e interactiva.

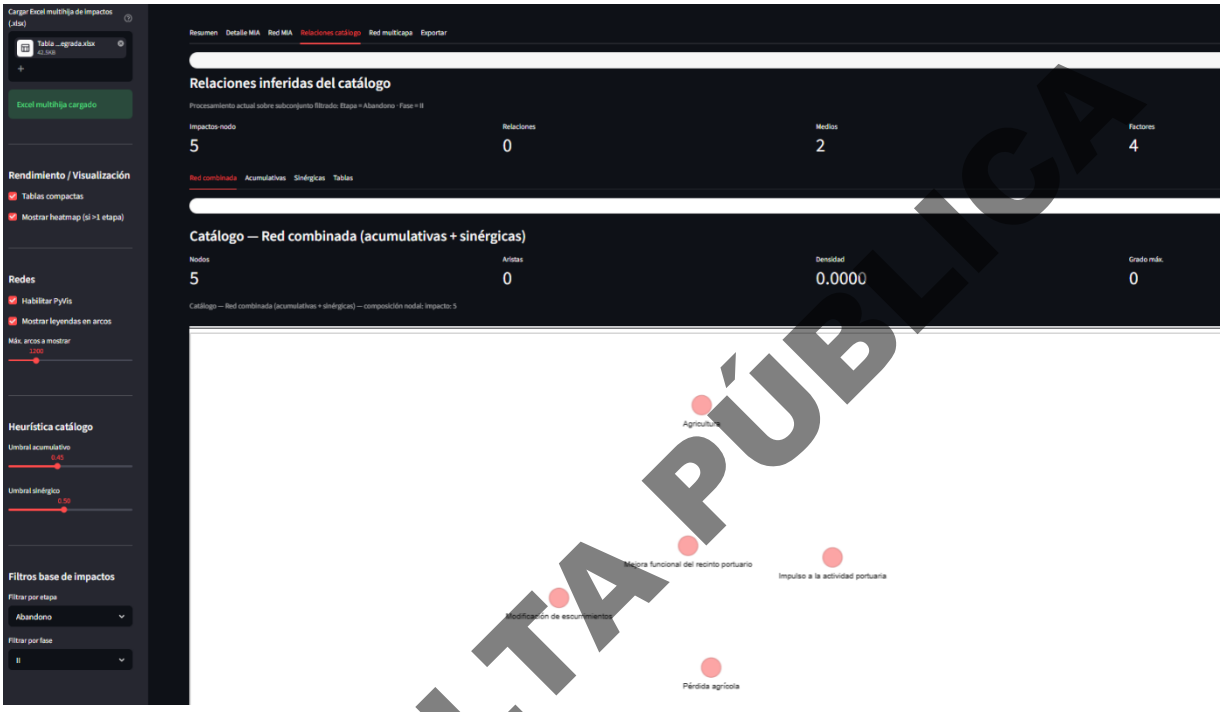
La interfaz pide tres (3) archivos clave, lo cual demuestra que has estructurado tu información como una base de datos relacional:

- Cargar MIA / matriz (.xlsx):
  - ¿Qué es? Aquí subes la evaluación base (la tradicional matriz cruzada de interacciones, tipo Leopold modificada).
  - Su función en el sistema: Provee las valoraciones iniciales (magnitud, importancia, reversibilidad) antes de que se propaguen por la red.
- Cargar catálogo impactos (.xlsx):
  - ¿Qué es? Es el "diccionario" u ontología de tu sistema.
  - Su función en el sistema: Define la identidad de cada nodo. Aquí es donde le dices al software: *"Este impacto es físico, este es social, este pertenece a la fase de preparación"*. Le da el contexto semántico a la red.

CONSULTA PÚBLICA

- Cargar Excel multihija de impactos (.xlsx): *(Donde se ve el archivo "Tabla egrada.xlsx" ya cargado)*
    - ¿Qué es? Es el mapeo de las interacciones cruzadas.
    - Su función en el sistema: ¡Esta es la magia! Este archivo contiene las aristas o conexiones. Aquí están tabuladas las relaciones "acumulativas" y "sinérgicas" que vimos en los grafos. Sin este archivo multihija, solo tendrías nodos aislados; con él, creas el sistema complejo.

CONSULTA PÚBLICA



Parámetros de Simulación

El análisis se ejecutó mediante la plataforma de modelación de redes complejas, aplicando los siguientes filtros y parámetros heurísticos:

- **Filtro Temporal:** Etapa = Abandono | Fase = II.
- **Composición de la Red:** Red combinada (Interacciones Acumulativas + Sinérgicas).
- **Umbral de Filtro Acumulativo:** > 0.45.
- **Umbral de Filtro Sinérgico:** > 0.50.

3. Resultados Topológicos de la Red (Hallazgos Principales)

La corrida del modelo para este escenario arrojó las siguientes métricas estructurales:

- **Nodos activos:** 5

CONSULTA PÚBLICA

- **Aristas (Relaciones):** 0
- **Densidad del sistema:** 0.0000
- **Grado máximo de conectividad:** 0

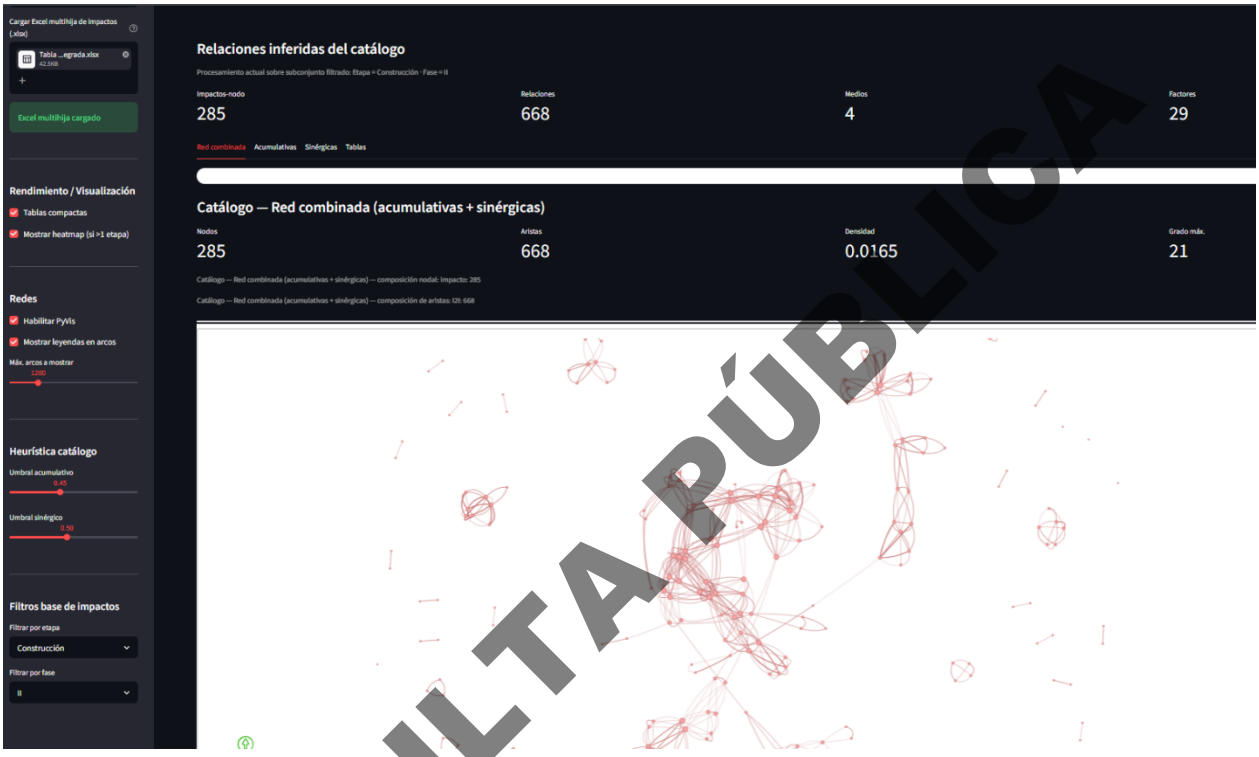
Interpretación Técnica: El resultado de *cero aristas* y *densidad nula* demuestra un **desacoplamiento total del sistema ambiental**. A diferencia de las etapas de Construcción y Operación, donde se observó una red densa y altamente interconectada, *en la Etapa de Abandono el "motor" del proyecto se detiene*. Matemáticamente, el modelo comprueba que las interacciones residuales no superan los umbrales críticos (0.45/0.50), lo que significa que ha cesado la capacidad del sistema para generar efectos en cascada, retroalimentación o propagación de daños.

4. Evaluación de Nodos Residuales (Legado Territorial)

Al no existir conexiones dinámicas, los 5 nodos identificados en esta fase no representan impactos activos, sino **estados finales o alteraciones residuales estáticas** (legados del proyecto en el territorio):

- **Alteraciones Físicas Estáticas:** *Modificación de escurrimientos.* Representa cambios morfológicos permanentes que, al no tener actividades que los exacerben, alcanzan un nuevo equilibrio ecosistémico local.
- **Estados de Uso de Suelo:** *Agricultura / Pérdida agrícola.* Reflejan el cambio de uso de suelo histórico consolidado. No generan nueva degradación, sino que representan la nueva configuración territorial.
- **Legados Socioeconómicos (Positivos):** *Mejora funcional del recinto portuario / Impulso a la actividad portuaria.* Representan la infraestructura y capacidad funcional que permanece en la región como un activo a largo plazo tras el retiro del proyecto específico.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Parámetros de Simulación

El análisis se ejecutó bajo los mismos criterios de rigor que los escenarios previos, permitiendo una comparativa estandarizada:

- **Filtro Temporal:** Etapa = Construcción | Fase = II
- **Composición de la Red:** Red combinada (Interacciones Acumulativas + Sinérgicas)
- **Umbral de Filtro Acumulativo:** > 0.45.
- **Umbral de Filtro Sinérgico:** > 0.50.

3. Resultados Topológicos de la Red (Métricas Clave)

El motor de inferencia arrojó un escenario de alta complejidad estructural, diametralmente opuesto a la etapa de Abandono:

- **Nodos activos (Impactos):** 285
- **Aristas (Relaciones cruzadas):** 668
- **Medios involucrados:** 4 (ej. Físico, Biótico, Socioeconómico, Perceptual)
- **Factores alterados:** 29
- **Densidad del sistema:** 0.0165
- **Grado máximo de conectividad:** 21

4. Análisis del Comportamiento del Sistema

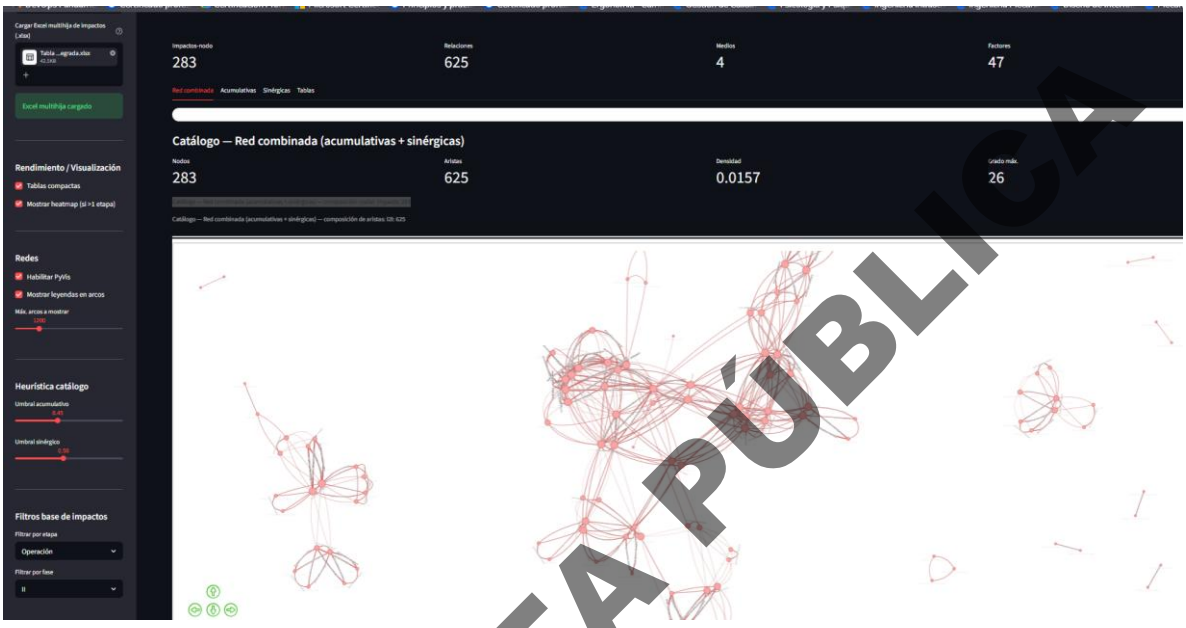
V*isual y matemáticamente, la gráfica muestra el proyecto operando* como un **"motor de perturbación activa"**. El análisis de las métricas revela lo siguiente:

- **Activación Sistémica Masiva (285 nodos / 668 aristas):** A diferencia del aislamiento visto en el Abandono, la Construcción detona una avalancha de interacciones. Los 668 enlaces que superan los umbrales críticos de sinergia y acumulación demuestran que los impactos no ocurren de forma aislada; se desencadenan en cascadas continuas (ej. *movimiento de tierras → emisión de partículas + ruido → ahuyentamiento de fauna + molestia social*).
- **Afectación Transversal (4 medios / 29 factores):** La perturbación no se limita a un solo dominio. La red permea simultáneamente todos los medios del entorno, confirmando que la fase de construcción requiere vigilancia multidisciplinaria.

CONSULTA PÚBLICA

- **Aparición de *Hubs* Críticos (Grado Máx. = 21):** Este es el dato más revelador para la gestión ambiental. Existe al menos un nodo en esta red que está conectado directa y fuertemente con otros 21 elementos. Este es un **nodo hiper-propagador** (típicamente asociado al uso de maquinaria pesada o desmonte masivo).
- **Estructura de Clúster Central:** El grafo muestra una "zona cero" altamente densificada en el centro, rodeada de subredes satélite. Esto indica que los impactos principales se potencian mutuamente en un núcleo de alta intensidad, haciendo que el control en el origen sea obligatorio, ya que la mitigación en la periferia sería inútil.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Parámetros de Simulación

El análisis mantiene los estándares de rigor paramétrico de los escenarios anteriores para garantizar la comparabilidad del comportamiento del sistema:

- **Filtro Temporal:** Etapa = Operación | Fase = II
- **Composición de la Red:** Red combinada (Interacciones Acumulativas + Sinérgicas)
- **Umbral de Filtro Acumulativo:** > 0.45
- **Umbral de Filtro Sinérgico:** > 0.50

3. Resultados Topológicos de la Red (Métricas Clave)

El procesamiento del modelo para la fase operativa arroja las siguientes métricas, las cuales revelan un cambio profundo en la dinámica del sistema:

- **Nodos activos (Impactos):** 283
- **Aristas (Relaciones cruzadas):** 625

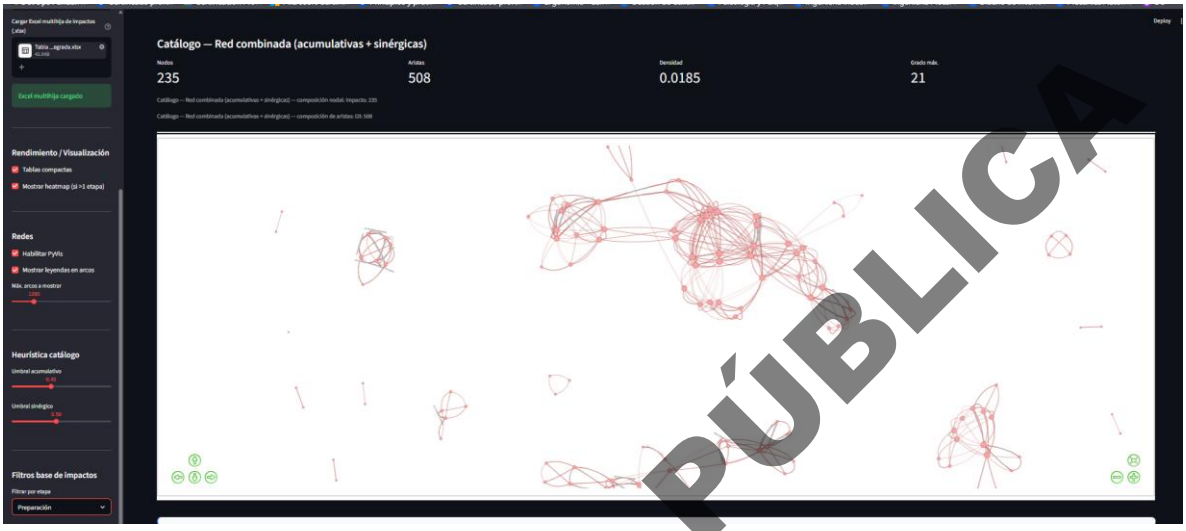
- **Medios involucrados:** 4
- **Factores alterados:** 47 *(¡Dato crítico!)*
- **Densidad del sistema:** 0.0157
- **Grado máximo de conectividad:** 26

4. Análisis del Comportamiento del Sistema (Construcción vs. Operación)

Al comparar este escenario operativo con la fase de construcción, el modelo revela una transición de un estado de **"perturbación física aguda"** a un estado de **"acoplamiento y estrés sistémico crónico"**. Los hallazgos matemáticos y visuales son contundentes:

- **Expansión de la Huella Sistémica (De 29 a 47 factores):** Aunque el número total de interacciones (aristas) disminuyó ligeramente frente a la construcción (de 668 a 625), **el impacto ha permeado a muchos más factores ambientales y socioeconómicos (47 factores en operación vs. 29 en construcción)**. Esto es la comprobación matemática del efecto acumulativo: a lo largo del tiempo, los impactos sostenidos alcanzan ramificaciones más profundas en el ecosistema y la sociedad, afectando variables que no se alteraron durante las obras iniciales.
- **Consolidación de un *Super-Hub* (Grado Máx. = 26):** En la construcción, el nodo más conectado afectaba a 21 componentes. En la operación, el grado máximo sube a 26. Esto indica que la dinámica operativa (probablemente las emisiones continuas, el transporte, o la dinámica económica) se ha atrincherado como un nodo dominante que controla una porción aún mayor de la red. Si este nodo falla o se descontrola, el efecto dominó será más grave.
- **Morfología de la Red:** Visualmente, se observa un macro-clúster central altamente fusionado con ramificaciones densas. El sistema ha dejado de ser una serie de impactos explosivos y se ha convertido en una red madura y resiliente; los impactos ahora se sostienen a sí mismos mediante ciclos de retroalimentación continua a lo largo de los años que dure el proyecto.

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA

Parámetros de Simulación

El análisis mantiene la coherencia paramétrica de la modelación para asegurar la trazabilidad del sistema:

- **Filtro Temporal:** Etapa = Preparación
- **Composición de la Red:** Red combinada (Interacciones Acumulativas + Sinérgicas)
- **Umbral de Filtro Acumulativo:** > 0.45
- **Umbral de Filtro Sinérgico:** > 0.50

3. Resultados Topológicos de la Red (Métricas Clave)

El procesamiento del modelo para esta etapa inicial revela métricas altamente reveladoras, destacando por su concentración:

- **Nodos activos (Impactos):** 235
- **Aristas (Relaciones cruzadas):** 508
- **Densidad del sistema:** 0.0185 *(¡La más alta observada!)*

- **Grado máximo de conectividad:** 21

4. Análisis del Comportamiento del Sistema (El Choque Inicial)

Al analizar este escenario y contrastarlo con las etapas posteriores (Construcción y Operación), el modelo revela una dinámica de **"alta concentración y acoplamiento agudo"**. Los hallazgos sistémicos son los siguientes:

- **Pico de Densidad Sistémica (0.0185):** Aunque hay menos nodos activos que en la etapa de construcción (235 vs. 285) y menos aristas totales (508 vs. 668), **la densidad de la red es la más alta de todas las fases**. ¿Qué significa esto ecosistémicamente? Que los impactos iniciales están extremadamente entrelazados. **La afectación al medio biótico y edáfico (pérdida de cobertura vegetal, remoción de suelo) genera una reacción en cadena inmediata, directa y altamente sinérgica.**
- **El Hub Primario (Grado Máx. = 21):** El nodo hiperconectado en esta fase es indiscutiblemente el motor de la transformación territorial (típicamente el *Cambio de Uso de Suelo* o el *Desmonte*). Este único nodo detona simultáneamente alteraciones en microclima, escurrimientos, pérdida de hábitat, ahuyentamiento de fauna y generación de material particulado.
- **Morfología de la Red (Clúster Denso y Subredes de Ruptura):** Visualmente, el grafo muestra un macro-clúster fuertemente compactado junto a pequeños clústeres satélite. Esto representa la ruptura del estado base del territorio: una agresión muy localizada pero profundamente destructiva en el núcleo del proyecto, donde las variables físicas y biológicas colisionan de manera ineludible.

CONSULTA PÚBLICA

Bibliografía.

- Barabási, A.-L. (2016). Network science. Cambridge University Press.
- Canter, L. W. (1999). Cumulative effects assessment. En J. Petts (Ed.), Handbook of Environmental Impact Assessment: Vol. 1. Environmental Impact Assessment: Process, Methods and Potential (pp. 405–440). Blackwell Science.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. Global Environmental Change, 16(3), 253–267. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002
- Franks, D. M., Brereton, D., & Moran, C. J. (2013). The cumulative dimensions of impact in resource regions. Resources Policy, 38(4), 320–327. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.03.002
- João, E., Van Valkengoed, M., & Gallagher, A. (2000). Evaluating the effectiveness of environmental impact assessment in improving decision making. Impact Assessment and Project Appraisal, 18(4), 333–342.
- Newman, M. E. J. (2018). Networks (2.ª ed.). Oxford University Press.
- Pavlickova, K., & Vyskupova, M. (2015). A method proposal for cumulative environmental impact assessment based on the landscape vulnerability evaluation. Environmental Impact Assessment Review, 50, 74–84. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.08.006
- Proulx, S. R., Promislow, D. E. L., & Phillips, P. C. (2005). Network thinking in ecology and evolution. Trends in Ecology & Evolution, 20(6), 345–353. https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.004
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (s.f.). Guías para la presentación de la manifestación de impacto ambiental. Gobierno de México. Recuperado de https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/guias-para-la-presentacion-de-la-manifestacion-de-impacto-ambiental

CONSULTA PÚBLICA

• Smit, B., & Spaling, H. (1995). Methods for cumulative effects assessment. Environmental Impact Assessment Review, 15(1), 81–106. https://doi.org/10.1016/0195-9255(94)00027-X

• Therivel, R., & Ross, W. A. (2007). Cumulative effects assessment: Does scale matter? Environmental Impact Assessment Review, 27(5), 365–385. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.02.001

CONSULTA PÚBLICA

LISTADO DE ESPECIES EN EL AREA DEL PROYECTO EN LA VEGETACION D

Estrato	No.	Nombre Cientifico	Nombre Común
Arboreo	1	*Avicennia germinans*	Mangle prieto
	2	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco
	3	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo
Herbaceo	4	*Batis maritima*	Saladilla
Otras formas de vi	5	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona
	6	*Struthanthus interruptus*	Injerto

)E MANGLAR

TIPO DE VEGETACION	SITIO	X	Y	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	T/B	INDIVIDUOS	DN (CM)	ALTURA (M)	DIAMETRO COPA 1 (M)	DIAMETRO COPA 2 (M)	AREA BASAL (m2)	Cob de Copa (m2)
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	8	7	7	0.0314	38.4846
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	7	4	3	0.0201	9.6212
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	6	5	7	0.0227	28.2744
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	8	7	9	0.0284	50.2656
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	9	9	7	0.0314	50.2656
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	7	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		14	6	4	3	0.0154	9.6212
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	8	7	4	0.0314	23.7584
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	7	5	3	0.0201	12.5664
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	15	7	4	6	0.0177	19.6350
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	25	9	8	7	0.0491	44.1788
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	6	7	6	0.0314	33.1832
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		14	5	4	3	0.0154	9.6212
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	1	577912	2105544	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	9	8	6	5	0.0064	23.7584
Selva baja	1	577912	2105544	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		8	6	3	2	0.0050	4.9088
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	16	7	5	3	0.0201	12.5664
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	8	5	6	0.0227	23.7584
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	8	7	9	0.0314	50.2656
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	7	5	4	0.0177	15.9044
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	5	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	8	5	4	0.0227	15.9044
Selva baja	1	577912	2105544	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	7	6	7	0.0314	33.1832
Selva baja	7	575516	2106210	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	T	1	19	8	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	7	575516	2106210	Bulillo	*Crataeva tapia*	T	1	12	6	4	3	0.0113	9.6212
Selva baja	7	575516	2106210	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	T	1	10	7	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	7	575516	2106210	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	T	1	25	9	7	8	0.0491	44.1788
Selva baja	7	575516	2106210	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	16	7	3	4	0.0201	9.6212
Selva baja	7	575516	2106210	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	7	575516	2106210	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	T	1	10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	7	575516	2106210	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	17	8	6	7	0.0227	33.1832
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	20	10	6	9	0.0314	44.1788
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		15	7	5	4	0.0177	15.9044
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	7	575516	2106210	Botoncillo	*Cordia alliodora*	T	1	17	8	4	5	0.0227	15.9044
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	30	10	7	6	0.0707	33.1832
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		20	7	5	4	0.0314	15.9044
Selva baja	7	575516	2106210	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	19	6	4	4	0.0284	12.5664
Selva baja	7	575516	2106210	Botoncillo	*Cordia alliodora*	T	1	15	7	3	4	0.0177	9.6212
Selva baja	7	575516	2106210	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	16	7	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	7	575516	2106210	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	7	575516	2106210	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	B		10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	8	575455	2106202	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	T	1	19	7	8	5	0.0284	33.1832
Selva baja	8	575455	2106202	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	T	1	20	6	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	8	575455	2106202	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	25	10	9	7	0.0491	50.2656
Selva baja	8	575455	2106202	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	8	575455	2106202	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	20	9	7	7	0.0314	38.4846
Selva baja	8	575455	2106202	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	19	8	6	7	0.0284	33.1832
Selva baja	8	575455	2106202	Zorrillo	*Zanthoxylum arborescens*	T	1	14	4	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	8	575455	2106202	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	25	7	5	6	0.0491	23.7584
Selva baja	8	575455	2106202	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	8	575455	2106202	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	17	9	4	5	0.0227	15.9044
Selva baja	8	575455	2106202	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	8	575455	2106202	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	T	1	15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	8	575455	2106202	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	8	575455	2106202	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	25	10	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	8	575455	2106202	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	8	575455	2106202	Copal	*Bursera copallifera*	T	1	25	7	4	6	0.0491	19.6350
Selva baja	8	575455	2106202	Vidrillo	*Margaritaria nobilis*	T	1	10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	8	575455	2106202	Papelillo rojo	*Bursera simaruba*	T	1	19	9	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	8	575455	2106202	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	17	9	5	3	0.0227	12.5664
Selva baja	8	575455	2106202	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		14	6	2	2	0.0154	3.1416
Selva baja	8	575455	2106202	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	12	7	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	8	575455	2106202	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	T	1	7	6	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	15	8	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	9	575524	2106132	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	B		10	6	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	9	575524	2106132	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	20	9	5	4	0.0314	15.9044
Selva baja	9	575524	2106132	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		16	7	4	3	0.0201	9.6212
Selva baja	9	575524	2106132	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	T	1	19	7	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	9	575524	2106132	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	25	8	4	5	0.0491	15.9044
Selva baja	9	575524	2106132	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		20	7	3	3	0.0314	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		16	5	2	2	0.0201	3.1416
Selva baja	9	575524	2106132	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	T	1	15	7	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	T	1	10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Ciruelo	*Spondia purpurea*	T	1	12	4	2	3	0.0113	4.9088
Selva baja	9	575524	2106132	Cuachalalate	*Amphipterygium adstringens*	T	1	16	6	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Cuachalalate	*Amphipterygium adstringens*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	9	575524	2106132	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	T	1	16	6	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	9	575524	2106132	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	T	1	30	9	7	8	0.0707	44.1788
Selva baja	9	575524	2106132	Ciruelo	*Spondia purpurea*	T	1	20	8	7	7	0.0314	38.4846
Selva baja	9	575524	2106132	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	T	1	17	8	6	5	0.0227	23.7584
Selva baja	9	575524	2106132	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	B		15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	9	575524	2106132	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	B		14	5	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	9	575524	2106132	Chamizo	*Casearia nitida*	T	1	15	7	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	9	575524	2106132	Copal	*Bursera copallifera*	T	1	25	9	5	6	0.0491	23.7584
Selva baja	9	575524	2106132	Copal	*Bursera copallifera*	B		20	7	4	3	0.0314	9.6212
Selva baja	9	575524	2106132	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	9	575524	2106132	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	9	575524	2106132	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	T	1	7	5	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	10	6	3	4	0.0079	9.6212
Selva baja	10	575596	2106138	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	25	7	4	5	0.0491	15.9044
Selva baja	10	575596	2106138	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	14	6	4	3	0.0154	9.6212
Selva baja	10	575596	2106138	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	B		12	5	2	2	0.0113	3.1416
Selva baja	10	575596	2106138	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	10	575596	2106138	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	10	4	2	3	0.0079	4.9088
Selva baja	10	575596	2106138	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	T	1	16	6	4	3	0.0201	9.6212
Selva baja	10	575596	2106138	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Cuachalalate	*Amphipterygium adstringens*	T	1	9	5	2	2	0.0064	3.1416
Selva baja	10	575596	2106138	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	15	6	4	4	0.0177	12.5664
Selva baja	10	575596	2106138	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	7	5	2	3	0.0038	4.9088
Selva baja	10	575596	2106138	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Bolitario	*Sapindus saponaria*	T	1	12	6	4	5	0.0113	15.9044
Selva baja	10	575596	2106138	Botoncillo	*Cordia alliodora*	T	1	10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	14	7	4	5	0.0154	15.9044
Selva baja	10	575596	2106138	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	10	575596	2106138	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	T	1	14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	T	1	9	4	3	3	0.0064	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Botoncillo	*Cordia alliodora*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Botoncillo	*Cordia alliodora*	B		7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	10	575596	2106138	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Ciruelo	*Spondia purpurea*	T	1	14	6	3	4	0.0154	9.6212
Selva baja	10	575596	2106138	Achiote	*Bixa orellana*	T	1	10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	10	575596	2106138	Chamizo	*Casearia nitida*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Cuil	*Inga eriocarpa*	T	1	8	6	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	10	575596	2106138	Papelillo rojo	*Bursera simaruba*	T	1	8	5	4	3	0.0050	9.6212
Selva baja	10	575596	2106138	Zorrillo	*Zanthoxylum arborescens*	T	1	8	3	3	2	0.0050	4.9088

Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	12	10	7	0.0314	56.7452
Selva baja	11	577993	2105597	Cuil	*Inga eriocarpa*	T	1	12	7	5	4	0.0113	15.9044
Selva baja	11	577993	2105597	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	11	577993	2105597	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	10	4	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	9	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	7	4	4	0.0177	12.5664
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	11	5	3	4	0.0095	9.6212
Selva baja	11	577993	2105597	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	20	8	7	4	0.0314	23.7584
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	9	4	0.0284	33.1832
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	7	7	6	0.0177	33.1832
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	6	5	4	0.0177	15.9044
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	6	4	4	0.0079	12.5664
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	8	4	5	0.0314	15.9044
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	16	6	5	4	0.0201	15.9044
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	8	6	7	0.0201	33.1832
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	7	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	5	5	0.0177	19.6350
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		14	5	4	3	0.0154	9.6212
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	16	7	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	17	6	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	11	577993	2105597	Higuera blanca	*Ficus maxima*	T	1	25	9	7	9	0.0491	50.2656
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	8	7	6	0.0227	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	4	5	5	0.0113	19.6350
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	27	10	7	9	0.0573	50.2656
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		20	11	9	6	0.0314	44.1788
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	7	7	5	0.0201	28.2744
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	9	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	7	4	5	0.0177	15.9044
Selva baja	12	577799	2105781	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	37	10	9	9	0.1075	63.6174
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	14	6	3	5	0.0154	12.5664
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	9	7	6	0.0314	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	6	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	25	9	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	12	577799	2105781	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	27	9	7	6	0.0573	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	30	10	9	9	0.0707	63.6174
Selva baja	12	577799	2105781	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		22	7	7	6	0.0380	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	12	6	5	0.0314	23.7584
Selva baja	12	577799	2105781	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	9	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	12	577799	2105781	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	7	6	7	0.0314	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	5	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	7	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	4	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	4	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	4	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	9	7	6	0.0227	33.1832
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	15	4	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	15	4	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	12	577799	2105781	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	4	3	3	0.0284	7.0686
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	7	8	0.0284	44.1788
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	8	8	0.0314	50.2656
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		12	7	4	3	0.0113	9.6212
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	22	10	9	4	0.0380	33.1832
Selva baja	13	577703	2105685	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	8	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	13	577703	2105685	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	7	5	5	0.0201	19.6350
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	17	9	7	6	0.0227	33.1832
Selva baja	13	577703	2105685	Mangle de cerro	*Bravaisia integerrima*	T	1	20	10	6	7	0.0314	33.1832
Selva baja	13	577703	2105685	Mangle de cerro	*Bravaisia integerrima*	B		19	7	5	5	0.0284	19.6350
Selva baja	13	577703	2105685	Mangle de cerro	*Bravaisia integerrima*	B		16	9	6	5	0.0201	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Mangle de cerro	*Bravaisia integerrima*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	9	6	5	0.0201	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	10	7	6	0.0314	33.1832
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	7	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	13	577703	2105685	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	12	7	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	6	7	0.0314	33.1832
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	14	7	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	6	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	25	10	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	7	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		16	7	4	3	0.0201	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	8	6	7	0.0284	33.1832
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	25	10	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	14	577604	2105631	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	9	6	3	3	0.0064	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	22	9	7	6	0.0380	33.1832
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		17	7	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		17	7	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		17	7	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		17	7	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		14	5	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	5	4	2	0.0079	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	6	4	3	0.0079	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788

Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		14	7	5	4	0.0154	15.9044
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	14	577604	2105631	Mangle de cerro	*Bravaisia integerrima*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	T	1	20	10	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	15	578070	2105457	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	30	12	10	10	0.0707	78.5400
Selva baja	15	578070	2105457	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		25	10	7	7	0.0491	38.4846
Selva baja	15	578070	2105457	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	9	7	6	0.0314	33.1832
Selva baja	15	578070	2105457	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	16	7	6	5	0.0201	23.7584
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	T	1	19	8	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	B		12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	15	578070	2105457	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	25	9	5	6	0.0491	23.7584
Selva baja	15	578070	2105457	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		19	7	3	3	0.0284	7.0686
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	T	1	15	7	4	6	0.0177	19.6350
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	B		7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	T	1	30	12	7	8	0.0707	44.1788
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	B		25	10	5	5	0.0491	19.6350
Selva baja	15	578070	2105457	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	B		20	9	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	15	578070	2105457	Bulillo	*Crataeva tapia*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	15	578070	2105457	Vidrillo	*Margaritaria nobilis*	T	1	8	4	2	3	0.0050	4.9088
Selva baja	16	578495	2104738	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	14	7	3	4	0.0154	9.6212
Selva baja	16	578495	2104738	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	16	578495	2104738	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	7	7	8	0.0314	44.1788
Selva baja	16	578495	2104738	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	6	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	20	10	9	10	0.0314	70.8824
Selva baja	16	578495	2104738	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	20	10	9	10	0.0314	70.8824
Selva baja	16	578495	2104738	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	B		19	7	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	16	578495	2104738	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	T	1	20	10	10	9	0.0314	70.8824
Selva baja	16	578495	2104738	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	25	9	10	10	0.0491	78.5400
Selva baja	16	578495	2104738	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		20	7	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	16	578495	2104738	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		19	7	5	5	0.0284	19.6350
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	7	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	7	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	7	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	7	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	7	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	7	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	10	5	3	4	0.0079	9.6212
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	10	5	3	4	0.0079	9.6212
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	10	5	3	4	0.0079	9.6212
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	10	5	3	4	0.0079	9.6212
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	15	7	4	5	0.0177	15.9044
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	9	5	6	0.0227	23.7584
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	B		7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	17	9	5	5	0.0227	19.6350
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Chamizo	*Casearia nitida*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	16	578495	2104738	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	T	1	8	5	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	27	10	9	10	0.0573	70.8824
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	9	6	5	0.0314	23.7584
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	8	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	19	577758	2106137	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	9	6	5	0.0227	23.7584
Selva baja	19	577758	2106137	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	25	10	9	7	0.0491	50.2656
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	30	10	9	10	0.0707	70.8824
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		16	7	5	5	0.0201	19.6350
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	36	12	10	9	0.1018	70.8824
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		25	9	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	17	7	6	5	0.0227	23.7584
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	27	9	7	6	0.0573	33.1832
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	30	10	9	7	0.0707	50.2656
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	9	7	5	0.0314	28.2744
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	9	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	6	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		16	7	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	30	9	7	9	0.0707	50.2656
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		25	7	6	5	0.0491	23.7584
Selva baja	19	577758	2106137	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	20	8	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	19	577758	2106137	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	15	7	4	5	0.0177	15.9044
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	42	10	9	7	0.1385	50.2656
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		40	9	7	7	0.1257	38.4846
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		30	7	6	5	0.0707	23.7584
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	25	10	9	7	0.0491	50.2656
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	9	7	5	0.0314	28.2744
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	9	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		10	6	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		16	7	3	4	0.0201	9.6212
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	9	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	10	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		15	9	5	5	0.0177	19.6350
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	30	10	7	9	0.0707	50.2656
Selva baja	20	577793	2106195	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	7	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	17	5	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		15	4	2	2	0.0177	3.1416
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	30	10	10	10	0.0707	78.5400
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	35	10	11	10	0.0962	86.5904
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	27	8	7	6	0.0573	33.1832
Selva baja	20	577793	2106195	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	20	577793	2106195	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	17	7	6	3	0.0227	15.9044
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	9	5	6	0.0177	23.7584
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	25	10	3	4	0.0491	9.6212
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	19	8	5	4	0.0284	15.9044
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	25	10	7	8	0.0491	44.1788
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	30	10	9	10	0.0707	70.8824
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	7	7	6	0.0314	33.1832
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		20	7	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	B		16	6	4	3	0.0201	9.6212
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	30	12	10	11	0.0707	86.5904
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	20	9	7	6	0.0314	33.1832

Selva baja	24	579054	2103545	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	9	6	5	0.0227	23.7584
Selva baja	24	579054	2103545	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		7	4	3	2	0.0038	4.9088
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	60	10	10	10	0.2827	78.5400
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		40	9	7	7	0.1257	38.4846
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		40	7	5	5	0.1257	19.6350
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	6	4	4	0.0314	12.5664
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	6	3	3	0.0314	7.0686
Selva baja	24	579054	2103545	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	15	7	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	30	10	7	5	0.0707	28.2744
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	17	7	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	14	6	3	2	0.0154	4.9088
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	10	4	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	24	579054	2103545	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	10	7	3	0.0314	19.6350
Selva baja	24	579054	2103545	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	7	9	4	0.0201	33.1832
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	15	7	4	5	0.0177	15.9044
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	16	6	4	4	0.0201	12.5664
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	18	7	4	5	0.0254	15.9044
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	B		10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	24	579054	2103545	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	T	1	20	9	5	6	0.0314	23.7584
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	19	10	5	6	0.0284	23.7584
Selva baja	24	579054	2103545	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		15	7	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	24	579054	2103545	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	17	8	5	6	0.0227	23.7584
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	20	9	5	6	0.0314	23.7584
Selva baja	26	578984	2103348	Ciruelo	*Spondia purpurea*	T	1	18	7	4	3	0.0254	9.6212
Selva baja	26	578984	2103348	Ciruelo	*Spondia purpurea*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	26	578984	2103348	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	26	6	5	4	0.0531	15.9044
Selva baja	26	578984	2103348	Huizcolote	*Acacia hindsii*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	26	578984	2103348	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	30	9	7	7	0.0707	38.4846
Selva baja	26	578984	2103348	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		20	7	6	5	0.0314	23.7584
Selva baja	26	578984	2103348	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		20	6	6	5	0.0314	23.7584
Selva baja	26	578984	2103348	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	5	4	0.0177	15.9044
Selva baja	26	578984	2103348	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	5	3	0.0177	12.5664
Selva baja	26	578984	2103348	Ciruelo	*Spondia purpurea*	T	1	16	5	3	4	0.0201	9.6212
Selva baja	26	578984	2103348	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	T	1	30	9	7	8	0.0707	44.1788
Selva baja	26	578984	2103348	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	B		25	7	4	3	0.0491	9.6212
Selva baja	26	578984	2103348	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	B		20	5	3	3	0.0314	7.0686
Selva baja	26	578984	2103348	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	6	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	26	578984	2103348	Bolitario	*Sapindus saponaria*	T	1	7	5	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	26	578984	2103348	Cuero de indio	*Lonchocarpus eriocarinalis*	T	1	14	5	3	4	0.0154	9.6212
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	T	1	10	5	3	4	0.0079	9.6212
Selva baja	26	578984	2103348	Sacaloxochil	*Plumeria rubra*	T	1	8	4	3	3	0.0050	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	T	1	20	6	4	4	0.0314	12.5664
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		14	3	3	2	0.0154	4.9088
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	7	6	8	0.0314	38.4846
Selva baja	27	578944	2103257	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	25	9	7	8	0.0491	44.1788
Selva baja	27	578944	2103257	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	19	7	6	5	0.0284	23.7584
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	10	6	4	4	0.0079	12.5664
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	4	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		7	4	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	T	1	14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	T	1	16	5	4	5	0.0201	15.9044
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		10	4	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	27	578944	2103257	Achiote	*Bixa orellana*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	28	578885	2103071	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	T	1	19	7	4	4	0.0284	12.5664
Selva baja	28	578885	2103071	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	T	1	17	8	6	5	0.0227	23.7584
Selva baja	28	578885	2103071	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	T	1	12	6	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Sacaloxochil	*Plumeria rubra*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	25	9	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	28	578885	2103071	Ciruelo	*Spondia purpurea*	T	1	30	10	9	9	0.0707	63.6174
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	35	10	9	10	0.0962	70.8824
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	20	9	7	5	0.0314	28.2744
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	15	7	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	B		10	6	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	30	9	4	5	0.0707	15.9044
Selva baja	28	578885	2103071	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	T	1	20	9	5	6	0.0314	23.7584
Selva baja	28	578885	2103071	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	B		10	6	4	3	0.0079	9.6212
Selva baja	28	578885	2103071	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	B		10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	28	578885	2103071	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	25	9	7	5	0.0491	28.2744
Selva baja	28	578885	2103071	Cuero de indio	*Lonchocarpus eriocarinalis*	T	1	17	7	4	5	0.0227	15.9044
Selva baja	28	578885	2103071	Cuero de indio	*Lonchocarpus eriocarinalis*	T	1	15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	20	9	7	7	0.0314	38.4846
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	27	10	7	9	0.0573	50.2656
Selva baja	28	578885	2103071	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	T	1	19	7	4	5	0.0284	15.9044
Selva baja	28	578885	2103071	Azajar	*Styrax argenteus var. ramirezii*	B		16	6	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	25	9	7	9	0.0491	50.2656
Selva baja	28	578885	2103071	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		20	7	6	5	0.0314	23.7584
Selva baja	28	578885	2103071	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	16	7	6	3	0.0201	15.9044
Selva baja	28	578885	2103071	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	B		10	6	5	3	0.0079	12.5664
Selva baja	28	578885	2103071	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	T	1	12	7	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	T	1	10	6	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	B		9	4	3	2	0.0064	4.9088
Selva baja	28	578885	2103071	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	B		7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	28	578885	2103071	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	B		7	3	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	28	578885	2103071	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	19	8	7	6	0.0284	33.1832
Selva baja	28	578885	2103071	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	28	578885	2103071	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	T	1	16	6	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	T	1	7	5	3	3	0.0038	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	8	5	6	0.0227	23.7584
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	4	4	0.0177	12.5664
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	5	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	13	7	4	3	0.0133	9.6212
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	35	10	7	3	0.0962	19.6350
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		17	6	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	30	7	4	5	0.0707	15.9044
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		25	6	4	4	0.0491	12.5664
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	5	3	3	0.0314	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	17	6	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	35	10	7	6	0.0962	33.1832
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	9	5	5	0.0314	19.6350
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	7	4	4	0.0314	12.5664
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		16	7	4	4	0.0201	12.5664
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		15	8	4	4	0.0177	12.5664
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	25	9	7	6	0.0491	33.1832
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	35	10	5	6	0.0962	23.7584
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		17	7	4	4	0.0227	12.5664

Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	T	1	16	7	4	3	0.0201	9.6212
Selva baja	36	578894	2101615	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	17	6	3	5	0.0227	12.5664
Selva baja	36	578894	2101615	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	T	1	12	5	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	36	578894	2101615	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	36	578894	2101615	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Huizcoron	*Xylosma horrida*	T	1	25	10	7	7	0.0491	38.4846
Selva baja	36	578894	2101615	Huizcoron	*Xylosma horrida*	B		20	7	4	5	0.0314	15.9044
Selva baja	36	578894	2101615	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	T	1	27	8	6	3	0.0573	15.9044
Selva baja	36	578894	2101615	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	B		12	5	3	2	0.0113	4.9088
Selva baja	37	578892	2101297	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	27	11	7	5	0.0573	28.2744
Selva baja	37	578892	2101297	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		17	5	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	37	578892	2101297	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		16	4	2	2	0.0201	3.1416
Selva baja	37	578892	2101297	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		20	9	4	4	0.0314	12.5664
Selva baja	37	578892	2101297	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	30	10	7	6	0.0707	33.1832
Selva baja	37	578892	2101297	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		25	9	6	5	0.0491	23.7584
Selva baja	37	578892	2101297	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	7	4	2	2	0.0038	3.1416
Selva baja	37	578892	2101297	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	37	578892	2101297	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	10	4	3	2	0.0079	4.9088
Selva baja	37	578892	2101297	Huizcolote	*Acacia hindsii*	T	1	15	5	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	37	578892	2101297	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	19	7	4	5	0.0284	15.9044
Selva baja	37	578892	2101297	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	37	578892	2101297	Coliguana	*Cordia seleriana*	T	1	12	4	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	37	578892	2101297	Coliguana	*Cordia seleriana*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	37	578892	2101297	Coliguana	*Cordia seleriana*	B		17	3	2	2	0.0227	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	20	7	7	6	0.0314	33.1832
Selva baja	38	578922	2101205	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		17	5	4	3	0.0227	9.6212
Selva baja	38	578922	2101205	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		14	5	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Bulillo	*Crataeva tapia*	T	1	27	9	5	5	0.0573	19.6350
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	T	1	19	7	4	4	0.0284	12.5664
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		14	5	2	2	0.0154	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		12	5	3	2	0.0113	4.9088
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		10	5	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Garrapato	*Lonchocarpus constrictus*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Parota	*Enterolobium cyclocarpum*	T	1	21	6	4	3	0.0346	9.6212
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	14	8	5	4	0.0154	15.9044
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		12	7	4	3	0.0113	9.6212
Selva baja	38	578922	2101205	Panicua	*Cochlospermum vitifolium*	T	1	14	6	34		0.0154	226.9806
Selva baja	38	578922	2101205	Panicua	*Cochlospermum vitifolium*	B		13	5	2	2	0.0133	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Panicua	*Cochlospermum vitifolium*	B		10	4	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	18	7	4	5	0.0254	15.9044
Selva baja	38	578922	2101205	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		16	6	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	5	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	19	7	4	3	0.0284	9.6212
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		14	6	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Coliguana	*Cordia seleriana*	T	1	7	4	3	4	0.0038	9.6212
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	14	5	3	3	0.0154	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	13	4	3	3	0.0133	7.0686
Selva baja	38	578922	2101205	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	T	1	15	6	4	5	0.0177	15.9044
Selva baja	38	578922	2101205	Guajillo	*Leucaena lanceolata var. lanceolata*	T	1	10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	39	578983	2101086	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	T	1	22	7	4	5	0.0380	15.9044
Selva baja	39	578983	2101086	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	4	4	0.0177	12.5664
Selva baja	39	578983	2101086	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		15	6	3	3	0.0177	7.0686
Selva baja	39	578983	2101086	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		12	5	3	3	0.0113	7.0686
Selva baja	39	578983	2101086	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	B		10	5	3	3	0.0079	7.0686
Selva baja	39	578983	2101086	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	T	1	17	6	5	4	0.0227	15.9044
Selva baja	39	578983	2101086	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	B		16	4	3	3	0.0201	7.0686
Selva baja	39	578983	2101086	Espino blanco	*Acacia cochliacantha*	B		15	4	3	2	0.0177	4.9088
Selva baja	39	578983	2101086	Coliguana	*Cordia seleriana*	T	1	15	4	4	3	0.0177	9.6212
Selva baja	39	578983	2101086	Coliguana	*Cordia seleriana*	B		12	3	2	2	0.0113	3.1416
Selva baja	39	578983	2101086	Coliguana	*Cordia seleriana*	B		10	3	2	2	0.0079	3.1416
Selva baja	39	578983	2101086	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	T	1	20	7	4	5	0.0314	15.9044
Selva baja	39	578983	2101086	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	B		17	5	3	3	0.0227	7.0686
Selva baja	7	575516	2106210	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	R	1	*3*	2	1	1	0.0007	0.7854
Selva baja	7	575516	2106210	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	R	1	*1*	0.6	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	7	575516	2106210	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	R	1	*1*	0.5	0.3	0.2	0.0001	0.0491
Selva baja	8	575455	2106202	Papelillo rojo	*Bursera simaruba*	R	1	5	4	2	2	0.0020	3.1416
Selva baja	8	575455	2106202	Cuero de indio	*Lonchocarpus eriocarinalis*	R	3	*3*	3	1.5	1.5	0.0007	1.7672
Selva baja	8	575455	2106202	Tamborcillo	*Cordia dentata*	R	1	*2*	1.5	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	8	575455	2106202	Cuero de indio	*Lonchocarpus eriocarinalis*	R	1	5	5	2.5	2.5	0.0020	4.9088
Selva baja	8	575455	2106202	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	R	1	*1*	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	8	575455	2106202	Vidrillo	*Margaritaria nobilis*	R	2	*2*	1.5	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	8	575455	2106202	Zorrillo	*Zanthoxylum arborescens*	R	1	*2*	2.5	1.5	1	0.0003	1.2272
Selva baja	9	575524	2106132	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	R	1	*2*	2	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	9	575524	2106132	Tamborcillo	*Cordia dentata*	R	1	*1*	0.6	1	0.8	0.0001	0.6362
Selva baja	9	575524	2106132	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	R	1	1	0.5	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	9	575524	2106132	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	9	575524	2106132	Parota	*Enterolobium cyclocarpum*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	9	575524	2106132	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	R	1	3	3	1.5	1.5	0.0007	1.7672
Selva baja	9	575524	2106132	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	10	575596	2106138	Higuerilla brava	*Sapium macrocarpum*	R	1	1	0.8	0.4	0.4	0.0001	0.1257
Selva baja	10	575596	2106138	Tepemezquite	*Lysiloma divaricatum*	R	2	2	3	1.5	1.2	0.0003	1.4314
Selva baja	10	575596	2106138	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	10	575596	2106138	Huizcoron	*Xylosma horrida*	R	2	1	0.8	0.4	0.4	0.0001	0.1257
Selva baja	10	575596	2106138	Barcino	*Cordia elaeagnoides*	R	5	2	1.5	1	0.8	0.0003	0.6362
Selva baja	10	575596	2106138	Bulillo	*Crataeva tapia*	R	1	2	1	0.6	0.7	0.0003	0.3318
Selva baja	10	575596	2106138	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	R	3	*1*	1	0.5	0.5	0.0001	0.1964
Selva baja	10	575596	2106138	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	R	5	*3*	3	1	1	0.0007	0.7854
Selva baja	10	575596	2106138	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	R	6	*2*	1.5	0.8	0.8	0.0003	0.5027
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	1	5	4	2	2	0.0020	3.1416
Selva baja	11	577993	2105597	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	2	2	1	7	0.5	0.0003	11.0447
Selva baja	11	577993	2105597	Bolitario	*Sapindus saponaria*	R	7	1	0.8	0.4	0.4	0.0001	0.1257
Selva baja	11	577993	2105597	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	R	1	1	0.8	0.6	0.6	0.0001	0.2827
Selva baja	11	577993	2105597	Tamborcillo	*Cordia dentata*	R	1	2	1.2	0.9	0.7	0.0003	0.5027
Selva baja	11	577993	2105597	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	R	2	5	5	2.5	2.2	0.0020	4.3374
Selva baja	12	577799	2105781	Coliguana	*Cordia seleriana*	R	1	1	1	1	1	0.0001	0.7854
Selva baja	12	577799	2105781	Huizcoron	*Xylosma horrida*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	12	577799	2105781	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	12	577799	2105781	Huesillo de cerro	*Thouinia serrata*	R	1	1	1.3	1	0.9	0.0001	0.7088
Selva baja	12	577799	2105781	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	1	2	3	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	13	577703	2105685	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	10	2	2	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	13	577703	2105685	Cola de zorra	*Trichilia americana*	R	1	1	1	0.5	0.6	0.0001	0.2376
Selva baja	13	577703	2105685	Cuil	*Inga eriocarpa*	R	1	1	0.6	0.8	0.9	0.0001	0.5675
Selva baja	13	577703	2105685	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	R	1	1	0.5	1	0.8	0.0001	0.6362
Selva baja	14	577604	2105631	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	10	3	2.5	1.5	1.5	0.0007	1.7672
Selva baja	14	577604	2105631	Cuil	*Inga eriocarpa*	R	1	1	0.4	0.6	0.5	0.0001	0.2376
Selva baja	14	577604	2105631	Chupalcojote	*Cyrtocarpa procera*	R	1	2	1.2	1	1.3	0.0003	1.0387
Selva baja	14	577604	2105631	Higuera blanca	*Ficus maxima*	R	1	*1*	0.6	0.2	0.3	0.0001	0.0491
Selva baja	15	578070	2105457	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	1	*1*	1	0.5	0.5	0.0001	0.1964
Selva baja	15	578070	2105457	Cola de zorra	*Trichilia americana*	R	1	*0.5*	1	0.3	0.4	0.0000	0.0962
Selva baja	15	578070	2105457	Guasima	*Guazuma ulmifolia*	R	3	*1*	1	0.6	0.8	0.0001	0.3848
Selva baja	15	578070	2105457	Huizcolote	*Acacia hindsii*	R	3	*2*	3	2	2	0.0003	3.1416
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	R	4	*2*	3	1.5	1	0.0003	1.2272
Selva baja	16	578495	2104738	Huizcoron	*Xylosma horrida*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	16	578495	2104738	Parota	*Enterolobium cyclocarpum*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	16	578495	2104738	Palo canalado	*Cupania dentata*	R	6	*5*	5	2	2.5	0.0020	3.9761
Selva baja	16	578495	2104738	Guayabillo borcelano	*Chloroleucon mangense*	R	1	*2*	1.6	1.2	1.2	0.0003	1.1310
Selva baja	16	578495	2104738	Papelillo Verde	*Bursera grandifolia*	R	*2*	*2*	1	0.6	0.6	0.0003	0.2827
Selva baja	16	578495	2104738	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	R	2	*1*	0.4	0.2	2	0.0001	0.9503
Selva baja	16	578495	2104738	Cola de zorra	*Trichilia americana*	R	1	*2*	2	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	16	578495	2104738	Ciruelo	*Spondia purpurea*	R	1	*5*	3	2	2	0.0020	3.1416
Selva baja	19	577758	2106137	Tamborcillo	*Cordia dentata*	R	1	*1*	1	1	1	0.0001	0.7854
Selva baja	19	577758	2106137	Vidrillo	*Margaritaria nobilis*	R	1	*1*	1	0.6	1	0.0001	0.5027
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	8	*5*	3	2	2	0.0020	3.1416
Selva baja	19	577758	2106137	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	8	*3*	3	1	1	0.0007	0.7854
Selva baja	19	577758	2106137	Panicua	*Cochlospermum vitifolium*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	19	577758	2106137	Rebelero	*Gyrocarpus jatrophifolius*	R	1	*1*	1	0.4	0.3	0.0001	0.0962
Selva baja	19	577758	2106137	Higuerilla brava	*Sapium macrocarpum*	R	2	*1*	0.4	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	20	577793	2106195	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	R	4	*2*	1.5	0.5	0.7	0.0003	0.2827

Selva baja	20	577793	2106195	Vidrillo	*Margaritaria nobilis*	R	1	*1*	0.6	1	0.5	0.0001	0.4418
Selva baja	20	577793	2106195	Rebelero	*Gyrocarpus jatrophifolius*	R	1	*1*	0.5	0.3	0.4	0.0001	0.0962
Selva baja	24	579054	2103545	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	R	2	*1*	0.6	0.3	0.3	0.0001	0.0707
Selva baja	24	579054	2103545	Coliguana	*Cordia seleriana*	R	2	*2*	1.5	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	24	579054	2103545	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	R	1	*2*	3	1.5	1.5	0.0003	1.7672
Selva baja	24	579054	2103545	Rebelero	*Gyrocarpus jatrophifolius*	R	1	*1*	0.3	0.3	0.25	0.0001	0.0594
Selva baja	26	578984	2103348	Olivillo	*Forchhammeria pallida*	R	3	*1*	0.5	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	26	578984	2103348	Huizilacate negro	*Sideroxylon persimile*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	26	578984	2103348	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	R	1	*1*	0.5	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	26	578984	2103348	Parota	*Enterolobium cyclocarpum*	R	1	1	1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	26	578984	2103348	Panicua	*Cochlospermum vitifolium*	R	1	*1*	0.5	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	R	10	*2*	0.5	0.3	0.2	0.0003	0.0491
Selva baja	26	578984	2103348	Palo canalado	*Cupania dentata*	R	1	*1*	0.4	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	27	578944	2103257	Cahuite	*Coccoloba barbadensis*	R	1	*2*	1.5	0.6	0.6	0.0003	0.2827
Selva baja	27	578944	2103257	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	R	1	*1*	1.2	1	1	0.0001	0.7854
Selva baja	27	578944	2103257	Chamizo	*Casearia nitida*	R	2	*2*	1.5	0.5	0.5	0.0003	0.1964
Selva baja	27	578944	2103257	Bulillo	*Crataeva tapia*	R	1	*1*	1	0.3	0.3	0.0001	0.0707
Selva baja	28	578885	2103071	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	R	3	*5*	4	2	2	0.0020	3.1416
Selva baja	28	578885	2103071	Uva cimarrona	*Myrcia schiedeana*	R	1	*1*	0.6	0.4	0.5	0.0001	0.1590
Selva baja	28	578885	2103071	Majahua	*Heliocarpus terebinthinaceus*	R	1	*5*	5	3	2	0.0020	4.9088
Selva baja	28	578885	2103071	Cuero de indio	*Lonchocarpus eriocarinalis*	R	1	*3*	3	1	1	0.0007	0.7854
Selva baja	36	578894	2101615	Bulillo	Crataeva tapia	R	1	5	3	2	2	0.0020	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Guasima	Guazuma ulmifolia	R	1	4	3	2	2	0.0013	3.1416
Selva baja	36	578894	2101615	Cahuite	*Coccoloba barbadensis*	R	1	1	1	0.3	0.5	0.0001	0.1257
Selva baja	37	578892	2101297	Coliguana	*Cordia seleriana*	R	6	3	2	1.5	1.5	0.0007	1.7672
Selva baja	37	578892	2101297	Sacaloxochil	*Plumeria rubra*	R	1	1	0.6	0.5	1	0.0001	0.4418
Selva baja	37	578892	2101297	Huizcolote	*Acacia hindsii*	R	1	1	1	0.5	0.5	0.0001	0.1964
Selva baja	37	578892	2101297	Bulillo	*Crataeva tapia*	R	2	2	2	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	38	578922	2101205	Bulillo	*Crataeva tapia*	R	2	4	3	2	2	0.0013	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Coliguana	*Cordia seleriana*	R	2	4	3	2	2	0.0013	3.1416
Selva baja	38	578922	2101205	Coliguana	*Cordia seleriana*	R	3	2	2	1	1	0.0003	0.7854
Selva baja	38	578922	2101205	Higuerilla brava	*Sapium macrocarpum*	R	1	1	0.9	0.5	0.6	0.0001	0.2376
Selva baja	38	578922	2101205	Bulillo	*Crataeva tapia*	R	4	0.2	0.8	0.4	0.4	0.0000	0.1257
Selva baja	38	578922	2101205	Guamuchil	*Pithecellobium dulce*	R	1	3	2.5	1	1	0.0007	0.7854
Selva baja	38	578922	2101205	Huizcolote	*Acacia hindsii*	R	1	1	0.5	0.2	0.2	0.0001	0.0314
Selva baja	39	578983	2101086	Coliguana	*Cordia seleriana*	R	4	2	1	0.6	0.6	0.0003	0.2827
Selva baja	39	578983	2101086	Sacaloxochil	*Plumeria rubra*	R	1	1	0.4	0.6	0.5	0.0001	0.2376
Selva baja	39	578983	2101086	Cahuite	*Coccoloba barbadensis*	R	1	1	0.8	0.9	1	0.0001	0.7088
Selva baja	39	578983	2101086	Iguanero de la costa	*Cenostigma eriostachys*	R	1	1	0.1	0.1	0.1	0.0001	0.0079
Selva baja	39	578983	2101086	Llora sangre de cerro	*Apoplanesia paniculata*	R	1	2	2	1	1	0.0003	0.7854

	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
1	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco
2	*Acacia hindsii*	Huizcolote
3	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate
4	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro
5	*Bixa orellana*	Achiote
6	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro
7	*Bursera copallifera*	Copal
8	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde
9	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo
10	*Casearia nitida*	Chamizo
11	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa
12	*Chlroleucon mangense*	Guayabillo borcelano
13	*Coccoloba barbadensis*	Cahuite
14	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua
15	*Cordia alliodora*	Botoncillo
16	*Cordia dentata*	Tamborcillo
17	*Cordia elaeagnoides*	Barcino
18	*Cordia seleriana*	Coliguana
19	*Crataeva tapia*	Bulillo
20	*Cupania dentata*	Palo canalado
21	*Cyrtocarpa procera*	Chupalcojote
22	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota
23	*Ficus maxima*	Higuera blanca
24	*Forchhammeria pallida*	Olivillo
25	*Guazuma ulmifolia*	Guasima
26	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero
27	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua
28	*Inga eriocarpa*	Cuil
29	*Leucaena lanceolata var. lanceola*	Guajillo
30	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato
31	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio
32	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite
33	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo
34	*Myrcia schiedeana*	Uva cimarrona
35	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil
36	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil
37	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil
38	*Sapindus saponaria*	Bolitario
39	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava
40	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro
41	*Spondia purpurea*	Ciruelo
42	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar
43	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro
44	*Trichilia americana*	Cola de zorra
45	*Xylosma horrida*	Huizcoron
46	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo

TIPO DE VEGETACION	SITIO	X	Y	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	DIAMETRO DE LA BASE (Cm)	ALTURA (M)	DIAMETRO COPA 1 (M)	DIAMETRO COPA 2 (M)	NUMERO DE INDIVIDUOS	Cob de Copa (m2)
Selva baja	7	575516	2106210	Limoncillo tronco de guayabo	*Guettarda elliptica*	*3*	4	2.5	2.5	3	4.9088
Selva baja	7	575516	2106210	Limoncillo tronco de guayabo	*Guettarda elliptica*	*2*	2	1.5	1.5	3	1.7672
Selva baja	7	575516	2106210	Gorda dura	*Hyperbaena ilicifolia*	*2*	3	1.5	1.5	2	1.7672
Selva baja	7	575516	2106210	Huizache	*Acacia farnesiana*	*2*	1.6	1	1.2	1	0.9503
Selva baja	7	575516	2106210	Pica pendejos	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	*4*	3	1.5	1.5	2	1.7672
Selva baja	8	575455	2106202	Crucillo	*Randia armata*	3	*1.2*	0.6	0.6	2	1.3273
Selva baja	8	575455	2106202	Huizache	*Acacia farnesiana*	*1*	0.2	1	1	1	0.7854
Selva baja	8	575455	2106202	Pica pendejos	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	*2*	*3*	1.5	1.5	1	1.2272
Selva baja	8	575455	2106202	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*1*	2	1	1	3	0.7854
Selva baja	9	575524	2106132	Pica pendejos	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	*1*	0.3	0.1	1	2	0.2376
Selva baja	10	575596	2106138	Mata corchosa	*Croton suberosus*	*1*	0.3	0.1	1	2	0.2376
Selva baja	10	575596	2106138	Huizache	*Acacia farnesiana*	*1*	0.8	0.5	0.6	1	0.2376
Selva baja	10	575596	2106138	Pica pendejos	*Bonellia macrocarpa subsp. pungens*	*1*	0.2	0.1	1	1	0.2376
Selva baja	11	577993	2105597	Afelandra arbustiva	*Aphelandra scabra*	*1*	1	0.5	0.5	1	0.1964
Selva baja	11	577993	2105597	Quemadora carascana	*Urera caracasana*	*3*	0.7	0.6	0.4	2	0.1964
Selva baja	12	577799	2105781	Abrojo	*Triumfetta semitriloba*	*2*	1.2	1	1	4	0.7854
Selva baja	12	577799	2105781	Limoncillo tronco de guayabo	*Guettarda elliptica*	*1*	0.2	1	1	1	0.7854
Selva baja	12	577799	2105781	Mata corchosa	*Croton suberosus*	*1*	0.5	0.4	0.3	1	0.0962
Selva baja	12	577799	2105781	Quemadora carascana	*Urera caracasana*	*3*	1	0.5	0.5	2	0.1964
Selva baja	13	577703	2105685	Otatillo	*Lasiacis divaricata*	*1*	0.8	0.2	0.3	4	0.0491
Selva baja	13	577703	2105685	Mata corchosa	*Croton suberosus*	*1*	0.6	0.7	1	1	0.5675
Selva baja	13	577703	2105685	Beleza del pacifico	*Commicarpus scandens*	*1*	0.8	0.7	0.8	6	0.4418
Selva baja	15	578070	2105457	Huizache	*Acacia farnesiana*	*1*	0.2	1	1	1	0.7854
Selva baja	15	578070	2105457	Limoncillo tronco de guayabo	*Guettarda elliptica*	*1*	0.7	0.8	0.9	1	0.5675
Selva baja	15	578070	2105457	Sierrilla de humadal	*Mimosa acantholoba*	*3*	2	1	1	5	0.7854
Selva baja	16	578495	2104738	Frijolillo arbustivo	*Desmodium Incanum*	*2*	1	0.6	0.6	3	0.2827
Selva baja	16	578495	2104738	Limoncillo tronco de guayabo	*Guettarda elliptica*	*1*	0.6	0.4	0.5	1	0.1590
Selva baja	16	578495	2104738	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*2*	1	0.6	0.6	3	0.2827
Selva baja	19	577758	2106137	Afelandra arbustiva	*Aphelandra scabra*	*1*	0.8	0.6	0.6	2	0.2827
Selva baja	19	577758	2106137	Beleza del pacifico	*Commicarpus scandens*	*1*	0.6	0.4	0.5	1	0.1590
Selva baja	19	577758	2106137	Chorumo colmillo de puerco	*Pisonia aculeata*	*4*	1.8	1	1	2	0.7854
Selva baja	19	577758	2106137	Otatillo	*Lasiacis divaricata*	*1*	0.4	0.2	0.1	6	0.0177
Selva baja	20	577793	2106195	Chorumo colmillo de puerco	*Pisonia aculeata*	*3*	1.5	0.8	0.8	2	0.5027
Selva baja	20	577793	2106195	Beleza del pacifico	*Commicarpus scandens*	*1*	0.7	0.5	0.3	1	0.1257
Selva baja	20	577793	2106195	Otatillo	*Lasiacis divaricata*	*1*	1	0.4	0.5	5	0.1590
Selva baja	20	577793	2106195	Abrojo	*Triumfetta semitriloba*	*2*	1	0.4	0.4	2	0.1257
Selva baja	20	577793	2106195	Quemadora carascana	*Urera caracasana*	*1*	0.8	0.4	0.4	2	0.1257
Selva baja	24	579054	2103545	Chorumo colmillo de puerco	*Pisonia aculeata*	2	2	2	1	2	1.7672
Selva baja	24	579054	2103545	Crucillo	*Randia armata*	2	2	1	1	3	0.7854
Selva baja	24	579054	2103545	Gorda dura	*Hyperbaena ilicifolia*	1	0.7	0.5	0.6	1	0.2376
Selva baja	24	579054	2103545	Granjeno	*Celtis iguanaea*	1	0.5	0.6	0.5	1	0.2376
Selva baja	26	578984	2103348	Frijolillo arbustivo	*Desmodium Incanum*	*2*	1	0.3	0.3	4	0.0707
Selva baja	26	578984	2103348	Crucillo	*Randia armata*	*1*	0.7	0.3	0.4	1	0.0962
Selva baja	27	578944	2103257	Frijolillo arbustivo	*Desmodium Incanum*	*1*	1	0.3	0.3	2	0.0707
Selva baja	27	578944	2103257	Gorda dura	*Hyperbaena ilicifolia*	*1*	0.5	0.4	0.3	1	0.0962
Selva baja	27	578944	2103257	Granjeno	*Celtis iguanaea*	*1*	0.6	0.8	0.5	1	0.3318
Selva baja	28	578885	2103071	Beleza del pacifico	*Commicarpus scandens*	*1*	1.3	1	1	2	0.7854
Selva baja	28	578885	2103071	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*1*	1.2	1	1	6	0.7854
Selva baja	28	578885	2103071	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*1*	0.5	1	1	5	0.7854
Selva baja	28	578885	2103071	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*1*	1	1	1	5	0.7854
Selva baja	28	578885	2103071	Sierrilla de humadal	*Mimosa acantholoba*	*1*	0.2	1	1	1	0.7854
Selva baja	28	578885	2103071	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*1*	1.2	1	1	3	0.7854
Selva baja	28	578885	2103071	Quemadora carascana	*Urera caracasana*	*4*	3	1.2	1.5	2	1.4314
Selva baja	36	578894	2101615	Mata corchosa	*Croton suberosus*	2	0.3	0.1	0.1	1	0.0079
Selva baja	37	578892	2101297	Afelandra arbustiva	*Aphelandra scabra*	2	0.3	0.1	0.1	1	0.0079
Selva baja	37	578892	2101297	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*2*	0.3	0.1	1	1	0.2376
Selva baja	38	578922	2101205	Granjeno	*Celtis iguanaea*	2	0.6	0.3	0.3	2	0.0707
Selva baja	38	578922	2101205	Gorda dura	*Hyperbaena ilicifolia*	2	0.3	0.2	0.2	1	0.0314
Selva baja	39	578983	2101086	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	*2*	0.2	0.1	0.1	1	0.0079
Selva baja	39	578983	2101086	Granjeno	*Celtis iguanaea*	*1*	0.2	0.1	1	1	0.2376

TIPO DE VEGETACION	SITIO	X	Y	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	T/B	DN (CM)	ALTURA (M)	DIAMETRO COPA 1 (M)	DIAMETRO COPA 2 (M)	INDIVIDUOS
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	3	4	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	9	6	7	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	7	4	3	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	4	5	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	4	5	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	7	3	3	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	6	2	2	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	6	2	2	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	10	7	6	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	7	4	4	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	6	3	3	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	2	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	4	2	2	
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	5	3	3	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	2	2	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	3	2	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	2	2	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	6	3	4	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	7	4	5	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	5	3	3	
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	4	3	3	
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	3	2	
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	4	3	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	4	3	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	4	3	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	4	3	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	4	3	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	4	3	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	5	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	5	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	5	1
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	6	4	3	
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	3	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	5	4	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	5	4	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	5	4	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	5	4	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	3	2	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	6	3	2	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	6	3	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	5	3	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	5	2	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	4	2	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	3	2	2	
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	4	2	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	4	2	2	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	6	3	3	1
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	5	4	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	9	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	6	3	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	5	3	2	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	6	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	7	3	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	6	3	3	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	5	3	3	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	5	3	4	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	20	8	4	3	1
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	4	2	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	3	2	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	3	2	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	3	2	2	
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	6	3	3	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	27	9	4	6	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	20	9	4	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	20	8	5	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	6	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	6	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	6	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	6	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	9	6	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	6	3	3	
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	3	2	

Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	4	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	4	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	4	5	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	5	3	3	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	5	3	3	1
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	5	3	3	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	7	3	4	3	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	4	4	4	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	7	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	7	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	7	3	3	3	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	11	4	4	4	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	4	3	5	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	7	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	4	3	4	1
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	10	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	10	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	7	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B	7	3	2	2	
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	7	4	2	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	9	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	6	3	3	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	11	5	3	2	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	2	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	2	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	6	3	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	7	3	3	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	3	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	2	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	7	4	3	1
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	7	3	2	2	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	21	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	21	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	21	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	21	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	21	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	21	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	19	7	5	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	15	6	4	3	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	3	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	16	7	7	9	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	10	6	5	4	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	25	9	7	6	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	20	7	4	3	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	16	6	3	3	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	15	6	2	2	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	8	3	2	2	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	7	3	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	4	3	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	40	12	10	7	1
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	16	7	5	6	
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	6	4	3	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	16	7	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	7	4	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	17	7	4	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	6	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	6	3	3	1

Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	6	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	6	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	5	3	2	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	5	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	6	3	3	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	8	4	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	4	2	2	
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	4	2	2	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	8	6	4	3	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	4	3	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	8	6	4	3	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	9	3	4	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	9	3	4	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	9	3	4	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	9	9	3	4	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	7	6	4	4	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	15	6	4	4	1
Mangle	30	577617	2104945	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	6	4	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	5	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	5	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	5	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	5	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	4	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	15	6	4	5	1
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	15	6	4	5	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	6	5	4	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	6	5	4	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	6	5	4	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	4	5	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	4	5	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	4	5	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	4	5	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	7	4	5	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	9	6	4	4	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	9	6	4	4	1
Mangle	32	577354	2105149	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	9	6	4	4	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	12	7	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	6	4	4	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	6	4	4	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	6	4	4	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	6	4	4	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	10	6	4	4	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	5	1
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	10	6	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	7	5	5	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	2	2	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	2	2	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	2	2	1
Mangle	34	577152	2105112	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	4	2	2	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	

Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	6	4	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	7	5	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	7	5	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	7	5	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	7	5	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	7	5	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	7	5	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	6	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	8	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	7	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	6	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	8	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	7	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	6	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	8	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	7	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	12	6	3	3	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	8	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B	7	5	3	3	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	7	4	4	1
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	12	5	3	2	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	9	5	4	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	13	9	4	4	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	7	3	2	2	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	9	2	4	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	10	3	3	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	10	8	2	2	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	9	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	9	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	9	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	13	10	4	4	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	13	10	4	4	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	9	10	3	3	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	13	10	3	3	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	9	8	3	3	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	7	8	3	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	8	6	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	21	4	4	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	13	5	2	2	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	8	8	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	8	8	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	8	8	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	8	8	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	12	9	4	3	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	10	8	3	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	15	11	4	3	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B	14	4	3	2	
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	18	11	4	4	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	24	10	5	4	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	9	9	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	14	10	5	4	1
Mangle	2	577877	2105490	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*3*	3	1	1	4
Mangle	3	577779	2105456	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*5*	4	2	2	6
Mangle	4	577492	2105578	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*3*	2.5	1.5	1.5	2
Mangle	5	577530	2105516	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*1*	0.5	0.1	0.1	4
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*2*	2	1	1	2
Mangle	6	578171	2104891	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	5	2.5	2.5	5
Mangle	17	575237	2105867	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*5*	2.5	2	2	5
Mangle	17	575237	2105867	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*2*	1	0.6	0.6	12
Mangle	17	575237	2105867	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*1*	0.2	0.1	0.1	44
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*4*	2	1.5	1.5	8

Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*2*	1	0.8	0.8	12
Mangle	18	575116	2106107	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*1*	0.2	0.1	0.1	40
Mangle	21	577333	2105646	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*2*	1	0.5	0.5	56
Mangle	21	577333	2105646	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*4*	2	1	1	20
Mangle	21	577333	2105646	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*1*	0.5	0.2	0.2	56
Mangle	21	577333	2105646	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*4*	3	3	3	2
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*5*	3	2	2	15
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*3*	2	1	1	27
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*2*	1	1	1	50
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*1*	0.5	0.5	0.5	60
Mangle	22	579124	2103753	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*4*	4	2	2	4
Mangle	22	579124	2103753	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*1*	0.2	0.1	0.1	12
Mangle	23	579035	2103596	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*5*	5	3	3	1
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*5*	6	2.5	2.5	8
Mangle	25	579005	2103489	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*1*	0.2	0.1	0.1	3
Mangle	30	577617	2104945	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*2*	1	1	0.5	7
Mangle	30	577617	2104945	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*1*	0.5	0.5	0.5	12
Mangle	30	577617	2104945	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*4*	2	2	1	6
Mangle	30	577617	2104945	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*3*	2	3	2	4
Mangle	30	577617	2104945	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*4*	3	3	2	6
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*5*	3	2	2	7
Mangle	31	577444	2105036	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*2*	1	0.5	0.5	17
Mangle	31	577444	2105036	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*3*	2	1	2	6
Mangle	32	577354	2105149	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*4*	3	2	2	6
Mangle	32	577354	2105149	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*1*	0.5	0.5	0.5	12
Mangle	32	577354	2105149	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*5*	4	3	3	2
Mangle	32	577354	2105149	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*2*	1	0.5	0.5	16
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*2*	0.5	0.5	0.5	6
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*1*	0.5	0.5	0.5	2
Mangle	33	577232	2105234	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*3*	2	2	2	7
Mangle	33	577232	2105234	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*4*	3	2	1	6
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*3*	2	2	1	6
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*1*	0.5	0.5	0.5	16
Mangle	34	577152	2105112	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*5*	3	2	2	9
Mangle	34	577152	2105112	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	*2*	1	0.5	0.5	7
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*5*	3	2	2	15
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*3*	2	1	1	27
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*2*	1	1	1	55
Mangle	29	577280	2105626	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*1*	0.5	0.5	0.5	59
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*1*	1	0.5	0.5	10
Mangle	35	573511	2104189	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	*5*	3	2	2	6
Mangle	35	573511	2104189	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	*3*	2	1	1	12
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	4	1	1	6
Mangle	40	579021	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	2	0.5	0.5	3
Mangle	40	579021	2103539	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	4	2	2	1
Mangle	40	579021	2103539	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	1	0.5	0.5	0.5	3
Mangle	40	579021	2103539	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	3	3	2	2	2

PROYECTO NUEVO PUERTO MANZANILLO
MUESTREO DE FLORA
SITIOS EN EL AREA DEL PROYECTO

CENTROIDE DE SITIOS DE 500 M2 PARA SELVA BAJA CADUCIFOLIA
CENTROIDE DE SITIOS DE 100 M2 PARA MANGLAR

SITIO	X	Y	VEGETACION
1	577912	2105544	Selva baja caducifolia
2	577877	2105490	Mangle
3	577779	2105456	Mangle
4	577492	2105578	Mangle
5	577530	2105516	Mangle
6	578171	2104891	Mangle
7	575516	2106210	Selva baja caducifolia
8	575455	2106202	Selva baja caducifolia
9	575524	2106132	Selva baja caducifolia
10	575596	2106138	Selva baja caducifolia
11	577993	2105597	Selva baja caducifolia
12	577799	2105781	Selva baja caducifolia
13	577703	2105685	Selva baja caducifolia
14	577604	2105631	Selva baja caducifolia
15	578070	2105457	Selva baja caducifolia
16	578495	2104738	Selva baja caducifolia
17	575237	2105867	Mangle
18	575116	2106107	Mangle
19	577758	2106137	Selva baja caducifolia
20	577793	2106195	Selva baja caducifolia
21	577333	2105646	Mangle
22	579124	2103753	Mangle
23	579035	2103596	Mangle
24	579054	2103545	Selva baja caducifolia
25	579005	2103489	Mangle
26	578984	2103348	Selva baja caducifolia
27	578944	2103257	Selva baja caducifolia
28	578885	2103071	Selva baja caducifolia
29	577280	2105626	Mangle
30	577617	2104945	Mangle
31	577444	2105036	Mangle
32	577354	2105149	Mangle
33	577232	2105234	Mangle
34	577152	2105112	Mangle
35	573511	2104189	Mangle
36	578894	2101615	Selva baja caducifolia
37	578892	2101297	Selva baja caducifolia
38	578922	2101205	Selva baja caducifolia
39	578983	2101086	Selva baja caducifolia
40	579021	2103539	Mangle

	No. Sitios	
Vegetación	**Arbóreo, arbustivo**	**herbaceo**
Selva baja caducifolia	21	105
Mangle	19	95
Total	**40**	**200**

Tipo de vegetación	Estrato	No. Sitios	Dimensión (m^2)	Superficie muestreada m^2
Selva baja caducifolia	Arbóreo	21	500	10,500
	Arbustivo	21	100	2,100
	Herbáceo	105	1	105
	Otras formas de vida	21	100	2,100
Manglar	Arbóreo	19	100	1,900

Sitio		X	Y	Especie	Nombre científico	T/B/R	Individuos	DN (CM)	ALTURA (M)	DIÁMETRO COPA 1 (m)	DIÁMETRO COPA 2 (m)	A BASAL
2		581334	2099819	Mezquite	*Neltuma juliflora*	T	1	7	6	6	4	0.00385
2		581334	2099819	Mezquite	*Neltuma juliflora*	B		7	4	4	4	0.00385
2		581334	2099819	Mezquite	*Neltuma juliflora*	B		7	4	4	4	0.00385
2		581334	2099819	Mezquite	*Neltuma juliflora*	R	2	2	1.1	1	1	0.00031
3		581400	2099847	Mezquite	*Neltuma juliflora*	T	1	9	6	4	5	0.00636
3		581400	2099847	Mezquite	*Neltuma juliflora*	B		7	4	2	2	0.00385
3		581400	2099847	Mezquite	*Neltuma juliflora*	R	3	2	1	0.5	1	0.00031
4		581458	2099782	Mezquite	*Neltuma juliflora*	R	4	4	1.5	2	1	0.00126
5		581514	2099763	Mezquite	*Neltuma juliflora*	R	4	4	1.1	2	2	0.00126

Sitio	X	Y	ESPECIE	Nombre Cientifico	DIÁMETRO BASE (CM)	ALTURA (M)	DIÁMETRO COPA 1 (m)	DIÁMETRO COPA 2 (m)	NO DE INDIVIDUOS	Cobertura ($m^{2)}$
1	592709	2116194	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1	0.9	0.7	15	0.5027
1	592709	2116194	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	2	1.2	1.3	3	1.2272
1	592709	2116194	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1.5	1	1	14	0.7854
2	592774	2116000	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1	0.6	0.7	20	0.3318
2	592774	2116000	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1.5	1	1	16	0.7854
2	592774	2116000	Crucillo	*Randia armata*	3	2	1	1	2	0.7854
2	592774	2116000	Vara de angel	*Calliandra caeciliae*	1	2	0.2	0.6	2	0.1257
4	593268	2115899	Carricillo otatillo de cerro	*Rhipidocladum racemiflorum*	1	1	0.2	0.2	3	0.0314
4	593268	2115899	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1.2	0.8	1	14	0.6362
4	593268	2115899	Vara de angel	*Calliandra caeciliae*	1	1.5	1	1	2	0.7854
5	593507	2116017	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1.2	0.6	0.6	14	0.2827
5	593507	2116017	Piper lanceolado	*Piper hispidum*	1	2	1	1	2	0.7854
5	593507	2116017	Mora	*Miconia xalapensis*	1	3	2	2	1	3.1416
5	593507	2116017	Abrojo	*Triumfetta semitriloba*	1	1.8	1	0.8	1	0.6362
5	593507	2116017	Piper acorazonado	*Piper peltatum*	3	2.2	1.3	1	1	1.0387
5	593507	2116017	Huele de noche	*Tournefortia mutabilis*	1	0.5	0.4	0.4	2	0.1257
5	593507	2116017	Vara de angel	*Calliandra caeciliae*	1	0.5	0.3	0.3	2	0.0707
6	593619	2115970	Piper acorazonado	*Piper peltatum*	3	3	1	1	1	0.7854
6	593619	2115970	Mora	*Miconia xalapensis*	1	5	2	2	2	3.1416
6	593619	2115970	Piper lanceolado	*Piper hispidum*	1	1	0.5	0.5	2	0.1964
6	593619	2115970	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	1.6	0.8	0.8	6	0.5027
13	592162	2114155	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	0.9	0.4	0.4	9	0.1257
13	592162	2114155	Frijolillo arbustivo	*Desmodium Incanum*	1	0.7	0.3	0.4	2	0.0962
14	592370	2114085	Mora	*Miconia xalapensis*	1	0.8	0.6	0.5	2	0.2376
14	592370	2114085	Abrojo	*Triumfetta semitriloba*	1	1	0.5	0.5	5	0.1964
14	592370	2114085	Retama	*Senna obtusifolia*	2	1.2	0.7	0.7	2	0.3848
15	592581	2114245	Vara blanca	*Verbesina oligantha*	1	0.8	0.6	0.5	6	0.2376
15	592581	2114245	Abrojo	*Triumfetta semitriloba*	1	0.7	0.3	0.3	2	0.0707

	Nombre Cientifico	ESPECIE
1	*Calliandra caeciliae*	Vara de angel
2	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo
3	*Miconia xalapensis*	Mora
4	*Piper hispidum*	Piper lanceolado
5	*Piper peltatum*	Piper acorazonado
6	*Randia armata*	Crucillo
7	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro
8	*Senna obtusifolia*	Retama
9	*Tournefortia mutabilis*	Huele de noche
10	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo
11	*Verbesina oligantha*	Vara blanca

SITIO	WP	X	Y	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	T/B	INDIVIDUOS	DN (CM)	ALT. (M)	C1	C2	A BASAL
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	10	9	8	0.03142
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	25	10	8	9	0.04909
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	7	5	0.01767
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	7	5	0.01767
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	7	5	0.01767
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	7	5	0.01767
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	7	5	0.01767
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	3	3	0.00785
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	3	3	0.00785
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	3	3	0.00785
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	3	3	0.00785
27	28	575858	2104986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	2	2	0.01539
27	28	575858	2104986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	2	2	0.01539
27	28	575858	2104986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	1	0.5	0.5	0.5	0.00047
28	27	576002	2104899	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	12	9	8	0.03142
28	27	576002	2104899	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	12	9	8	0.03142
28	27	576002	2104899	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	7	5	0.01767
28	27	576002	2104899	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	7	5	0.01767
28	27	576002	2104899	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	7	5	0.01767
28	27	576002	2104899	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	4	3	0.00785
28	27	576002	2104899	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	4	3	0.00785
28	27	576002	2104899	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	4	3	0.00785
28	27	576002	2104899	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	4	3	0.00785
28	27	576002	2104899	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	4	3	0.00785
28	27	576002	2104899	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	10	4	5	0.02011
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	3	3	0.00503
29	29	575882	2104724	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	3	3	0.00503
29	29	575882	2104724	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	3	3	0.00503
29	29	575882	2104724	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	4	3	3	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
29	29	575882	2104724	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	47	1	1	0.5	0.5	0.00369
29	29	575882	2104724	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	3	2	1	1	0.00424
29	29	575882	2104724	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	3	4	1	1	0.00495
30	26	576018	2104750	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	12	4	6	0.02011
30	26	576018	2104750	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	12	4	6	0.02011
30	26	576018	2104750	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	12	4	6	0.02011
30	26	576018	2104750	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	12	4	6	0.02011
30	26	576018	2104750	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	5	3	3	0.00950
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
30	26	576018	2104750	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	4	3	4	1	1	0.00283
30	26	576018	2104750	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	2	3	6	1	1	0.00141
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	14	7	8	0.01767
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	4	0.01131
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	5	4	0.01539
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
31	25	576194	2104552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	4	6	1	1	0.00880
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	4	3	1	1	0.00754
31	25	576194	2104552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	32	1	1	0.5	0.5	0.00251
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	5	0.01767
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	5	0.01767
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	5	0.01767
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	5	0.01767
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	5	0.01767
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	3	4	0.01539
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	10	4	5	0.02011
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385

32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
32	30	575929	2104311	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	4	1	0.5	0.5	0.5	0.00031
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
33	37	575911	2104492	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	1	0.5	0.5	0.5	0.00047
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	16	5	4	1	1	0.03142
33	37	575911	2104492	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	10	3	3	1	1	0.00707
34	24	576331	2104413	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	8	7	0.02270
34	24	576331	2104413	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	6	5	0.01539
34	24	576331	2104413	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	6	5	0.01539
34	24	576331	2104413	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	6	5	0.01539
34	24	576331	2104413	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	6	5	0.01539
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	9	3	4	0.01131
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	9	3	4	0.01131
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	9	3	4	0.01131
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	17	10	4	4	0.02270
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	17	10	4	4	0.02270
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	5	4	3	1	1	0.00628
34	24	576331	2104413	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	10	2	1	0.5	0.5	0.00314
34	24	576331	2104413	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	6	3	4	1	1	0.00424
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	10	7	9	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	10	7	9	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	4	5	0.01131
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	4	5	0.01131
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	4	5	0.01131
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	4	5	0.01131
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	16	12	7	6	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	16	12	7	6	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	16	12	7	6	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	16	12	7	6	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	16	12	7	6	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	16	12	7	6	0.02011
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	5	2	2	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	5	2	2	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	5	2	2	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	5	2	2	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	5	2	2	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	5	2	2	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	5	2	2	0.00385
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	5	2	2	0.00385
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	5	2	2	0.00385
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	5	2	2	0.00385
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	14	3	2	1	1	0.00990
35	23	576403	2104364	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	16	2	1	0.5	0.5	0.00503
35	23	576403	2104364	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	4	5	3	1	1	0.00785
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	10	4	3	0.02835
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	7	2	3	0.01767
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	7	2	2	0.01767
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	7	2	2	0.01767
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	7	2	2	0.01767
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	7	2	2	0.01767
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	7	2	2	0.01767
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		12	6	2	2	0.01131
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	3	2	2	0.00385
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	5	2	2	0.00503
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	5	2	2	0.00385
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	13	9	5	5	0.01327
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	13	9	5	5	0.01327
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	13	9	5	5	0.01327
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	2	3	0.00785
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	2	3	0.00785
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	2	3	0.00785
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	2	3	0.00785
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	2	3	0.00785
36	31	576003	2104046	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	16	1	0.5	0.5	0.5	0.00126
36	31	576003	2104046	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	3	4	5	2	2	0.00377
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	30	14	12	14	0.07069
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	B		14	8	3	3	0.01539
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	3	4	0.00950
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	3	4	0.00950
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	3	4	0.00950
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	9	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
37	22	576558	2104258	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	13	4	5	1	1	0.01634
37	22	576558	2104258	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	6	4	5	2	2	0.00754
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	11	4	5	0.00785
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	11	4	5	0.00785
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	11	4	5	0.00785

38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	7	6	0.01539
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	7	6	0.01539
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	7	6	0.01539
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	7	6	0.01539
38	21	576519	2104093	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	11	3	3	0.01131
38	21	576519	2104093	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	11	3	3	0.01131
38	21	576519	2104093	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	11	3	3	0.01131
38	21	576519	2104093	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	12	4	4	0.01539
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	10	4	5	1	2	0.01257
38	21	576519	2104093	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	7	1	0.5	0.5	0.5	0.00055
38	21	576519	2104093	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	3	4	2	2	0.00212
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	3	0.00385
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	2	2	0.00785
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	2	2	0.00785
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	2	2	0.00785
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	2	2	0.00785
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	2	2	0.00785
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	2	2	0.00785
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	6	6	0.01767
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	2	2	0.01131
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	2	2	0.01131
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	2	2	0.01131
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	22	5	4	1	1	0.04320
39	32	576162	2103912	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	15	1	0.5	0.5	0.5	0.00118
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	4	0.01327
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	7	0.02270
40	17	576394	2103760	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	4	3	2	1	1	0.00283
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	3	3	0.00503
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	9	3	3	0.00503
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	9	2	2	0.00503
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	4	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	9	2	2	0.00785
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	10	4	4	0.02835
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	3	3	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	18	10	4	4	0.02545
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	10	4	4	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	10	4	4	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	9	3	3	0.01327
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	3	3	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	9	4	3	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	10	4	4	0.01767
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	9	3	2	0.00785
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	10	3	2	0.00785
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	9	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	9	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	9	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	9	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	3	3	0.00950
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	8	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	3	3	0.01539
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
41	33	576573	2103873	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	10	2	2.5	0.7	0.3	0.00314
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	11	10	2	2	0.00950
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		10	9	2	2	0.00785
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		8	9	2	2	0.00503
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		7	9	2	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		9	9	2	2	0.00636
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	15	11	3	4	0.01767
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	11	2	2	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	3	4	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	3	4	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	3	4	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	3	4	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	3	4	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	3	4	0.01539
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	3	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	3	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	3	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	3	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	3	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	3	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	7	2	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	7	2	2	0.00385

42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	7	2	2	0.00385
42	16	576600	2103552	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	11	8	3	4	0.00950
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	19	5	7	2	1	0.03731
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	3	2	1	1	0.00424
42	16	576600	2103552	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	11	5	7	1	1	0.02160
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	3	0.01539
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		11	10	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	10	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	10	2	2	0.01327
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	11	2	2	0.01327
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	9	2	2	0.00785
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	2	2	0.00785
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	5	2	2	0.00785
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	10	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	9	2	2	0.00785
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	2	2	0.01131
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	2	2	0.01131
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	10	2	2	0.01131
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	10	2	2	0.01131
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	2	3	0.01539
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	3	3	0.01767
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	11	3	3	0.01767
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		14	12	2	10	0.01539
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	3	3	0.01539
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	11	3	3	0.01539
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
43	34	576763	2103770	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	12	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	12	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	12	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	12	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	12	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	12	2	2	0.00950
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	5	8	1.5	1.5	0.01178
43	34	576763	2103770	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	2	2	0.6	0.6	0.00188
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	9	2	2	0.00785
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	9	2	2	0.00785
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	10	2	2	0.00950
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	9	2	2	0.00636
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	2	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	2	2	0.01539
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	10	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	10	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	10	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
44	35	576953	2103710	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	5	9	1	1	0.00982
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	3	6	2	2	0.00424
44	35	576953	2103710	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	11	2	3	0.6	0.6	0.00346
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	4	4	0.00385
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	4	4	0.00385
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	4	4	0.00385
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	4	4	0.00385
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	5	3	3	0.00385
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	4	4	0.00503
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	4	4	0.00503
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	1	6	6	4	4.5	0.00283
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	1	6	7	2	3	0.00283
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	1	5	8	4	2.5	0.00196
45	4	577080	2103904	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	1	6	5	4	3.5	0.00283
46	15	576882	2103535	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	16	9	8	6	0.02011
46	15	576882	2103535	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		15	7	6	6	0.01767
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	6	4	3	0.00385
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	5	3	3	0.00385
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	6	5	0.01539

46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	6	5	0.01539
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	6	5	0.01539
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	9	4	4	0.01767
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	9	4	4	0.01767
46	15	576882	2103535	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	9	6	5	0.01539
46	15	576882	2103535	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		10	5	3	3	0.00785
46	15	576882	2103535	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	15	9	6	4	0.01767
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	3	3	0.01131
46	15	576882	2103535	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	9	4	3	0.01539
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	6	5	2	2	0.01696
46	15	576882	2103535	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	7	2	0.5	0.5	0.5	0.00220
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	3	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	9	2	2	0.00385
47	36	577024	2103732	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	9	2	2	0.00385
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	10	3	3	0.01539
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	10	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		14	9	3	3	0.01539
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		14	9	3	3	0.01539
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		14	9	3	3	0.01539
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		14	9	3	3	0.01539
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	2	2	0.00636
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	9	2	2	0.00950
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	9	2	2	0.00785
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	9	2	2	0.00785
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	11	3	5	1.5	1.5	0.00778
47	36	577024	2103732	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	5	2	5	1	1	0.00157
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	11	4	4	0.00503
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	9	2	2	0.00385
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	2	2	0.00385
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	5	4	0.01539
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	2	0.01131
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	9	5	4	0.02270
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	8	4	4	0.02011
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	9	3	3	0.01539
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	11	4	4	0.01767
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	2	0.01131
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		12	8	2	2	0.01131
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	8	2	2	0.00385
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	2	2	0.00785
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	4	3	0.01131
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	2	2	0.00785
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	4	3	0.01539
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	9	5	4	0.02270
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	7	2	2	0.00385
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	7	2	2	0.00385
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	7	2	2	0.00385
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	7	5	4	0.01327
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	6	5	0.01767
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	5	4	0.01131
48	13	577158	2103594	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	3	3	3	2	2	0.00212
48	13	577158	2103594	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	5	2	1	1	1	0.00157
48	13	577158	2103594	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	3	2	0.5	0.5	0.5	0.00094
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	2	4	4	3	3	0.00251
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	2	2	1	1	0.00126
48	13	577158	2103594	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	1	1	0.5	0.5	0.00024
48	13	577158	2103594	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	3	2	1	1	0.00141
48	13	577158	2103594	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	10	1	0.5	0.5	0.5	0.00079
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
49	14	577243	2103539	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	8	8	8	0.02270
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
49	14	577243	2103539	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	8	5	4	0.01327
49	14	577243	2103539	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	8	5	4	0.00785
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	9	2	2	0.00636
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	9	4	3	0.01539
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	7	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	8	5	5	0.02011
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	8	4	3	0.01767
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	8	2	2	0.00636
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	7	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	7	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	7	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	7	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	2	2	0.00636
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	2	2	0.01131
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	2	2	0.00636
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
49	14	577243	2103539	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	8	7	5	0.02011
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	7	4	2	0.00636
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	7	4	3	0.00503
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	7	4	2	0.00385
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	5	6	0.01767
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	7	4	4	0.00385
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	3	3	0.00503

50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	7	4	4	0.00950
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	7	5	5	0.01767
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	6	5	4	0.00785
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	5	4	3	0.00503
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	4	4	0.01539
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	4	4	0.01131
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	5	3	3	0.00385
50	1539	577458	2103493	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	3	2	0.00503
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	6	3	3	0.00385
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	B		7	6	3	3	0.00385
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	15	8	4	5	0.01767
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	B		10	6	4	4	0.00785
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	15	7	5	4	0.01767
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	13	6	5	6	0.01327
50	1539	577458	2103493	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	18	8	5	5	0.02545
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	7	3	3	0.00785
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	12	8	4	4	0.01131
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	12	8	4	4	0.01131
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	12	8	4	4	0.01131
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	12	8	4	4	0.01131
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	12	8	4	4	0.01131
51	1542	577395	2104067	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	7	4	3	0.00503
51	1542	577395	2104067	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	7	4	3	0.00503
51	1542	577395	2104067	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	13	8	4	4	0.01327
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	R	14	4	4	2	2	0.01759
51	1542	577395	2104067	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	R	13	5	5	3	3	0.02553
51	1542	577395	2104067	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	3	3	1	1	0.00212
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	8	3	3	0.00785
52	1540	577663	2103876	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	4	0.00385
52	1540	577663	2103876	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	2	0.5	0.1	0.1	0.00094
52	1540	577663	2103876	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	8	5	5	2	2	0.01571
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	6	2	2	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	6	2	2	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	6	2	2	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	6	2	2	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	6	2	2	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	6	2	2	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	7	4	4	0.00503
53	1541	577545	2103962	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	13	2	0.6	0.2	0.2	0.00408
53	1541	577545	2103962	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	8	4	4	2	2	0.01005
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	6	3	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	12	8	4	4	0.01131
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	7	2	3	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	9	9	3	3	0.00636
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	5	2	3	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	6	3	3	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	9	8	3	4	0.00636
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	9	7	3	2	0.00636
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	B		8	6	2	2	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	8	3	2	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	9	8	3	2	0.00636
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	4	3	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	B		7	8	2	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	B		7	8	2	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	8	8	2	2	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	9	7	2	2	0.00636
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	10	7	2	2	0.00785
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	8	2	2	0.00385
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	11	8	2	3	0.00950
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	14	5	7	2	2	0.02749
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	5	5	6	2	2	0.00982
54	10	577393	2104047	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	R	7	5	4	1	1	0.01374
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	10	5	4	2	2	0.01964
54	10	577393	2104047	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	9	4	3	1	1	0.01131
54	10	577393	2104047	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	2	4	3	2	0.00188
54	10	577393	2104047	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	4	5	7	3	4	0.00785
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	8	6	2	2	0.00503
55	11	577136	2103965	Mangle blanco	*Lagunclaria racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	7	2	2	0.00385

55	11	577136	2103965	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	7	5	2	2	0.00385
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	5	2	2	0.00385
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	4	2	2	0.00385
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	3	2	2	0.00385
55	11	577136	2103965	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	14	1	1	0.5	0.5	0.00110
55	11	577136	2103965	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	10	3	2	1	1	0.00707
55	11	577136	2103965	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	10	6	4	2	3	0.02827
55	11	577136	2103965	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	15	2	1	0.5	0.5	0.00471
55	11	577136	2103965	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	7	3	2	2	2	0.00495
55	11	577136	2103965	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	11	6	4	3	3	0.03110
55	11	577136	2103965	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	6	5	4	3	0.00565
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	9	2	3	4	4	0.00283
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	12	5	5	3	3	0.02356
55	11	577136	2103965	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	15	6	6	2	2	0.04241
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	10	3	3	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	10	3	3	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	10	3	3	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	3	0.00785
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	3	0.00785
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	3	0.00785
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	8	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	14	3	2	1	1	0.00990
56	18	576514	2103974	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	55	1	0.5	0.5	0.5	0.00432
56	18	576514	2103974	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	16	3	4	1	1	0.01131
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
57	43	577118	2102850	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	25	6	5	5	0.04909
57	43	577118	2102850	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		13	5	4	4	0.01327
57	43	577118	2102850	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		13	5	4	4	0.01327
57	43	577118	2102850	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		13	5	4	4	0.01327
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	20	5	4	1.5	1.5	0.03927
57	43	577118	2102850	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	6	1	1.3	0.6	0.6	0.00047
57	43	577118	2102850	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	8	2	2	2	2	0.00251
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	16	7	3	3	0.02011
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		14	5	2	2	0.01539
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		14	5	2	2	0.01539
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		14	5	2	2	0.01539
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	17	7	4	4	0.02270
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	16	7	3	4	0.02011
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		10	4	2	2	0.00785
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		10	4	2	2	0.00785
58	45	576983	2102936	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	14	1	0.5	0.5	0.5	0.00110
58	45	576983	2102936	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	4	2	2	1	1	0.00126
58	45	576983	2102936	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	29	4	3	1	1	0.03644
58	45	576983	2102936	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	3	1	1	0.5	0.5	0.00024
59	46	576502	2103156	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	8	4	4	0.01539
59	46	576502	2103156	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	8	4	4	0.01539
59	46	576502	2103156	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	8	4	4	0.01539
59	46	576502	2103156	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	8	4	4	0.01539
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	4	2	2	0.00385
59	46	576502	2103156	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	40	2	1	0.5	0.5	0.01257
59	46	576502	2103156	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	50	3	2	1	0.5	0.03534
59	46	576502	2103156	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	15	4	3	9	1	0.01885
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	30	3	3	1	1	0.02121
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	6	5	6	1	1	0.01178
59	46	576502	2103156	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	14	4	5	1	1	0.01759
60	47	576313	2103259	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	12	5	3	3	0.01131
60	47	576313	2103259	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		10	4	2	2	0.00785
60	47	576313	2103259	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	3	2	0.00385
60	47	576313	2103259	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	3	2	0.00385
60	47	576313	2103259	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	3	2	0.00385
60	47	576313	2103259	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	25	3	2	2	1	0.01767
60	47	576313	2103259	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	10	2	1	1	1	0.00314
60	47	576313	2103259	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	1	1	0.5	0.5	0.00047
60	47	576313	2103259	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	37	3	4	1	1	0.02615
60	47	576313	2103259	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	8	2	1	0.5	0.5	0.00251
60	47	576313	2103259	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	11	6	5	2	2	0.03110
60	47	576313	2103259	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	9	5	4	2	2	0.01767
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	3	3	0.00785
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	7	3	3	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	7	3	3	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	7	3	3	0.00503
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636

61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	8	5	6	0.02270
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		11	7	4	4	0.00950
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		11	7	4	4	0.00950
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	5	4	0.01131
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	7	4	5	2.5	2.5	0.00880
61	44	576572	2102870	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	3	2	1.5	1.5	0.00212
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	14	4	5	2	2	0.01759
61	44	576572	2102870	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	3	3	1.1	1	0.00353
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	3	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	3	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	3	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	6	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	6	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	6	3	3	0.00636
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	3	5	0.00950
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	3	5	0.00950
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	3	5	0.00950
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	3	5	0.00950
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	3	5	0.00950
62	48	576776	2105986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	4	4	0.01131
62	48	576776	2105986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	4	4	0.01131
62	48	576776	2105986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	4	4	0.01131
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	6	3	3	0.01767
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	6	3	3	0.01767
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	6	3	3	0.01767
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		12	3	2	2	0.01131
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	3	2	2	0.00785
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	3	3	4	0.00785
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	3	3	4	0.00785
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	3	3	4	0.00785
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	3	2	2	0.00503
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	3	2	2	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	3	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	3	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	3	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	3	0.00385
62	48	576776	2105986	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	8	4	3	2	0.00503
62	48	576776	2105986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	2	1	0.5	0.5	0.00094
62	48	576776	2105986	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	14	1	0.5	0.5	0.5	0.00110
62	48	576776	2105986	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	9	1	0.5	0.5	0.5	0.00071
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	3	2	2	0.00385
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	2	2	0.00503
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	3	2	2	0.00385
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	4	4	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	4	4	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	4	4	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	4	3	3	0.00785
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	4	3	3	0.00503
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	2	2	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	2	2	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	2	2	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	2	2	0.01539
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	2	0.00385
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	2	0.00385
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	4	2	2	0.00385
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	12	3	2	1	1	0.00848
63	49	577030	2105966	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	8	2	2	0.5	0.5	0.00251
63	49	577030	2105966	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	5	1	0.5	0.5	0.5	0.00039
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	10	3	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	4	3	0.01539
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	2	0.00785
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	6	3	2	0.00503
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	3	2	0.00385
64	50	576726	2106235	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	2	1	1	0.5	0.00126
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	3	3	0.00950
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	3	3	0.00950
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	3	3	0.00950
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	3	3	0.00950
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	3	3	0.00950
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	3	3	0.00950
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	6	2	2	0.00636

65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	3	2	0.00785
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	3	3	0.00636
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
65	51	576771	2106335	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	1	0.5	0.5	0.5	0.00016
65	51	576771	2106335	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	1	0.5	0.5	0.5	0.00055
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	6	3	2	0.00636
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	3	2	0.00785
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	3	2	0.00950
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	2	0.01131
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	6	3	2	0.01327
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	3	2	0.01539
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	6	3	2	0.01767
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	6	3	2	0.02011
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	6	3	2	0.02270
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	18	6	3	2	0.02545
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	6	3	2	0.02835
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	6	3	2	0.03142
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	21	6	3	2	0.03464
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	6	3	2	0.03801
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	23	6	3	2	0.04155
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	24	6	3	2	0.04524
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	6	3	2	0.04909
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	26	6	3	2	0.05309
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	27	6	3	2	0.05726
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	28	6	3	2	0.06158
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	29	6	3	2	0.06605
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	6	3	2	0.07069
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	31	6	3	2	0.07548
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	2	2	0.00385
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	3	3	0.00785
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	4	3	0.00950
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	5	2	2	0.00503
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	5	2	2	0.00503
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	5	2	2	0.00503
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	5	2	2	0.00503
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	5	2	2	0.00503
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	3	2	2	0.00385
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	9	4	4	1	1	0.01131
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	11	2	3	1	0.5	0.00346
66	64	577291	2106276	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	6	6	1	1	0.01414
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	3	0.01767
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	3	0.01767
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	3	0.01767
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	3	0.01767
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	3	0.01767
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	3	0.01131
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	3	0.01131
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	3	0.01131
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	3	0.01131
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	3	0.01131
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	3	0.01131
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	9	9	0.00385
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	8	3	3	0.01327
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	8	3	3	0.01327
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	8	3	3	0.01327
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	8	3	3	0.01327
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	8	3	3	0.01327
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	8	3	3	0.01327
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	3	4	1	1	0.00212
67	65	577207	2106378	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	5	4	1	1	0.01374
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	3	3	0.00385
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	3	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	3	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	3	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	3	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	3	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	6	3	3	0.00503
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	6	3	3	0.00503
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	4	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	4	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	4	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	4	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	8	4	3	0.00636
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	11	8	4	4	0.00950
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	8	4	3	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	7	3	3	0.00503
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	6	3	6	2	2	0.00424
68	25	576452	2104332	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	5	6	2	2	0.00785
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	5	5	2	2	0.01178
68	25	576452	2104332	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	14	1	1	0.3	0.3	0.00110
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	8	4	4	0.01539
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	8	4	3	0.01327
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785

69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	3	3	0.00785
69	29	576330	2104199	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	8	3	5	3	2	0.00565
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	10	4	4	0.01767
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	9	4	3	0.00785
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	3	0.01767
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	9	3	3	0.01327
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	2	2	0.00785
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	2	2	0.01539
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	2	3	0.00785
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	9	3	3	0.00636
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	3	0.00503
70	31	576422	2104316	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	12	1	1	0.2	0.2	0.00094
70	31	576422	2104316	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	10	5	3	1	1	0.01964
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	7	2	2	0.00385
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	8	3	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	3	3	0.01131
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	3	3	0.01131
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	3	3	0.01131
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	9	3	3	0.01131
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	9	2	2	0.00503
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	7	2	2	0.00385
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	10	5	6	1	1	0.01964
71	42	577009	2103861	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	2	1.5	0.8	0.8	0.00188
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	14	9	5	5	0.01539
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	8	2	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	9	8	4	3	0.00636
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	7	8	2	2	0.00385
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	8	2	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	8	2	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	8	2	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	7	8	2	2	0.00385
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	11	8	3	3	0.00950
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	11	8	3	3	0.00950
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	7	2	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	7	2	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	8	4	4	0.02270
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		11	7	2	2	0.00950
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	7	3	3	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	10	8	3	5	0.00785
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	7	2	2	0.00385
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	3	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	6	2	2	0.00385
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	12	8	3	3	0.01131
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	B		9	7	2	2	0.00636
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	T	1	8	8	3	2	0.00503
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	8	4	6	1	1	0.01005
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	3	3	1	1	0.00283
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	9	2	4	0.8	0.8	0.00283
72	19	576333	2104002	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	5	6	2	2	0.00982
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	R	4	3	3	0.8	0.7	0.00283
72	19	576333	2104002	Mangle botoncillo	*Conocarpus erectus*	R	4	5	7	2	2	0.00785
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	7	6	5	0.02835
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	6	4	5	0.02270
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	3	3	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	3	2	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	3	3	0.01539
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	2	2	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	6	4	3	0.01767
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	9	6	7	0.04909
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	8	5	5	0.02835
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	3	3	0.01539
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	2	0.00785
88	201	601646	2091431	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	7	4	3	0.01767
88	201	601646	2091431	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	16	7	4	4	0.02011
88	201	601646	2091431	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	3	2	2	0.00385
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	7	4	3	0.01767
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	2	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	9	6	7	0.03142
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		19	7	4	4	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	4	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	3	2	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	7	4	5	0.01767
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	9	7	5	0.03142
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	5	4	0.02011
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	6	4	3	0.01767
88	201	601646	2091431	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	7	5	6	0.01767
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	9	7	6	0.03142
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	3	3	0.01539
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	8	6	5	0.02835
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	7	4	3	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	7	3	3	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00000
88	201	601646	2091431	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	2	2	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	10	5	4	0.02835
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	18	9	4	4	0.02545
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	6	6	0.04909
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	6	6	0.04909
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	6	6	0.04909
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	9	5	4	0.03142
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	5	4	0.04909

89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	5	4	0.04909
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	5	4	0.04909
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	7	4	3	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		16	6	3	2	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	2	2	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	3	3	0.01539
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	3	3	0.01539
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	3	3	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	10	6	5	0.03142
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		16	7	4	4	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	5	3	3	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	4	3	0.01539
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	4	3	0.01539
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	4	3	0.01539
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	6	4	3	0.01539
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	3	2	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	2	2	0.00000
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	4	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	4	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	4	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	4	3	3	0.01131
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
89	202	600765	2091166	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	4	2	2	0.00785
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	3	4	0.01539
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	10	6	7	0.07069
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		25	7	5	4	0.00000
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	2	2	0.00000
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		16	5	3	4	0.00000
90	203	606301	2087572	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	T	1	17	9	6	5	0.02270
90	203	606301	2087572	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	T	1	16	6	4	5	0.02011
90	203	606301	2087572	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	B		15	5	3	3	0.00000
90	203	606301	2087572	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	B		12	5	3	3	0.00000
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	6	4	3	0.00636
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	6	4	3	0.00636
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	6	4	3	0.00636
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	6	4	3	0.00636
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	6	4	3	0.00636
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	9	6	4	3	0.00636
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	3	2	2	0.00000
90	203	606301	2087572	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	3	2	2	0.00000
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	4	3	0.00785
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	4	3	0.00785
90	203	606301	2087572	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	4	3	0.00785
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	9	7	9	0.02270
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		12	6	4	3	0.00000
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	6	3	3	0.00000
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	9	6	5	0.02835
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	7	4	5	0.01767
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	4	5	0.02011
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	7	4	4	0.01767
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	7	4	4	0.01767
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	7	4	4	0.01767
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	3	2	0.00000
91	204	605662	2087905	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	T	1	14	6	3	3	0.01539
91	204	605662	2087905	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	B		10	5	2	2	0.00000
91	204	605662	2087905	Carne de gallina	Phyllanthus elsiae	B		10	5	2	2	0.00000
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	6	5	0.02011
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	6	5	0.02011
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	6	5	0.02011
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	4	4	0.00000
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	3	3	0.00000
91	204	605662	2087905	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	2	2	0.00000
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	4	3	3	0.00785
91	204	605662	2087905	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		7	3	2	3	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	11	7	6	0.04909
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	9	4	5	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	7	4	4	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	7	3	3	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	3	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	9	5	6	0.02835
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	9	5	6	0.02835
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	9	5	6	0.02835
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	9	5	6	0.02835
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	10	7	6	0.04909
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	7	3	3	0.01131
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	2	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	2	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	10	9	7	0.07069
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	10	9	7	0.07069
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	7	5	4	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	7	3	3	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	5	4	0.02011
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	4	3	3	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	9	6	3	0.02270
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	9	6	3	0.02270
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	9	6	3	0.02270
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	3	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	37	12	10	10	0.10752
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		25	9	7	5	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	4	4	0.01539
92	205	605074	2088277	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	5	3	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	5	2	2	0.00000
92	205	605074	2088277	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	6	5	4	0.01539
127	52	579604	2102445	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	10	2	2	0.03142
127	52	579604	2102445	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	8	7	8	0.02270
127	52	579604	2102445	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	9	6	5	0.02835
127	52	579604	2102445	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	10	9	6	0.03142
127	52	579604	2102445	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	7	8	8	0.01767

128	53	579682	2102647	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	27	14	9	10	0.05726
128	53	579682	2102647	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	27	14	9	10	0.05726
128	53	579682	2102647	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	27	14	9	10	0.05726
128	53	579682	2102647	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	10	4	5	0.02011
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	21	7	8	0.02270
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	7	4	5	0.01767
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	7	4	5	0.01767
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	7	4	5	0.01767
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	12	10	10	0.03142
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	8	7	5	0.02011
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	16	8	7	5	0.02011
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	7	5	5	0.00785
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		9	7	4	4	0.00636
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	6	4	4	0.00503
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	12	7	8	0.03142
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	10	3	4	0.00385
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	4	4	0.01767
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	12	2	2	0.00385
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	12	2	2	0.00385
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	6	3	3	0.00503
130	55	580038	2102290	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	4	5	0.01539
130	55	580038	2102290	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	4	5	0.01539
130	55	580038	2102290	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	4	5	0.01539
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	6	3	3	0.00503
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	9	7	8	0.01767
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	3	3	0.00950
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	3	3	0.01539
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	3	3	0.01539
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	3	3	0.01539
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	3	3	0.01539
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	3	3	0.01539
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	7	6	3	3	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	17	10	6	5	0.02270
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	20	11	5	6	0.03142
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	3	3	0.00503
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	3	3	0.00503
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	3	3	0.00503
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	3	3	0.00503
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	5	3	3	0.00503
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	9	3	3	0.01539
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	10	4	4	0.01327
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	10	4	4	0.01327
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	10	4	4	0.01327
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	4	3	0.01767
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	4	3	0.01767
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	4	3	0.01767
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	4	3	0.01767
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	5	3	3	0.00785
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	5	3	3	0.00785
133	58	580553	2101457	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	9	2	2	0.00385
133	58	580553	2101457	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	9	2	2	0.00385
133	58	580553	2101457	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	9	2	2	0.00385
133	58	580553	2101457	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	9	2	2	0.00385
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	19	10	7	5	0.02835
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	15	8	6	6	0.01767
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	B		12	6	4	4	0.01131
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	6	3	3	0.01539
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	6	3	3	0.01539
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	14	6	3	3	0.01539
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	3	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	3	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	3	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	3	0.00785

134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	3	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	6	2	3	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	4	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	4	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	4	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	4	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	4	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	4	0.00785
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	5	2	2	0.00385
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
135	60	580894	2101390	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	30	12	8	12	0.07069
135	60	580894	2101390	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	6	3	0.01767
135	60	580894	2101390	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	6	3	0.01767
135	60	580894	2101390	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	6	4	4	0.01131
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	10	7	7	0.02835
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		12	6	2	2	0.01131
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	4	4	0.01539
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	6	7	0.01767
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	6	7	0.01767
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	3	4	0.01767
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
135	60	580894	2101390	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	T	1	7	6	3	3	0.00385
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	10	5	4	0.02270
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	9	4	4	0.01767
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	7	2	2	0.00503
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	2	2	0.00785
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	8	2	2	0.00385
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	8	2	2	0.00385
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	10	7	6	0.03142
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	2	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	2	2	0.00385
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	8	2	2	0.00636
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	6	2	2	0.00503
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	6	2	2	0.00503
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	2	2	0.00636
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	9	3	3	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	7	2	2	0.00785
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	18	9	7	6	0.02545
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	3	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	3	2	2	0.00636
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	2	2	0.00950
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	9	2	2	0.00950
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	3	0.01131
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	7	2	2	0.00785
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	7	2	2	0.00785
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	10	5	4	0.02011
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	9	2	2	0.01539
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	9	2	2	0.01539
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	6	2	2	0.00636
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	6	2	2	0.00636
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	18	9	6	5	0.02545
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	9	4	4	0.01767
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	9	4	4	0.01767
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	9	4	4	0.01767
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		13	8	3	3	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		13	8	3	3	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		13	8	3	3	0.01327
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	7	2	2	0.00503
137	66	582728	2100039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
137	66	582728	2100039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
137	66	582728	2100039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
137	66	582728	2100039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
137	66	582728	2100039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	19	8	4	4	0.02835
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	8	3	2	0.00385
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	35	15	10	10	0.09621
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		30	14	10	9	0.07069
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		30	11	11	11	0.07069
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		25	11	8	6	0.04909
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	11	7	7	0.03142
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	11	7	6	0.01767
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	15	10	8	0.07069
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		13	14	10	7	0.01327
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	15	10	9	0.04909
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	15	9	10	0.03142
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	15	9	8	0.01767
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	14	9	7	0.00636
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	14	4	6	0.00385
139	68	592721	2095815	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	15	14	6	5	0.01767
139	68	592721	2095815	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatum*	T	1	7	10	3	3	0.00385
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	12	5	6	0.01767

139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	10	4	3	0.00785
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	10	4	3	0.00385
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	11	10	9	0.03142
139	68	592721	2095815	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatur*	T	1	15	12	6	5	0.01767
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	4	3	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	11	3	3	0.02270
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	7	2	2	0.01539
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	7	2	2	0.01539
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	7	2	2	0.01539
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	7	2	2	0.01539
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	7	2	2	0.01539
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		14	7	2	2	0.01539
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	5	2	2	0.00385
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	9	2	2	0.01767
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	3	2	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	5	0.01131
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	7	4	3	0.00785
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	3	2	0.00385
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	3	2	0.00385
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	3	2	0.00385
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	3	2	0.00385
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		7	4	3	2	0.00385
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	10	9	8	0.03801
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	10	8	7	0.01767
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	11	9	8	0.03142
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	12	6	6	0.03142
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	2	2	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	5	2	2	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	27	12	4	2	0.05726
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	7	8	8	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	2	2	0.00785
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	9	3	3	0.01131
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	4	0.01131
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	4	0.01131
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	4	0.01131
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	4	0.01131
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	6	3	4	0.01131
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		8	4	2	2	0.00503
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	5	4	4	0.01539
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	5	4	4	0.01539
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	5	4	4	0.01539
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	5	4	4	0.01539
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	5	4	4	0.01539
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	3	2	2	0.00385
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	3	2	2	0.00385
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	3	2	2	0.00385
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	3	2	2	0.00385
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	3	2	2	0.00385
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	3	2	2	0.00385
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	10	4	4	0.01327
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	8	4	3	0.00950
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	9	7	3	3	0.00636
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	10	3	3	0.01131
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785

144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	9	3	2	0.00785
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	8	2	2	0.00503
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	7	6	2	2	0.00385
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	2	2	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	11	3	3	0.01327
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	10	3	3	0.00785
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	8	9	2	2	0.00503
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	8	5	4	0.03142
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		16	7	3	3	0.02011
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		16	7	3	3	0.02011
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		16	7	3	3	0.02011
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	8	5	6	0.04909
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		18	7	3	4	0.02545
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		18	7	3	4	0.02545
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		18	7	3	4	0.02545
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	8	6	6	0.07069
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	3	3	0.01767
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	16	7	4	3	0.02011
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	5	3	2	0.00785
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	13	7	4	3	0.01327
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	5	3	2	0.00636
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	5	3	2	0.00636
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	5	3	2	0.00636
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		9	5	3	2	0.00636
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	4	0.01767
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		11	7	3	4	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		11	7	3	4	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		11	7	3	4	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	14	8	4	4	0.01539
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785

147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	7	4	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	3	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	3	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	3	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	3	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	11	6	3	3	0.00950
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	8	5	4	0.02270
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	8	5	4	0.02270
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	8	5	4	0.02270
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	8	5	4	0.02270
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	12	7	8	0.03801
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	12	7	8	0.03801
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	12	7	8	0.03801
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	12	7	8	0.03801
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	12	7	8	0.03801
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	22	12	7	8	0.03801
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		17	7	4	4	0.02270
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	10	5	5	0.03142
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	10	5	5	0.03142
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	10	5	5	0.03142
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	20	10	5	5	0.03142
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		15	6	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	12	8	4	4	0.01131
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	3	0.01767
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	15	8	4	3	0.01767
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	7	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	5	5	0.01767
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	6	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	6	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	6	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		10	6	4	3	0.00785
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	7	5	5	0.01131
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	4	2	2	0.00503
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	4	2	2	0.00503
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	4	2	2	0.00503
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	4	2	2	0.00503
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		8	4	2	2	0.00503
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	6	3	3	0.01327
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	6	3	3	0.01327
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	6	3	3	0.01327
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	13	6	3	3	0.01327
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	5	5	0.01131
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	5	5	0.01131
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	5	5	0.01131
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	5	5	0.01131
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	12	8	5	5	0.01131
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	30	16	12	15	0.07069
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	10	6	7	0.01767
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	10	6	7	0.01767
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	10	6	7	0.01767
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		15	10	6	7	0.01767
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	25	10	10	12	0.04909
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		20	7	7	7	0.03142
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		20	7	7	7	0.03142
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		20	7	7	7	0.03142
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	18	8	7	7	0.02545
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	B		12	5	2	2	0.01131
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	12	6	7	0.02835
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	12	6	7	0.02835
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	19	12	6	7	0.02835

150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	2	3	0.00785
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	2	3	0.00785
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	2	3	0.00785
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	2	3	0.00785
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	10	6	2	3	0.00785
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	6	6	0.01767
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	6	6	0.01767
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	15	8	6	6	0.01767
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	5	4	0.01539
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	5	4	0.01539
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	5	4	0.01539
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	5	4	0.01539
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	14	7	5	4	0.01539
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	2	2	0.00503
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	2	2	0.00503
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	T	1	8	6	2	2	0.00503
151	63	580268	2100437	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	17	11	4	6	0.02270
151	63	580268	2100437	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		12	8	3	3	0.01131
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	12	6	8	0.07069
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	10	5	5	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	10	5	5	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	10	5	5	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	28	11	4	5	0.06158
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	9	3	3	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	9	3	3	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	9	3	3	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		20	9	3	3	0.03142
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	25	8	5	5	0.04909
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	B		10	6	3	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	11	8	7	0.07069
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	11	8	7	0.07069
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	11	8	7	0.07069
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	30	11	8	7	0.07069
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	10	8	4	3	0.00785
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	24	10	6	6	0.04524
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	24	10	6	6	0.04524
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	24	10	6	6	0.04524
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	24	10	6	6	0.04524
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	T	1	24	10	6	6	0.04524
128	53	579682	2102647	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	4	5	2	2	0.00126
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	1	1	0.5	0.5	0.00008
129	54	579861	2102484	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	4	6	1	1	0.00126
130	55	580038	2102290	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	1	0.1	0.5	0.5	0.00008
130	55	580038	2102290	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	3	4	2	2	0.00071
131	56	580288	2102127	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	8	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
131	56	580288	2102127	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	3	4	1	1	0.00071
131	56	580288	2102127	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	8	4	6	1	1	0.00126
132	57	580575	2102007	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	27	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	26	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
133	58	580553	2101457	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	9	3	4	1	1	0.00071
133	58	580553	2101457	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	5	5	1	1	0.00196
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	31	1	1	0.5	0.5	0.00008
134	59	580783	2101405	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	3	2	1	1	0.00071
134	59	580783	2101405	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	4	4	1	1	0.00126
134	59	580783	2101405	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	1	5	6	2	2	0.00196
135	60	580894	2101390	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	8	1	1	0.5	0.5	0.00008
135	60	580894	2101390	Mangle prieto	*Avicennia germinans*	R	14	3	6	3	2	0.00071
135	60	580894	2101390	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	42	1	1.5	1.5	1.5	0.00008
135	60	580894	2101390	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	5	6	2	2	0.00196
135	60	580894	2101390	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	17	3	6	2	2	0.00071
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	2	2	1.2	0.6	0.6	0.00031
136	43	598374	2093086	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	1	3	1	1	1	0.00071
137	66	582728	210039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	22	4	6	2	2	0.00126
137	66	582728	210039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	3	3	1	1	0.00071
137	66	582728	210039	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	23	2	3	1	1	0.00031
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	2	1	0.5	0.5	0.00031
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	10	6	3	2	2	0.00283
138	67	582555	2100118	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	17	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
139	68	592721	2095815	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatur*	R	6	3	2	1	1	0.00071
139	68	592721	2095815	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatur*	R	17	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
139	68	592721	2095815	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatur*	R	3	6	4	3	2	0.00283
139	68	592721	2095815	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
140	69	592842	2095857	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	3	4	2	2	0.00071
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	2	1	0.5	0.5	0.00031
141	70	592823	2095937	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatur*	R	6	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
141	70	592823	2095937	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	6	4	3	2	0.00283
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	6	4	3	1	1	0.00126
142	71	592853	2096128	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	9	2	1	0.5	0.5	0.00031
143	72	599073	2092552	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	3	2	1	1	0.00071
144	73	599467	2092242	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	8	5	5	2	2	0.00196
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	12	3	3.5	1	1	0.00071
145	45	598162	2093210	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	1	0.8	0.4	0.5	0.00008
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	8	3	2	1	1	0.00071
146	58	601168	2094788	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	5	1	1	0.6	0.5	0.00008
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	2	1.5	1	1	0.00031
147	59	601142	2095194	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	6	4	2	1	1.2	0.00126
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	7	3	2	1	1	0.00071
148	60	599143	2097080	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	12	1	0.5	0.5	0.5	0.00008
149	61	579894	2100583	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	4	2	1	1	1	0.00031
149	61	579894	2100583	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	7	3	4	2	1	0.00071
150	62	580133	2100463	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	3	1	0.5	0.5	5	0.00008
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	7	1	1	0.5	5	0.00008
151	63	580268	2100437	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	2	4	6	2	2	0.00126
152	64	580406	2100520	Mangle rojo	*Rhizophora mangle*	R	6	1	0.8	0.2	0.2	0.00008
152	64	580406	2100520	Timuchil	*Pithecellobium lanceolatur*	R	7	1	0.5	0.1	1	0.00008
152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	3	6	3	2	0.00071

152	64	580406	2100520	Mangle blanco	*Laguncularia racemosa*	R	3	2	1	0.8	8	0.00031
								11	7			

NOMBRE CIENTIF	ESPECIE	indiv	Diam prom	Alt prom
Rhizophora ma	Mangle rojo	1180	4.35	3.51
Laguncularia ra	Mangle blanco	890	5.86	4.24
Avicennia germ	Mangle prieto	111	5.28	3.27
Conocarpus er	Mangle botoncillo	66	5.00	3.95
Neltuma juliflora	Mezquite salado	0	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Id	Estrato	No.	Nombre Cientifico	Nombre Común	Vegetación
1	Arbóreo	1	*Agonandra racemosa*	Chilcahuite	SMS
2	Arbóreo	2	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	SMS
3	Arbóreo	3	*Andira inermis*	Almendro de río	SMS
4	Arbóreo	4	*Annona purpurea*	Cabeza de negro	SMS
5	Arbóreo	5	*Aphananthe monoica*	Palo barranco	SMS
6	Arbóreo	6	*Astronium graveolens*	Culebro	SMS
7	Arbóreo	7	*Brosimum alicastrum*	Mojo	SMS
8	Arbóreo	8	*Bursera grandifolia*	Papelillo verde	SMS
9	Arbóreo	9	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	SMS
10	Arbóreo	10	*Calophyllum brasiliense*	Palo maría	SMS
11	Arbóreo	11	*Casearia nitida*	Chamizo	SMS
12	Arbóreo	12	*Cecropia obtusifolia*	Trompetero	SMS
13	Arbóreo	13	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	SMS
14	Arbóreo	14	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	SMS
15	Arbóreo	15	*Chloroleucon mangense*	Borcelano	SMS
16	Arbóreo	16	*Clethra hartwegii*	Cucharo	SMS
17	Arbóreo	17	*Cordia alliodora*	Botoncillo	SMS
18	Arbóreo	18	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	SMS
19	Arbóreo	19	*Cupania dentata*	Palo acanalado	SMS
20	Arbóreo	20	*Dendropanax arboreus*	Macarmina	SMS
21	Arbóreo	21	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	SMS
22	Arbóreo	22	*Ficus cotinifolia*	Tescalama	SMS
23	Arbóreo	23	*Ficus maxima*	Higuera blanca	SMS
24	Arbóreo	24	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	SMS
25	Arbóreo	25	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	SMS
26	Arbóreo	26	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	SMS
27	Arbóreo	27	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	SMS
28	Arbóreo	28	*Hura polyandra*	Habillo	SMS
29	Arbóreo	29	*Inga eriocarpa*	Cuil	SMS
30	Arbóreo	30	*Jacaratia mexicana*	Bonete	SMS
31	Arbóreo	31	*Licania arborea*	Cuirindo	SMS
32	Arbóreo	32	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	SMS
33	Arbóreo	33	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	SMS
34	Arbóreo	34	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	SMS
35	Arbóreo	35	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	SMS
36	Arbóreo	36	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	SMS
37	Arbóreo	37	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	SMS
38	Arbóreo	38	*Meliosma dentata*	Aguacatillo	SMS
39	Arbóreo	39	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	SMS
40	Arbóreo	40	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	SMS
41	Arbóreo	41	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	SMS
42	Arbóreo	42	*Senna atomaria*	Vainillo	SMS
43	Arbóreo	43	*Spondia purpurea*	Ciruelo	SMS
44	Arbóreo	44	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	SMS

45	Arbóreo	45	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	SMS
46	Arbóreo	46	*Tabebuia rosea*	Rosa morada	SMS
47	Arbóreo	47	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	SMS
48	Arbóreo	48	*Trichilia americana*	Cola de zorra	SMS
49	Arbustivo	1	*Aphelandra scabra*	Afelandra	SMS
50	Arbustivo	2	*Ardisia compressa*	Chico corriozo	SMS
51	Arbustivo	3	*Commicarpus scandens*	Bellesa del pacifico pegajosila	SMS
52	Arbustivo	4	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	SMS
53	Arbustivo	5	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	SMS
54	Arbustivo	6	*Miconia xalapensis*	Mora	SMS
55	Arbustivo	7	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	SMS
56	Arbustivo	8	*Piper peltatum*	Piper acorazonado	SMS
57	Arbustivo	9	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	SMS
58	Arbustivo	10	*Randia armata*	Crucillo	SMS
59	Arbustivo	11	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	SMS
60	Arbustivo	12	*Senna obtusifolia*	Retama	SMS
61	Arbustivo	13	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	SMS
62	Arbustivo	14	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	SMS
63	Herbaceo	1	*Adiantum concinnum*	Helecho bipinado	SMS
64	Herbaceo	2	*Adiantum tricholepis*	Helecho dentado	SMS
65	Herbaceo	3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	SMS
66	Herbaceo	4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	SMS
67	Herbaceo	5	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	SMS
68	Herbaceo	6	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	SMS
69	Herbaceo	7	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	SMS
70	Herbaceo	8	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	SMS
71	Herbaceo	9	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	SMS
72	Herbaceo	10	*Philodendron hederaceum*	Colomo trepador	SMS
73	Herbaceo	11	*Sida glabra*	Guinar escobero	SMS
74	Herbaceo	12	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	SMS
75	Otras especies	1	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla de agua	SMS
76	Otras especies	2	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	SMS
77	Otras especies	3	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	SMS
78	Otras especies	4	*Attalea cohune*	Palma de cayaco	SMS
79	Otras especies	5	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	SMS
80	Otras especies	6	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	SMS
81	Otras especies	7	*Smilax spinosa*	Bejuco de alambre	SMS

Id	Estrato	No.	Nombre Cientifico	Nombre Común	Vegetación
1	Arbóreo	1	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	SBC
2	Arbóreo	2	*Acacia glomerosa*	Espino monte	SBC
3	Arbóreo	3	*Acacia hindsii*	Huizcolote	SBC
4	Arbóreo	4	*Acacia macilenta*	Chacalcahuil	SBC
5	Arbóreo	5	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	SBC
6	Arbóreo	6	*Albizia tomentosa*	Parotilla Morada	SBC
7	Arbóreo	7	*Alstonia longifolia*	Frijolillo doble	SBC
8	Arbóreo	8	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	SBC
9	Arbóreo	9	*Aphananthe monoica*	Chilillo / Palo barranco	SBC
10	Arbóreo	10	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	SBC
11	Arbóreo	11	*Astronium graveolens*	Culebro	SBC
12	Arbóreo	12	*Bauhinia pauletia*	Pata de cabra	SBC
13	Arbóreo	13	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	SBC
14	Arbóreo	14	*Brosimum alicastrum*	Mojo	SBC
15	Arbóreo	15	*Bursera copallifera*	Copal	SBC
16	Arbóreo	16	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	SBC
17	Arbóreo	17	*Bursera sarcopoda*	Tecomaca	SBC
18	Arbóreo	18	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	SBC
19	Arbóreo	19	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	SBC
20	Arbóreo	20	*Cascabela ovata*	Ayoyote	SBC
21	Arbóreo	21	*Casearia nitida*	Chamizo	SBC
22	Arbóreo	22	*Casimiroa edulis*	Zapotillo	SBC
23	Arbóreo	23	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	SBC
24	Arbóreo	24	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	SBC
25	Arbóreo	25	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	SBC
26	Arbóreo	26	*Comocladia engleriana*	Hincha huevos	SBC
27	Arbóreo	27	*Cordia alliodora*	Botoncillo	SBC
28	Arbóreo	28	*Cordia dentata*	Tamborcillo	SBC
29	Arbóreo	29	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	SBC
30	Arbóreo	30	*Cordia gerascanthus*	Nance ogelato	SBC
31	Arbóreo	31	*Coulteria platyloba*	Coral	SBC
32	Arbóreo	32	*Crataeva tapia*	Bulillo	SBC
33	Arbóreo	33	*Diphysa americana*	Hormiguillo	SBC
34	Arbóreo	34	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	SBC
35	Arbóreo	35	*Erythrina americana*	Colorin	SBC
36	Arbóreo	36	*Ficus velutina*	Zalate	SBC
37	Arbóreo	37	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	SBC
38	Arbóreo	38	*Gliricidia sepium*	Cacanahual	SBC
39	Arbóreo	39	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	SBC
40	Arbóreo	40	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	SBC
41	Arbóreo	41	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	SBC
42	Arbóreo	42	*Hintonia latiflora*	Trepa chuy	SBC
43	Arbóreo	43	*Hura polyandra*	Habillo	SBC

44	Arbóreo	44	*Ipomoea murucoides*	Osote	SBC
45	Arbóreo	45	*Jacaratia mexicana*	Bonete	SBC
46	Arbóreo	46	*Jatropha curcas*	Piñoncillo	SBC
47	Arbóreo	47	*Leucaena microcarpa*	Guajillo	SBC
48	Arbóreo	48	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	SBC
49	Arbóreo	49	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	SBC
50	Arbóreo	50	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	SBC
51	Arbóreo	51	*Luehea candida*	Algodoncillo	SBC
52	Arbóreo	52	*Lysiloma microphyllum*	Tepemezquite	SBC
53	Arbóreo	53	*Manihot aesculifolia*	Manitas	SBC
54	Arbóreo	54	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	SBC
55	Arbóreo	55	*Muntingia calabura*	Juanito	SBC
56	Arbóreo	56	*Myroxylon horridum*	Huizcoron	SBC
57	Arbóreo	57	*Nectandra salicifolia*	Aguacatillo	SBC
58	Arbóreo	58	*Phyllanthus mocinianus*	Oreja de raton	SBC
59	Arbóreo	59	*Piptadenia flava*	Sierrilla arborea	SBC
60	Arbóreo	60	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	SBC
61	Arbóreo	61	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	SBC
62	Arbóreo	62	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	SBC
63	Arbóreo	63	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	SBC
64	Arbóreo	64	*Psidium sartorianum*	Guayabillo	SBC
65	Arbóreo	65	*Recchia mexicana*	Manzanito	SBC
66	Arbóreo	66	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	SBC
67	Arbóreo	67	*Sapindus saponaria*	Bolitario	SBC
68	Arbóreo	68	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	SBC
69	Arbóreo	69	*Sideroxylon capiri*	Capire	SBC
70	Arbóreo	70	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	SBC
71	Arbóreo	71	*Spondia purpurea*	Ciruelo	SBC
72	Arbóreo	72	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	SBC
73	Arbóreo	73	*Styrax ramirezii*	Azajar	SBC
74	Arbóreo	74	*Tabebuia chrysantha*	Mapilla	SBC
75	Arbóreo	75	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	SBC
76	Arbóreo	76	*Trichilia americana*	Cola de zorra	SBC
77	Arbóreo	77	*Trophis racemosa*	Falso ramon	SBC
78	Arbóreo	78	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	SBC
79	Arbustivo	1	*Acacia farnesiana*	Huizache	SBC
80	Arbustivo	2	*Acacia tenuifolia*	Aguilillo	SBC
81	Arbustivo	3	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	SBC
82	Arbustivo	4	*Ayenia aculeata*	Sierrilla cuadrada	SBC
83	Arbustivo	5	*Bauhinia divaricata*	Pata de cabra	SBC
84	Arbustivo	6	*Bonellia macrocarpa*	Pica pendejos	SBC
85	Arbustivo	7	*Caesalpinia pulcherrima*	Tabachincillo	SBC
86	Arbustivo	8	*Celtis iguanaea*	Granjeno	SBC
87	Arbustivo	9	*Cnidoscolus multilobus*	Quemadora palmaeda	SBC
88	Arbustivo	10	*Crotalaria micans*	Sonajilla lanceolada	SBC
89	Arbustivo	11	*Croton suberosus*	Mata corchosa	SBC

90	Arbustivo	12	*Eupatorium glabratum*	Arbusto de la paloma	SBC
91	Arbustivo	13	*Guardiola tulocarpus*	Vara prieta	SBC
92	Arbustivo	14	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	SBC
93	Arbustivo	15	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	SBC
94	Arbustivo	16	*Indigofera suffruticosa*	Senna arbustiva añil	SBC
95	Arbustivo	17	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	SBC
96	Arbustivo	18	*Lasianthaea fruticosa*	Vara san josé	SBC
97	Arbustivo	19	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	SBC
98	Arbustivo	20	*Manihot chlorosticta*	Manihot	SBC
99	Arbustivo	21	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	SBC
100	Arbustivo	22	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	SBC
101	Arbustivo	23	*Randia armata*	Crucillo	SBC
102	Arbustivo	24	*Rauvolfia tetraphylla*	Sarna de perro	SBC
103	Arbustivo	25	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	SBC
104	Arbustivo	26	*Roldana chapalensis*	Rondala	SBC
105	Arbustivo	27	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	SBC
106	Arbustivo	28	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	SBC
107	Herbaceo	1	*Abutilon trisulcatum*	Acapan	SBC
108	Herbaceo	2	*Acalypha mexicana*	Cancerina	SBC
109	Herbaceo	3	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	SBC
110	Herbaceo	4	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	SBC
111	Herbaceo	5	*Aphelandra lineariloba*	Afelandras	SBC
112	Herbaceo	6	*Calathea atropurpurea*	Tacuachin	SBC
113	Herbaceo	7	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	SBC
114	Herbaceo	8	*Costus pulverulentus*	Caña de indio	SBC
115	Herbaceo	9	*Crinum erubescens*	Lirio del valle	SBC
116	Herbaceo	10	*Cucurbita moschata*	Calabacilla	SBC
117	Herbaceo	11	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	SBC
118	Herbaceo	13	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	SBC
119	Herbaceo	14	*Gronovia scandens*	Arroz de leche	SBC
120	Herbaceo	15	*Hyptis suaveolens*	Chan	SBC
121	Herbaceo	16	*Indigofera densiflora*	Frijolillo vaina	SBC
122	Herbaceo	17	*Ipomoea carnea*	Amapola rosa	SBC
123	Herbaceo	18	*Ipomoea purpurea*	Campanilla morada	SBC
124	Herbaceo	19	*Lasiacis nigra*	Pasto bolita	SBC
125	Herbaceo	20	*Lasiacis procerrima*	Carricillo	SBC
126	Herbaceo	21	*Lygodium venustum*	Helecho enredadera	SBC
127	Herbaceo	22	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	SBC
128	Herbaceo	23	*Mimosa pudica*	Sierrilla	SBC
129	Herbaceo	24	*Momordica charantia*	Pepinillo amarillo	SBC
130	Herbaceo	25	*Mucuna pruriens*	Pica pica	SBC
131	Herbaceo	26	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	SBC
132	Herbaceo	27	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	SBC
133	Herbaceo	28	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	SBC
134	Herbaceo	29	*Sicyos barbatus*	Chayotillo tronador	SBC
135	Herbaceo	30	*Sida glabra*	Guinar escobero	SBC

136	Herbaceo	31	*Sporobolus virginicus*	Pasto amarillo	SBC
137	Herbaceo	32	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	SBC
138	Otras especies	1	*Acanthocereus tetragonus*	Tazajo	SBC
139	Otras especies	2	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla	SBC
140	Otras especies	3	*Ampelocissus acapulcensis*	Uva cimarrona	SBC
141	Otras especies	4	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	SBC
142	Otras especies	5	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	SBC
143	Otras especies	6	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	SBC
144	Otras especies	7	*Cocos nucifera*	Palma de coco	SBC
145	Otras especies	8	*Combretum fruticosum*	Bejuco peineta	SBC
146	Otras especies	9	*Combretum fruticosum*	Bejuco corona	SBC
147	Otras especies	10	*Dioscorea mexicana*	Camote de cerro	SBC
148	Otras especies	11	*Mimosa albida*	Sierrilla	SBC
149	Otras especies	12	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cactus organo pitayo	SBC
150	Otras especies	13	*Paullinia sessiliflora*	Bejuco Costillon	SBC
151	Otras especies	14	*Pilosocereus purpusii*	Pitayo serpetinum	SBC
152	Otras especies	15	*Scaevola plumieri*	Bejuco costero	SBC
153	Otras especies	16	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	SBC
154	Otras especies	17	*Smilax spinosa*	Bejuco alambre	SBC
155	Otras especies	18	*Stegnosperma cubense*	Bejuco de arena	SBC
156	Otras especies	19	*Tillandsia intermedia*	Tillandicia	SBC

VEGETACION	Sitio	SUB	WP	X	Y	ESPECIE	Nombre científico	NO. IND.	ALTURA (m)	COB. SIT. (%)
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.1	4934	598840	2093710	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	6	0.5	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.1	4934	598840	2093710	Saladilla	*Batis maritima*	5	0.6	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.2	4934	598844	2093714	Saladilla	*Batis maritima*	8	0.4	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.2	4934	598844	2093714	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	8	0.6	45
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.3	4934	598844	2093706	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	4	0.5	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.3	4934	598844	2093706	Saladilla	*Batis maritima*	7	0.5	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.4	4934	598836	2093706	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	6	0.6	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.4	4934	598836	2093706	Saladilla	*Batis maritima*	3	0.4	50
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.5	4934	598836	2093714	Saladilla	*Batis maritima*	12	0.5	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	49	49.5	4934	598836	2093714	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	3	0.4	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	50	50.1	4935	598377	2094047	Saladilla	*Batis maritima*	5	0.6	35
HALÓFILA - HDRÓFILA	50	50.2	4935	598381	2094051	Saladilla	*Batis maritima*	4	0.5	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	50	50.3	4935	598381	2094043	Saladilla	*Batis maritima*	6	0.4	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	50	50.4	4935	598373	2094043	Saladilla	*Batis maritima*	5	0.4	50
HALÓFILA - HDRÓFILA	50	50.5	4935	598373	2094051	Saladilla	*Batis maritima*	8	0.6	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	51	51.1	4936	598223	2094199	Saladilla	*Batis maritima*	8	0.4	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	51	51.2	4936	598227	2094203	Saladilla	*Batis maritima*	3	0.2	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	51	51.3	4936	598227	2094195	Saladilla	*Batis maritima*	10	0.4	50
HALÓFILA - HDRÓFILA	51	51.4	4936	598219	2094195	Saladilla	*Batis maritima*	7	0.3	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	51	51.4	4936	598219	2094195	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	7	0.2	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	51	51.5	4936	598219	2094203	Saladilla	*Batis maritima*	6	0.2	35
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.1	4937	598076	2094280	Saladilla	*Batis maritima*	10	0.4	50
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.2	4937	598080	2094284	Saladilla	*Batis maritima*	12	0.4	55
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.2	4937	598080	2094284	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	15	0.3	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.3	4937	598080	2094276	Saladilla	*Batis maritima*	12	0.6	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.4	4937	598072	2094276	Saladilla	*Batis maritima*	16	0.5	70
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.5	4937	598072	2094284	Saladilla	*Batis maritima*	18	0.3	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	52	52.5	4937	598072	2094284	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	15	0.3	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	53	53.1	86	598360	2094284	Saladilla	*Batis maritima*	14	0.5	90
HALÓFILA - HDRÓFILA	53	53.2	86	598364	2094288	Saladilla	*Batis maritima*	7	0.5	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	53	53.3	86	598364	2094280	Saladilla	*Batis maritima*	10	0.3	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	53	53.4	86	598356	2094280	Saladilla	*Batis maritima*	17	0.3	80
HALÓFILA - HDRÓFILA	53	53.5	86	598356	2094288	Saladilla	*Batis maritima*	6	0.5	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.1	87	598248	2094422	Saladilla	*Batis maritima*	10	0.3	50
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.1	87	598248	2094422	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	5	0.6	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.1	87	598248	2094422	Pasto amarillo	*Sporobolus virginicus*	2	0.5	10
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.2	87	598252	2094426	Saladilla	*Batis maritima*	15	0.3	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.2	87	598252	2094426	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	10	0.3	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.3	87	598252	2094418	Saladilla	*Batis maritima*	6	0.5	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.3	87	598252	2094418	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	10	0.5	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.4	87	598244	2094418	Saladilla	*Batis maritima*	16	0.3	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.4	87	598244	2094418	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	5	0.5	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.5	87	598244	2094426	Saladilla	*Batis maritima*	10	0.5	40
HALÓFILA - HDRÓFILA	54	54.5	87	598244	2094426	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	2	0.3	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.1	85	599042	2094118	Saladilla	*Batis maritima*	12	0.6	25
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.1	85	599042	2094118	Pasto amarillo	*Sporobolus virginicus*	25	0.5	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.2	85	599046	2094122	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	12	0.3	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.2	85	599046	2094122	Saladilla	*Batis maritima*	9	0.3	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.2	85	599046	2094122	Pasto amarillo	*Sporobolus virginicus*	25	0.5	60
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.3	85	599046	2094114	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	9	0.5	20
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.3	85	599046	2094114	Saladilla	*Batis maritima*	7	0.3	10
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.3	85	599046	2094114	Pasto amarillo	*Sporobolus virginicus*	20	0.5	30
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.4	85	599038	2094114	Verdolaga de playa	*Sesuvium portulacastrum*	16	0.5	25
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.4	85	599038	2094114	Saladilla	*Batis maritima*	5	0.3	10
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.4	85	599038	2094114	Pasto amarillo	*Sporobolus virginicus*	9	0.5	10
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.5	85	599038	2094122	Saladilla	*Batis maritima*	10	0.5	15
HALÓFILA - HDRÓFILA	55	55.5	85	599038	2094122	Pasto amarillo	*Sporobolus virginicus*	7	0.3	10

SITIOS 35

1	49
2	50
3	51
4	52
5	53
6	54
7	55

Nombre científico	ESPECIE	INDIV
Batis maritima	Saladilla	319
Sesuvium portulacastrum	Verdolaga de playa	133
Sporobolus virginicus	Pasto amarillo	88

PROYECTO NUEVO PUERTO MANZANILLO
MUESTREO DE FLORA
SITIOS EN EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

CENTROIDE DE SITIOS DE 500 M2 PARA SELVA BAJA CADUCIFOLIA, MEDIANA SUBCADUCIFOLIA, BOSC
CENTROIDE DE SITIOS DE 100 M2 PARA MANGLAR Y DUNAS CONSTERAS
CENTROIDE DE UN 1 M2 DE SITIOS PARA VEGETACION HIDROFILA HALOFILA

SITIO	X	Y	VEGETACION
1	577167	2103786	SELVA BAJA
2	577215	2103915	SELVA BAJA
3	577364	2103942	SELVA BAJA
4	577493	2103898	SELVA BAJA
5	577586	2103876	SELVA BAJA
6	577567	2103672	SELVA BAJA
7	577455	2103633	SELVA BAJA
8	577309	2103668	SELVA BAJA
9	577269	2103815	SELVA BAJA
10	577461	2103757	SELVA BAJA
11	577363	2103743	SELVA BAJA
12	577636	2103716	SELVA BAJA
13	576860	2103714	SELVA BAJA
14	576334	2103923	SELVA BAJA
15	576905	2103625	SELVA BAJA
16	576335	2104076	SELVA BAJA
17	576363	2104190	SELVA BAJA
18	576443	2104275	SELVA BAJA
19	576416	2104196	SELVA BAJA
20	576398	2104140	SELVA BAJA
21	576401	2104054	SELVA BAJA
22	576439	2103963	SELVA BAJA
23	577611	2105767	SELVA BAJA
24	577572	2105646	SELVA BAJA
25	577737	2105896	SELVA BAJA
26	577701	2105739	SELVA BAJA
27	575858	2104986	MANGLE
28	576002	2104899	MANGLE
29	575882	2104724	MANGLE
30	576018	2104750	MANGLE
31	576194	2104552	MANGLE
32	575929	2104311	MANGLE
33	575911	2104492	MANGLE
34	576331	2104413	MANGLE
35	576403	2104364	MANGLE
36	576003	2104046	MANGLE
37	576558	2104258	MANGLE

38	576519	2104093	MANGLE
39	576162	2103912	MANGLE
40	576394	2103760	MANGLE
41	576573	2103873	MANGLE
42	576600	2103552	MANGLE
43	576763	2103770	MANGLE
44	576953	2103710	MANGLE
45	577080	2103904	MANGLE
46	576882	2103535	MANGLE
47	577024	2103732	MANGLE
48	577158	2103594	MANGLE
49	577243	2103539	MANGLE
50	577458	2103493	MANGLE
51	577395	2104067	MANGLE
52	577663	2103876	MANGLE
53	577545	2103962	MANGLE
54	577393	2104047	MANGLE
55	577136	2103965	MANGLE
56	576514	2103974	MANGLE
57	577118	2102850	MANGLE
58	576983	2102936	MANGLE
59	576502	2103156	MANGLE
60	576313	2103259	MANGLE
61	576572	2102870	MANGLE
62	576776	2105986	MANGLE
63	577030	2105966	MANGLE
64	576726	2106235	MANGLE
65	576771	2106335	MANGLE
66	577291	2106276	MANGLE
67	577207	2106378	MANGLE
68	576452	2104332	MANGLE
69	576330	2104199	MANGLE
70	576422	2104316	MANGLE
71	577009	2103861	MANGLE
72	576333	2104002	MANGLE
73	577050	2109481	SELVA BAJA
74	577006	2109425	SELVA BAJA
75	577135	2109205	SELVA BAJA
76	577325	2109105	SELVA BAJA
77	577592	2109207	SELVA BAJA
78	577539	2109324	SELVA BAJA
79	577422	2109387	SELVA BAJA
80	577356	2109532	SELVA BAJA
81	577328	2109751	SELVA BAJA
82	577073	2109807	SELVA BAJA
83	581270	2099861	DUNA COSTERA
84	581334	2099819	DUNA COSTERA
85	581400	2099847	DUNA COSTERA

86	581458	2099782	DUNA COSTERA
87	581514	2099763	DUNA COSTERA
88	601646	2091431	MANGLE
89	600765	2091166	MANGLE
90	606301	2087572	MANGLE
91	605662	2087905	MANGLE
92	605074	2088277	MANGLE
93	592709	2116194	ENCINO
94	592774	2116000	ENCINO
95	593268	2115899	ENCINO
96	593507	2116017	ENCINO
97	593619	2115970	ENCINO
98	592162	2114155	ENCINO
99	592370	2114085	ENCINO
100	592581	2114245	ENCINO
101	599008	2100268	SELVA BAJA
102	599075	2100395	SELVA BAJA
103	599234	2100507	SELVA BAJA
104	599312	2100663	SELVA BAJA
105	599384	2100757	SELVA BAJA
106	599703	2100946	SELVA BAJA
107	598081	2106745	SELVA BAJA
108	596196	2102137	SELVA BAJA
109	592948	2115954	SELVA MEDIANA
110	592708	2116071	SELVA MEDIANA
111	592476	2115902	SELVA MEDIANA
112	592324	2115683	SELVA MEDIANA
113	592270	2115288	SELVA MEDIANA
114	591827	2115081	SELVA MEDIANA
115	591751	2114265	SELVA MEDIANA
116	599948	2100587	SELVA MEDIANA
117	600051	2100652	SELVA MEDIANA
118	599675	2100377	SELVA MEDIANA
119	599579	2100296	SELVA MEDIANA
120	598840	2093710	HALÓFILA - HDRÓFILA
121	598377	2094047	HALÓFILA - HDRÓFILA
122	598223	2094199	HALÓFILA - HDRÓFILA
123	598076	2094280	HALÓFILA - HDRÓFILA
124	598360	2094284	HALÓFILA - HDRÓFILA
125	598248	2094422	HALÓFILA - HDRÓFILA
126	599042	2094118	HALÓFILA - HDRÓFILA
127	579604	2102445	MANGLE
128	579682	2102647	MANGLE
129	579861	2102484	MANGLE
130	580038	2102290	MANGLE
131	580288	2102127	MANGLE
132	580575	2102007	MANGLE
133	580553	2101457	MANGLE

134	580783	2101405	MANGLE
135	580894	2101390	MANGLE
136	598374	2093086	MANGLE
137	582728	2100039	MANGLE
138	582555	2100118	MANGLE
139	592721	2095815	MANGLE
140	592842	2095857	MANGLE
141	592823	2095937	MANGLE
142	592853	2096128	MANGLE
143	599073	2092552	MANGLE
144	599467	2092242	MANGLE
145	598162	2093210	MANGLE
146	601168	2094788	MANGLE
147	601142	2095194	MANGLE
148	599143	2097080	MANGLE
149	579894	2100583	MANGLE
150	580133	2100463	MANGLE
151	580268	2100437	MANGLE
152	580406	2100520	MANGLE
153	601375	2095548	SELVA BAJA
154	601714	2095684	SELVA BAJA
155	601147	2095367	SELVA BAJA
156	602052	2094168	SELVA BAJA
157	602099	2094060	SELVA BAJA
158	579395	2104551	SELVA BAJA
159	579555	2103537	SELVA BAJA
160	579630	2103237	SELVA BAJA
161	579411	2103141	SELVA BAJA
162	579404	2102733	SELVA BAJA
163	582663	2099915	SELVA BAJA
164	582868	2099800	SELVA BAJA

VEGETACION	NUMERO DE SITIOS
DUNA COSTERA	5
ENCINO	8
HALÓFILA - HDRÓFILA	7
MANGLE	**77**
SELVA BAJA	**56**
SELVA MEDIANA	11
TOTAL	**164**

LISTADO DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL MUESTREO EN EL SAR

No.	Nombre Cientifico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC	Tipos	Categoría	CITES
1	*Abutilon trisulcatum*	Acapan	Herbaceo	1						1		
2	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	Arbóreo	1						1		
3	*Acacia farnesiana*	Huizache	Arbustivo	1						1		
4	*Acacia glomerosa*	Espino monte	Arbóreo	1						1		
5	*Acacia hindsii*	Huizcolote	Arbóreo	1						1		
6	*Acacia macilenta*	Chacalcahuil	Arbóreo	1						1		
7	*Acacia tenuifolia*	Aguilillo	Arbustivo	1						1		
8	*Acalypha mexicana*	Cancerina	Herbaceo	1					1	2		
9	*Acanthocereus tetragonus*	Tazajo	Otras especies	1	1					2		Apendice II
10	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla	Otras especies	1	1					2		
11	*Adiantum concinnum*	Helecho bipinado	Herbaceo		1					1		
12	*Adiantum tricholepis*	Helecho dentado	Herbaceo		1	1				2		
13	*Aechmea bracteata*	Bromelia aserrada	Otras especies			1				1		
14	*Agonandra racemosa*	Chilcahuite	Arbóreo		1					1		
15	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	Arbóreo	1	1					2	Amenazada (A)	
16	*Albizia tomentosa*	Parotilla Morada	Arbóreo	1						1		
17	*Alstonia longifolia*	Frijolillo doble	Arbóreo	1						1		
18	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	Herbaceo	1	1	1				3		
19	*Ampelocissus acapulcensis*	Uva cimarrona	Otras especies	1						1		
20	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	Otras especies	1	1					2		
21	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	Arbóreo	1						1		
22	*Andira inermis*	Almendro de río	Arbóreo		1					1		
23	*Annona purpurea*	Cabeza de negro	Arbóreo		1					1		
24	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	Herbaceo	1	1					2		
25	*Aphananthe monoica*	Chiillo / Palo barranco	Arbóreo	1	1					2		
26	*Aphelandra linearíloba*	Afelandras	Herbaceo	1						1		
27	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	Arbustivo	1	1					2		
28	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	Arbóreo	1						1		
29	*Ardisia compressa*	Chico corriozo	Arbustivo		1					1		
30	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	Otras especies	1	1					2		
31	*Astraea lobata*	Manzanita	herbáceo						1	1		
32	*Astronium graveolens*	Culebro	Arbóreo	1	1					2	Amenazada (A)	
33	*Attalea cohune*	Palma de cayaco	Otras especies		1					1	Protección especial	
34	*Avicennia germinans*	Mangle prieto	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
35	*Ayenia aculeata*	Sierrilla cuadrada	Arbustivo	1						1		
36	*Batis maritima*	Saladilla	Herbaceo					1		1		
37	*Bauhinia divaricata*	Pata de cabra	Arbustivo	1						1		
38	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	Herbaceo			1				1		
39	*Bonellia macrocarpa*	Pica pendejos	Arbustivo	1						1		
40	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	Arbóreo	1						1	Amenazada (A)	
41	*Brosimum alicastrum*	Mojo	Arbóreo	1	1					2		
42	*Bursera copallifera*	Copal	Arbóreo	1		1				2		
43	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	Arbóreo	1	1					2		
44	*Bursera sarcopoda*	Tecomaca	Arbóreo	1						1		
45	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	Arbóreo	1	1					2		
46	*Caesalpinia pulcherrima*	Tabachincillo	Arbustivo	1						1		
47	*Calathea atropurpurea*	Tacuachin	Herbaceo	1						1		
48	*Calliandra caeciliae*	Vara de angel	Arbustivo			1				1		
49	*Calophyllum brasiliense*	Palo maría	Arbóreo		1					1	Amenazada (A)	
50	*Canavalia rosea*	*Canavalia*	herbáceo						1	1		
51	*Cascabela ovata*	Ayoyote	Arbóreo	1						1		
52	*Casearia nitida*	Chamizo	Arbóreo	1	1					2		
53	*Casimiroa edulis*	Zapotillo	Arbóreo	1						1		
54	*Cecropia obtusifolia*	Trompetero	Arbóreo		1					1		
55	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	Arbóreo		1	1				2	Protección especial (Pr)	Apendice II
56	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	Arbóreo	1						1		
57	*Celtis iguanaea*	Granjeno	Arbustivo	1						1		
58	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	Arbóreo	1	1					2		
59	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	Arbóreo	1	1					2		
60	*Cissus microcarpa*	Bejuco tripa de vaca	Otras especies	1						1		
61	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	Otras especies	1		1				2		
62	*Clethra hartwegii*	Cucharo	Arbóreo		1					1		
63	*Cnidoscolus multilobus*	Quemadora palmaeda	Arbustivo	1						1		
64	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	Arbóreo	1		1				2		
65	*Cocos nucifera*	Palma de coco	Otras especies	1						1		
66	*Combretum fruticosum*	Bejuco corona	Otras especies	1						1		
67	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	Herbaceo	1		1				2		
68	*Commicarpus scandens*	Bellesa del pacifico pegajosila	Arbustivo		1					1		
69	*Comocladia engleriana*	Hincha huevos	Arbóreo	1						1		
70	*Conium maculatum*	Cilantrillo	Herbaceo			1				1		
71	*Conocarpus erectus*	Mangle botoncillo	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
72	*Cordia alliodora*	Botoncillo	Arbóreo	1	1					2		
73	*Cordia dentata*	Tamborcillo	Arbóreo	1						1		
74	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	Arbóreo	1	1					2		
75	*Cordia gerascanthus*	Nance ogelato	Arbóreo	1						1		
76	*Costus pulverulentus*	Caña de indio	Herbaceo	1						1		
77	*Coulteria platyloba*	Coral	Arbóreo	1						1		
78	*Crataeva tapia*	Bulillo	Arbóreo	1						1		
79	*Crinum erubescens*	Lirio del valle	Herbaceo	1						1		
80	*Crotalaria micans*	Sonajilla lanceolada	Arbustivo	1						1		
81	*Croton suberosus*	Mata corchosa	Arbustivo	1						1		
82	*Cryosophila nana*	Palma escobera	Otras especies			1				1	Amenazada (A)	
83	*Cucurbita moschata*	Calabacilla	Herbaceo	1						1		
84	*Cupania dentata*	Palo acanalado	Arbóreo		1					1		
85	*Dendropanax arboreus*	Macarmina	Arbóreo		1					1		
86	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	Arbustivo			1				1		
87	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	Herbaceo	1	1					2		
88	*Dioscorea mexicana*	Camote de cerro	Herbaceo	1						1		
89	*Diphysa americana*	Hormiguillo	Arbóreo	1						1		
90	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	Herbaceo	1	1	1				3		
91	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	Arbóreo	1	1	1				3		

92	*Erythrina americana*	Colorin	Arbóreo	1						1		
93	*Eupatorium glabratum*	Arbusto de la paloma	Arbustivo	1						1		
94	*Ficus cotinifolia*	Tescalama	Arbóreo		1					1		
95	*Ficus maxima*	Higuera blanca	Arbóreo		1					1		
96	*Ficus velutina*	Zalate	Arbóreo	1						1		
97	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	Arbóreo	1	1					2		
98	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	Herbaceo		1	1				2		
99	*Gliricidia sepium*	Cacanahual	Arbóreo	1						1		
100	*Gronovia scandens*	Arroz de leche	Herbaceo	1						1		
101	*Guardiola tulocarpus*	Vara prieta	Arbustivo	1						1		
102	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	Arbóreo	1	1					2		
103	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	Arbustivo	1	1					2		
104	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	Arbóreo	1	1					2		
105	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	Arbóreo	1	1	1				3		
106	*Hintonia latiflora*	Trepa chuy	Arbóreo	1						1		
107	*Hura polyandra*	Habillo	Arbóreo	1	1					2		
108	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	Arbustivo	1						1		
109	*Hyptis suaveolens*	Chan	Herbaceo	1		1				2		
110	*Indigofera densiflora*	Frijolillo vaina	Herbaceo	1						1		
111	*Indigofera suffruticosa*	Senna arbustiva añil	Arbustivo	1						1		
112	*Inga eriocarpa*	Cuil	Arbóreo		1					1		
113	*Ipomoea carnea*	Amapola rosa	Herbaceo	1						1		
114	*Ipomoea murucoides*	Osote	Arbóreo	1						1		
115	*Ipomoea purpurea*	Campanilla morada	Herbaceo	1						1		
116	*Jacaratia mexicana*	Bonete	Arbóreo	1	1					2		
117	*Jatropha curcas*	Piñoncillo	Arbóreo	1						1		
118	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
119	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	Arbustivo	1						1		
120	*Lasiacis nigra*	Pasto bolita	Herbaceo	1						1		
121	*Lasiacis procerrima*	Carricillo	Herbaceo	1						1		
122	*Lasianthaea fruticosa*	Vara san josé	Arbustivo	1						1		
123	*Leucaena microcarpa*	Guajillo	Arbóreo	1						1		
124	*Licania arborea*	Cuirindo	Arbóreo		1					1	Amenazada (A)	
125	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	Arbóreo	1	1					2		
126	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	Arbóreo	1	1					2		
127	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	Arbóreo	1	1					2		
128	*Luehea candida*	Algodoncillo	Arbóreo	1						1		
129	*Lygodium venustum*	Helecho enredadera	Herbaceo	1						1		
130	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	Arbóreo		1	1				2		
131	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	Arbóreo		1					1		
132	*Lysiloma microphyllum*	Tepemezquite	Arbóreo	1						1		
133	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	Herbaceo	1						1		
134	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	Arbustivo	1	1					2		
135	*Manihot aesculifolia*	Manitas	Arbóreo	1						1		
136	*Manihot chlorosticta*	Manihot	Arbustivo	1						1		
137	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	Arbóreo	1	1					2		
138	*Meliosma dentata*	Aguacatillo	Arbóreo		1					1		
139	*Miconia xalapensis*	Mora	Arbustivo		1	1				2		
140	*Mimosa albida*	Sierrilla	Otras especies	1						1		
141	*Mimosa pudica*	Sierrilla	Herbaceo	1						1		
142	*Momordica charantia*	Pepinillo amarillo	Herbaceo	1						1		
143	*Mucuna pruriens*	Pica pica	Herbaceo	1						1		
144	*Muntingia calabura*	Juanito	Arbóreo	1						1		
145	*Myroxylon horridum*	Huizcoron	Arbóreo	1						1		
146	*Nectandra salicifolia*	Aguacatillo	Arbóreo	1						1		
147	*Neltuma juliflora*	Mezquite	Arboreo						1	1		
148	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	Herbaceo	1	1	1				3		
149	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cactus organo pitayo	Otras especies	1						1		Apendice II
150	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	Herbaceo	1		1				2		
151	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	Otras especies		1					1		
152	*Paullinia sessiliflora*	Bejuco Costillon	Otras especies	1						1		
153	*Pectis multiflosculosa*	Verdolaga	herbáceo						1	1		
154	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	Herbaceo		1					1		
155	*Philodendron hederaceum*	Colomo trepador	Herbaceo		1					1		
156	*Phyllanthus elsiae*	Carne de gallina	Arbóreo				1			1		
157	*Phyllanthus mocinianus*	Oreja de raton	Arbóreo	1						1		
158	*Pilosocereus purpusii*	Pitayo serpetinum	Otras especies	1						1		Apendice II
159	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	Arbustivo	1	1	1				3		
160	*Piper peltatum*	Piper acorazonado	Arbustivo		1	1				2		
161	*Piptadenia flava*	Sierrilla arborea	Arbóreo	1						1		
162	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	Arbustivo	1	1					2		
163	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	Arbóreo	1						1		
164	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	Arbóreo	1			1			2		
165	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	Arbóreo	1	1					2	Peligro de extinsion (P)	
166	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	Arbóreo	1						1		
167	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	Herbaceo	1						1		
168	*Psidium sartorianum*	Guayabillo	Arbóreo	1						1		
169	*Quercus acutifolia*	Encino rojo	Arboreo			1				1		
170	*Quercus magnoliifolia*	Encino Amarillo	Arboreo			1				1		
171	*Quercus obtusata*	Encino blanco	Arboreo			1				1		
172	*Randia armata*	Crucillo	Arbustivo	1	1	1				3		
173	*Rauvolfia tetraphylla*	Sarna de perro	Arbustivo	1						1		
174	*Recchia mexicana*	Manzanito	Arbóreo	1						1		
175	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	Arbustivo	1	1	1				3		
176	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
177	*Rhynchosia precatoria*	Frijolillo	Herbaceo			1				1		
178	*Roldana chapalensis*	Rondala	Arbustivo	1						1		
179	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	Arbóreo	1	1					2		
180	*Sapindus saponaria*	Bolitario	Arbóreo	1						1		
181	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	Arbóreo	1	1	1				3	Amenazada (A)	
182	*Scaevola plumieri*	Bejuco costero	Otras especies	1						1		
183	*Senna atomaria*	Vainillo	Arbóreo		1					1		
184	*Senna obtusifolia*	Retama	Arbustivo		1	1				2		
185	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	Otras especies	1	1	1				3		

186	*Sesuvium portulacastrum*	Verdolaga de playa	Herbaceo					1		1		
187	*Sicyos barbatus*	Chayotillo tronador	Herbaceo	1						1		
188	*Sida glabra*	Guinar escobero	Herbaceo	1	1	1				3		
189	*Sideroxylon capiri*	Capire	Arbóreo	1						1	Amenazada (A)	
190	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	Arbóreo	1						1		
191	*Smilax spinosa*	Bejuco alambre	Otras especies	1	1					2		
192	*Spondia purpurea*	Ciruelo	Arbóreo	1	1					2		
193	*Sporobolus pyramidatus*	Pasto salado	herbáceo						1	1		
194	*Sporobolus virginicus*	Pasto amarillo	Herbaceo	1				1		2		
195	*Stegnosperma cubense*	Bejuco de arena	Otras especies						1	1		
196	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	Arbóreo	1	1					2		
197	*Struthanthus interruptus*	Mal ojo	Otras especies						1	1		
198	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	Arbóreo	1	1					2		
199	*Tabebuia chrysantha*	Mapilla	Arbóreo	1						1	Amenazada (A)	Apendice II
200	*Tabebuia rosea*	Rosa morada	Arbóreo		1	1				2		
201	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	Arbóreo	1	1					2		
202	*Tillandsia intermedia*	Tillandicia	Otras especies	1						1		
203	*Tournefortia mutabilis*	Huele de noche	Arbustivo			1				1		
204	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	Herbaceo	1	1					2		
205	*Trichilia americana*	Cola de zorra	Arbóreo	1	1	1				3		
206	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	Arbustivo			1				1		
207	*Trophis racemosa*	Falso ramon	Arbóreo	1						1		
208	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	Arbustivo	1	1					2		
209	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	Arbustivo	1	1	1				3		
210	*Zamia paucijuga*	samia de colima	Otras especies			1				1	Protección especial (Pr)	Apendice II
211	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	Arbóreo	1						1		

Anexo "Coordenadas los límites del SAR".

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1	607416.943	2086803.091	16.852	S 0°19'47.46" E
P2	607417.04	2086786.239	15.605	S 4°51'57.36" E
P3	607418.364	2086770.69	22.519	S 11°40'46.27" E
P4	607422.923	2086748.638	0.429	N 49°24'14.98" W
P5	607422.597	2086748.917	41.616	N 49°23'55.17" W
P6	607391	2086776	35.384	N 47°17'24.21" W
P7	607365	2086800	4.377	N 43°55'11.56" W
P8	607361.964	2086803.153	58.628	N 69°20'50.75" E
P9	607416.824	2086823.831	20.741	S 0°19'47.47" E
P10	607416.943	2086803.091	48164.113	N 50°22'50.22" W
P11	570316.246	2117516.605	396.699	S 46°04'51.33" W
P12	570030.495	2117241.438	287.898	S 17°06'09.82" W
P13	569945.828	2116966.271	303.061	S 24°46'30.51" W
P14	569818.828	2116691.104	501.106	S 15°51'25.72" W
P15	569681.906	2116209.067	887.441	S 63°26'05.82" E
P16	570475.658	2115812.191	573.318	N 56°46'05.84" E
P17	570955.216	2116126.384	1265.663	N 72°30'43.21" E
P18	572162.38	2116506.724	569.489	S 25°49'15.57" W
P19	571914.332	2115994.092	303.064	S 29°44'41.57" E
P20	572064.694	2115730.959	363.544	S 29°44'41.57" E
P21	572245.062	2115415.315	321.081	S 11°53'19.17" W
P22	572178.916	2115101.122	224.921	S 53°58'21.46" E
P23	572360.818	2114968.83	435.007	S 8°44'46.18" E
P24	572426.964	2114538.881	555.882	S 22°45'03.51" E
P25	572641.938	2114026.25	428.994	S 27°33'10.12" E
P26	572840.376	2113645.911	449.841	S 53°58'21.46" E
P27	573204.179	2113381.327	298.116	S 56°18'35.76" E
P28	573452.226	2113215.962	692.561	S 33°18'38.27" E
P29	573832.565	2112637.185	615.415	S 59°18'01.00" E
P30	574361.733	2112322.991	498.569	N 84°17'21.86" E
P31	574857.828	2112372.601	417.362	N 56°18'35.76" E
P32	575205.094	2112604.112	374.147	N 72°07'04.12" E
P33	575561.167	2112718.998	12.498	N 0°00'00.68" E
P34	575561.167	2112731.495	4.048	S 89°59'59.85" E
P35	575565.215	2112731.495	387.573	N 17°56'55.78" E
P36	575684.652	2113100.206	304.918	N 40°36'04.66" E
P37	575883.09	2113331.717	366.051	N 71°33'54.18" E
P38	576230.357	2113447.473	350.792	N 8°07'48.37" W
P39	576180.747	2113794.739	369.767	N 26°33'54.18" E
P40	576346.112	2114125.469	356.207	N 21°48'05.07" E
P41	576478.404	2114456.199	720.429	N 31°51'57.52" E
P42	576858.743	2115068.049	527.615	N 32°11'44.64" E
P43	577139.864	2115514.534	545.955	N 54°51'56.90" E
P44	577586.349	2115828.727	509.421	S 54°14'46.01" E
P45	577999.761	2115531.071	510.761	S 29°03'16.57" E
P46	578247.809	2115084.585	479.558	S 0°00'00.00" E
P47	578247.809	2114605.027	399.964	S 7°07'30.06" W
P48	578198.199	2114208.151	377.09	S 15°15'18.43" W
P49	578098.98	2113844.348	402.69	S 19°10'44.43" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P50	577966.688	2113464.009	449.841	S 17°06'09.82" E
P51	578098.98	2113034.06	367.17	S 35°50'15.55" E
P52	578313.955	2112736.403	541.681	S 77°39'39.29" W
P53	577784.787	2112620.648	470.346	N 79°52'31.18" W
P54	577321.765	2112703.331	317.656	S 38°39'35.31" W
P55	577123.327	2112455.283	418.344	S 18°26'05.82" W
P56	576991.035	2112058.407	454.077	S 10°29'29.32" E
P57	577073.718	2111611.922	561.754	S 42°36'50.60" W
P58	576693.378	2111198.51	509.421	S 54°14'46.01" E
P59	577106.791	2110900.853	780.025	S 57°59'40.62" E
P60	577768.25	2110487.441	698.946	S 48°23'57.57" E
P61	578290.916	2110023.386	50.313	N 14°37'15.15" E
P62	578303.616	2110072.069	75.075	N 21°30'05.16" E
P63	578331.132	2110141.919	47.988	N 41°25'25.20" E
P64	578362.883	2110177.903	58.811	N 59°44'36.83" E
P65	578413.683	2110207.536	75.164	N 57°39'09.20" E
P66	578477.183	2110247.753	45.299	N 37°24'19.28" E
P67	578504.7	2110283.736	64.376	N 46°19'55.99" E
P68	578551.266	2110328.186	69.109	N 27°20'59.55" E
P69	578583.016	2110389.57	57.307	N 4°14'11.02" E
P70	578587.25	2110446.72	59.606	N 16°30'15.70" E
P71	578604.183	2110503.87	63.43	N 25°42'35.83" E
P72	578631.7	2110561.02	69.978	N 3°28'05.63" E
P73	578635.933	2110630.87	79.565	N 28°36'37.65" W
P74	578597.833	2110700.72	93.518	N 5°11'39.94" W
P75	578589.366	2110793.854	72.246	N 5°02'32.82" W
P76	578583.016	2110865.821	46.422	N 24°13'39.88" E
P77	578602.066	2110908.154	89.328	N 76°17'34.94" E
P78	578688.85	2110929.321	70.074	N 64°58'59.18" E
P79	578752.35	2110958.954	70.457	N 57°15'53.19" E
P80	578811.617	2110997.054	60.538	N 53°31'50.76" E
P81	578860.3	2111033.038	50.49	N 56°58'34.08" E
P82	578902.634	2111060.554	50.976	N 85°14'10.89" E
P83	578953.434	2111064.788	27.107	N 51°20'24.69" E
P84	578974.6	2111081.721	72.401	N 37°52'29.94" E
P85	579019.051	2111138.871	59.868	N 44°59'60.00" E
P86	579061.384	2111181.205	37.508	S 73°36'37.65" E
P87	579097.367	2111170.621	52.278	S 68°37'45.76" E
P88	579146.051	2111151.571	34.457	N 79°22'49.24" E
P89	579179.918	2111157.921	82.983	N 52°15'11.50" E
P90	579245.534	2111208.721	45.447	N 27°45'30.75" E
P91	579266.701	2111248.938	35.983	N 28°04'20.95" E
P92	579283.634	2111280.688	22.895	S 33°41'24.24" E
P93	579296.334	2111261.638	77.714	S 29°21'27.91" E
P94	579334.434	2111193.905	43.636	S 75°57'49.52" E
P95	579376.768	2111183.321	70.964	S 72°38'45.51" E
P96	579444.501	2111162.155	45.249	S 79°12'56.53" E
P97	579488.951	2111153.688	55.882	N 65°22'35.17" E
P98	579539.752	2111176.971	58.122	N 33°06'40.83" E
P99	579571.502	2111225.655	41.908	N 44°59'60.00" E
P100	579601.135	2111255.288	50.179	S 62°21'14.49" E
P101	579645.585	2111232.005	83.495	S 59°32'04.04" E
P102	579717.552	2111189.671	42.807	N 81°28'09.24" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P103	579759.885	2111196.021	45.693	N 76°36'27.01" E
P104	579804.335	2111206.605	105.111	S 64°58'59.18" E
P105	579899.586	2111162.155	82.577	N 88°31'52.32" E
P106	579982.136	2111164.271	62.826	S 32°37'09.28" E
P107	580016.003	2111111.354	97.459	S 55°37'10.76" E
P108	580096.436	2111056.321	63.5	N 53°07'48.37" E
P109	580147.236	2111094.421	54.213	N 51°20'24.69" E
P110	580189.57	2111128.288	67.535	N 57°48'15.36" E
P111	580246.72	2111164.271	75.015	N 73°36'37.65" E
P112	580318.686	2111185.438	53.296	N 83°09'26.02" E
P113	580371.603	2111191.788	53.296	S 83°09'26.02" E
P114	580424.52	2111185.438	57.813	N 66°15'01.82" E
P115	580477.437	2111208.721	38.159	N 56°18'35.76" E
P116	580509.187	2111229.888	92.941	N 59°55'53.10" E
P117	580589.62	2111276.455	89.853	N 15°01'06.10" E
P118	580612.904	2111363.238	76.698	N 39°24'02.38" E
P119	580661.587	2111422.505	36.966	S 66°22'14.24" E
P120	580695.454	2111407.688	54.213	S 51°20'24.69" E
P121	580737.787	2111373.822	42.174	S 72°28'27.95" E
P122	580778.004	2111361.122	108.137	S 49°45'49.11" E
P123	580860.554	2111291.271	35.228	S 57°15'53.19" E
P124	580890.188	2111272.221	68.261	N 29°44'41.57" E
P125	580924.054	2111331.488	53.965	N 48°10'47.39" E
P126	580964.271	2111367.472	58.122	N 33°06'40.83" E
P127	580996.021	2111416.155	84.508	N 22°04'04.44" W
P128	580964.271	2111494.472	83.387	N 23°57'44.96" E
P129	580998.138	2111570.672	39.029	N 40°36'04.66" E
P130	581023.538	2111600.305	114.476	N 19°26'24.13" E
P131	581061.638	2111708.256	108.137	N 3°21'59.26" W
P132	581055.288	2111816.206	77.656	N 17°26'49.88" E
P133	581078.571	2111890.289	111.944	N 15°21'00.49" E
P134	581108.205	2111998.24	83.869	N 10°10'31.84" E
P135	581123.021	2112080.79	102.762	N 32°22'50.44" E
P136	581178.055	2112167.573	59.868	N 44°59'60.00" E
P137	581220.388	2112209.907	67.369	N 46°16'22.91" E
P138	581269.072	2112256.473	78.773	N 59°18'01.00" E
P139	581336.805	2112296.69	62.505	N 61°41'57.28" E
P140	581391.839	2112326.324	53.882	N 44°59'60.00" E
P141	581429.939	2112364.424	60.242	N 18°26'05.82" E
P142	581448.989	2112421.574	49.821	N 12°15'53.19" E
P143	581459.572	2112470.257	47.754	N 12°48'15.36" E
P144	581470.155	2112516.824	104.427	N 17°42'01.54" E
P145	581501.905	2112616.307	96	N 14°02'10.48" E
P146	581525.189	2112709.441	71.153	N 22°45'03.51" E
P147	581552.706	2112775.058	44.651	N 5°26'25.20" E
P148	581556.939	2112819.508	84.905	N 85°42'39.05" E
P149	581641.606	2112825.858	44.651	N 84°33'34.80" E
P150	581686.056	2112830.091	49.595	N 39°48'20.06" E
P151	581717.806	2112868.191	73.629	N 18°26'05.82" E
P152	581741.089	2112938.041	46.422	N 24°13'39.88" E
P153	581760.139	2112980.375	53.965	N 48°10'47.39" E
P154	581800.356	2113016.358	55.196	N 57°31'43.71" E
P155	581846.923	2113045.992	119.287	N 62°31'32.05" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P156	581952.756	2113101.025	82.794	N 32°28'16.29" E
P157	581997.206	2113170.875	124.614	N 20°53'51.96" E
P158	582041.657	2113287.292	50.179	N 27°38'45.51" E
P159	582064.94	2113331.742	90.002	N 41°11'09.33" E
P160	582124.207	2113399.476	30.306	S 77°54'18.87" E
P161	582153.84	2113393.126	91.041	N 88°40'04.01" E
P162	582244.857	2113395.242	56.875	N 45°00'00.00" E
P163	582285.074	2113435.459	66.431	N 30°39'02.40" E
P164	582318.94	2113492.609	45.249	N 10°47'03.47" E
P165	582327.407	2113537.059	53.965	N 25°33'35.87" E
P166	582350.691	2113585.743	52.063	N 26°33'54.18" E
P167	582373.974	2113632.309	73.385	N 33°13'54.16" E
P168	582414.191	2113693.693	116.782	N 43°31'52.32" E
P169	582494.624	2113778.36	55.882	N 37°18'14.21" E
P170	582528.491	2113822.81	39.372	N 36°15'13.82" E
P171	582551.774	2113854.56	66.431	N 22°28'45.96" E
P172	582577.174	2113915.943	72.463	N 83°17'24.59" E
P173	582649.141	2113924.41	71.967	N 61°55'39.05" E
P174	582712.641	2113958.277	91.115	S 87°20'13.20" E
P175	582803.658	2113954.043	80.992	N 80°35'57.19" E
P176	582883.562	2113967.273	68.792	N 67°22'48.49" E
P177	582947.063	2113993.731	71.975	N 36°01'38.54" E
P178	582989.396	2114051.94	56.623	N 52°35'40.72" E
P179	583034.375	2114086.335	85.203	N 53°50'30.53" E
P180	583103.167	2114136.606	73.514	N 59°44'36.83" E
P181	583166.667	2114173.648	85.038	S 84°38'39.03" E
P182	583251.334	2114165.711	93.207	S 83°28'48.71" E
P183	583343.938	2114155.127	113.03	S 73°41'10.13" E
P184	583452.418	2114123.377	93.955	S 32°20'50.80" E
P185	583502.689	2114044.002	67.456	S 48°10'47.39" E
P186	583552.96	2113999.023	61.937	S 70°01'00.82" E
P187	583611.168	2113977.856	81.722	S 60°56'43.43" E
P188	583682.606	2113938.168	73.562	S 37°41'39.27" E
P189	583727.585	2113879.96	43.071	S 42°30'37.61" E
P190	583756.689	2113848.21	68.843	N 87°47'50.65" E
P191	583825.481	2113850.856	54.545	N 75°57'49.52" E
P192	583878.398	2113864.085	63.94	S 65°33'21.76" E
P193	583936.606	2113837.627	56.127	N 81°52'11.63" E
P194	583992.169	2113845.564	99.316	S 48°14'22.92" E
P195	584066.252	2113779.418	84.211	S 46°16'22.91" E
P196	584127.107	2113721.21	80.6	S 66°48'05.07" E
P197	584201.19	2113689.46	61.37	N 82°34'06.93" E
P198	584262.044	2113697.397	107.962	N 72°53'50.18" E
P199	584365.232	2113729.147	52.917	N 53°07'48.37" E
P200	584407.565	2113760.897	69.45	N 49°38'07.67" E
P201	584460.482	2113805.877	53.574	N 20°13'29.49" E
P202	584479.003	2113856.147	48.643	N 45°00'00.00" E
P203	584513.399	2113890.543	47.108	N 51°50'33.98" E
P204	584550.441	2113919.648	85.326	N 60°15'18.43" E
P205	584624.524	2113961.981	48.787	N 77°28'16.29" E
P206	584672.149	2113972.564	72.217	S 81°34'22.91" E
P207	584743.587	2113961.981	73.562	S 52°18'20.73" E
P208	584801.795	2113917.002	29.581	S 79°41'42.55" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P209	584830.9	2113911.71	80.644	N 48°59'27.29" E
P210	584891.754	2113964.627	73.705	N 21°02'15.04" E
P211	584918.212	2114033.419	134.912	N 25°33'35.87" E
P212	584976.421	2114155.127	143.193	N 16°05'26.94" E
P213	585016.108	2114292.711	74.083	N 0°00'00.00" W
P214	585016.108	2114366.794	101.097	N 47°07'15.95" E
P215	585090.192	2114435.586	60.392	N 61°11'21.14" E
P216	585143.109	2114464.69	79.99	N 55°47'03.47" E
P217	585209.255	2114509.67	97.574	N 40°36'04.66" E
P218	585272.755	2114583.753	86.142	N 47°29'22.39" E
P219	585336.255	2114641.962	110.81	S 56°41'21.73" E
P220	585428.859	2114581.107	145.977	S 43°31'52.32" E
P221	585529.401	2114475.274	130.158	S 63°26'05.82" E
P222	585645.818	2114417.065	75.209	S 39°17'21.86" E
P223	585693.443	2114358.857	132.952	S 58°50'26.50" E
P224	585807.214	2114290.065	104.368	N 59°32'04.04" E
P225	585897.173	2114342.982	56.623	S 52°35'40.72" E
P226	585942.152	2114308.586	77.048	S 74°03'16.57" E
P227	586016.235	2114287.419	57.238	S 33°41'24.24" E
P228	586047.985	2114239.794	35.3	S 12°59'40.62" E
P229	586055.923	2114205.398	49.428	S 74°28'33.20" E
P230	586103.548	2114192.169	73.799	N 75°27'55.96" E
P231	586174.986	2114210.69	91.349	N 79°59'31.27" E
P232	586264.944	2114226.565	61.084	S 72°20'59.55" E
P233	586323.153	2114208.044	82.87	S 73°18'02.72" E
P234	586402.528	2114184.231	130.962	S 81°52'11.63" E
P235	586532.174	2114165.711	60.912	S 55°37'10.76" E
P236	586582.445	2114131.315	69.45	S 72°15'19.18" E
P237	586648.591	2114110.148	64.376	N 80°32'15.64" E
P238	586712.091	2114120.731	68.69	S 74°21'27.91" E
P239	586778.237	2114102.21	72.266	S 66°15'01.82" E
P240	586844.383	2114073.106	58.088	S 59°55'53.10" E
P241	586894.654	2114044.002	76.318	S 33°41'24.24" E
P242	586936.987	2113980.502	62.444	S 36°23'03.67" E
P243	586974.029	2113930.231	67.456	S 78°41'24.24" E
P244	587040.175	2113917.002	92.415	S 76°45'34.13" E
P245	587130.133	2113895.835	63.94	N 24°26'38.24" E
P246	587156.592	2113954.043	78.933	N 50°26'25.20" E
P247	587217.446	2114004.314	58.747	N 35°50'15.55" E
P248	587251.842	2114051.94	70.451	N 34°17'12.76" E
P249	587291.53	2114110.148	79.99	N 34°12'56.53" E
P250	587336.509	2114176.294	89.959	N 28°04'20.95" E
P251	587378.842	2114255.669	66.146	N 0°00'00.00" W
P252	587378.842	2114321.815	61.084	N 17°39'00.45" W
P253	587360.321	2114380.023	78.933	N 39°33'34.80" W
P254	587310.05	2114440.878	40.039	N 7°35'40.72" E
P255	587315.342	2114480.565	63.5	N 0°00'00.00" W
P256	587315.342	2114544.065	43.636	N 14°02'10.48" E
P257	587325.925	2114586.399	59.458	S 57°43'27.68" E
P258	587376.196	2114554.649	97.896	N 71°04'31.28" E
P259	587468.801	2114586.399	137.609	N 37°58'17.77" E
P260	587553.468	2114694.878	152.864	N 23°27'32.49" W
P261	587492.613	2114835.108	81.163	N 19°01'32.18" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P262	587519.072	2114911.837	66.778	N 56°18'35.76" E
P263	587574.634	2114948.879	66.146	N 53°07'48.37" E
P264	587627.551	2114988.566	86.386	N 49°58'11.07" E
P265	587693.697	2115044.129	59.163	N 63°26'05.82" E
P266	587746.614	2115070.587	54.288	N 43°01'30.24" E
P267	587783.656	2115110.275	68.995	N 32°28'16.29" E
P268	587820.697	2115168.483	37.418	N 44°59'60.00" E
P269	587847.156	2115194.942	104.268	N 35°42'24.09" E
P270	587908.01	2115279.609	92.301	N 27°17'58.46" E
P271	587950.343	2115361.63	61.541	N 25°27'48.04" E
P272	587976.802	2115417.192	95.909	N 24°26'38.24" E
P273	588016.489	2115504.505	110.778	S 40°09'21.60" E
P274	588087.927	2115419.838	91.731	S 56°46'05.84" E
P275	588164.656	2115369.567	112.129	S 70°42'35.83" E
P276	588270.49	2115332.525	78.533	N 57°22'50.72" E
P277	588336.636	2115374.859	66.778	N 56°18'35.76" E
P278	588392.198	2115411.901	87.952	N 46°13'07.95" E
P279	588455.699	2115472.755	78.577	N 44°59'60.00" E
P280	588511.261	2115528.317	101.65	N 38°39'35.31" E
P281	588574.761	2115607.693	100.577	N 26°33'54.18" E
P282	588619.741	2115697.651	60.334	N 37°52'29.94" E
P283	588656.782	2115745.276	99.069	N 34°06'52.10" E
P284	588712.345	2115827.297	59.458	N 20°51'16.05" E
P285	588733.512	2115882.86	83.669	N 18°26'05.82" W
P286	588707.053	2115962.235	74.083	N 90°00'00.00" W
P287	588632.97	2115962.235	66.146	N 16°15'36.74" W
P288	588614.449	2116025.735	64.376	N 9°27'44.36" E
P289	588625.032	2116089.235	76.775	N 1°58'29.76" E
P290	588627.678	2116165.965	77.816	N 54°41'19.63" E
P291	588691.178	2116210.944	49.215	N 53°44'46.18" E
P292	588730.866	2116240.048	54.481	N 29°03'16.57" E
P293	588757.324	2116287.673	61.768	N 9°51'56.91" E
P294	588767.908	2116348.527	52.718	N 17°31'32.05" E
P295	588783.783	2116398.798	63.994	N 29°44'41.57" E
P296	588815.533	2116454.361	57.238	N 33°41'24.24" E
P297	588847.283	2116501.986	39.688	N 53°07'48.37" E
P298	588879.033	2116525.799	47.108	N 51°50'33.98" E
P299	588916.074	2116554.903	58.088	N 59°55'53.10" E
P300	588966.345	2116584.007	41.834	N 55°18'17.45" E
P301	589000.741	2116607.82	91.387	N 22°06'34.01" E
P302	589035.137	2116692.486	48.643	N 67°37'11.51" E
P303	589080.116	2116711.007	66.357	N 85°25'33.88" E
P304	589146.262	2116716.299	111.125	N 90°00'00.00" E
P305	589257.388	2116716.299	108.608	S 55°55'22.10" E
P306	589347.346	2116655.445	103.493	S 32°28'16.29" E
P307	589402.909	2116568.132	72.217	S 28°26'34.54" E
P308	589437.305	2116504.632	121.967	S 40°36'04.66" E
P309	589516.68	2116412.028	63.994	N 82°52'29.94" E
P310	589580.18	2116419.965	82.021	N 90°00'00.00" E
P311	589662.201	2116419.965	72.797	S 70°54'23.43" E
P312	589730.993	2116396.153	100.577	S 63°26'05.82" E
P313	589820.951	2116351.173	72.797	S 70°54'23.43" E
P314	589889.743	2116327.361	121.824	S 87°30'37.61" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P315	590011.452	2116322.069	66.357	S 85°25'33.88" E
P316	590077.598	2116316.777	52.983	N 87°08'15.34" E
P317	590130.514	2116319.423	103.763	N 70°38'27.62" E
P318	590228.41	2116353.819	89.959	N 61°55'39.05" E
P319	590307.786	2116396.153	73.371	N 64°21'32.38" E
P320	590373.932	2116427.903	92.036	N 18°26'05.82" E
P321	590403.036	2116515.215	53.246	N 26°33'54.18" E
P322	590426.848	2116562.84	60.334	N 52°07'30.06" E
P323	590474.473	2116599.882	48.643	N 45°00'00.00" E
P324	590508.869	2116634.278	61.084	N 72°20'59.55" E
P325	590567.078	2116652.799	45.706	N 39°25'40.09" E
P326	590596.106	2116688.103	9.588	S 74°48'19.62" E
P327	590605.358	2116685.59	35.31	N 89°43'02.71" E
P328	590640.668	2116685.764	29.878	N 89°43'02.35" E
P329	590670.546	2116685.912	36.918	N 83°02'56.77" E
P330	590707.193	2116690.38	36.337	N 76°04'08.53" E
P331	590742.461	2116699.128	22.102	N 66°53'30.50" E
P332	590762.79	2116707.802	32.043	N 76°49'58.18" E
P333	590793.99	2116715.101	38.054	N 87°33'53.21" E
P334	590832.009	2116716.718	36.696	S 88°03'05.85" E
P335	590868.685	2116715.471	53.573	S 69°59'40.50" E
P336	590919.025	2116697.143	38.092	S 68°15'03.09" E
P337	590954.406	2116683.028	38.093	S 68°15'03.54" E
P338	590989.787	2116668.913	29.496	S 61°18'24.56" E
P339	591015.662	2116654.751	48.961	S 56°36'17.17" E
P340	591056.539	2116627.803	37.464	S 49°51'37.97" E
P341	591085.179	2116603.651	38.037	S 63°29'16.69" E
P342	591119.216	2116586.672	30.224	S 70°57'25.06" E
P343	591147.786	2116576.811	28.841	S 81°44'09.16" E
P344	591176.327	2116572.665	40.768	S 88°16'32.42" E
P345	591217.076	2116571.439	47.555	S 88°33'45.28" E
P346	591264.617	2116570.246	32.799	S 72°31'40.76" E
P347	591295.903	2116560.398	33.761	S 62°32'10.18" E
P348	591325.859	2116544.828	29.497	S 61°18'28.55" E
P349	591351.734	2116530.667	36.83	S 62°32'10.95" E
P350	591384.413	2116513.681	34.601	S 52°00'23.67" E
P351	591411.682	2116492.382	30.55	S 49°22'33.96" E
P352	591434.869	2116472.491	42.338	S 47°49'42.39" E
P353	591466.247	2116444.067	33.735	S 53°54'45.90" E
P354	591493.509	2116424.197	31.589	S 50°59'22.73" E
P355	591518.054	2116404.313	30.704	S 53°03'14.38" E
P356	591542.593	2116385.858	39.814	S 55°14'15.87" E
P357	591575.301	2116363.157	30.215	S 58°56'15.58" E
P358	591601.184	2116347.567	23.36	S 68°45'11.45" E
P359	591622.956	2116339.102	40.143	S 71°36'01.21" E
P360	591661.047	2116326.431	27.192	S 71°54'21.43" E
P361	591686.894	2116317.986	33.369	S 77°55'19.33" E
P362	591719.524	2116311.003	29.913	S 87°32'52.40" E
P363	591749.41	2116309.724	40.969	S 84°16'46.70" E
P364	591790.175	2116305.64	28.223	S 66°23'31.14" E
P365	591816.036	2116294.337	27.153	S 58°31'54.78" E
P366	591839.195	2116280.163	30.849	S 38°20'11.18" E
P367	591858.33	2116255.966	27.922	S 23°11'10.02" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P368	591869.324	2116230.298	24.632	S 9°48'26.55" E
P369	591873.52	2116206.026	27.185	S 3°09'00.13" E
P370	591875.014	2116178.883	21.521	S 30°36'32.14" E
P371	591885.971	2116160.361	30.054	S 64°57'00.21" E
P372	591913.198	2116147.636	27.499	S 81°19'04.85" E
P373	591940.382	2116143.485	28.521	N 89°42'48.05" E
P374	591968.903	2116143.627	30.185	N 81°32'54.55" E
P375	591998.76	2116148.064	26.776	N 74°14'11.46" E
P376	592024.529	2116155.338	22.149	N 78°33'10.58" E
P377	592046.237	2116159.733	24.82	N 79°46'00.70" E
P378	592070.662	2116164.143	24.169	N 72°31'03.80" E
P379	592093.714	2116171.403	33.279	N 58°41'49.51" E
P380	592122.149	2116188.694	29.861	N 54°39'55.06" E
P381	592146.509	2116205.964	26.683	N 41°08'31.37" E
P382	592164.064	2116226.058	31.286	N 65°26'26.83" E
P383	592192.52	2116239.062	24.613	N 83°02'39.64" E
P384	592216.952	2116242.042	31.237	N 89°42'44.88" E
P385	592248.189	2116242.199	33.953	N 89°42'44.51" E
P386	592282.142	2116242.37	38.028	N 89°42'44.11" E
P387	592320.169	2116242.561	43.554	N 85°56'59.28" E
P388	592363.615	2116245.637	33.953	N 89°42'43.22" E
P389	592397.567	2116245.808	36.781	N 85°15'18.92" E
P390	592434.222	2116248.85	40.969	N 83°42'19.75" E
P391	592474.944	2116253.342	30.185	N 81°32'47.79" E
P392	592504.801	2116257.779	24.554	N 61°57'48.74" E
P393	592526.474	2116269.32	34.838	N 54°39'49.85" E
P394	592554.893	2116289.469	29.497	N 60°44'05.91" E
P395	592580.626	2116303.889	38.245	N 58°10'15.91" E
P396	592613.12	2116324.059	39.571	N 51°50'21.31" E
P397	592644.234	2116348.509	42.347	N 44°35'12.85" E
P398	592673.961	2116378.668	32.387	N 32°44'46.04" E
P399	592691.479	2116405.907	33.944	N 36°35'33.66" E
P400	592711.714	2116433.16	32.493	N 44°59'25.85" E
P401	592734.686	2116456.14	30.849	N 37°45'38.84" E
P402	592753.577	2116480.529	21.521	N 30°01'57.41" E
P403	592764.348	2116499.16	29.253	N 33°34'02.49" E
P404	592780.523	2116523.535	27.6	N 43°15'14.55" E
P405	592799.435	2116543.637	23.639	N 48°01'53.57" E
P406	592817.011	2116559.444	35.426	N 85°04'59.98" E
P407	592852.307	2116562.481	32.626	N 87°12'00.60" E
P408	592884.894	2116564.074	27.162	N 89°42'37.24" E
P409	592912.056	2116564.212	42.126	S 88°20'44.99" E
P410	592954.164	2116562.996	52.316	S 80°51'26.15" E
P411	593005.815	2116554.683	41.748	S 54°42'24.58" E
P412	593039.891	2116530.562	25.251	S 59°40'14.68" E
P413	593061.686	2116517.812	48.778	S 71°29'27.69" E
P414	593107.941	2116502.327	32.595	N 89°42'34.74" E
P415	593140.535	2116502.492	36.78	S 85°50'02.15" E
P416	593177.218	2116499.82	36.701	S 74°28'27.39" E
P417	593212.58	2116489.996	35.44	S 47°01'07.58" E
P418	593238.507	2116465.835	35.097	S 35°46'20.05" E
P419	593259.024	2116437.359	32.403	S 22°27'09.73" E
P420	593271.399	2116407.412	16.631	S 19°21'22.50" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P421	593276.911	2116391.721	32.9	S 29°59'04.57" E
P422	593293.353	2116363.225	16.736	S 47°12'24.87" E
P423	593305.635	2116351.855	27.681	S 52°00'46.60" E
P424	593327.451	2116334.818	37.884	S 55°49'59.06" E
P425	593358.797	2116313.542	25.763	S 63°56'57.69" E
P426	593381.943	2116302.227	38.703	S 61°36'24.18" E
P427	593415.99	2116283.823	37.581	S 70°16'44.92" E
P428	593451.367	2116271.142	37.581	S 70°16'44.59" E
P429	593486.743	2116258.461	25.106	S 77°07'52.33" E
P430	593511.219	2116252.869	34.697	S 78°24'28.82" E
P431	593545.208	2116245.897	27.313	S 84°17'07.30" E
P432	593572.385	2116243.177	26.776	S 74°48'54.33" E
P433	593598.226	2116236.164	42.127	S 88°20'52.65" E
P434	593640.335	2116234.949	39.709	N 72°58'34.68" E
P435	593678.304	2116246.575	46.177	N 89°42'28.40" E
P436	593724.48	2116246.81	44.461	S 71°32'40.97" E
P437	593766.655	2116232.735	37.113	S 81°25'57.12" E
P438	593803.353	2116227.207	29.879	N 89°42'27.09" E
P439	593833.232	2116227.359	41.954	N 75°54'49.87" E
P440	593873.925	2116237.57	40.744	N 89°42'26.24" E
P441	593914.669	2116237.778	46.177	N 89°42'25.75" E
P442	593960.845	2116238.014	40.769	S 88°17'03.63" E
P443	594001.596	2116236.794	37.659	S 77°07'58.59" E
P444	594038.309	2116228.407	23.133	S 86°45'05.77" E
P445	594061.404	2116227.097	27.623	S 62°32'42.27" E
P446	594085.916	2116214.361	34.351	S 65°42'39.48" E
P447	594117.227	2116200.231	41.433	S 72°12'35.77" E
P448	594156.678	2116187.572	24.554	S 62°32'43.45" E
P449	594178.467	2116176.252	26.683	S 41°43'23.53" E
P450	594196.225	2116156.336	39.558	S 20°22'24.45" E
P451	594209.997	2116119.253	28.709	S 5°43'23.02" E
P452	594212.86	2116090.687	30.284	S 8°01'32.35" E
P453	594217.088	2116060.7	22.643	S 46°19'46.74" E
P454	594233.466	2116045.064	32.8	S 72°32'15.59" E
P455	594264.754	2116035.222	28.557	S 87°25'32.35" E
P456	594293.283	2116033.939	21.731	N 89°42'21.75" E
P457	594315.013	2116034.051	26.159	N 80°16'25.29" E
P458	594340.796	2116038.47	24.092	N 57°26'30.86" E
P459	594361.102	2116051.435	35.635	N 60°56'28.28" E
P460	594392.251	2116068.743	33.762	N 61°57'28.12" E
P461	594422.049	2116084.616	33.762	N 61°57'27.71" E
P462	594451.847	2116100.488	30.704	N 52°28'28.63" E
P463	594476.198	2116119.19	32.908	N 55°20'12.81" E
P464	594503.265	2116137.906	33.735	N 53°20'00.07" E
P465	594530.325	2116158.052	28.76	N 53°06'14.11" E
P466	594553.325	2116175.318	29.497	N 60°43'43.48" E
P467	594579.056	2116189.741	37.581	N 69°41'35.00" E
P468	594614.301	2116202.783	35.019	N 75°31'58.01" E
P469	594648.21	2116211.532	36.308	N 68°57'33.67" E
P470	594682.097	2116224.568	22.955	N 55°37'49.84" E
P471	594701.045	2116237.526	31.509	N 71°11'42.87" E
P472	594730.872	2116247.683	29.471	N 66°52'48.48" E
P473	594757.976	2116259.255	24.554	N 61°57'22.26" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P474	594779.647	2116270.799	24.613	N 45°32'26.59" E
P475	594797.214	2116288.038	31.796	N 53°57'14.75" E
P476	594822.922	2116306.747	23.657	N 43°14'53.06" E
P477	594839.131	2116323.979	21.675	N 48°27'34.63" E
P478	594855.355	2116338.353	27.676	N 68°30'57.19" E
P479	594881.108	2116348.489	30.721	N 76°15'19.72" E
P480	594910.949	2116355.788	29.782	N 72°58'19.92" E
P481	594939.426	2116364.509	26.414	N 67°27'01.61" E
P482	594963.82	2116374.639	34.602	N 51°25'33.44" E
P483	594990.872	2116396.214	29.634	N 50°53'00.65" E
P484	595013.864	2116414.91	28.553	N 45°13'23.14" E
P485	595034.132	2116435.021	33.514	N 43°14'49.84" E
P486	595057.094	2116459.433	32.513	N 48°27'31.29" E
P487	595081.429	2116480.994	25.251	N 59°05'03.90" E
P488	595103.092	2116493.967	35.504	N 49°36'52.21" E
P489	595130.136	2116516.971	32.566	N 60°50'32.24" E
P490	595158.575	2116532.838	33.735	N 53°19'49.98" E
P491	595185.633	2116552.984	34.476	N 48°09'38.32" E
P492	595211.319	2116575.981	31.589	N 50°24'25.95" E
P493	595235.661	2116596.114	36.772	N 54°02'50.70" E
P494	595265.428	2116617.703	32.513	N 48°27'27.97" E
P495	595289.763	2116639.265	25.628	N 43°14'45.75" E
P496	595307.322	2116657.933	38.723	N 22°23'46.36" E
P497	595322.076	2116693.735	30.009	N 0°17'50.04" W
P498	595321.92	2116723.743	28.347	N 17°00'10.62" W
P499	595313.631	2116750.852	27.286	N 6°00'36.28" W
P500	595310.774	2116777.988	20.19	N 7°26'03.98" E
P501	595313.386	2116798.008	16.061	N 57°26'16.09" E
P502	595326.922	2116806.652	25.469	N 73°24'36.69" E
P503	595351.331	2116813.924	30.726	S 68°27'16.22" E
P504	595379.91	2116802.64	46.725	S 54°46'15.60" E
P505	595418.077	2116775.687	37.464	S 49°52'25.92" E
P506	595446.723	2116751.543	37.094	S 57°39'34.06" E
P507	595478.063	2116731.699	39.011	S 56°58'05.01" E
P508	595510.769	2116710.434	34.969	S 63°35'06.96" E
P509	595542.087	2116694.878	37.609	S 40°50'24.50" E
P510	595566.681	2116666.425	28.588	S 49°46'14.87" E
P511	595588.508	2116647.961	35.504	S 50°12'32.26" E
P512	595615.788	2116625.239	32.651	S 52°30'43.27" E
P513	595641.697	2116605.368	34.095	S 73°14'14.98" E
P514	595674.343	2116595.534	31.509	S 71°47'18.78" E
P515	595704.273	2116585.687	42.126	N 87°45'27.33" E
P516	595746.367	2116587.335	42.966	N 78°11'26.13" E
P517	595788.424	2116596.129	25.469	N 73°24'32.28" E
P518	595812.832	2116603.401	35.57	N 82°46'44.15" E
P519	595848.121	2116607.872	31.084	N 73°41'22.83" E
P520	595877.954	2116616.602	36.337	N 76°03'10.80" E
P521	595913.22	2116625.36	23.36	N 68°10'05.46" E
P522	595934.905	2116634.047	27.623	N 61°57'07.56" E
P523	595959.284	2116647.036	41.953	N 75°54'24.57" E
P524	595999.974	2116657.252	40.744	N 89°42'02.15" E
P525	596040.717	2116657.464	50.977	S 80°37'00.01" E
P526	596091.012	2116649.153	40.844	S 86°17'13.50" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P527	596131.77	2116646.508	50.977	S 80°37'01.12" E
P528	596182.064	2116638.197	36.919	S 83°37'54.77" E
P529	596218.756	2116634.103	40.969	S 84°17'36.62" E
P530	596259.521	2116630.029	46.627	S 74°17'20.06" E
P531	596304.406	2116617.403	40.464	S 50°49'49.58" E
P532	596335.777	2116591.845	25.314	S 25°43'03.04" E
P533	596346.762	2116569.038	44.32	S 1°27'20.18" W
P534	596345.636	2116524.733	27.185	S 3°09'50.36" E
P535	596347.136	2116497.589	24.031	S 27°10'48.77" E
P536	596358.114	2116476.212	32.123	S 58°02'09.25" E
P537	596385.366	2116459.206	40.481	S 65°14'17.40" E
P538	596422.125	2116442.251	31.53	S 82°29'09.91" E
P539	596453.384	2116438.128	42.966	S 78°47'24.29" E
P540	596495.531	2116429.775	37.462	S 33°14'39.56" E
P541	596516.068	2116398.444	30.12	S 18°42'01.87" E
P542	596525.725	2116369.915	42.254	S 19°02'59.25" E
P543	596539.516	2116329.975	32.812	S 38°40'50.77" E
P544	596560.023	2116304.36	46.039	S 62°33'10.31" E
P545	596600.88	2116283.139	39.012	S 56°58'19.25" E
P546	596633.587	2116261.876	32.123	S 58°02'13.69" E
P547	596660.84	2116244.871	42.92	S 37°15'35.15" E
P548	596686.825	2116210.711	37.972	S 25°43'09.03" E
P549	596703.303	2116176.501	30.99	S 29°07'22.63" E
P550	596718.386	2116149.429	33.119	S 7°22'06.21" E
P551	596722.633	2116116.584	34.038	S 57°13'26.31" E
P552	596751.252	2116098.158	27.192	S 71°55'19.29" E
P553	596777.102	2116089.72	32.393	S 74°57'12.27" E
P554	596808.384	2116081.31	32.721	S 85°17'27.68" E
P555	596840.995	2116078.624	31.901	S 63°41'23.29" E
P556	596869.591	2116064.484	17.743	S 43°50'46.03" E
P557	596881.882	2116051.688	28.589	S 49°46'32.31" E
P558	596903.71	2116033.226	31.59	S 51°00'26.57" E
P559	596928.263	2116013.349	33.547	S 50°35'14.94" E
P560	596954.18	2115992.05	41.309	S 59°02'38.66" E
P561	596989.606	2115970.802	28.664	S 84°34'48.78" E
P562	597018.142	2115968.094	42.968	S 78°47'31.43" E
P563	597060.29	2115959.743	28.665	S 84°34'49.65" E
P564	597088.826	2115957.036	43.275	S 76°56'16.43" E
P565	597130.982	2115947.255	35.397	S 73°53'15.97" E
P566	597164.989	2115937.432	35.827	S 71°41'43.02" E
P567	597199.003	2115926.179	34.543	S 70°58'34.77" E
P568	597231.659	2115914.92	45.325	S 73°49'07.98" E
P569	597275.188	2115902.289	24.492	S 73°45'07.09" E
P570	597298.702	2115895.436	23.548	S 83°09'50.15" E
P571	597322.082	2115892.633	17.802	N 89°41'47.86" E
P572	597339.884	2115892.728	18.924	N 87°55'27.02" E
P573	597358.795	2115893.413	25.034	N 89°41'47.41" E
P574	597383.829	2115893.546	15.577	N 89°41'47.18" E
P575	597399.405	2115893.628	18.041	S 80°58'04.27" E
P576	597417.222	2115890.796	23.548	S 83°09'51.49" E
P577	597440.602	2115887.993	15.603	S 68°16'19.51" E
P578	597455.097	2115882.217	15.062	S 54°38'57.22" E
P579	597467.383	2115873.502	14.973	S 51°35'12.87" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P580	597479.115	2115864.199	15.346	S 49°52'53.93" E
P581	597490.85	2115854.311	15.979	S 56°58'31.53" E
P582	597504.248	2115845.602	18.107	S 67°28'47.02" E
P583	597520.974	2115838.667	15.853	S 61°37'13.19" E
P584	597534.922	2115831.131	17.837	S 65°03'11.40" E
P585	597551.095	2115823.608	19.431	S 59°30'00.35" E
P586	597567.837	2115813.746	19.625	S 61°48'01.48" E
P587	597585.132	2115804.473	23.628	S 81°45'22.09" E
P588	597608.516	2115801.085	20.658	S 85°25'42.35" E
P589	597629.108	2115799.438	15.021	N 89°41'44.49" E
P590	597644.129	2115799.518	12.795	N 89°41'44.33" E
P591	597656.924	2115799.586	15.021	N 89°41'44.18" E
P592	597671.944	2115799.666	13.351	N 89°41'44.02" E
P593	597685.295	2115799.737	13.467	S 82°48'43.08" E
P594	597698.656	2115798.052	19.353	S 78°04'55.24" E
P595	597717.592	2115794.055	19.269	S 72°37'15.13" E
P596	597735.981	2115788.3	16.121	S 69°00'53.25" E
P597	597751.033	2115782.526	16.265	S 73°34'23.96" E
P598	597766.634	2115777.927	18.212	S 71°33'26.28" E
P599	597783.911	2115772.165	16.443	S 71°37'11.97" E
P600	597799.515	2115766.98	12.906	S 71°47'45.75" E
P601	597811.776	2115762.948	13.625	S 70°12'15.31" E
P602	597824.596	2115758.334	10.945	S 72°20'09.69" E
P603	597835.025	2115755.013	13.74	S 61°44'58.69" E
P604	597847.128	2115748.51	15.512	S 52°03'10.00" E
P605	597859.36	2115738.971	27.697	S 41°46'49.52" E
P606	597877.814	2115718.317	22.964	S 25°43'24.18" E
P607	597887.782	2115697.628	21.272	S 24°13'28.11" E
P608	597896.51	2115678.23	16.318	S 17°53'03.07" E
P609	597901.521	2115662.7	17.031	S 8°37'26.31" E
P610	597904.075	2115645.861	20.887	S 7°04'50.36" E
P611	597906.649	2115625.134	22.072	S 2°53'41.41" W
P612	597905.535	2115603.09	21.068	S 10°24'34.29" E
P613	597909.341	2115582.369	20.741	S 0°18'18.45" E
P614	597909.452	2115561.628	14.26	S 0°18'18.44" E
P615	597909.528	2115547.368	27.911	S 12°26'45.89" W
P616	597903.512	2115520.113	23.665	S 21°04'07.18" W
P617	597895.005	2115498.03	22.463	S 22°16'25.31" W
P618	597886.491	2115477.243	21.268	S 31°07'12.80" W
P619	597875.499	2115459.036	25.835	S 25°06'48.75" W
P620	597864.534	2115435.643	14.509	S 36°10'07.80" W
P621	597855.971	2115423.93	14.353	S 25°06'49.09" W
P622	597849.88	2115410.934	17.558	S 15°59'48.17" W
P623	597845.041	2115394.056	13.195	S 11°04'03.88" E
P624	597847.574	2115381.106	15.273	S 40°29'53.05" E
P625	597857.493	2115369.492	21.578	S 53°22'47.08" E
P626	597874.811	2115356.621	26.538	S 34°09'48.32" E
P627	597889.714	2115334.662	26.538	S 34°09'48.59" E
P628	597904.617	2115312.704	19.166	S 19°03'17.68" E
P629	597910.874	2115294.588	20.06	S 14°31'39.95" E
P630	597915.906	2115275.17	17.031	S 8°37'28.15" E
P631	597918.46	2115258.331	19.6	S 7°31'39.07" E
P632	597921.027	2115238.899	18.315	S 8°02'15.87" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P633	597923.588	2115220.764	16.897	S 4°29'12.06" E
P634	597924.91	2115203.919	24.753	S 6°01'06.32" E
P635	597927.505	2115179.302	18.521	S 11°12'24.69" W
P636	597923.906	2115161.134	19.793	S 10°27'29.78" W
P637	597920.313	2115141.67	21.936	S 33°52'04.24" W
P638	597908.089	2115123.456	22.419	S 40°57'27.48" W
P639	597893.393	2115106.525	22.651	S 36°26'51.95" W
P640	597879.936	2115088.305	22.419	S 40°57'28.01" W
P641	597865.24	2115071.374	21.462	S 43°14'26.29" W
P642	597850.538	2115055.74	11.732	S 5°43'26.96" W
P643	597849.368	2115044.066	13.195	S 11°04'06.40" E
P644	597851.901	2115031.116	18.845	S 41°08'03.26" E
P645	597864.298	2115016.923	16.285	S 37°33'14.25" E
P646	597874.224	2115004.012	28.303	S 34°46'22.69" E
P647	597890.366	2114980.764	18.845	S 41°08'04.74" E
P648	597902.763	2114966.57	22.651	S 37°03'28.74" E
P649	597916.413	2114948.494	24.877	S 20°35'28.08" E
P650	597925.162	2114925.206	20.06	S 14°31'40.90" E
P651	597930.194	2114905.788	19.793	S 11°04'05.70" E
P652	597933.994	2114886.363	26.529	S 22°07'00.57" E
P653	597943.982	2114861.786	23.849	S 12°13'54.88" E
P654	597949.035	2114838.478	21.637	S 16°50'53.00" E
P655	597955.306	2114817.77	21.319	S 13°40'19.56" E
P656	597960.345	2114797.055	18.521	S 11°49'03.70" E
P657	597964.138	2114778.927	18.931	S 27°24'32.24" E
P658	597972.853	2114762.121	18.521	S 11°49'02.50" E
P659	597976.646	2114743.992	23.665	S 21°40'47.26" E
P660	597985.388	2114722.001	24.133	S 15°05'43.41" E
P661	597991.673	2114698.7	22.175	S 6°41'09.29" E
P662	597994.255	2114676.676	16.062	S 27°42'35.33" E
P663	598001.724	2114662.456	16.483	S 76°39'32.29" E
P664	598017.763	2114658.653	19.757	S 86°32'36.18" E
P665	598037.484	2114657.461	24.643	N 89°41'40.49" E
P666	598062.127	2114657.593	20.987	N 86°09'11.71" E
P667	598083.066	2114659.001	19.715	N 89°41'40.01" E
P668	598102.78	2114659.106	16.227	S 81°06'40.99" E
P669	598118.812	2114656.599	16.836	S 72°22'05.13" E
P670	598134.858	2114651.499	25.34	S 56°03'38.32" E
P671	598155.88	2114637.351	14.509	S 36°46'50.71" E
P672	598164.568	2114625.731	14.509	S 36°46'50.86" E
P673	598173.255	2114614.11	22.964	S 25°43'31.34" E
P674	598183.223	2114593.421	27.54	S 26°52'58.88" E
P675	598195.676	2114568.857	30.445	S 11°58'50.55" E
P676	598201.996	2114539.075	24.67	S 27°01'04.56" E
P677	598213.203	2114517.097	22.582	S 12°54'45.57" E
P678	598218.249	2114495.086	23.665	S 21°40'50.80" E
P679	598226.992	2114473.095	35.08	S 32°06'02.30" E
P680	598245.633	2114443.379	24.428	S 37°33'21.42" E
P681	598260.523	2114424.013	27.781	S 42°00'38.31" E
P682	598279.116	2114403.371	23.245	S 18°51'05.10" E
P683	598286.627	2114381.373	21.068	S 10°24'41.31" E
P684	598290.435	2114360.652	18.149	S 0°18'22.04" E
P685	598290.531	2114342.504	24.133	S 15°05'47.69" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P686	598296.817	2114319.203	12.845	S 60°00'03.65" E
P687	598307.941	2114312.781	21.703	S 65°35'26.81" E
P688	598327.704	2114303.812	15.289	S 75°34'13.23" E
P689	598342.511	2114300.002	22.909	S 59°41'24.68" E
P690	598362.288	2114288.441	23.107	S 74°00'57.97" E
P691	598384.502	2114282.078	16.227	S 81°06'46.01" E
P692	598400.534	2114279.571	19.715	N 89°41'36.66" E
P693	598420.249	2114279.676	25.876	N 89°41'36.41" E
P694	598446.124	2114279.815	27.6	N 78°51'52.98" E
P695	598473.204	2114285.145	19.758	N 85°55'51.89" E
P696	598492.912	2114286.547	19.715	N 89°41'35.62" E
P697	598512.627	2114286.652	20.947	N 89°41'35.39" E
P698	598533.574	2114286.765	17.299	S 86°00'32.87" E
P699	598550.831	2114285.561	18.06	S 55°15'44.86" E
P700	598565.673	2114275.27	19.674	S 43°51'14.32" E
P701	598579.303	2114261.083	17.223	S 25°43'36.67" E
P702	598586.779	2114245.567	18.403	S 23°22'48.51" W
P703	598579.477	2114228.675	17.787	S 28°42'01.15" W
P704	598570.935	2114213.073	23.02	S 32°03'17.57" W
P705	598558.717	2114193.562	26.985	S 29°50'40.12" W
P706	598545.288	2114170.156	21.801	S 26°34'32.47" W
P707	598535.535	2114150.659	23.02	S 32°03'18.59" W
P708	598523.317	2114131.148	21.801	S 26°34'33.80" W
P709	598513.564	2114111.651	22.463	S 22°16'24.38" W
P710	598505.05	2114090.864	17.943	S 19°46'31.59" W
P711	598498.979	2114073.979	18.403	S 23°22'50.31" W
P712	598491.676	2114057.087	21.319	S 13°03'38.86" W
P713	598486.858	2114036.32	26.189	S 7°48'28.64" W
P714	598483.301	2114010.374	18.315	S 8°02'23.36" E
P715	598485.862	2113992.239	24.906	S 8°50'32.30" E
P716	598489.691	2113967.629	28.209	S 15°30'02.48" E
P717	598497.229	2113940.446	21.068	S 10°24'44.29" E
P718	598501.037	2113919.725	16.318	S 17°53'14.65" E
P719	598506.049	2113904.195	19.597	S 22°28'17.24" E
P720	598513.539	2113886.087	17.253	S 12°40'44.76" E
P721	598517.326	2113869.255	13.195	S 11°04'13.76" E
P722	598519.86	2113856.305	22.072	S 3°30'26.28" E
P723	598521.21	2113834.274	15.605	S 4°50'08.77" E
P724	598522.526	2113818.725	17.253	S 12°40'43.76" E
P725	598526.313	2113801.893	19.484	S 3°55'58.73" E
P726	598527.649	2113782.455	17.253	S 12°40'43.88" E
P727	598531.436	2113765.623	27.223	S 0°18'24.40" E
P728	598531.581	2113738.4	19.166	S 18°26'40.91" W
P729	598525.518	2113720.219	19.793	S 10°27'25.58" W
P730	598521.925	2113700.754	15.556	S 0°18'24.26" E
P731	598522.008	2113685.199	22.582	S 12°54'49.66" E
P732	598527.055	2113663.188	17.558	S 16°36'35.54" E
P733	598532.074	2113646.362	15.605	S 4°50'10.22" E
P734	598533.39	2113630.813	20.887	S 7°04'57.95" E
P735	598535.965	2113610.085	15.556	S 0°18'24.37" E
P736	598536.049	2113594.53	18.846	S 40°31'29.54" W
P737	598523.803	2113580.204	22.652	S 36°26'54.11" W
P738	598510.345	2113561.984	20.633	S 40°45'37.41" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P739	598496.874	2113546.355	15.274	S 39°53'21.86" W
P740	598487.079	2113534.636	27.691	S 45°05'23.90" W
P741	598467.467	2113515.086	19.845	S 38°04'38.67" W
P742	598455.229	2113499.464	14.924	S 29°23'28.99" W
P743	598447.904	2113486.461	20.094	S 25°06'52.64" W
P744	598439.376	2113468.267	18.931	S 26°47'55.49" W
P745	598430.841	2113451.369	14.509	S 36°10'13.40" W
P746	598422.277	2113439.656	16.318	S 17°16'29.08" W
P747	598417.432	2113424.074	31.209	S 4°13'21.78" W
P748	598415.133	2113392.949	23.366	S 3°19'45.32" E
P749	598416.49	2113369.623	22.02	S 19°55'32.13" E
P750	598423.995	2113348.921	21.269	S 31°44'06.14" E
P751	598435.182	2113330.832	19.524	S 30°37'57.00" E
P752	598445.13	2113314.033	24.134	S 15°05'52.61" E
P753	598451.416	2113290.732	17.031	S 8°00'49.81" W
P754	598449.042	2113273.867	16.318	S 17°16'29.42" W
P755	598444.196	2113258.285	14.471	S 9°29'56.57" W
P756	598441.808	2113244.013	19.793	S 10°27'29.07" W
P757	598438.215	2113224.548	17.253	S 12°03'59.02" W
P758	598434.608	2113207.676	22.072	S 2°53'38.39" W
P759	598433.494	2113185.633	19.484	S 3°19'10.72" W
P760	598432.366	2113166.181	18.19	S 4°11'26.37" E
P761	598433.695	2113148.04	27.251	S 2°53'53.17" E
P762	598435.073	2113120.824	27.251	S 2°53'53.98" E
P763	598436.451	2113093.608	22.038	S 0°18'22.96" E
P764	598436.568	2113071.571	20.06	S 13°55'04.47" W
P765	598431.743	2113052.1	22.463	S 22°16'31.46" W
P766	598423.228	2113031.313	21.269	S 31°07'20.59" W
P767	598412.235	2113013.105	22.385	S 29°23'32.08" W
P768	598401.249	2112993.601	18.521	S 11°12'26.39" W
P769	598397.649	2112975.433	18.315	S 7°25'37.30" W
P770	598395.282	2112957.272	19.484	S 3°19'12.62" W
P771	598394.153	2112937.821	14.26	S 0°18'22.40" E
P772	598394.229	2112923.561	21.319	S 13°03'43.50" W
P773	598389.411	2112902.794	23.849	S 11°37'18.65" W
P774	598384.607	2112879.434	20.06	S 13°55'05.96" W
P775	598379.782	2112859.963	17.253	S 12°03'59.23" W
P776	598376.175	2112843.092	22.345	S 9°13'00.48" W
P777	598372.596	2112821.035	17.943	S 19°46'37.32" W
P778	598366.525	2112804.15	13.812	S 32°03'28.75" W
P779	598359.193	2112792.444	24.126	S 30°24'34.66" W
P780	598346.981	2112771.637	27.012	S 23°56'06.95" W
P781	598336.022	2112746.948	27.541	S 26°16'25.08" W
P782	598323.831	2112722.252	20.398	S 17°16'33.63" W
P783	598317.774	2112702.775	18.065	S 37°34'07.09" W
P784	598306.759	2112688.456	17.336	S 34°21'08.45" W
P785	598296.977	2112674.144	16.062	S 27°06'04.62" W
P786	598289.66	2112659.845	13.812	S 32°03'29.11" W
P787	598282.328	2112648.139	18.417	S 32°03'29.72" W
P788	598272.553	2112632.531	20.653	S 28°12'19.36" W
P789	598262.792	2112614.33	19.524	S 30°01'17.69" W
P790	598253.023	2112597.425	19.845	S 38°04'46.68" W
P791	598240.784	2112581.804	25.473	S 35°10'54.09" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P792	598226.107	2112560.984	21.937	S 33°52'17.36" W
P793	598213.881	2112542.77	19.845	S 38°04'47.45" W
P794	598201.641	2112527.149	22.652	S 36°27'04.05" W
P795	598188.182	2112508.928	21.269	S 31°07'26.71" W
P796	598177.188	2112490.721	19.105	S 35°10'55.07" W
P797	598166.181	2112475.106	22.652	S 36°27'03.39" W
P798	598152.722	2112456.885	22.383	S 50°07'12.67" W
P799	598135.546	2112442.534	23.252	S 43°14'40.47" W
P800	598119.616	2112425.597	19.665	S 48°27'22.24" W
P801	598104.898	2112412.555	20.592	S 63°32'53.42" W
P802	598086.462	2112403.382	24.295	S 74°13'17.09" W
P803	598063.082	2112396.776	17.446	S 81°08'54.25" W
P804	598045.844	2112394.092	14.102	S 73°41'13.00" W
P805	598032.31	2112390.131	10.79	S 52°46'28.16" W
P806	598023.718	2112383.603	10.371	S 0°18'17.94" E
P807	598023.773	2112373.233	14.313	S 4°38'03.10" W
P808	598022.617	2112358.967	17.943	S 20°23'19.02" E
P809	598028.868	2112342.148	19.597	S 22°28'16.79" E
P810	598036.358	2112324.039	20.174	S 33°39'17.93" E
P811	598047.539	2112307.246	16.097	S 43°51'19.56" E
P812	598058.692	2112295.638	13.489	S 40°03'30.64" E
P813	598067.373	2112285.314	20.633	S 41°22'28.55" E
P814	598081.011	2112269.83	27.389	S 82°08'31.10" E
P815	598108.143	2112266.086	17.252	N 89°41'41.08" E
P816	598125.395	2112266.178	18.485	N 89°41'40.88" E
P817	598143.88	2112266.276	14.788	N 89°41'40.69" E
P818	598158.667	2112266.355	15.291	N 74°57'36.60" E
P819	598173.434	2112270.323	24.681	N 86°41'01.67" E
P820	598198.073	2112271.75	26.008	N 83°58'24.67" E
P821	598223.938	2112274.481	20.097	N 78°32'11.85" E
P822	598243.634	2112278.475	20.755	N 71°29'49.76" E
P823	598263.316	2112285.062	18.666	N 81°42'35.79" E
P824	598281.787	2112287.753	13.556	N 89°41'39.14" E
P825	598295.342	2112287.825	13.37	S 67°29'08.32" E
P826	598307.693	2112282.706	18.836	S 52°02'03.20" E
P827	598322.543	2112271.118	18.836	S 52°02'02.47" E
P828	598337.393	2112259.53	24.295	S 74°49'57.32" E
P829	598360.842	2112253.174	23.557	S 83°59'15.28" E
P830	598384.269	2112250.706	22.333	N 83°01'38.77" E
P831	598406.437	2112253.417	17.253	N 89°41'37.75" E
P832	598423.689	2112253.51	16.146	N 66°01'32.68" E
P833	598438.442	2112260.07	10.194	N 74°57'33.16" E
P834	598448.287	2112262.716	10.598	N 68°09'55.97" E
P835	598458.125	2112266.657	11.091	N 89°41'37.20" E
P836	598469.215	2112266.717	14.514	S 69°22'24.53" E
P837	598482.798	2112261.604	10.732	S 43°51'22.20" E
P838	598490.234	2112253.865	19.818	S 54°14'31.38" E
P839	598506.316	2112242.284	20.608	S 51°19'39.03" E
P840	598522.406	2112229.407	15.184	S 47°13'43.88" E
P841	598533.552	2112219.096	19.665	S 49°04'06.89" E
P842	598548.409	2112206.212	13.489	S 40°03'37.82" E
P843	598557.091	2112195.888	21.628	S 39°07'08.79" E
P844	598570.736	2112179.108	19.675	S 43°51'25.13" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P845	598584.368	2112164.921	11.705	S 39°28'50.19" E
P846	598591.81	2112155.887	19.105	S 35°47'41.48" E
P847	598602.984	2112140.391	22.652	S 37°03'49.88" E
P848	598616.637	2112122.315	19.166	S 19°03'35.34" E
P849	598622.896	2112104.2	15.989	S 13°40'32.80" E
P850	598626.676	2112088.664	17.558	S 16°36'40.61" E
P851	598631.696	2112071.838	22.965	S 25°43'46.30" E
P852	598641.665	2112051.15	12.666	S 23°12'40.76" E
P853	598646.657	2112039.51	20.184	S 16°04'30.25" E
P854	598652.246	2112020.115	21.072	S 22°49'36.69" E
P855	598660.421	2112000.693	22.345	S 9°49'49.05" E
P856	598664.236	2111978.676	24.671	S 27°01'20.04" E
P857	598675.445	2111956.698	22.965	S 25°43'47.24" E
P858	598685.415	2111936.01	18.417	S 32°40'19.49" E
P859	598695.357	2111920.507	26.986	S 30°27'41.26" E
P860	598709.037	2111897.246	23.704	S 35°11'21.27" E
P861	598722.697	2111877.874	26.986	S 30°27'42.02" E
P862	598736.378	2111854.613	28.304	S 34°46'47.83" E
P863	598752.523	2111831.366	23.704	S 35°11'21.32" E
P864	598766.183	2111811.994	22.386	S 30°00'26.05" E
P865	598777.379	2111792.609	35.575	S 29°19'04.27" E
P866	598794.798	2111761.59	21.447	S 48°38'09.64" E
P867	598810.895	2111747.417	24.208	S 41°44'38.26" E
P868	598827.013	2111729.354	19.084	S 57°23'28.97" E
P869	598843.089	2111719.07	22.383	S 50°44'01.58" E
P870	598860.418	2111704.903	29.625	S 52°31'44.06" E
P871	598883.93	2111686.88	11.753	S 70°59'06.09" E
P872	598895.042	2111683.051	21.196	S 61°00'52.21" E
P873	598913.583	2111672.78	16.313	S 56°30'35.92" E
P874	598927.188	2111663.778	16.313	S 56°30'34.21" E
P875	598940.792	2111654.777	13.924	S 62°33'57.07" E
P876	598953.151	2111648.362	24.118	S 45°58'52.51" E
P877	598970.494	2111631.602	16.098	S 43°51'32.41" E
P878	598981.648	2111619.995	19.666	S 49°04'14.10" E
P879	598996.506	2111607.112	24.778	S 33°28'33.15" E
P880	599010.173	2111586.444	18.065	S 38°11'04.00" E
P881	599021.341	2111572.244	16.286	S 37°33'44.25" E
P882	599031.27	2111559.334	19.105	S 35°47'48.59" E
P883	599042.444	2111543.838	18.932	S 27°24'56.48" E
P884	599051.161	2111527.032	20.398	S 17°53'28.02" E
P885	599057.428	2111507.621	15.534	S 23°40'41.57" E
P886	599063.666	2111493.394	19.484	S 3°56'04.07" E
P887	599065.003	2111473.957	13.48	S 16°13'35.36" E
P888	599068.77	2111461.013	17.031	S 8°37'43.90" E
P889	599071.325	2111444.175	20.544	S 46°21'04.97" E
P890	599086.19	2111429.995	13.924	S 62°33'58.90" E
P891	599098.549	2111423.58	24.673	S 71°55'58.64" E
P892	599122.006	2111415.928	29.691	S 85°17'55.77" E
P893	599151.596	2111413.494	17.302	S 86°00'41.84" E
P894	599168.857	2111412.291	28.345	N 89°41'29.62" E
P895	599197.201	2111412.443	19.236	S 65°49'32.78" E
P896	599214.75	2111404.566	20.406	S 8°02'32.93" E
P897	599217.605	2111384.36	16.123	S 10°06'55.34" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P898	599220.437	2111368.488	15.992	S 25°43'54.97" E
P899	599227.38	2111354.081	12.794	S 25°43'55.71" E
P900	599232.934	2111342.556	20.128	S 38°11'07.76" E
P901	599245.378	2111326.736	18.176	S 25°31'22.31" E
P902	599253.209	2111310.334	20.654	S 28°49'17.67" E
P903	599263.166	2111292.239	10.79	S 53°23'22.24" E
P904	599271.827	2111285.804	18.412	S 60°46'53.74" E
P905	599287.897	2111276.816	23.598	S 56°59'13.42" E
P906	599307.685	2111263.959	16.107	S 50°13'41.94" E
P907	599320.065	2111253.655	18.403	S 23°59'58.19" E
P908	599327.55	2111236.843	15.712	S 32°05'01.71" E
P909	599335.895	2111223.53	17.814	S 37°04'01.91" E
P910	599346.633	2111209.316	15.586	S 54°14'46.79" E
P911	599359.281	2111200.209	18.557	S 56°59'14.14" E
P912	599374.842	2111190.099	18.999	S 50°13'42.65" E
P913	599389.445	2111177.944	22.01	S 38°22'01.69" E
P914	599403.107	2111160.687	14.065	S 49°35'35.29" E
P915	599413.817	2111151.57	21.075	S 47°40'59.17" E
P916	599429.4	2111137.382	23.184	S 45°35'50.26" E
P917	599445.964	2111121.161	19.751	S 52°02'21.53" E
P918	599461.536	2111109.011	17.597	S 49°42'41.24" E
P919	599474.958	2111097.633	25.61	S 66°25'16.47" E
P920	599498.43	2111087.389	19.666	S 49°04'22.75" E
P921	599513.288	2111074.506	12.558	S 52°02'23.18" E
P922	599523.19	2111066.781	16.971	S 46°52'42.25" E
P923	599535.577	2111055.181	16.971	S 46°52'42.55" E
P924	599547.964	2111043.581	16.063	S 27°43'08.31" E
P925	599555.435	2111029.361	17.224	S 25°44'01.22" E
P926	599562.913	2111013.845	19.105	S 35°47'57.19" E
P927	599574.089	2110998.35	18.932	S 27°25'05.67" E
P928	599582.807	2110981.544	19.675	S 43°51'41.83" E
P929	599596.44	2110967.358	11.799	S 56°59'18.25" E
P930	599606.334	2110960.93	15.292	S 75°34'35.06" E
P931	599621.144	2110957.121	15.629	S 60°27'54.50" E
P932	599634.742	2110949.416	21.581	S 53°23'29.36" E
P933	599652.066	2110936.547	24.209	S 41°44'51.20" E
P934	599668.186	2110918.485	18.757	S 46°35'29.56" E
P935	599681.812	2110905.595	17.886	S 49°35'40.17" E
P936	599695.432	2110894.002	23.704	S 35°11'36.58" E
P937	599709.093	2110874.63	24.878	S 20°36'00.51" E
P938	599717.846	2110851.344	22.346	S 9°50'02.38" E
P939	599721.663	2110829.326	16.897	S 3°52'21.24" W
P940	599720.522	2110812.468	15.556	S 0°18'36.05" E
P941	599720.606	2110796.912	17.032	S 8°37'51.91" E
P942	599723.162	2110780.073	21.938	S 34°29'23.19" E
P943	599735.584	2110761.992	22.384	S 50°44'16.41" E
P944	599752.915	2110747.826	19.59	S 70°59'19.29" E
P945	599771.436	2110741.444	18.667	S 82°19'36.96" E
P946	599789.936	2110738.952	16.487	S 76°39'59.04" E
P947	599805.979	2110735.15	18.667	S 82°19'35.98" E
P948	599824.479	2110732.657	22.782	S 77°09'15.72" E
P949	599846.691	2110727.592	13.619	S 84°50'52.41" E
P950	599860.254	2110726.369	21.931	S 73°07'12.82" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P951	599881.24	2110720.001	20.594	S 64°09'57.23" E
P952	599899.776	2110711.027	23.983	S 77°49'28.84" E
P953	599923.22	2110705.969	28.207	S 74°18'14.88" E
P954	599950.375	2110698.338	19.762	S 86°32'58.56" E
P955	599970.101	2110697.149	21.309	S 79°47'42.71" E
P956	599991.073	2110693.373	20.389	S 75°34'40.36" E
P957	600010.82	2110688.295	24.954	S 81°20'42.42" E
P958	600035.489	2110684.54	18.486	N 89°41'20.39" E
P959	600053.975	2110684.64	18.487	N 89°41'20.19" E
P960	600072.462	2110684.741	14.789	N 89°41'20.00" E
P961	600087.251	2110684.821	18.532	N 85°40'39.83" E
P962	600105.73	2110686.218	16.022	N 89°41'19.62" E
P963	600121.751	2110686.305	20.076	S 16°25'25.92" E
P964	600127.427	2110667.048	20.059	S 0°18'40.52" E
P965	600127.536	2110646.989	24.371	S 9°18'54.25" E
P966	600131.481	2110622.939	32.601	S 10°25'07.23" E
P967	600137.377	2110590.876	24.372	S 9°18'54.28" E
P968	600141.322	2110566.826	23.093	S 30°00'48.04" E
P969	600152.873	2110546.829	15.216	S 49°04'32.54" E
P970	600164.37	2110536.862	24.924	S 50°13'54.14" E
P971	600183.527	2110520.918	36.475	S 50°06'37.27" E
P972	600211.514	2110497.526	20.175	S 33°39'50.86" E
P973	600222.698	2110480.734	24.127	S 31°01'50.46" E
P974	600235.135	2110460.06	19.106	S 35°48'07.39" E
P975	600246.311	2110444.565	16.287	S 37°34'02.69" E
P976	600256.241	2110431.656	17.336	S 34°58'23.65" E
P977	600266.178	2110417.45	17.061	S 40°51'48.91" E
P978	600277.341	2110404.547	13.4	S 47°41'13.67" E
P979	600287.25	2110395.527	19.2	S 74°38'36.87" E
P980	600305.764	2110390.442	20.757	S 72°06'59.13" E
P981	600325.519	2110384.068	21.112	S 83°15'27.18" E
P982	600346.484	2110381.589	18.668	S 82°19'43.60" E
P983	600364.985	2110379.097	20.099	S 79°09'19.34" E
P984	600384.725	2110375.316	16.23	S 81°07'13.23" E
P985	600400.761	2110372.81	15.292	S 75°34'45.27" E
P986	600415.571	2110369.002	15.027	S 64°45'35.03" E
P987	600429.164	2110362.594	18.017	S 73°35'07.82" E
P988	600446.446	2110357.503	13.371	S 67°29'39.21" E
P989	600458.799	2110352.385	18.927	S 66°02'50.03" E
P990	600476.095	2110344.701	13.371	S 67°29'39.59" E
P991	600488.448	2110339.583	15.275	S 40°30'48.20" E
P992	600498.371	2110327.97	15.185	S 47°14'15.79" E
P993	600509.52	2110317.66	25.042	S 43°51'56.46" E
P994	600526.873	2110299.606	13.4	S 47°41'15.75" E
P995	600536.782	2110290.585	16.71	S 62°34'20.49" E
P996	600551.614	2110282.888	23.968	S 68°03'57.22" E
P997	600573.847	2110273.935	22.222	S 86°58'06.39" E
P998	600596.038	2110272.76	27.392	S 82°09'01.45" E
P999	600623.173	2110269.019	23.112	S 74°01'33.38" E
P1000	600645.393	2110262.658	18.927	S 66°02'53.08" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1001	600662.689	2110254.975	18.063	S 55°16'27.54" E
P1002	600677.535	2110244.685	25.344	S 56°04'26.99" E
P1003	600698.565	2110230.54	25.117	S 52°02'40.75" E
P1004	600718.369	2110215.092	27.694	S 45°42'52.94" E
P1005	600738.195	2110195.755	24.161	S 50°14'02.55" E
P1006	600756.766	2110180.3	25.906	S 45°50'33.48" E
P1007	600775.352	2110162.253	29.482	S 45°36'10.26" E
P1008	600796.417	2110141.627	28.707	S 25°44'17.69" E
P1009	600808.884	2110115.768	16.852	S 0°18'47.82" E
P1010	600808.976	2110098.916	18.149	S 0°18'47.82" E
P1011	600809.075	2110080.768	27.334	S 4°51'37.75" W
P1012	600806.759	2110053.532	19.484	S 3°18'49.38" W
P1013	600805.633	2110034.08	22.346	S 9°12'39.18" W
P1014	600802.056	2110012.023	20.398	S 17°16'16.37" W
P1015	600796	2109992.544	24.661	S 2°33'05.00" W
P1016	600794.902	2109967.908	27.223	S 0°18'47.58" E
P1017	600795.051	2109940.685	30.044	S 7°22'56.98" E
P1018	600798.911	2109910.89	35.483	S 18°31'47.95" E
P1019	600810.188	2109877.247	27.013	S 24°33'29.18" E
P1020	600821.415	2109852.678	19.525	S 30°38'40.03" E
P1021	600831.367	2109835.88	22.653	S 37°04'26.16" E
P1022	600845.023	2109817.806	22.332	S 46°09'34.93" E
P1023	600861.131	2109802.337	25.874	S 31°54'46.95" E
P1024	600874.808	2109780.374	22.386	S 30°00'59.01" E
P1025	600886.007	2109760.99	26.389	S 28°09'24.19" E
P1026	600898.46	2109737.724	33.282	S 26°41'50.09" E
P1027	600913.413	2109707.99	21.273	S 24°14'23.49" E
P1028	600922.146	2109688.593	20.095	S 25°44'21.14" E
P1029	600930.873	2109670.492	23.521	S 28°27'06.64" E
P1030	600942.079	2109649.811	29.021	S 36°47'45.34" E
P1031	600959.462	2109626.572	15.275	S 40°30'57.08" E
P1032	600969.385	2109614.959	24.431	S 37°34'15.77" E
P1033	600984.282	2109595.596	28.62	S 43°52'05.49" E
P1034	601004.115	2109574.963	30.408	S 43°52'05.83" E
P1035	601025.188	2109553.04	26.209	S 38°00'00.20" E
P1036	601041.324	2109532.387	25.117	S 52°02'47.34" E
P1037	601061.13	2109516.94	25.488	S 75°34'54.99" E
P1038	601085.815	2109510.593	25.848	S 72°48'07.39" E
P1039	601110.508	2109502.95	18.414	S 60°47'22.05" E
P1040	601126.58	2109493.964	21.861	S 58°03'35.21" E
P1041	601145.131	2109482.399	20.595	S 64°10'15.80" E
P1042	601163.669	2109473.426	15.673	S 70°59'38.88" E
P1043	601178.487	2109468.322	21.932	S 73°07'30.92" E
P1044	601199.475	2109461.955	26.8	S 47°41'28.27" E
P1045	601219.295	2109443.915	29.501	S 49°04'50.35" E
P1046	601241.587	2109424.592	34.123	S 40°52'05.83" E
P1047	601263.914	2109398.788	34.123	S 40°52'05.78" E
P1048	601286.242	2109372.983	37.564	S 43°52'10.07" E
P1049	601312.274	2109345.903	27.989	S 38°22'32.80" E
P1050	601329.65	2109323.961	29.573	S 42°08'19.26" E
P1051	601349.491	2109302.032	26.981	S 40°04'23.93" E
P1052	601366.861	2109281.386	28.766	S 40°18'32.90" E
P1053	601385.469	2109259.45	29.501	S 49°04'54.21" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1054	601407.762	2109240.127	26.831	S 43°52'11.46" E
P1055	601426.356	2109220.784	34.139	S 52°54'07.88" E
P1056	601453.586	2109200.192	40.302	S 42°36'00.96" E
P1057	601480.865	2109170.526	26.831	S 43°52'13.22" E
P1058	601499.46	2109151.183	23.348	S 52°40'22.97" E
P1059	601518.027	2109137.026	21.582	S 53°23'57.90" E
P1060	601535.353	2109124.158	28.114	S 56°43'15.18" E
P1061	601558.857	2109108.731	30.886	S 57°14'52.95" E
P1062	601584.833	2109092.021	32.629	S 56°31'16.55" E
P1063	601612.048	2109074.022	31.283	S 48°47'06.36" E
P1064	601635.581	2109053.411	30.371	S 47°14'35.13" E
P1065	601657.88	2109032.792	42.899	S 48°38'55.36" E
P1066	601690.084	2109004.45	37.484	S 59°04'02.95" E
P1067	601722.237	2108985.182	33.422	S 62°34'38.64" E
P1068	601751.903	2108969.789	34.942	S 51°12'53.92" E
P1069	601779.141	2108947.901	30.371	S 47°14'37.28" E
P1070	601801.441	2108927.283	38.652	S 53°10'52.94" E
P1071	601832.383	2108904.119	27.861	S 53°05'47.54" E
P1072	601854.662	2108887.39	20.61	S 51°20'33.36" E
P1073	601870.757	2108874.515	22.385	S 50°44'49.82" E
P1074	601888.091	2108860.351	25.941	S 49°48'05.32" E
P1075	601907.905	2108843.608	27.247	S 36°20'13.42" E
P1076	601924.05	2108821.659	22.385	S 50°44'51.47" E
P1077	601941.384	2108807.495	20.611	S 51°20'33.87" E
P1078	601957.479	2108794.62	19.166	S 19°04'22.42" E
P1079	601963.742	2108776.506	27.912	S 13°04'21.71" E
P1080	601970.055	2108749.318	22.038	S 0°19'00.02" E
P1081	601970.177	2108727.28	30.221	S 9°42'21.26" E
P1082	601975.272	2108697.492	28.115	S 29°08'54.48" E
P1083	601988.966	2108672.937	28.62	S 43°52'21.46" E
P1084	602008.802	2108652.306	21.583	S 53°24'06.62" E
P1085	602026.129	2108639.438	23.412	S 39°29'47.84" E
P1086	602041.02	2108621.371	29.258	S 27°55'27.72" E
P1087	602054.722	2108595.52	18.418	S 32°41'11.56" E
P1088	602064.668	2108580.019	19.166	S 19°04'25.31" E
P1089	602070.932	2108561.905	16.319	S 17°54'09.18" E
P1090	602075.948	2108546.376	20.778	S 3°05'02.94" W
P1091	602074.83	2108525.628	27.473	S 7°25'05.45" W
P1092	602071.283	2108498.385	27.473	S 7°25'06.33" W
P1093	602067.736	2108471.142	24.878	S 19°58'33.38" W
P1094	602059.237	2108447.761	20.06	S 13°54'39.18" W
P1095	602054.414	2108428.289	22.883	S 15°18'25.52" W
P1096	602048.373	2108406.218	21.273	S 23°36'40.49" W
P1097	602039.853	2108386.725	16.319	S 17°16'06.86" W
P1098	602035.009	2108371.142	27.666	S 9°56'55.89" W
P1099	602030.229	2108343.893	19.484	S 3°18'37.92" W
P1100	602029.104	2108324.441	21.638	S 16°13'54.43" W
P1101	602023.055	2108303.666	25.017	S 47°20'05.22" W
P1102	602004.66	2108286.712	24.78	S 32°51'22.02" W
P1103	601991.216	2108265.896	22.654	S 36°26'47.48" W
P1104	601977.758	2108247.673	21.629	S 38°30'07.23" W
P1105	601964.293	2108230.746	28.558	S 17°16'09.86" W
P1106	601955.815	2108203.476	26.189	S 7°48'01.65" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1107	601952.26	2108177.529	19.484	S 3°18'38.93" W
P1108	601951.135	2108158.077	19.445	S 0°18'59.46" E
P1109	601951.243	2108138.633	19.484	S 3°56'37.90" E
P1110	601952.583	2108119.195	21.637	S 16°51'55.25" E
P1111	601958.86	2108098.488	20.095	S 25°44'37.88" E
P1112	601967.589	2108080.387	24.672	S 27°02'12.66" E
P1113	601978.804	2108058.411	19.106	S 35°48'40.10" E
P1114	601989.983	2108042.917	16.099	S 43°52'23.64" E
P1115	602001.141	2108031.311	13.814	S 32°41'14.07" E
P1116	602008.601	2108019.686	12.522	S 43°52'26.18" E
P1117	602017.279	2108010.659	15.017	S 80°22'28.73" E
P1118	602032.085	2108008.148	12.925	S 72°48'20.85" E
P1119	602044.432	2108004.327	18.929	S 66°03'17.07" E
P1120	602061.732	2107996.645	21.863	S 58°03'52.51" E
P1121	602080.285	2107985.081	23.601	S 57°00'00.04" E
P1122	602100.079	2107972.227	21.199	S 61°01'44.04" E
P1123	602118.625	2107961.958	16.099	S 43°52'26.47" E
P1124	602129.783	2107950.353	17.888	S 43°52'26.67" E
P1125	602142.181	2107937.458	18.067	S 38°11'57.16" E
P1126	602153.353	2107923.26	17.789	S 29°19'57.43" E
P1127	602162.068	2107907.752	25.908	S 45°51'00.22" E
P1128	602180.657	2107889.706	17.337	S 34°58'57.28" E
P1129	602190.597	2107875.501	17.888	S 43°52'27.73" E
P1130	602202.995	2107862.606	12.559	S 52°03'07.84" E
P1131	602212.899	2107854.883	17.812	S 64°25'33.57" E
P1132	602228.966	2107847.194	26.098	S 53°43'43.06" E
P1133	602250.007	2107831.754	17.062	S 40°52'25.07" E
P1134	602261.172	2107818.853	14.332	S 51°02'06.66" E
P1135	602272.316	2107809.84	19.677	S 43°52'28.99" E
P1136	602285.954	2107795.656	21.45	S 48°39'08.94" E
P1137	602302.057	2107781.485	16.712	S 62°34'49.37" E
P1138	602316.891	2107773.789	25.346	S 56°04'57.76" E
P1139	602337.925	2107759.646	15.306	S 53°57'29.14" E
P1140	602350.301	2107750.64	17.789	S 29°20'01.44" E
P1141	602359.016	2107735.132	24.753	S 6°02'00.24" E
P1142	602361.618	2107710.516	20.06	S 14°32'45.80" E
P1143	602366.656	2107691.099	16.852	S 0°19'03.83" E
P1144	602366.75	2107674.247	19.445	S 0°19'03.82" E
P1145	602366.857	2107654.802	20.741	S 0°19'03.81" E
P1146	602366.972	2107634.061	16.852	S 0°19'03.80" E
P1147	602367.066	2107617.209	13.48	S 15°36'12.10" W
P1148	602363.44	2107604.225	16.315	S 55°53'26.17" W
P1149	602349.931	2107595.076	20.995	S 86°08'32.97" W
P1150	602328.984	2107593.664	20.102	S 78°31'39.01" W
P1151	602309.283	2107589.665	17.257	S 89°40'56.96" W
P1152	602292.026	2107589.57	20.955	S 89°40'57.17" W
P1153	602271.072	2107589.454	16.024	S 89°40'57.38" W
P1154	602255.047	2107589.365	17.257	S 89°40'57.57" W
P1155	602237.791	2107589.269	14.792	S 89°40'57.74" W
P1156	602222.999	2107589.187	16.077	S 85°03'28.29" W
P1157	602206.982	2107587.802	15.306	S 53°19'25.36" W
P1158	602194.706	2107578.66	15.632	S 59°50'34.30" W
P1159	602181.19	2107570.807	18.065	S 54°38'53.98" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1160	602166.456	2107560.355	24.163	S 49°36'29.35" W
P1161	602148.052	2107544.697	16.109	S 49°36'29.02" W
P1162	602135.784	2107534.258	16.972	S 46°15'27.36" W
P1163	602123.522	2107522.523	28.853	S 53°56'45.86" W
P1164	602100.195	2107505.541	23.35	S 52°02'34.97" W
P1165	602081.784	2107491.18	19.498	S 61°56'47.65" W
P1166	602064.577	2107482.01	18.065	S 54°38'56.84" W
P1167	602049.843	2107471.558	18.839	S 51°25'07.05" W
P1168	602035.116	2107459.809	17.888	S 48°58'23.97" W
P1169	602021.621	2107448.067	15.276	S 39°53'20.26" W
P1170	602011.825	2107436.346	20.655	S 28°12'05.42" W
P1171	602002.064	2107418.143	18.849	S 40°31'29.21" W
P1172	601989.816	2107403.816	21.068	S 9°47'33.81" W
P1173	601986.233	2107383.055	18.19	S 3°34'08.40" W
P1174	601985.101	2107364.899	19.484	S 3°56'37.35" E
P1175	601986.441	2107345.462	27.739	S 21°08'28.01" E
P1176	601996.445	2107319.59	17.888	S 43°52'28.39" E
P1177	602008.843	2107306.695	17.225	S 25°44'43.00" E
P1178	602016.325	2107291.18	19.677	S 43°52'27.97" E
P1179	602029.963	2107276.996	19.848	S 38°42'37.59" E
P1180	602042.375	2107261.508	23.706	S 35°12'19.99" E
P1181	602056.042	2107242.138	25.909	S 45°51'03.05" E
P1182	602074.632	2107224.092	26.802	S 47°41'48.84" E
P1183	602094.455	2107206.053	25.998	S 41°54'21.75" E
P1184	602111.82	2107186.704	22.333	S 46°10'02.57" E
P1185	602127.93	2107171.237	40.421	S 52°46'28.08" E
P1186	602160.116	2107146.784	14.576	S 58°03'58.15" E
P1187	602172.485	2107139.074	15.276	S 40°31'22.10" E
P1188	602182.411	2107127.462	9.924	S 38°42'41.56" E
P1189	602188.617	2107119.718	18.065	S 55°16'58.90" E
P1190	602203.467	2107109.43	10.444	S 7°05'45.93" E
P1191	602204.757	2107099.066	18.149	S 0°19'01.68" E
P1192	602204.857	2107080.918	18.933	S 26°47'47.64" W
P1193	602196.322	2107064.018	18.067	S 37°33'58.94" W
P1194	602185.307	2107049.697	17.337	S 34°20'57.70" W
P1195	602175.524	2107035.383	18.933	S 26°47'48.21" W
P1196	602166.989	2107018.483	20.597	S 63°32'34.47" W
P1197	602148.549	2107009.307	28.382	S 87°03'54.89" W
P1198	602120.205	2107007.854	23.564	S 83°21'59.40" W
P1199	602096.799	2107005.132	22.226	S 86°20'22.85" W
P1200	602074.618	2107003.713	19.723	S 89°40'59.94" W
P1201	602054.895	2107003.604	19.204	N 74°39'05.97" W
P1202	602036.376	2107008.687	23.972	N 68°04'24.73" W
P1203	602014.138	2107017.638	23.602	N 57°00'03.50" W
P1204	601994.344	2107030.492	25.999	N 41°54'20.64" W
P1205	601976.979	2107049.842	50.918	N 46°53'30.27" W
P1206	601939.806	2107084.638	29.554	N 61°28'04.06" W
P1207	601913.841	2107098.755	28.116	N 56°43'27.86" W
P1208	601890.335	2107114.181	19.088	N 57°24'25.02" W
P1209	601874.253	2107124.463	11.707	N 39°29'53.41" W
P1210	601866.807	2107133.496	25.044	N 43°52'27.01" W
P1211	601849.45	2107151.55	30.479	N 32°02'08.27" W
P1212	601833.282	2107177.387	24.211	N 41°45'34.45" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1213	601817.158	2107195.447	33.617	N 36°14'20.34" W
P1214	601797.285	2107222.561	32.159	N 47°03'31.51" W
P1215	601773.743	2107244.469	31.272	N 45°30'38.56" W
P1216	601751.434	2107266.384	30.373	N 47°14'45.73" W
P1217	601729.132	2107287.003	23.234	N 48°17'01.57" W
P1218	601711.789	2107302.463	32.199	N 43°52'25.49" W
P1219	601689.473	2107325.675	33.15	N 42°19'45.51" W
P1220	601667.15	2107350.182	39.354	N 43°52'24.22" W
P1221	601639.874	2107378.552	28.621	N 43°52'23.83" W
P1222	601620.038	2107399.184	31.284	N 48°47'13.56" W
P1223	601596.504	2107419.796	20.597	N 64°10'30.16" W
P1224	601577.964	2107428.769	23.35	N 52°40'30.71" W
P1225	601559.396	2107442.926	25.044	N 43°52'23.25" W
P1226	601542.039	2107460.98	25.347	N 56°04'49.50" W
P1227	601521.006	2107475.124	19.107	N 35°48'35.95" W
P1228	601509.827	2107490.619	14.925	N 30°01'15.43" W
P1229	601502.36	2107503.541	18.149	N 0°18'54.08" W
P1230	601502.26	2107521.689	18.149	N 0°18'54.09" W
P1231	601502.16	2107539.838	24.906	N 8°13'24.92" E
P1232	601505.723	2107564.488	22.175	N 6°04'04.24" E
P1233	601508.067	2107586.539	25.956	N 2°24'24.82" E
P1234	601509.157	2107612.471	16.897	N 4°29'54.16" W
P1235	601507.832	2107629.317	23.667	N 21°41'50.15" W
P1236	601499.082	2107651.306	22.464	N 22°54'08.89" W
P1237	601490.34	2107672	24.143	N 24°25'19.37" W
P1238	601480.357	2107693.983	26.541	N 34°11'04.55" W
P1239	601465.445	2107715.939	21.939	N 34°29'56.13" W
P1240	601453.019	2107734.019	25.998	N 41°54'12.22" W
P1241	601435.655	2107753.369	26.981	N 40°04'31.75" W
P1242	601418.285	2107774.015	26.832	N 43°52'19.34" W
P1243	601399.689	2107793.358	24.337	N 54°26'48.58" W
P1244	601379.889	2107807.509	31.614	N 55°16'46.57" W
P1245	601353.904	2107825.516	27.42	N 58°58'44.32" W
P1246	601330.406	2107839.646	21.863	N 58°03'44.25" W
P1247	601311.853	2107851.212	25.119	N 52°02'58.41" W
P1248	601292.046	2107866.659	22.581	N 55°16'45.47" W
P1249	601273.486	2107879.521	27.419	N 58°58'42.77" W
P1250	601249.988	2107893.652	24.678	N 71°56'32.18" W
P1251	601226.526	2107901.301	26.165	N 63°50'00.32" W
P1252	601203.042	2107912.839	27.274	N 64°59'16.86" W
P1253	601178.326	2107924.371	23.511	N 70°59'43.73" W
P1254	601156.097	2107932.027	31.348	N 70°59'43.11" W
P1255	601126.457	2107942.236	20.102	N 79°09'31.29" W
P1256	601106.714	2107946.017	23.741	N 80°53'08.90" W
P1257	601083.273	2107949.777	22.225	N 86°58'11.01" W
P1258	601061.08	2107950.952	19.722	S 89°41'10.71" W
P1259	601041.358	2107950.844	30.943	N 73°15'38.83" W
P1260	601011.726	2107959.756	15.631	N 60°28'22.34" W
P1261	600998.125	2107967.46	20.995	N 86°46'24.77" W
P1262	600977.163	2107968.641	17.305	N 86°01'03.04" W
P1263	600959.9	2107969.843	25.49	S 74°57'20.96" W
P1264	600935.283	2107963.227	31.173	S 65°06'51.85" W
P1265	600907.004	2107950.109	20.596	S 63°32'43.79" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1266	600888.565	2107940.934	20.596	S 63°32'44.50" W
P1267	600870.125	2107931.758	19.497	S 61°56'59.35" W
P1268	600852.918	2107922.59	20.596	S 63°32'44.53" W
P1269	600834.479	2107913.415	17.07	S 52°16'34.27" W
P1270	600820.977	2107902.97	25.613	S 65°48'09.47" W
P1271	600797.614	2107892.472	33.424	S 61°57'00.54" W
P1272	600768.117	2107876.755	17.812	S 63°47'43.98" W
P1273	600752.135	2107868.889	24.3	S 74°13'03.16" W
P1274	600728.751	2107862.28	31.348	S 70°22'07.40" W
P1275	600699.225	2107851.748	27.609	S 78°51'44.61" W
P1276	600672.136	2107846.415	21.35	S 81°07'27.47" W
P1277	600651.042	2107843.121	22.778	S 87°57'58.61" W
P1278	600628.278	2107842.313	24.444	N 68°58'31.71" W
P1279	600605.461	2107851.082	26.427	N 58°55'44.74" W
P1280	600582.826	2107864.721	23.518	N 53°17'34.07" W
P1281	600563.971	2107878.778	30.967	N 69°16'20.54" W
P1282	600535.009	2107889.739	19.866	N 76°34'03.29" W
P1283	600515.686	2107894.353	18.447	S 74°57'26.21" W
P1284	600497.871	2107889.566	16.2	S 64°38'09.39" W
P1285	600483.233	2107882.626	15.157	S 59°04'51.52" W
P1286	600470.23	2107874.838	15.376	S 18°14'23.07" W
P1287	600465.417	2107860.235	16.456	S 20°36'17.95" E
P1288	600471.208	2107844.832	20.551	S 23°41'11.35" E
P1289	600479.464	2107826.013	19.989	S 9°42'06.02" E
P1290	600482.833	2107806.31	18.934	S 5°15'08.96" E
P1291	600484.566	2107787.455	17.455	S 27°32'01.14" W
P1292	600476.497	2107771.977	22.099	S 56°13'26.95" W
P1293	600458.128	2107759.69	27.43	S 70°22'10.78" W
P1294	600432.292	2107750.475	33.281	S 89°41'17.93" W
P1295	600399.012	2107750.294	25.885	S 89°41'18.26" W
P1296	600373.127	2107750.154	32.124	S 73°16'49.52" W
P1297	600342.361	2107740.912	30.925	S 84°52'46.23" W
P1298	600311.559	2107738.152	29.612	N 87°48'08.23" W
P1299	600281.97	2107739.287	28.351	S 89°41'19.58" W
P1300	600253.619	2107739.133	27.118	S 89°41'19.89" W
P1301	600226.502	2107738.986	24.653	S 89°41'20.18" W
P1302	600201.85	2107738.852	40.638	N 65°48'39.83" W
P1303	600164.78	2107755.504	20.392	N 75°34'48.35" W
P1304	600145.03	2107760.582	24.653	S 89°41'21.08" W
P1305	600120.378	2107760.448	19.765	S 85°55'43.41" W
P1306	600100.663	2107759.045	21.863	S 57°26'13.99" W
P1307	600082.237	2107747.278	24.678	S 71°19'03.40" W
P1308	600058.859	2107739.373	23.233	S 47°39'24.68" W
P1309	600041.687	2107723.724	25.332	S 22°35'55.96" W
P1310	600031.953	2107700.337	27.325	S 18°05'50.14" W
P1311	600023.465	2107674.364	19.793	S 10°27'25.12" W
P1312	600019.872	2107654.899	20.095	S 25°07'04.14" W
P1313	600011.342	2107636.705	19.793	S 10°27'26.21" W
P1314	600007.75	2107617.24	26.043	S 5°07'16.57" W
P1315	600005.425	2107591.3	16.318	S 17°16'34.31" W
P1316	600000.579	2107575.718	26.098	S 18°59'46.37" W
P1317	599992.084	2107551.042	16.288	S 36°57'00.45" W
P1318	599982.293	2107538.025	22.423	S 40°57'51.46" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1319	599967.593	2107521.093	26.098	S 53°06'05.45" W
P1320	599946.722	2107505.424	26.541	S 33°33'34.47" W
P1321	599932.05	2107483.307	22.386	S 50°07'22.66" W
P1322	599914.87	2107468.954	15.572	S 33°20'17.63" W
P1323	599906.312	2107455.944	25.117	S 68°30'39.61" W
P1324	599882.941	2107446.743	20.176	S 33°02'49.49" W
P1325	599871.939	2107429.831	18.806	S 14°53'21.93" W
P1326	599867.106	2107411.657	14.731	S 14°13'42.69" W
P1327	599863.485	2107397.377	21.068	S 9°47'56.54" W
P1328	599859.9	2107376.616	32.989	S 10°27'28.28" W
P1329	599853.912	2107344.175	30.798	S 36°35'08.83" W
P1330	599835.555	2107319.446	26.746	S 66°52'32.69" W
P1331	599810.959	2107308.942	24.678	S 71°19'08.76" W
P1332	599787.581	2107301.038	17.354	S 58°09'46.21" W
P1333	599772.838	2107291.883	23.413	S 38°52'20.08" W
P1334	599758.144	2107273.655	25.068	S 61°57'14.72" W
P1335	599736.02	2107261.869	17.888	S 48°58'50.81" W
P1336	599722.523	2107250.129	22.386	S 50°07'25.81" W
P1337	599705.343	2107235.776	24.432	S 36°57'05.60" W
P1338	599690.657	2107216.252	25.347	S 55°27'22.89" W
P1339	599669.779	2107201.879	20.134	S 58°41'14.83" W
P1340	599652.578	2107191.416	21.584	S 52°46'40.90" W
P1341	599635.39	2107178.36	15.186	S 46°37'16.14" W
P1342	599624.353	2107167.929	20.612	S 50°43'10.95" W
P1343	599608.398	2107154.88	16.288	S 36°57'06.07" W
P1344	599598.607	2107141.864	22.386	S 50°07'29.26" W
P1345	599581.426	2107127.511	17.813	S 63°48'00.99" W
P1346	599565.444	2107119.647	15.018	S 79°44'59.59" W
P1347	599550.666	2107116.975	22.226	S 86°20'50.11" W
P1348	599528.485	2107115.559	19.765	N 86°32'53.09" W
P1349	599508.756	2107116.749	24.653	S 89°41'28.55" W
P1350	599484.103	2107116.616	25.919	N 87°26'30.69" W
P1351	599458.21	2107117.773	33.282	S 89°41'29.17" W
P1352	599424.928	2107117.594	13.559	S 89°41'29.43" W
P1353	599411.369	2107117.521	14.347	N 84°15'29.34" W
P1354	599397.094	2107118.956	14.171	N 84°15'29.64" W
P1355	599382.994	2107120.374	21.945	N 70°04'50.84" W
P1356	599362.362	2107127.85	18.947	N 85°17'59.83" W
P1357	599343.479	2107129.403	16.843	S 78°21'53.18" W
P1358	599326.982	2107126.006	17.686	S 48°47'50.35" W
P1359	599313.675	2107114.356	12.457	S 30°01'37.22" W
P1360	599307.441	2107103.57	13.441	S 9°48'04.24" W
P1361	599305.153	2107090.325	12.228	S 19°03'57.95" E
P1362	599309.148	2107078.768	18.26	S 43°51'59.52" E
P1363	599321.802	2107065.603	18.33	S 31°17'45.59" E
P1364	599331.323	2107049.94	19.492	S 40°30'50.93" E
P1365	599343.986	2107035.121	20.995	S 34°29'36.29" E
P1366	599355.876	2107017.817	18.472	S 20°13'16.38" E
P1367	599362.261	2107000.483	22.125	S 7°49'45.73" E
P1368	599365.275	2106978.564	24.661	S 2°33'24.37" W
P1369	599364.175	2106953.928	33.727	S 1°47'11.09" W
P1370	599363.123	2106920.217	26.391	S 11°04'34.82" E
P1371	599368.193	2106894.318	30.601	S 21°33'53.38" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1372	599379.441	2106865.859	22.387	S 30°00'55.71" E
P1373	599390.64	2106846.474	27.786	S 42°01'29.00" E
P1374	599409.241	2106825.833	28.665	S 51°01'40.38" E
P1375	599431.527	2106807.804	21.2	S 61°01'19.64" E
P1376	599450.073	2106797.533	20.393	S 75°34'42.99" E
P1377	599469.824	2106792.454	15.018	S 80°22'01.66" E
P1378	599484.63	2106789.941	14.792	N 89°41'28.79" E
P1379	599499.422	2106790.021	12.738	S 35°48'17.69" E
P1380	599506.874	2106779.69	23.366	S 3°19'57.77" E
P1381	599508.232	2106756.364	20.778	S 3°05'32.80" W
P1382	599507.112	2106735.616	24.661	S 3°10'25.79" E
P1383	599508.477	2106710.993	22.346	S 9°50'05.37" E
P1384	599512.294	2106688.976	19.167	S 19°04'01.14" E
P1385	599518.555	2106670.861	22.02	S 19°56'04.82" E
P1386	599526.063	2106650.16	18.404	S 24°00'18.24" E
P1387	599533.55	2106633.348	22.423	S 41°35'04.50" E
P1388	599548.433	2106616.576	22.334	S 46°09'37.45" E
P1389	599564.542	2106601.106	25.044	S 43°52'04.86" E
P1390	599581.897	2106583.051	19.822	S 54°15'10.20" E
P1391	599597.985	2106571.471	26.891	S 51°30'14.10" E
P1392	599619.032	2106554.732	21.939	S 34°29'41.15" E
P1393	599631.456	2106536.65	25.197	S 39°48'08.90" E
P1394	599647.586	2106517.292	26.982	S 40°04'18.84" E
P1395	599664.956	2106496.645	20.095	S 25°44'18.34" E
P1396	599673.683	2106478.543	19.848	S 38°42'15.88" E
P1397	599686.094	2106463.054	27.628	S 32°40'54.93" E
P1398	599701.012	2106439.8	19.167	S 19°04'05.04" E
P1399	599707.273	2106421.685	16.732	S 21°55'25.87" E
P1400	599713.521	2106406.163	23.667	S 21°41'33.41" E
P1401	599722.269	2106384.172	14.259	S 0°18'33.55" E
P1402	599722.346	2106369.913	12.963	S 0°18'33.54" E
P1403	599722.416	2106356.95	15.088	S 18°45'57.62" W
P1404	599717.562	2106342.664	14.333	S 50°24'38.60" W
P1405	599706.516	2106333.53	23.513	S 70°22'25.58" W
P1406	599684.37	2106325.633	31.265	S 59°51'08.95" W
P1407	599657.334	2106309.931	23.513	S 70°22'25.31" W
P1408	599635.187	2106302.033	24.493	S 64°38'28.34" W
P1409	599613.054	2106291.543	21.864	S 57°26'26.90" W
P1410	599594.627	2106279.777	21.936	S 72°30'17.48" W
P1411	599573.706	2106273.182	22.189	S 89°41'28.30" W
P1412	599551.517	2106273.063	23.116	S 73°24'28.44" W
P1413	599529.363	2106266.461	22.527	S 79°45'01.09" W
P1414	599507.195	2106262.453	18.066	S 54°39'31.51" W
P1415	599492.458	2106252.003	12.064	S 30°24'58.83" W
P1416	599486.351	2106241.599	11.483	S 25°44'18.26" E
P1417	599491.337	2106231.256	19.848	S 38°42'13.50" E
P1418	599503.748	2106215.766	19.526	S 30°38'41.23" E
P1419	599513.701	2106198.968	30.479	S 32°01'46.32" E
P1420	599529.866	2106173.128	18.066	S 55°16'34.34" E
P1421	599544.714	2106162.837	21.467	S 43°52'06.86" E
P1422	599559.591	2106147.361	30.799	S 37°12'22.95" E
P1423	599578.214	2106122.831	15.277	S 40°30'59.25" E
P1424	599588.139	2106111.218	22.387	S 50°44'38.10" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1425	599605.474	2106097.051	23.255	S 43°52'07.88" E
P1426	599621.59	2106080.286	25.943	S 49°47'53.94" E
P1427	599641.405	2106063.54	20.547	S 46°21'38.97" E
P1428	599656.274	2106049.361	16.713	S 62°34'26.87" E
P1429	599671.109	2106041.663	19.088	S 57°24'04.73" E
P1430	599687.19	2106031.379	23.351	S 52°40'18.04" E
P1431	599705.758	2106017.219	21.803	S 27°12'08.30" E
P1432	599715.725	2105997.828	26.649	S 13°40'56.71" E
P1433	599722.029	2105971.935	33.562	S 9°43'11.94" E
P1434	599727.695	2105938.855	32.151	S 3°42'37.96" E
P1435	599729.776	2105906.771	24.372	S 8°41'48.57" W
P1436	599726.09	2105882.68	24.071	S 0°18'33.30" E
P1437	599726.22	2105858.609	26.355	S 8°00'51.04" W
P1438	599722.546	2105832.512	25.204	S 36°57'13.48" W
P1439	599707.394	2105812.371	22.795	S 14°13'49.90" W
P1440	599701.79	2105790.275	18.668	S 30°24'58.40" W
P1441	599692.339	2105774.177	18.668	S 30°24'58.22" W
P1442	599682.888	2105758.078	17.769	S 25°07'17.95" W
P1443	599675.345	2105741.99	18.939	S 17°16'43.96" W
P1444	599669.719	2105723.906	22.145	S 43°15'05.33" W
P1445	599654.546	2105707.777	29.153	S 51°25'45.67" W
P1446	599631.752	2105689.6	32.236	S 55°37'57.14" W
P1447	599605.144	2105671.403	43.247	S 69°14'37.31" W
P1448	599564.704	2105656.077	22.465	S 22°16'52.46" W
P1449	599556.186	2105635.289	20.804	S 20°31'03.56" W
P1450	599548.894	2105615.805	21.271	S 31°07'51.21" W
P1451	599537.897	2105597.597	20.804	S 20°31'03.53" W
P1452	599530.606	2105578.113	22.175	S 6°04'29.98" W
P1453	599528.259	2105556.062	31.039	S 16°27'01.82" E
P1454	599537.049	2105526.294	22.655	S 37°04'32.70" E
P1455	599550.707	2105508.219	29.865	S 55°57'21.37" E
P1456	599575.453	2105491.5	26.803	S 47°41'30.30" E
P1457	599595.275	2105473.458	22.583	S 55°16'38.99" E
P1458	599613.836	2105460.594	25.121	S 52°02'51.54" E
P1459	599633.644	2105445.145	31.286	S 48°47'01.59" E
P1460	599657.179	2105424.531	20.613	S 51°20'26.01" E
P1461	599673.275	2105411.654	24.122	S 45°59'32.52" E
P1462	599690.624	2105394.895	23.023	S 32°41'00.99" E
P1463	599703.057	2105375.517	19.598	S 22°28'59.76" E
P1464	599710.551	2105357.409	15.605	S 4°50'24.76" E
P1465	599711.868	2105341.86	20.778	S 3°05'32.29" W
P1466	599710.747	2105321.113	19.793	S 10°27'35.93" W
P1467	599707.154	2105301.648	19.445	S 0°18'32.76" E
P1468	599707.259	2105282.204	16.852	S 0°18'32.75" E
P1469	599707.35	2105265.352	18.19	S 4°11'43.43" E
P1470	599708.68	2105247.21	22.967	S 25°44'24.62" E
P1471	599718.654	2105226.523	21.274	S 24°14'26.01" E
P1472	599727.389	2105207.125	18.933	S 27°25'30.82" E
P1473	599736.109	2105190.319	18.404	S 24°00'24.79" E
P1474	599743.597	2105173.507	14.354	S 25°44'25.25" E
P1475	599749.831	2105160.578	11.925	S 12°14'32.84" E
P1476	599752.359	2105148.924	16.733	S 21°55'30.60" E
P1477	599758.607	2105133.402	25.876	S 31°54'56.34" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1478	599772.287	2105111.438	18.933	S 27°25'30.69" E
P1479	599781.007	2105094.633	20.096	S 25°44'26.49" E
P1480	599789.735	2105076.531	20.88	S 36°29'47.02" E
P1481	599802.154	2105059.746	25.045	S 43°52'15.39" E
P1482	599819.511	2105041.691	30.075	S 35°19'48.22" E
P1483	599836.903	2105017.154	30.48	S 32°01'55.27" E
P1484	599853.069	2104991.315	26.988	S 30°28'25.25" E
P1485	599866.756	2104968.055	24.433	S 37°34'24.95" E
P1486	599881.655	2104948.69	23.522	S 28°27'14.87" E
P1487	599892.862	2104928.009	19.598	S 22°29'03.40" E
P1488	599900.357	2104909.901	25.332	S 23°13'19.99" E
P1489	599910.345	2104886.621	28.623	S 43°52'17.50" E
P1490	599930.182	2104865.987	28.589	S 47°27'17.12" E
P1491	599951.245	2104846.655	28.667	S 51°01'55.73" E
P1492	599973.534	2104828.627	29.505	S 49°05'00.34" E
P1493	599995.83	2104809.303	25.944	S 49°48'04.54" E
P1494	600015.646	2104792.558	19.824	S 54°15'24.65" E
P1495	600031.735	2104780.978	24.212	S 41°45'26.69" E
P1496	600047.86	2104762.916	21.803	S 27°12'17.63" E
P1497	600057.828	2104743.525	26.531	S 22°07'58.16" E
P1498	600067.824	2104718.949	21.274	S 24°14'32.19" E
P1499	600076.559	2104699.551	15.088	S 19°23'13.02" E
P1500	600081.567	2104685.318	17.944	S 20°24'07.03" E
P1501	600087.822	2104668.5	14.512	S 36°47'59.79" E
P1502	600096.515	2104656.88	17.889	S 49°36'16.40" E
P1503	600110.14	2104645.286	18.85	S 41°09'21.22" E
P1504	600122.545	2104631.094	20.88	S 36°29'52.90" E
P1505	600134.964	2104614.309	21.272	S 31°45'04.61" E
P1506	600146.158	2104596.221	23.246	S 18°51'54.13" E
P1507	600153.674	2104574.224	21.803	S 27°12'19.09" E
P1508	600163.642	2104554.832	22.465	S 22°54'06.10" E
P1509	600172.385	2104534.138	24.879	S 20°36'25.22" E
P1510	600181.141	2104510.852	22.656	S 37°04'45.46" E
P1511	600194.8	2104492.777	26.39	S 28°09'37.45" E
P1512	600207.255	2104469.51	20.177	S 33°40'18.85" E
P1513	600218.442	2104452.719	33.939	S 23°51'45.70" E
P1514	600232.172	2104421.681	27.543	S 26°54'02.79" E
P1515	600244.634	2104397.118	21.803	S 27°12'20.82" E
P1516	600254.602	2104377.727	22.883	S 15°56'16.55" E
P1517	600260.885	2104355.723	20.655	S 28°49'58.18" E
P1518	600270.846	2104337.629	12.738	S 35°48'38.10" E
P1519	600278.3	2104327.298	21.468	S 43°52'23.70" E
P1520	600293.178	2104311.823	20.613	S 51°20'38.67" E
P1521	600309.275	2104298.947	24.34	S 54°26'53.27" E
P1522	600329.078	2104284.795	22.918	S 59°42'31.23" E
P1523	600348.867	2104273.235	24.644	S 58°34'25.55" E
P1524	600369.896	2104260.386	13.55	S 55°16'51.91" E
P1525	600381.034	2104252.668	14.925	S 30°01'18.17" E
P1526	600388.501	2104239.745	21.94	S 34°30'00.66" E
P1527	600400.928	2104221.664	25.252	S 29°32'07.94" E
P1528	600413.376	2104199.694	14.312	S 43°52'26.55" E
P1529	600423.296	2104189.377	20.096	S 25°44'36.65" E
P1530	600432.024	2104171.276	23.522	S 28°27'23.90" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1531	600443.232	2104150.595	20.88	S 36°29'58.81" E
P1532	600455.653	2104133.81	16.289	S 37°34'36.00" E
P1533	600465.586	2104120.901	18.761	S 46°36'14.02" E
P1534	600479.218	2104108.011	22.335	S 46°10'00.00" E
P1535	600495.329	2104092.543	20.614	S 51°20'42.02" E
P1536	600511.427	2104079.667	26.101	S 53°43'42.15" E
P1537	600532.47	2104064.225	20.136	S 59°18'45.28" E
P1538	600549.787	2104053.949	18.437	S 69°43'45.78" E
P1539	600567.082	2104047.561	18.437	S 69°43'46.40" E
P1540	600584.377	2104041.173	23.384	S 63°59'07.02" E
P1541	600605.392	2104030.917	25.701	S 60°01'14.00" E
P1542	600627.654	2104018.075	25.618	S 66°25'54.79" E
P1543	600651.135	2104007.832	19.09	S 57°24'26.69" E
P1544	600667.219	2103997.549	19.67	S 49°05'10.89" E
P1545	600682.084	2103984.666	18.067	S 55°16'57.66" E
P1546	600696.935	2103974.376	16.125	S 60°39'28.66" E
P1547	600710.991	2103966.475	22.113	S 56°43'30.15" E
P1548	600729.478	2103954.342	17.606	S 30°01'21.71" E
P1549	600738.287	2103939.099	16.243	S 28°50'04.98" E
P1550	600746.121	2103924.869	17.357	S 2°53'23.95" W
P1551	600745.246	2103907.534	13.288	S 3°52'19.78" W
P1552	600744.349	2103894.277	12.833	S 17°16'39.86" W
P1553	600740.537	2103882.023	26.317	S 21°18'18.92" W
P1554	600730.975	2103857.504	23.917	S 26°10'10.43" W
P1555	600720.427	2103836.039	21.767	S 32°01'28.30" W
P1556	600708.885	2103817.584	29.851	S 29°23'56.60" W
P1557	600694.231	2103791.578	21.319	S 13°03'45.40" W
P1558	600689.413	2103770.81	14.259	S 0°18'42.84" E
P1559	600689.49	2103756.551	31.979	S 13°41'11.92" E
P1560	600697.057	2103725.48	24.144	S 24°25'25.13" E
P1561	600707.04	2103703.496	15.088	S 19°23'23.48" E
P1562	600712.049	2103689.264	28.308	S 34°47'48.20" E
P1563	600728.204	2103666.018	22.113	S 34°02'47.38" E
P1564	600740.584	2103647.695	16.327	S 17°54'07.55" E
P1565	600745.603	2103632.158	18.324	S 8°02'57.85" E
P1566	600748.169	2103614.015	15.612	S 4°13'10.43" W
P1567	600747.02	2103598.445	11.93	S 11°37'18.90" W
P1568	600744.617	2103586.759	16.741	S 21°18'20.47" W
P1569	600738.534	2103571.162	20.07	S 13°55'09.99" W
P1570	600733.706	2103551.681	20.106	S 25°07'16.14" W
P1571	600725.17	2103533.477	19.61	S 6°54'54.85" W
P1572	600722.809	2103514.009	21.282	S 31°07'49.91" W
P1573	600711.806	2103495.792	25.851	S 25°07'16.68" W
P1574	600700.832	2103472.386	19.61	S 6°54'55.25" W
P1575	600698.471	2103452.919	20.788	S 3°42'49.42" E
P1576	600699.817	2103432.175	24.919	S 8°51'08.25" E
P1577	600703.652	2103407.553	24.66	S 10°58'41.68" E
P1578	600708.348	2103383.344	18.755	S 12°14'45.63" E
P1579	600712.326	2103365.016	25.804	S 3°37'04.73" E
P1580	600713.955	2103339.263	21.068	S 10°25'23.91" E
P1581	600717.766	2103318.542	37.109	S 19°43'01.89" E
P1582	600730.286	2103283.609	17.79	S 29°20'02.26" E
P1583	600739.001	2103268.1	17.032	S 8°38'11.25" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1584	600741.559	2103251.262	16.852	S 0°18'43.13" E
P1585	600741.65	2103234.41	18.19	S 3°34'27.95" W
P1586	600740.516	2103216.255	15.75	S 9°19'09.21" E
P1587	600743.067	2103200.713	18.404	S 24°00'44.29" E
P1588	600750.556	2103183.901	14.26	S 0°18'43.19" E
P1589	600750.634	2103169.642	15.75	S 9°19'09.38" E
P1590	600753.184	2103154.1	27.223	S 0°18'43.20" E
P1591	600753.333	2103126.877	23.849	S 12°14'46.68" E
P1592	600758.391	2103103.571	15.535	S 23°41'30.62" E
P1593	600764.634	2103089.345	15.989	S 13°41'15.03" E
P1594	600768.417	2103073.81	17.253	S 12°41'29.60" E
P1595	600772.208	2103056.978	19.794	S 11°04'55.54" E
P1596	600776.012	2103037.554	21.319	S 13°41'14.61" E
P1597	600781.057	2103016.84	21.068	S 10°25'25.10" E
P1598	600784.869	2102996.119	15.989	S 13°41'15.44" E
P1599	600788.652	2102980.584	15.535	S 23°41'31.39" E
P1600	600794.895	2102966.358	24.753	S 6°01'45.38" E
P1601	600797.495	2102941.742	28.942	S 10°07'23.77" E
P1602	600802.582	2102913.25	22.037	S 0°18'43.61" E
P1603	600802.702	2102891.213	15.556	S 0°18'43.60" E
P1604	600802.787	2102875.657	19.445	S 0°18'43.59" E
P1605	600802.892	2102856.213	19.445	S 0°18'43.58" E
P1606	600802.998	2102836.768	18.149	S 0°18'43.57" E
P1607	600803.097	2102818.62	19.445	S 0°18'43.56" E
P1608	600803.203	2102799.175	23.334	S 0°18'43.55" E
P1609	600803.33	2102775.842	22.037	S 0°18'43.54" E
P1610	600803.45	2102753.805	17.559	S 16°37'28.26" E
P1611	600808.474	2102736.98	23.667	S 21°41'58.55" E
P1612	600817.225	2102714.99	20.656	S 28°50'11.27" E
P1613	600827.187	2102696.895	27.014	S 24°33'55.80" E
P1614	600838.418	2102672.326	19.85	S 38°42'46.20" E
P1615	600850.832	2102656.838	28.955	S 20°13'46.51" E
P1616	600860.844	2102629.669	26.649	S 13°41'16.18" E
P1617	600867.15	2102603.777	22.388	S 30°01'29.90" E
P1618	600878.353	2102584.393	32.891	S 28°45'00.28" E
P1619	600894.173	2102555.556	26.62	S 28°34'29.14" E
P1620	600906.906	2102532.178	21.202	S 16°14'18.07" E
P1621	600912.835	2102511.822	15.476	S 43°15'12.53" W
P1622	600902.23	2102500.551	14.544	S 89°41'15.59" W
P1623	600887.686	2102500.471	18.182	N 74°01'55.29" W
P1624	600870.206	2102505.473	17.923	N 77°09'42.11" W
P1625	600852.731	2102509.456	17.572	N 83°38'57.13" W
P1626	600835.267	2102511.399	13.613	S 85°23'35.33" W
P1627	600821.698	2102510.306	19.041	S 41°08'20.27" W
P1628	600809.171	2102495.966	26.008	S 47°54'06.64" W
P1629	600789.873	2102478.53	17.254	S 33°52'48.12" W
P1630	600780.255	2102464.206	17.635	S 40°58'13.86" W
P1631	600768.692	2102450.89	17.499	S 31°27'22.62" W
P1632	600759.56	2102435.963	17.79	S 28°42'40.46" W
P1633	600751.014	2102420.36	15.605	S 4°13'11.81" W
P1634	600749.866	2102404.798	17.559	S 16°37'28.52" E
P1635	600754.89	2102387.973	17.225	S 25°44'46.67" E
P1636	600762.372	2102372.458	25.478	S 35°48'52.38" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1637	600777.281	2102351.798	24.144	S 24°25'31.05" E
P1638	600787.264	2102329.814	16.319	S 17°54'12.04" E
P1639	600792.281	2102314.285	25.717	S 17°01'48.88" E
P1640	600799.813	2102289.696	21.068	S 10°25'26.32" E
P1641	600803.625	2102268.975	15.75	S 9°19'11.03" E
P1642	600806.176	2102253.433	14.471	S 10°07'25.76" E
P1643	600808.719	2102239.187	14.26	S 0°18'43.29" E
P1644	600808.797	2102224.928	22.037	S 0°18'43.28" E
P1645	600808.917	2102202.891	14.471	S 10°07'24.38" E
P1646	600811.46	2102188.645	17.944	S 20°24'21.76" E
P1647	600817.717	2102171.827	18.405	S 24°00'48.83" E
P1648	600825.207	2102155.015	21.272	S 31°45'21.90" E
P1649	600836.403	2102136.927	18.522	S 11°49'56.87" E
P1650	600840.201	2102118.799	19.527	S 30°39'14.10" E
P1651	600850.156	2102102.001	17.891	S 43°52'42.13" E
P1652	600862.557	2102089.105	19.167	S 19°04'29.11" E
P1653	600868.821	2102070.991	17.559	S 16°37'30.68" E
P1654	600873.844	2102054.166	19.793	S 11°04'59.47" E
P1655	600877.649	2102034.742	19.484	S 3°56'25.65" E
P1656	600878.988	2102015.304	23.334	S 0°18'43.94" E
P1657	600879.115	2101991.97	19.794	S 10°27'31.54" W
P1658	600875.522	2101972.506	26.043	S 5°44'44.85" E
P1659	600878.13	2101946.593	26.391	S 10°27'31.48" W
P1660	600873.339	2101920.64	18.148	S 0°18'43.83" E
P1661	600873.438	2101902.492	14.732	S 14°13'49.84" W
P1662	600869.816	2101888.213	23.464	S 5°43'14.54" W
P1663	600867.478	2101864.866	17.253	S 12°04'05.42" W
P1664	600863.87	2101847.994	21.068	S 9°48'00.29" W
P1665	600860.284	2101827.233	14.26	S 0°18'43.63" E
P1666	600860.362	2101812.974	16.897	S 4°29'48.39" E
P1667	600861.687	2101796.128	11.925	S 12°14'51.05" E
P1668	600864.216	2101784.475	12.667	S 23°13'41.64" E
P1669	600869.212	2101772.835	12.963	S 0°18'43.70" E
P1670	600869.283	2101759.872	15.99	S 13°41'18.50" E
P1671	600873.067	2101744.337	11.484	S 25°44'49.28" E
P1672	600878.055	2101733.993	15.088	S 19°23'30.66" E
P1673	600883.065	2101719.761	23.708	S 35°12'34.10" E
P1674	600896.734	2101700.39	18.934	S 27°25'58.03" E
P1675	600905.457	2101683.586	16.668	S 31°29'54.53" E
P1676	600914.166	2101669.373	11.708	S 39°30'11.41" E
P1677	600921.613	2101660.34	16.668	S 31°29'54.81" E
P1678	600930.322	2101646.127	21.941	S 34°30'19.73" E
P1679	600942.751	2101628.046	20.639	S 41°23'53.20" E
P1680	600956.399	2101612.565	23.708	S 35°12'34.87" E
P1681	600970.069	2101593.194	20.881	S 36°30'17.05" E
P1682	600982.491	2101576.409	12.667	S 23°13'43.68" E
P1683	600987.487	2101564.77	11.708	S 39°30'12.75" E
P1684	600994.934	2101555.736	21.273	S 31°45'26.47" E
P1685	601006.131	2101537.648	21.469	S 43°52'46.77" E
P1686	601021.012	2101522.173	21.804	S 27°12'40.59" E
P1687	601030.982	2101502.783	20.324	S 1°57'21.11" E
P1688	601031.676	2101482.47	25.128	S 13°41'19.92" E
P1689	601037.622	2101458.056	19.695	S 7°05'35.62" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1690	601040.054	2101438.512	27.781	S 14°51'20.68" E
P1691	601047.177	2101411.659	26.6	S 15°31'00.27" E
P1692	601054.293	2101386.029	24.249	S 17°01'54.50" E
P1693	601061.396	2101362.843	29.297	S 23°41'40.40" E
P1694	601073.169	2101336.016	16.87	S 43°52'49.45" E
P1695	601084.862	2101323.857	25.449	S 30°28'54.51" E
P1696	601097.772	2101301.925	22.181	S 28°27'42.05" E
P1697	601108.342	2101282.425	17.611	S 82°20'00.69" E
P1698	601125.795	2101280.076	23.277	N 71°19'17.05" E
P1699	601147.846	2101287.531	17.387	N 69°06'28.46" E
P1700	601164.09	2101293.731	22.181	N 27°50'10.06" E
P1701	601174.447	2101313.345	19.646	N 55°38'04.65" E
P1702	601190.664	2101324.435	19.996	N 68°10'14.92" E
P1703	601209.226	2101331.87	22.176	N 70°22'29.19" E
P1704	601230.114	2101339.318	22.625	S 77°50'00.12" E
P1705	601252.231	2101334.55	19.426	S 64°10'49.20" E
P1706	601269.718	2101326.089	25.724	S 64°59'42.44" E
P1707	601293.031	2101315.215	23.541	S 81°21'07.69" E
P1708	601316.305	2101311.676	20.689	S 73°07'53.35" E
P1709	601336.103	2101305.672	24.201	S 82°06'54.03" E
P1710	601360.076	2101302.352	23.387	S 63°59'26.45" E
P1711	601381.094	2101292.097	18.934	S 66°03'34.32" E
P1712	601398.4	2101284.413	35.772	S 59°49'37.99" E
P1713	601429.325	2101266.434	38.788	S 72°48'33.05" E
P1714	601466.381	2101254.97	21.941	S 73°07'55.72" E
P1715	601487.378	2101248.603	22.533	S 80°22'32.57" E
P1716	601509.594	2101244.836	16.848	S 72°23'21.42" E
P1717	601525.652	2101239.739	17.312	S 86°01'09.85" E
P1718	601542.922	2101238.537	16.082	S 85°41'27.15" E
P1719	601558.959	2101237.329	17.065	S 40°52'50.50" E
P1720	601570.128	2101224.426	16.668	S 31°30'05.11" E
P1721	601578.837	2101210.214	19.826	S 54°15'59.39" E
P1722	601594.931	2101198.636	21.588	S 53°24'38.31" E
P1723	601612.265	2101185.767	27.701	S 45°43'49.03" E
P1724	601632.1	2101166.431	28.309	S 34°48'10.83" E
P1725	601648.258	2101143.186	23.668	S 21°42'13.14" E
P1726	601657.01	2101121.196	25.717	S 17°02'01.56" E
P1727	601664.544	2101096.607	22.175	S 6°41'59.70" E
P1728	601667.131	2101074.583	23.625	S 8°41'38.70" W
P1729	601663.56	2101051.23	20.741	S 0°18'52.13" E
P1730	601663.674	2101030.489	22.884	S 15°18'55.96" W
P1731	601657.629	2101008.418	20.805	S 20°31'01.25" W
P1732	601650.338	2100988.933	22.884	S 15°18'56.26" W
P1733	601644.293	2100966.862	20.805	S 20°31'00.22" W
P1734	601637.002	2100947.377	19.601	S 6°54'50.52" W
P1735	601634.642	2100927.919	15.089	S 19°23'41.46" E
P1736	601639.653	2100913.686	14.731	S 14°51'28.57" E
P1737	601643.43	2100899.447	17.79	S 29°20'21.48" E
P1738	601652.147	2100883.939	21.804	S 27°12'50.60" E
P1739	601662.118	2100864.549	17.074	S 52°54'51.76" E
P1740	601675.739	2100854.253	20.583	S 53°15'21.71" E
P1741	601692.233	2100841.939	24.889	S 66°31'26.47" E
P1742	601715.061	2100832.024	20.075	S 81°27'44.41" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1743	601734.914	2100829.044	21.361	S 86°10'04.55" E
P1744	601756.226	2100827.616	18.431	N 84°52'40.48" E
P1745	601774.584	2100829.262	19.571	N 63°57'32.07" E
P1746	601792.168	2100837.854	16.504	N 45°06'06.74" E
P1747	601803.859	2100849.503	20.761	N 17°28'44.44" E
P1748	601810.095	2100869.305	16.914	N 44°58'58.83" E
P1749	601822.051	2100881.268	17.177	N 79°19'26.86" E
P1750	601838.93	2100884.451	14.923	S 43°52'59.35" E
P1751	601849.275	2100873.695	17.432	S 27°55'56.99" E
P1752	601857.44	2100858.293	16.235	S 2°54'30.83" E
P1753	601858.264	2100842.079	20.969	S 5°43'05.79" W
P1754	601856.175	2100821.215	20.134	S 3°52'11.67" W
P1755	601854.816	2100801.127	18.493	S 15°49'51.57" W
P1756	601849.771	2100783.336	20.852	S 0°18'54.04" E
P1757	601849.886	2100762.484	17.899	S 7°23'16.02" E
P1758	601852.188	2100744.733	20.044	S 27°22'59.54" E
P1759	601861.406	2100726.935	21.47	S 43°53'00.44" E
P1760	601876.289	2100711.461	29.636	S 52°33'12.01" E
P1761	601899.818	2100693.442	19.527	S 30°39'31.20" E
P1762	601909.775	2100676.644	25.913	S 45°51'34.86" E
P1763	601928.371	2100658.598	21.47	S 43°53'01.53" E
P1764	601943.254	2100643.123	22.427	S 41°36'02.44" E
P1765	601958.144	2100626.353	17.226	S 25°45'06.82" E
P1766	601965.628	2100610.838	19.445	S 0°18'55.23" E
P1767	601965.735	2100591.393	18.148	S 0°18'55.22" E
P1768	601965.835	2100573.245	12.239	S 17°54'30.04" E
P1769	601969.598	2100561.599	17.891	S 43°53'01.59" E
P1770	601982.001	2100548.704	16.32	S 56°32'02.31" E
P1771	601995.615	2100539.704	17.891	S 49°36'57.54" E
P1772	602009.243	2100528.112	20.139	S 59°19'17.99" E
P1773	602026.564	2100517.837	19.109	S 35°49'15.10" E
P1774	602037.747	2100502.342	17.891	S 43°53'03.53" E
P1775	602050.15	2100489.447	21.941	S 34°30'36.25" E
P1776	602062.581	2100471.367	23.668	S 21°42'19.96" E
P1777	602071.334	2100449.377	19.599	S 22°29'43.93" E
P1778	602078.832	2100431.27	18.405	S 24°01'08.08" E
P1779	602086.324	2100414.459	25.947	S 49°48'49.99" E
P1780	602106.147	2100397.716	24.344	S 54°27'31.58" E
P1781	602125.955	2100383.565	27.702	S 45°43'59.43" E
P1782	602145.792	2100364.229	21.589	S 53°24'48.27" E
P1783	602163.127	2100351.362	18.844	S 52°03'44.76" E
P1784	602177.988	2100339.776	21.869	S 58°04'28.58" E
P1785	602196.55	2100328.212	21.208	S 68°48'03.80" E
P1786	602216.322	2100320.543	19.9	S 82°49'47.42" E
P1787	602236.066	2100318.059	18.678	S 82°20'14.76" E
P1788	602254.578	2100315.569	11.098	N 89°41'01.66" E
P1789	602265.676	2100315.63	14.579	S 58°04'28.21" E
P1790	602278.05	2100307.92	22.535	S 80°22'43.65" E
P1791	602300.267	2100304.154	25.076	S 62°35'20.61" E
P1792	602322.528	2100292.61	17.075	S 52°55'01.93" E
P1793	602336.149	2100282.314	19.673	S 49°05'48.26" E
P1794	602351.018	2100269.433	24.344	S 54°27'36.21" E
P1795	602370.827	2100255.282	20.178	S 33°41'02.54" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1796	602382.018	2100238.492	18.069	S 38°12'36.94" E
P1797	602393.195	2100224.294	22.587	S 55°17'35.22" E
P1798	602411.764	2100211.433	15.31	S 53°58'06.46" E
P1799	602424.145	2100202.427	16.29	S 37°35'18.05" E
P1800	602434.082	2100189.519	19.527	S 30°39'40.31" E
P1801	602444.04	2100172.721	21.47	S 43°53'09.75" E
P1802	602458.923	2100157.247	18.763	S 46°36'55.65" E
P1803	602472.559	2100144.359	20.616	S 51°21'23.52" E
P1804	602488.662	2100131.485	24.344	S 54°27'37.88" E
P1805	602508.471	2100117.335	18.07	S 55°17'36.44" E
P1806	602523.326	2100107.046	19.504	S 62°35'23.35" E
P1807	602540.64	2100098.068	22.427	S 41°36'11.85" E
P1808	602555.53	2100081.298	26.099	S 19°37'52.08" E
P1809	602564.299	2100056.716	25.878	S 31°55'49.28" E
P1810	602577.985	2100034.754	30.482	S 32°02'49.29" E
P1811	602594.159	2100008.916	28.593	S 47°28'10.96" E
P1812	602615.23	2099989.588	22.338	S 46°10'44.82" E
P1813	602631.347	2099974.121	21.633	S 39°08'55.21" E
P1814	602645.005	2099957.344	25.076	S 62°35'25.87" E
P1815	602667.266	2099945.8	20.603	S 64°11'11.56" E
P1816	602685.814	2099936.829	23.52	S 71°00'23.58" E
P1817	602708.053	2099929.174	27.728	S 49°26'04.52" E
P1818	602729.117	2099911.142	17.359	S 58°48'01.80" E
P1819	602743.965	2099902.15	13.87	S 21°09'00.45" E
P1820	602748.97	2099889.214	17.34	S 34°59'40.70" E
P1821	602758.914	2099875.01	17.253	S 12°41'57.53" E
P1822	602762.707	2099858.178	23.246	S 18°52'36.80" E
P1823	602770.228	2099836.182	24.479	S 17°54'40.18" E
P1824	602777.756	2099812.89	24.145	S 24°26'02.63" E
P1825	602787.744	2099790.907	16.065	S 27°44'30.84" E
P1826	602795.222	2099776.689	17.34	S 34°59'42.50" E
P1827	602805.166	2099762.484	12.739	S 35°49'26.90" E
P1828	602812.623	2099752.155	12.563	S 52°03'54.68" E
P1829	602822.531	2099744.432	15.279	S 40°32'07.50" E
P1830	602832.461	2099732.82	13.553	S 55°17'42.31" E
P1831	602843.603	2099725.104	11.76	S 71°00'25.90" E
P1832	602854.723	2099721.276	13.378	S 67°30'43.14" E
P1833	602867.083	2099716.159	13.378	S 67°30'43.92" E
P1834	602879.443	2099711.043	13.553	S 55°17'42.93" E
P1835	602890.585	2099703.327	17.065	S 40°53'13.05" E
P1836	602901.755	2099690.425	25.253	S 29°32'55.14" E
P1837	602914.209	2099668.457	24.145	S 24°26'04.68" E
P1838	602924.197	2099646.474	20.657	S 28°50'47.07" E
P1839	602934.163	2099628.381	27.015	S 24°34'30.55" E
P1840	602945.398	2099603.813	19.484	S 3°56'49.01" E
P1841	602946.739	2099584.375	20.887	S 6°27'46.80" W
P1842	602944.388	2099563.62	18.315	S 7°25'14.45" W
P1843	602942.023	2099545.458	20.778	S 3°43'14.51" E
P1844	602943.371	2099524.724	20.399	S 17°54'43.21" E
P1845	602949.645	2099505.314	20.805	S 21°09'03.15" E
P1846	602957.152	2099485.911	22.658	S 37°05'40.88" E
P1847	602970.818	2099467.838	30.38	S 47°15'38.76" E
P1848	602993.13	2099447.22	21.456	S 48°39'59.02" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1849	603009.24	2099433.05	22.658	S 37°05'41.11" E
P1850	603022.906	2099414.977	20.64	S 41°24'28.28" E
P1851	603036.558	2099399.497	22.844	S 66°54'48.32" E
P1852	603057.572	2099390.539	27.894	S 76°52'55.87" E
P1853	603084.738	2099384.209	15.024	S 80°22'52.00" E
P1854	603099.551	2099381.698	17.697	S 77°37'29.02" E
P1855	603116.837	2099377.906	18.543	S 86°18'35.19" E
P1856	603135.342	2099376.712	14.523	S 69°23'58.16" E
P1857	603148.936	2099371.602	13.553	S 55°17'47.55" E
P1858	603160.078	2099363.886	22.466	S 22°54'57.03" E
P1859	603168.825	2099343.193	24.906	S 8°13'24.90" W
P1860	603165.263	2099318.543	19.599	S 21°51'42.82" W
P1861	603157.965	2099300.354	14.471	S 10°07'54.39" E
P1862	603160.51	2099286.108	22.072	S 3°31'17.98" E
P1863	603161.866	2099264.078	20.061	S 14°33'12.63" E
P1864	603166.907	2099244.661	23.239	S 48°17'58.60" E
P1865	603184.258	2099229.201	15.034	S 64°46'48.74" E
P1866	603197.86	2099222.795	19.828	S 54°16'27.01" E
P1867	603213.956	2099211.218	22.658	S 37°05'45.07" E
P1868	603227.622	2099193.145	15.605	S 4°51'05.90" E
P1869	603228.942	2099177.596	18.405	S 24°01'25.40" E
P1870	603236.435	2099160.786	22.022	S 19°57'09.88" E
P1871	603243.95	2099140.086	22.021	S 19°57'09.10" E
P1872	603251.464	2099119.386	18.935	S 27°26'34.66" E
P1873	603260.191	2099102.582	23.247	S 18°52'44.48" E
P1874	603267.712	2099080.586	24.13	S 31°03'14.76" E
P1875	603280.16	2099059.914	24.436	S 37°35'31.94" E
P1876	603295.067	2099040.552	28.311	S 34°48'39.39" E
P1877	603311.228	2099017.308	21.634	S 39°09'08.31" E
P1878	603324.888	2099000.532	21.471	S 43°53'25.52" E
P1879	603339.773	2098985.059	22.658	S 37°05'47.57" E
P1880	603353.439	2098966.986	19.094	S 57°25'18.37" E
P1881	603369.529	2098956.705	20.604	S 64°11'21.78" E
P1882	603388.077	2098947.734	19.211	S 74°39'38.96" E
P1883	603406.605	2098942.652	18.936	S 66°04'05.50" E
P1884	603423.913	2098934.97	25.502	S 75°35'44.97" E
P1885	603448.613	2098928.626	21.323	S 79°48'38.70" E
P1886	603469.6	2098924.854	21.718	S 65°37'21.71" E
P1887	603489.382	2098915.89	23.39	S 63°59'59.55" E
P1888	603510.404	2098905.637	25.949	S 49°49'13.43" E
P1889	603530.23	2098888.895	25.334	S 23°14'21.50" E
P1890	603540.226	2098865.617	23.026	S 32°42'13.43" E
P1891	603552.666	2098846.241	20.179	S 33°41'22.50" E
P1892	603563.86	2098829.451	21.942	S 34°31'01.49" E
P1893	603576.293	2098811.372	17.791	S 29°20'52.92" E
P1894	603585.012	2098795.864	16.669	S 31°30'37.95" E
P1895	603593.725	2098781.653	17.076	S 52°55'23.48" E
P1896	603607.348	2098771.359	18.422	S 60°48'35.93" E
P1897	603623.431	2098762.374	17.359	S 58°48'18.01" E
P1898	603638.28	2098753.383	16.084	S 85°41'49.87" E
P1899	603654.319	2098752.176	18.936	S 66°04'08.96" E
P1900	603671.628	2098744.495	22.923	S 59°43'32.85" E
P1901	603691.425	2098732.938	24.312	S 74°51'28.85" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1902	603714.892	2098726.588	21.21	S 68°48'24.98" E
P1903	603734.667	2098718.92	28.125	S 56°44'27.86" E
P1904	603758.186	2098703.496	23.993	S 61°13'30.56" E
P1905	603779.216	2098691.946	25.706	S 60°02'13.45" E
P1906	603801.486	2098679.108	18.442	S 69°44'38.97" E
P1907	603818.788	2098672.723	20.838	S 56°16'20.82" E
P1908	603836.118	2098661.153	15.637	S 60°29'34.19" E
P1909	603849.728	2098653.451	20.141	S 59°19'46.24" E
P1910	603867.051	2098643.177	22.589	S 55°17'59.15" E
P1911	603885.622	2098630.318	17.076	S 52°55'26.70" E
P1912	603899.246	2098620.023	25.624	S 66°26'51.14" E
P1913	603922.735	2098609.784	20.769	S 72°08'12.35" E
P1914	603942.503	2098603.413	22.362	S 69°58'00.73" E
P1915	603963.512	2098595.753	24.502	S 65°16'49.56" E
P1916	603985.768	2098585.507	20.402	S 75°35'51.74" E
P1917	604005.529	2098580.432	20.605	S 64°11'30.33" E
P1918	604024.079	2098571.462	20.605	S 64°11'31.03" E
P1919	604042.628	2098562.492	20.605	S 64°11'31.81" E
P1920	604061.177	2098553.521	27.43	S 58°59'55.49" E
P1921	604084.689	2098539.393	23.609	S 57°01'06.08" E
P1922	604104.494	2098526.541	25.078	S 62°35'47.97" E
P1923	604126.758	2098514.999	17.893	S 49°37'31.47" E
P1924	604140.389	2098503.408	16.321	S 56°32'34.73" E
P1925	604154.005	2098494.41	26.757	S 67°31'02.25" E
P1926	604178.728	2098484.179	24.665	N 89°40'41.25" E
P1927	604203.393	2098484.317	27.409	N 81°31'15.55" E
P1928	604230.503	2098488.358	30.859	N 87°16'13.41" E
P1929	604261.326	2098489.828	30.3	N 77°19'33.24" E
P1930	604290.888	2098496.476	30.3	N 77°19'32.89" E
P1931	604320.449	2098503.124	25.503	N 74°57'14.13" E
P1932	604345.078	2098509.744	30.3	N 77°19'32.25" E
P1933	604374.639	2098516.392	22.796	N 76°31'47.09" E
P1934	604396.808	2098521.703	22.199	N 89°40'38.82" E
P1935	604419.007	2098521.828	24.801	N 83°40'37.00" E
P1936	604443.657	2098524.559	23.432	N 89°40'38.29" E
P1937	604467.088	2098524.691	23.468	N 86°30'38.67" E
P1938	604490.513	2098526.119	27.255	N 84°13'06.73" E
P1939	604517.629	2098528.865	23.468	N 86°30'38.15" E
P1940	604541.054	2098530.293	19.775	S 86°33'51.73" E
P1941	604560.793	2098529.108	18.499	N 89°40'37.01" E
P1942	604579.291	2098529.212	24.801	S 84°19'20.84" E
P1943	604603.971	2098526.759	28.365	N 89°40'36.48" E
P1944	604632.335	2098526.919	23.432	N 89°40'36.19" E
P1945	604655.767	2098527.051	24.665	N 89°40'35.92" E
P1946	604680.432	2098527.19	32.3	N 82°45'40.16" E
P1947	604712.474	2098531.26	24.665	N 89°40'35.29" E
P1948	604737.139	2098531.399	24.665	N 89°40'35.02" E
P1949	604761.804	2098531.539	32.091	N 87°21'40.46" E
P1950	604793.861	2098533.016	28.365	N 89°40'34.36" E
P1951	604822.226	2098533.176	19.732	N 89°40'34.10" E
P1952	604841.957	2098533.288	18.845	S 52°04'24.29" E
P1953	604856.822	2098521.705	19.674	S 49°06'26.83" E
P1954	604871.694	2098508.826	31.581	S 25°45'48.30" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P1955	604885.421	2098480.384	28.773	S 40°20'06.26" E
P1956	604904.045	2098458.451	20.179	S 33°41'39.08" E
P1957	604915.239	2098441.662	29.261	S 27°56'41.28" E
P1958	604928.952	2098415.812	26.991	S 30°29'49.78" E
P1959	604942.649	2098392.556	33.853	S 28°35'32.33" E
P1960	604958.851	2098362.831	24.145	S 24°26'31.39" E
P1961	604968.841	2098340.85	23.668	S 21°42'59.29" E
P1962	604977.599	2098318.861	23.668	S 21°42'59.46" E
P1963	604986.356	2098296.873	24.135	S 15°07'38.27" E
P1964	604992.655	2098273.575	25.718	S 17°02'45.94" E
P1965	605000.194	2098248.987	19.445	S 0°19'27.60" E
P1966	605000.304	2098229.542	16.852	S 0°19'27.59" E
P1967	605000.399	2098212.69	16.852	S 0°19'27.58" E
P1968	605000.494	2098195.838	18.19	S 4°12'43.71" E
P1969	605001.831	2098177.697	23.334	S 0°19'27.57" E
P1970	605001.963	2098154.363	23.366	S 2°42'04.95" W
P1971	605000.861	2098131.023	23.625	S 8°41'07.62" W
P1972	604997.294	2098107.668	18.522	S 11°11'54.84" W
P1973	604993.697	2098089.499	22.346	S 9°12'22.45" W
P1974	604990.121	2098067.441	16.852	S 0°19'27.38" E
P1975	604990.217	2098050.589	21.32	S 13°42'11.62" E
P1976	604995.267	2098029.876	22.968	S 25°45'51.15" E
P1977	605005.251	2098009.191	16.669	S 31°30'57.66" E
P1978	605013.965	2097994.98	28.311	S 34°49'03.45" E
P1979	605030.129	2097971.738	21.805	S 27°13'40.33" E
P1980	605040.106	2097952.349	22.968	S 25°45'51.94" E
P1981	605050.089	2097931.664	22.022	S 19°57'32.83" E
P1982	605057.607	2097910.965	24.753	S 6°02'35.57" E
P1983	605060.213	2097886.349	26.099	S 19°38'26.15" E
P1984	605068.985	2097861.768	29.917	S 5°03'13.92" E
P1985	605071.621	2097831.967	29.816	S 0°19'28.14" E
P1986	605071.789	2097802.152	27.334	S 5°30'06.22" E
P1987	605074.41	2097774.943	15.575	S 33°59'14.12" E
P1988	605083.117	2097762.029	21.943	S 34°31'23.40" E
P1989	605095.552	2097743.951	23.418	S 39°31'15.65" E
P1990	605110.455	2097725.886	25.48	S 35°50'03.58" E
P1991	605125.372	2097705.229	23.261	S 43°53'51.49" E
P1992	605141.5	2097688.468	17.066	S 40°53'48.23" E
P1993	605152.673	2097675.568	18.405	S 24°01'52.20" E
P1994	605160.169	2097658.758	27.793	S 42°03'20.44" E
P1995	605178.786	2097638.122	22.428	S 41°36'53.63" E
P1996	605193.681	2097621.354	25.915	S 45°52'26.39" E
P1997	605212.283	2097603.31	22.394	S 50°46'23.32" E
P1998	605229.63	2097589.149	24.65	S 58°35'50.00" E
P1999	605250.67	2097576.305	18.443	S 69°44'58.98" E
P2000	605267.973	2097569.921	25.206	S 78°27'12.21" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2001	605292.669	2097564.876	18.904	S 78°27'12.40" E
P2002	605311.191	2097561.092	19.733	N 89°40'29.24" E
P2003	605330.924	2097561.204	16.086	S 85°42'10.48" E
P2004	605346.964	2097559.999	17.267	N 89°40'28.86" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2005	605364.23	2097560.097	16.086	S 85°42'10.85" E
P2006	605380.271	2097558.892	21.007	S 86°47'13.92" E
P2007	605401.244	2097557.714	20.113	S 79°10'36.77" E
P2008	605420.999	2097553.938	21.324	S 79°49'02.62" E
P2009	605441.988	2097550.168	20.068	S 67°31'20.02" E
P2010	605460.531	2097542.495	25.356	S 56°06'20.05" E
P2011	605481.579	2097528.355	13.405	S 47°43'15.88" E
P2012	605491.497	2097519.337	15.191	S 47°16'17.60" E
P2013	605502.656	2097509.029	18.935	S 27°27'05.17" E
P2014	605511.385	2097492.226	16.734	S 21°57'00.61" E
P2015	605517.64	2097476.706	19.168	S 19°05'35.27" E
P2016	605523.909	2097458.593	16.065	S 27°45'10.21" E
P2017	605531.39	2097444.375	19.168	S 19°05'34.44" E
P2018	605537.66	2097426.262	16.319	S 17°55'18.11" E
P2019	605542.682	2097410.735	27.666	S 10°35'51.39" E
P2020	605547.77	2097383.54	28.626	S 5°16'08.73" E
P2021	605550.399	2097355.035	29.917	S 5°03'19.44" E
P2022	605553.035	2097325.234	21.069	S 10°26'26.06" E
P2023	605556.853	2097304.514	18.522	S 11°50'56.17" E
P2024	605560.656	2097286.387	16.734	S 21°57'02.54" E
P2025	605566.911	2097270.867	18.405	S 24°01'58.25" E
P2026	605574.407	2097254.057	19.528	S 30°40'28.07" E
P2027	605584.37	2097237.261	24.88	S 20°37'48.53" E
P2028	605593.136	2097213.976	29.178	S 12°31'39.02" E
P2029	605599.465	2097185.493	19.528	S 30°40'28.65" E
P2030	605609.427	2097168.697	18.421	S 32°42'43.15" E
P2031	605619.383	2097153.197	21.805	S 27°13'49.66" E
P2032	605629.36	2097133.809	16.291	S 37°36'08.72" E
P2033	605639.3	2097120.902	22.39	S 30°02'46.14" E
P2034	605650.511	2097101.521	21.635	S 39°09'43.84" E
P2035	605664.174	2097084.746	17.066	S 40°53'57.07" E
P2036	605675.348	2097071.846	18.765	S 46°37'47.05" E
P2037	605688.988	2097058.96	22.968	S 25°46'02.13" E
P2038	605698.973	2097038.275	19.528	S 30°40'30.39" E
P2039	605708.936	2097021.48	18.316	S 8°03'59.74" E
P2040	605711.506	2097003.345	20.061	S 14°33'46.05" E
P2041	605716.55	2096983.929	24.754	S 6°02'43.28" E
P2042	605719.157	2096959.313	20.778	S 3°04'36.03" W
P2043	605718.042	2096938.565	24.63	S 0°19'34.79" E
P2044	605718.182	2096913.935	31.501	S 8°41'03.14" W
P2045	605713.426	2096882.796	24.753	S 5°23'33.99" W
P2046	605711.1	2096858.152	22.346	S 9°12'17.67" W
P2047	605707.525	2096836.094	16.32	S 17°55'21.15" E
P2048	605712.547	2096820.566	16.065	S 27°45'14.87" E
P2049	605720.028	2096806.349	15.536	S 23°42'48.22" E
P2050	605726.276	2096792.125	15.536	S 23°42'49.63" E
P2051	605732.524	2096777.9	19.168	S 19°05'38.96" E
P2052	605738.795	2096759.787	19.484	S 3°57'20.49" E
P2053	605740.139	2096740.35	20.061	S 14°33'46.63" E
P2054	605745.183	2096720.933	27.326	S 18°44'40.28" E
P2055	605753.964	2096695.056	37.674	S 4°04'49.90" E
P2056	605756.645	2096657.477	26.044	S 5°45'41.72" E
P2057	605759.26	2096631.565	31.331	S 7°06'31.23" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2058	605763.137	2096600.475	31.112	S 0°19'35.08" E
P2059	605763.314	2096569.363	28.519	S 0°19'35.07" E
P2060	605763.477	2096540.845	23.334	S 0°19'35.05" E
P2061	605763.609	2096517.511	24.661	S 3°11'36.18" E
P2062	605764.983	2096492.889	15.556	S 0°19'35.04" E
P2063	605765.072	2096477.333	23.367	S 3°21'07.56" E
P2064	605766.438	2096454.006	20.741	S 0°19'35.03" E
P2065	605766.556	2096433.265	28.626	S 5°16'11.58" E
P2066	605769.185	2096404.761	28.519	S 0°19'35.03" E
P2067	605769.348	2096376.242	26.044	S 5°06'31.12" W
P2068	605767.029	2096350.302	32.99	S 10°26'51.97" W
P2069	605761.047	2096317.859	22.583	S 12°17'33.58" W
P2070	605756.238	2096295.794	23.668	S 21°43'13.83" E
P2071	605764.998	2096273.806	16.734	S 21°57'06.92" E
P2072	605771.253	2096258.285	16.67	S 31°31'13.92" E
P2073	605779.968	2096244.075	15.191	S 47°16'26.27" E
P2074	605791.128	2096233.768	17.341	S 35°00'32.54" E
P2075	605801.076	2096219.565	20.143	S 59°20'18.68" E
P2076	605818.403	2096209.292	15.313	S 53°59'04.53" E
P2077	605830.789	2096200.289	19.096	S 57°25'58.61" E
P2078	605846.882	2096190.01	13.405	S 47°43'27.94" E
P2079	605856.801	2096180.992	20.619	S 51°22'20.16" E
P2080	605872.909	2096168.12	14.525	S 69°24'38.31" E
P2081	605886.506	2096163.012	13.405	S 47°43'28.52" E
P2082	605896.425	2096153.994	28.203	S 23°30'20.13" E
P2083	605907.674	2096128.131	20.098	S 25°46'08.99" E
P2084	605916.411	2096110.032	18.935	S 27°27'16.37" E
P2085	605925.141	2096093.23	16.32	S 17°55'25.54" E
P2086	605930.163	2096077.702	19.529	S 30°40'36.16" E
P2087	605940.127	2096060.906	22.391	S 30°02'54.86" E
P2088	605951.339	2096041.525	17.945	S 20°25'37.87" E
P2089	605957.602	2096024.708	19.529	S 30°40'37.66" E
P2090	605967.565	2096007.913	18.406	S 24°02'07.21" E
P2091	605975.062	2095991.103	12.963	S 0°19'37.07" E
P2092	605975.136	2095978.14	18.149	S 0°19'37.07" E
P2093	605975.239	2095959.991	20.061	S 13°54'37.05" W
P2094	605970.417	2095940.519	22.66	S 36°27'16.84" W
P2095	605956.953	2095922.293	18.765	S 45°58'42.33" W
P2096	605943.459	2095909.253	20.658	S 28°12'23.41" W
P2097	605933.695	2095891.048	21.32	S 13°03'12.96" W
P2098	605928.88	2095870.279	20.061	S 13°54'37.86" W
P2099	605924.057	2095850.806	15.575	S 33°20'17.65" W
P2100	605915.497	2095837.794	17.894	S 43°14'58.60" W
P2101	605903.237	2095824.761	25.026	S 47°20'39.97" W
P2102	605884.831	2095807.803	24.172	S 49°37'00.67" W
P2103	605866.418	2095792.142	21.473	S 43°14'58.57" W
P2104	605851.706	2095776.502	20.884	S 35°52'28.29" W
P2105	605839.468	2095759.58	14.313	S 4°37'01.84" W
P2106	605838.316	2095745.313	16.066	S 27°45'19.94" E
P2107	605845.797	2095731.096	17.894	S 43°54'10.12" E
P2108	605858.206	2095718.203	14.514	S 36°49'48.61" E
P2109	605866.906	2095706.586	17.067	S 40°54'05.32" E
P2110	605878.081	2095693.686	12.066	S 31°03'57.34" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2111	605884.307	2095683.351	13.197	S 28°11'18.36" E
P2112	605890.541	2095671.719	16.066	S 27°45'21.47" E
P2113	605898.023	2095657.502	13.816	S 32°42'52.82" E
P2114	605905.49	2095645.877	15.089	S 19°24'44.87" E
P2115	605910.505	2095631.646	16.32	S 17°55'26.60" E
P2116	605915.528	2095616.119	16.32	S 17°55'26.70" E
P2117	605920.55	2095600.591	20.887	S 7°06'34.79" E
P2118	605923.135	2095579.864	15.605	S 4°51'37.05" E
P2119	605924.457	2095564.316	15.089	S 19°24'44.82" E
P2120	605929.472	2095550.084	17.341	S 35°00'36.54" E
P2121	605939.421	2095535.881	15.575	S 33°59'32.93" E
P2122	605948.129	2095522.967	15.576	S 33°59'34.25" E
P2123	605956.837	2095510.054	16.978	S 46°55'13.29" E
P2124	605969.238	2095498.457	16.323	S 56°33'09.01" E
P2125	605982.858	2095489.46	12.855	S 60°02'51.78" E
P2126	605993.996	2095483.042	32.17	S 47°05'18.21" E
P2127	606017.558	2095461.139	21.458	S 48°40'51.95" E
P2128	606033.674	2095446.971	20.143	S 59°20'24.65" E
P2129	606051.001	2095436.699	19.096	S 57°26'04.53" E
P2130	606067.095	2095426.42	27.874	S 53°07'40.01" E
P2131	606089.394	2095409.695	20.84	S 56°17'01.87" E
P2132	606106.729	2095398.127	18.425	S 60°49'19.19" E
P2133	606122.816	2095389.144	14.356	S 25°46'12.98" E
P2134	606129.057	2095376.216	14.471	S 10°08'32.56" E
P2135	606131.605	2095361.971	19.445	S 0°19'38.43" E
P2136	606131.716	2095342.527	13.196	S 11°06'08.53" E
P2137	606134.257	2095329.578	19.601	S 7°33'27.45" E
P2138	606136.835	2095310.147	23.262	S 43°54'15.51" E
P2139	606152.967	2095293.387	18.854	S 41°11'17.24" E
P2140	606165.383	2095279.198	19.831	S 54°17'18.02" E
P2141	606181.484	2095267.623	22.395	S 50°46'46.46" E
P2142	606198.834	2095253.462	22.969	S 25°46'15.06" E
P2143	606208.821	2095232.778	26.217	S 38°02'08.24" E
P2144	606224.974	2095212.128	18.766	S 46°38'03.43" E
P2145	606238.617	2095199.243	18.766	S 46°38'02.85" E
P2146	606252.259	2095186.358	16.105	S 43°54'16.41" E
P2147	606263.427	2095174.754	12.066	S 31°04'04.86" E
P2148	606269.653	2095164.419	15.089	S 19°24'49.82" E
P2149	606274.669	2095150.188	18.935	S 27°27'24.18" E
P2150	606283.4	2095133.385	12.24	S 17°55'32.62" E
P2151	606287.167	2095121.74	21.806	S 27°14'05.14" E
P2152	606297.146	2095102.352	21.276	S 24°16'16.40" E
P2153	606305.891	2095082.956	20.098	S 25°46'16.88" E
P2154	606314.63	2095064.857	26.394	S 28°11'24.27" E
P2155	606327.098	2095041.595	17.227	S 25°46'17.83" E
P2156	606334.588	2095026.081	23.027	S 32°43'01.90" E
P2157	606347.034	2095006.707	16.67	S 31°31'25.84" E
P2158	606355.75	2094992.497	18.422	S 32°43'02.27" E
P2159	606365.707	2094976.998	19.529	S 30°40'45.77" E
P2160	606375.671	2094960.203	21.944	S 34°31'51.66" E
P2161	606388.11	2094942.125	26.006	S 41°56'11.42" E
P2162	606405.49	2094922.779	23.027	S 32°43'02.62" E
P2163	606417.936	2094903.405	16.32	S 17°55'34.18" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2164	606422.959	2094887.878	20.061	S 14°33'58.38" E
P2165	606428.005	2094868.462	16.897	S 4°30'53.22" E
P2166	606429.335	2094851.617	19.484	S 3°57'28.29" E
P2167	606430.68	2094832.179	20.061	S 14°33'58.30" E
P2168	606435.725	2094812.763	20.806	S 21°09'57.20" E
P2169	606443.237	2094793.36	22.66	S 37°06'42.38" E
P2170	606456.91	2094775.29	21.275	S 31°46'57.50" E
P2171	606468.115	2094757.205	17.254	S 12°42'47.87" E
P2172	606471.912	2094740.374	19.168	S 19°05'52.97" E
P2173	606478.184	2094722.261	19.168	S 19°05'53.09" E
P2174	606484.455	2094704.149	15.99	S 13°42'34.81" E
P2175	606488.245	2094688.614	21.32	S 13°42'34.57" E
P2176	606493.298	2094667.901	23.247	S 18°53'32.95" E
P2177	606500.825	2094645.907	15.089	S 19°24'54.38" E
P2178	606505.841	2094631.676	14.471	S 10°08'37.44" E
P2179	606508.39	2094617.43	15.556	S 0°19'42.16" E
P2180	606508.479	2094601.875	22.022	S 19°57'59.89" E
P2181	606515.999	2094581.176	19.897	S 24°17'35.56" E
P2182	606524.185	2094563.041	20.074	S 50°13'46.09" E
P2183	606539.614	2094550.199	13.935	S 62°36'30.42" E
P2184	606551.986	2094543.788	21.211	S 61°03'31.62" E
P2185	606570.548	2094533.524	27.875	S 53°07'49.93" E
P2186	606592.848	2094516.799	22.342	S 46°11'57.50" E
P2187	606608.973	2094501.336	16.979	S 46°55'25.62" E
P2188	606621.375	2094489.74	14.515	S 36°50'02.07" E
P2189	606630.077	2094478.122	21.459	S 48°41'04.48" E
P2190	606646.194	2094463.955	19.853	S 38°44'31.34" E
P2191	606658.619	2094448.47	16.67	S 31°31'31.76" E
P2192	606667.335	2094434.26	27.998	S 38°24'45.24" E
P2193	606684.731	2094412.322	17.341	S 35°00'51.02" E
P2194	606694.681	2094398.12	18.072	S 38°13'53.54" E
P2195	606705.865	2094383.924	21.944	S 34°31'57.19" E
P2196	606718.304	2094365.846	18.936	S 27°27'32.24" E
P2197	606727.035	2094349.044	17.067	S 40°54'22.52" E
P2198	606738.212	2094336.145	16.67	S 31°31'33.14" E
P2199	606746.928	2094321.935	17.341	S 35°00'51.39" E
P2200	606756.878	2094307.732	17.227	S 25°46'24.81" E
P2201	606764.369	2094292.219	20.642	S 41°25'35.67" E
P2202	606778.027	2094276.741	16.32	S 17°55'39.84" E
P2203	606783.051	2094261.214	14.313	S 5°16'23.58" E
P2204	606784.366	2094246.962	12.963	S 0°19'45.00" E
P2205	606784.441	2094233.999	16.852	S 0°19'44.99" E
P2206	606784.537	2094217.147	15.75	S 9°20'26.92" E
P2207	606787.094	2094201.605	13.481	S 15°36'11.56" W
P2208	606783.468	2094188.621	19.445	S 0°19'44.95" E
P2209	606783.579	2094169.176	27.223	S 0°19'44.94" E
P2210	606783.736	2094141.954	20.741	S 0°19'44.93" E
P2211	606783.855	2094121.213	19.445	S 0°19'44.92" E
P2212	606783.967	2094101.768	22.072	S 2°52'29.59" W
P2213	606782.86	2094079.724	23.626	S 8°40'57.38" W
P2214	606779.293	2094056.369	23.367	S 2°41'50.08" W
P2215	606778.193	2094033.028	27.334	S 5°30'27.53" E
P2216	606780.817	2094005.82	19.445	S 0°19'44.81" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2217	606780.929	2093986.376	27.473	S 8°04'14.12" E
P2218	606784.786	2093959.174	24.907	S 8°52'25.72" E
P2219	606788.628	2093934.566	25.12	S 11°39'27.06" E
P2220	606793.704	2093909.964	28.546	S 2°48'21.00" E
P2221	606795.101	2093881.453	18.807	S 15°32'21.61" E
P2222	606800.139	2093863.333	18.522	S 11°51'16.43" E
P2223	606803.944	2093845.206	23.85	S 12°16'09.81" E
P2224	606809.013	2093821.901	15.536	S 23°43'10.82" E
P2225	606815.262	2093807.677	24.753	S 6°02'58.09" E
P2226	606817.871	2093783.061	20.4	S 17°55'41.26" E
P2227	606824.151	2093763.652	19.168	S 19°05'59.65" E
P2228	606830.423	2093745.539	20.098	S 25°46'28.25" E
P2229	606839.162	2093727.44	31.563	S 39°02'09.69" E
P2230	606859.041	2093702.924	23.998	S 61°14'26.10" E
P2231	606880.078	2093691.378	18.074	S 55°18'55.46" E
P2232	606894.941	2093681.092	11.807	S 57°01'59.58" E
P2233	606904.847	2093674.668	16.324	S 56°33'29.00" E
P2234	606918.468	2093665.671	19.509	S 62°36'38.45" E
P2235	606935.79	2093656.697	14.732	S 14°52'42.76" E
P2236	606939.573	2093642.458	18.149	S 0°19'46.35" E
P2237	606939.677	2093624.31	27.251	S 2°15'54.71" W
P2238	606938.6	2093597.081	29.179	S 11°52'26.88" W
P2239	606932.597	2093568.526	28.546	S 2°08'50.04" W
P2240	606931.527	2093540.001	32.99	S 10°26'46.60" W
P2241	606925.545	2093507.558	25.956	S 2°23'40.51" W
P2242	606924.461	2093481.624	31.21	S 4°12'17.19" W
P2243	606922.173	2093450.499	32.99	S 10°26'47.07" W
P2244	606916.191	2093418.056	24.754	S 5°23'26.53" W
P2245	606913.866	2093393.412	27.334	S 4°50'57.46" W
P2246	606911.555	2093366.175	26.392	S 10°26'47.40" W
P2247	606906.77	2093340.22	20.887	S 6°27'14.86" W
P2248	606904.422	2093319.465	22.583	S 12°17'29.95" W
P2249	606899.614	2093297.4	26.962	S 15°36'14.92" W
P2250	606892.361	2093271.431	28.957	S 19°35'51.06" W
P2251	606882.649	2093244.152	25.391	S 13°43'47.93" W
P2252	606876.623	2093219.487	28.211	S 14°52'52.97" W
P2253	606869.377	2093192.222	35.486	S 17°54'11.28" W
P2254	606858.469	2093158.454	29.4	S 21°51'30.60" W
P2255	606847.523	2093131.168	20.4	S 17°16'14.63" W
P2256	606841.466	2093111.688	21.32	S 13°03'11.66" W
P2257	606836.651	2093090.919	17.254	S 12°03'23.92" W
P2258	606833.047	2093074.045	22.022	S 19°18'38.38" W
P2259	606825.764	2093053.262	20.4	S 17°16'14.15" W
P2260	606819.708	2093033.782	26.534	S 21°30'23.07" W
P2261	606809.981	2093009.095	21.639	S 16°13'58.12" W
P2262	606803.932	2092988.319	26.392	S 10°26'49.60" W
P2263	606799.146	2092962.365	26.1	S 18°59'30.35" W
P2264	606790.652	2092937.685	26.65	S 13°03'13.58" W
P2265	606784.633	2092911.724	27.913	S 12°26'15.60" W
P2266	606778.621	2092884.466	21.276	S 23°37'01.05" W
P2267	606770.097	2092864.972	24.881	S 19°58'47.97" W
P2268	606761.596	2092841.589	24.48	S 17°16'16.26" W
P2269	606754.328	2092818.213	22.885	S 15°18'28.47" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2270	606748.286	2092796.14	27.473	S 7°24'46.62" W
P2271	606744.742	2092768.897	21.069	S 9°47'18.13" W
P2272	606741.16	2092748.134	27.251	S 2°55'24.30" E
P2273	606742.55	2092720.919	25.956	S 2°23'43.44" W
P2274	606741.465	2092694.986	29.815	S 0°19'43.58" E
P2275	606741.636	2092665.171	22.038	S 0°19'43.56" E
P2276	606741.762	2092643.134	19.484	S 3°57'32.00" E
P2277	606743.107	2092623.696	18.149	S 0°19'43.55" E
P2278	606743.212	2092605.548	16.897	S 4°30'55.92" E
P2279	606744.542	2092588.703	19.445	S 0°19'43.55" E
P2280	606744.653	2092569.258	19.601	S 6°54'09.52" W
P2281	606742.298	2092549.8	23.334	S 0°19'43.50" E
P2282	606742.432	2092526.466	22.072	S 2°52'31.02" W
P2283	606741.325	2092504.422	17.032	S 8°00'03.45" W
P2284	606738.954	2092487.556	19.601	S 6°54'09.60" W
P2285	606736.598	2092468.097	26.392	S 10°26'51.74" W
P2286	606731.812	2092442.143	17.778	S 4°19'32.84" W
P2287	606730.471	2092424.416	22.58	S 5°24'41.65" W
P2288	606728.342	2092401.936	25.12	S 11°00'02.46" W
P2289	606723.548	2092377.278	26.962	S 15°36'19.39" W
P2290	606716.295	2092351.309	21.069	S 9°47'19.51" W
P2291	606712.713	2092330.547	20.887	S 6°27'19.86" W
P2292	606710.365	2092309.792	27.937	S 12°54'58.85" W
P2293	606704.12	2092282.562	22.18	S 5°27'17.29" W
P2294	606702.012	2092260.483	22.583	S 12°17'35.38" W
P2295	606697.203	2092238.418	28.943	S 9°29'17.93" W
P2296	606692.432	2092209.871	26.963	S 15°36'20.34" W
P2297	606685.179	2092183.902	17.254	S 12°03'29.52" W
P2298	606681.575	2092167.029	30.221	S 9°04'09.77" W
P2299	606676.811	2092137.186	26.189	S 7°47'44.99" W
P2300	606673.258	2092111.238	22.583	S 12°17'36.15" W
P2301	606668.45	2092089.173	18.149	S 0°19'42.40" E
P2302	606668.554	2092071.025	25.927	S 0°19'42.39" E
P2303	606668.703	2092045.099	22.038	S 0°19'42.38" E
P2304	606668.829	2092023.061	25.926	S 0°19'42.36" E
P2305	606668.978	2091997.135	27.251	S 2°15'58.73" W
P2306	606667.9	2091969.906	29.464	S 14°13'18.07" W
P2307	606660.661	2091941.345	22.038	S 0°19'42.22" E
P2308	606660.788	2091919.308	24.661	S 2°32'21.52" W
P2309	606659.695	2091894.671	23.334	S 0°19'42.19" E
P2310	606659.829	2091871.337	24.63	S 0°19'42.17" E
P2311	606659.97	2091846.708	27.334	S 4°51'02.00" W
P2312	606657.659	2091819.471	27.473	S 7°24'50.47" W
P2313	606654.114	2091792.228	35.12	S 15°59'36.26" W
P2314	606644.437	2091758.467	20.778	S 3°04'32.33" W
P2315	606643.322	2091737.719	28.211	S 14°53'00.48" W
P2316	606636.076	2091710.454	25.701	S 16°05'05.28" W
P2317	606628.955	2091685.759	25.943	S 10°26'54.87" W
P2318	606624.25	2091660.246	24.942	S 10°53'11.50" W
P2319	606619.54	2091635.752	30.565	S 14°22'56.30" W
P2320	606611.948	2091606.145	20.755	S 10°26'55.22" W
P2321	606608.184	2091585.735	22.041	S 5°29'46.08" W
P2322	606606.073	2091563.795	23.464	S 5°42'30.08" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2323	606603.739	2091540.448	22.038	S 0°19'41.35" E
P2324	606603.865	2091518.411	25.927	S 0°19'41.34" E
P2325	606604.014	2091492.485	32.782	S 8°19'48.28" W
P2326	606599.264	2091460.049	22.038	S 0°19'41.25" E
P2327	606599.39	2091438.012	27.334	S 4°51'03.33" W
P2328	606597.079	2091410.775	33.907	S 5°56'19.44" W
P2329	606593.571	2091377.05	42.85	S 2°58'22.89" W
P2330	606591.348	2091334.258	32.432	S 1°51'07.96" W
P2331	606590.3	2091301.843	31.331	S 6°27'22.27" W
P2332	606586.777	2091270.711	24.754	S 5°23'34.77" W
P2333	606584.451	2091246.067	25.956	S 3°03'09.63" E
P2334	606585.833	2091220.148	20.061	S 14°34'06.78" E
P2335	606590.879	2091200.732	27.473	S 8°04'14.51" E
P2336	606594.736	2091173.531	27.913	S 13°05'45.04" E
P2337	606601.061	2091146.344	22.072	S 3°31'57.44" E
P2338	606602.421	2091124.313	31.073	S 23°43'18.33" E
P2339	606614.921	2091095.865	19.601	S 7°33'36.19" E
P2340	606617.5	2091076.435	19.53	S 30°41'06.36" E
P2341	606627.467	2091059.64	21.32	S 13°42'43.13" E
P2342	606632.52	2091038.927	21.276	S 24°16'35.61" E
P2343	606641.268	2091019.532	17.946	S 20°26'00.80" E
P2344	606647.533	2091002.715	15.537	S 23°43'18.91" E
P2345	606653.784	2090988.491	20.806	S 21°10'12.63" E
P2346	606661.298	2090969.089	22.175	S 6°43'00.90" E
P2347	606663.891	2090947.066	29.841	S 2°41'51.91" E
P2348	606665.296	2090917.258	27.223	S 0°19'41.65" E
P2349	606665.452	2090890.036	32.408	S 0°19'41.64" E
P2350	606665.638	2090857.628	36.297	S 0°19'41.62" E
P2351	606665.845	2090821.332	31.98	S 13°42'44.37" E
P2352	606673.426	2090790.263	19.794	S 11°06'19.61" E
P2353	606677.239	2090770.84	24.677	S 27°04'14.42" E
P2354	606688.469	2090748.866	26.963	S 16°15'49.23" E
P2355	606696.02	2090722.983	29.4	S 22°31'07.24" E
P2356	606707.28	2090695.824	33.469	S 21°57'35.65" E
P2357	606719.796	2090664.783	41.19	S 19°33'58.99" E
P2358	606733.591	2090625.972	25.336	S 23°15'25.66" E
P2359	606743.594	2090602.695	20.061	S 14°34'10.59" E
P2360	606748.641	2090583.279	21.277	S 24°16'38.53" E
P2361	606757.389	2090563.884	24.881	S 20°38'22.06" E
P2362	606766.159	2090540.6	16.32	S 17°55'49.59" E
P2363	606771.183	2090525.073	18.808	S 15°32'28.89" E
P2364	606776.223	2090506.953	19.6	S 22°31'09.21" E
P2365	606783.729	2090488.847	27.327	S 18°45'08.65" E
P2366	606792.515	2090462.97	21.277	S 24°16'39.01" E
P2367	606801.263	2090443.575	17.56	S 16°39'05.24" E
P2368	606806.294	2090426.752	18.815	S 30°12'23.97" E
P2369	606815.761	2090410.492	22.631	S 40°21'08.77" E
P2370	606830.414	2090393.245	15.821	S 42°29'32.76" E
P2371	606841.101	2090381.579	30.908	S 57°17'17.73" E
P2372	606867.107	2090364.876	24.132	S 46°02'09.60" E
P2373	606884.477	2090348.123	22.432	S 41°37'48.29" E
P2374	606899.379	2090331.356	19.834	S 54°17'49.75" E
P2375	606915.485	2090319.782	17.069	S 40°54'45.60" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2376	606926.664	2090306.882	24.132	S 46°02'09.92" E
P2377	606944.034	2090290.13	30.418	S 26°49'39.20" E
P2378	606957.762	2090262.985	25.841	S 25°46'43.09" E
P2379	606969	2090239.716	32.241	S 32°43'30.34" E
P2380	606986.43	2090212.592	29.264	S 27°57'37.54" E
P2381	607000.15	2090186.744	25.881	S 31°57'23.01" E
P2382	607013.849	2090164.785	27.742	S 21°10'18.45" E
P2383	607023.868	2090138.916	25.841	S 25°46'43.53" E
P2384	607035.107	2090115.646	36.2	S 31°04'35.43" E
P2385	607053.792	2090084.641	20.182	S 33°42'40.77" E
P2386	607064.994	2090067.853	18.423	S 32°43'32.96" E
P2387	607074.954	2090052.354	17.228	S 25°46'43.82" E
P2388	607082.446	2090036.841	20.806	S 21°10'19.00" E
P2389	607089.96	2090017.439	18.937	S 27°27'53.63" E
P2390	607098.694	2090000.637	16.671	S 31°31'56.89" E
P2391	607107.413	2089986.427	21.277	S 24°16'43.27" E
P2392	607116.161	2089967.032	22.537	S 34°26'19.63" E
P2393	607128.907	2089948.445	22.267	S 34°50'04.43" E
P2394	607141.626	2089930.168	22.492	S 47°29'53.23" E
P2395	607158.208	2089914.972	22.518	S 43°54'54.00" E
P2396	607173.826	2089898.751	22.631	S 40°21'13.89" E
P2397	607188.48	2089881.505	22.492	S 47°29'53.34" E
P2398	607205.063	2089866.309	23.213	S 49°07'36.38" E
P2399	607222.616	2089851.118	28.122	S 42°22'12.63" E
P2400	607241.568	2089830.341	16.107	S 43°54'55.31" E
P2401	607252.74	2089818.738	19.361	S 37°49'41.32" E
P2402	607264.614	2089803.446	21.373	S 37°25'34.04" E
P2403	607277.603	2089786.473	34.455	S 25°46'47.71" E
P2404	607292.588	2089755.447	33.289	S 26°44'19.98" E
P2405	607307.566	2089725.717	28.211	S 15°32'36.18" E
P2406	607315.125	2089698.537	33.469	S 21°57'45.64" E
P2407	607327.643	2089667.497	22.885	S 15°58'10.64" E
P2408	607333.939	2089645.496	24.881	S 20°38'31.26" E
P2409	607342.711	2089622.212	29.889	S 24°42'44.83" E
P2410	607355.206	2089595.061	24.881	S 20°38'31.65" E
P2411	607363.977	2089571.777	26.101	S 19°39'16.33" E
P2412	607372.756	2089547.197	20.099	S 25°46'49.60" E
P2413	607381.498	2089529.099	17.56	S 16°39'13.90" E
P2414	607386.53	2089512.275	14.732	S 14°52'55.56" E
P2415	607390.314	2089498.037	22.583	S 12°57'13.73" E
P2416	607395.376	2089476.028	22.583	S 12°57'13.82" E
P2417	607400.439	2089454.02	19.601	S 7°33'47.30" E
P2418	607403.018	2089434.589	25.12	S 11°39'41.09" E
P2419	607408.096	2089409.988	21.069	S 10°26'56.29" E
P2420	607411.917	2089389.269	24.661	S 3°11'53.22" E
P2421	607413.293	2089364.646	15.537	S 23°43'35.00" E
P2422	607419.544	2089350.422	20.887	S 7°06'54.86" E
P2423	607422.132	2089329.696	15.99	S 13°42'55.60" E
P2424	607425.923	2089314.161	15.605	S 4°51'55.37" E
P2425	607427.246	2089298.613	21.32	S 13°42'55.64" E
P2426	607432.301	2089277.9	22.346	S 9°51'55.47" E
P2427	607436.13	2089255.885	21.639	S 16°53'43.10" E
P2428	607442.419	2089235.179	20.888	S 7°06'55.20" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2429	607445.006	2089214.453	20.062	S 14°34'21.25" E
P2430	607450.054	2089195.036	22.346	S 9°51'55.77" E
P2431	607453.883	2089173.021	23.626	S 9°20'41.06" E
P2432	607457.719	2089149.709	21.069	S 10°26'57.19" E
P2433	607461.54	2089128.989	21.069	S 10°26'58.47" E
P2434	607465.361	2089108.27	20.062	S 14°34'21.69" E
P2435	607470.409	2089088.854	26.392	S 11°06'31.59" E
P2436	607475.494	2089062.956	19.601	S 7°33'48.59" E
P2437	607478.074	2089043.526	22.346	S 9°51'55.31" E
P2438	607481.902	2089021.51	29.917	S 5°03'43.48" E
P2439	607484.542	2088991.709	28.519	S 0°19'49.55" E
P2440	607484.707	2088963.19	28.626	S 5°16'33.34" E
P2441	607487.339	2088934.686	27.334	S 5°30'37.44" E
P2442	607489.964	2088907.478	23.366	S 2°41'48.46" W
P2443	607488.864	2088884.137	27.223	S 0°19'49.53" E
P2444	607489.021	2088856.915	25.956	S 3°03'19.47" E
P2445	607490.405	2088830.996	27.334	S 5°30'36.73" E
P2446	607493.03	2088803.788	27.473	S 8°04'26.66" E
P2447	607496.888	2088776.587	24.63	S 0°19'49.55" E
P2448	607497.03	2088751.957	28.758	S 7°43'33.98" E
P2449	607500.897	2088723.46	28.546	S 2°48'28.20" E
P2450	607502.295	2088694.948	20.741	S 0°19'49.56" E
P2451	607502.414	2088674.208	32.782	S 8°59'23.88" E
P2452	607507.537	2088641.828	30.044	S 7°24'27.81" E
P2453	607511.411	2088612.035	29.917	S 5°03'44.00" E
P2454	607514.05	2088582.234	22.175	S 6°43'11.86" E
P2455	607516.645	2088560.211	22.583	S 12°57'16.81" E
P2456	607521.708	2088538.203	27.473	S 8°04'27.21" E
P2457	607525.567	2088511.002	32.619	S 6°50'48.82" E
P2458	607529.456	2088478.615	24.907	S 8°52'39.71" E
P2459	607533.299	2088454.007	26.392	S 11°06'33.21" E
P2460	607538.385	2088428.109	17.032	S 8°39'43.31" E
P2461	607540.95	2088411.272	18.316	S 8°04'26.80" E
P2462	607543.522	2088393.138	22.072	S 3°32'07.92" E
P2463	607544.883	2088371.108	20.778	S 3°44'06.36" E
P2464	607546.237	2088350.374	29.917	S 5°03'43.68" E
P2465	607548.877	2088320.573	32.782	S 8°59'24.88" E
P2466	607553.999	2088288.194	35.196	S 6°22'04.86" E
P2467	607557.903	2088253.215	24.661	S 3°11'54.83" E
P2468	607559.279	2088228.593	25.956	S 3°03'19.36" E
P2469	607560.663	2088202.674	31.136	S 2°36'07.05" E
P2470	607562.076	2088171.57	25.926	S 0°19'49.90" E
P2471	607562.226	2088145.644	32.432	S 1°51'00.52" W
P2472	607561.179	2088113.229	40.186	S 0°19'49.85" E
P2473	607561.41	2088073.044	27.223	S 0°19'49.84" E
P2474	607561.567	2088045.821	28.546	S 2°08'49.14" W
P2475	607560.498	2088017.296	31.209	S 4°12'17.70" W
P2476	607558.21	2087986.17	27.251	S 2°55'32.87" E
P2477	607559.601	2087958.955	23.334	S 0°19'49.75" E
P2478	607559.735	2087935.621	24.661	S 3°11'54.83" E
P2479	607561.111	2087910.999	19.445	S 0°19'49.73" E
P2480	607561.223	2087891.554	28.519	S 0°19'49.72" E
P2481	607561.388	2087863.036	24.753	S 5°23'29.09" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2482	607559.062	2087838.392	24.907	S 8°13'02.10" W
P2483	607555.502	2087813.741	26.101	S 18°59'44.33" W
P2484	607547.006	2087789.061	31.331	S 6°27'18.39" W
P2485	607543.484	2087757.929	26.651	S 13°03'21.37" W
P2486	607537.464	2087731.967	22.175	S 6°03'33.93" W
P2487	607535.123	2087709.916	26.101	S 18°59'44.99" W
P2488	607526.627	2087685.236	25.956	S 2°23'40.53" W
P2489	607525.542	2087659.303	28.758	S 7°03'56.83" W
P2490	607522.005	2087630.763	28.212	S 14°53'04.99" W
P2491	607514.758	2087603.498	24.661	S 2°32'16.26" W
P2492	607513.666	2087578.861	28.56	S 17°16'27.95" W
P2493	607505.185	2087551.589	30.447	S 11°21'41.27" W
P2494	607499.187	2087521.738	28.626	S 4°36'57.15" W
P2495	607496.883	2087493.206	26.651	S 13°03'21.92" W
P2496	607490.863	2087467.244	28.943	S 9°29'21.10" W
P2497	607486.091	2087438.697	18.522	S 11°11'56.16" W
P2498	607482.494	2087420.527	24.907	S 8°13'03.90" W
P2499	607478.934	2087395.876	25.12	S 11°00'08.08" W
P2500	607474.14	2087371.218	27.209	S 13°02'46.63" W
P2501	607467.998	2087344.711	18.25	S 14°57'22.08" W
P2502	607463.288	2087327.08	21.069	S 9°47'24.11" W
P2503	607459.705	2087306.318	24.373	S 11°40'55.06" W
P2504	607454.77	2087282.45	21.658	S 5°51'00.66" W
P2505	607452.563	2087260.905	23.366	S 2°41'50.86" W
P2506	607451.463	2087237.564	22.037	S 0°19'48.11" E
P2507	607451.59	2087215.527	23.366	S 2°41'49.95" W
P2508	607450.49	2087192.187	23.85	S 11°36'51.96" W
P2509	607445.689	2087168.825	22.346	S 9°12'21.25" W
P2510	607442.114	2087146.766	22.175	S 6°03'37.05" W
P2511	607439.773	2087124.715	23.334	S 0°19'47.91" E
P2512	607439.907	2087101.382	24.907	S 8°13'05.09" W
P2513	607436.347	2087076.731	23.464	S 5°42'28.00" W
P2514	607434.013	2087053.383	24.661	S 2°32'17.79" W
P2515	607432.921	2087028.746	24.754	S 5°23'32.73" W
P2516	607430.595	2087004.102	17.032	S 8°00'06.80" W
P2517	607428.224	2086987.236	24.907	S 8°13'05.61" W
P2518	607424.664	2086962.585	20.887	S 6°27'21.32" W
P2519	607422.315	2086941.83	22.175	S 6°03'37.65" W
P2520	607419.974	2086919.779	20.778	S 3°04'29.93" W
P2521	607418.859	2086899.031	20.778	S 3°04'29.97" W
P2522	607417.745	2086878.283	22.346	S 9°12'23.23" W
P2523	607414.169	2086856.225	17.032	S 8°39'42.25" E
P2524	607416.734	2086839.387	15.556	S 0°19'47.48" E
P2525	607416.824	2086823.831	58.628	S 69°20'50.75" W
P2526	607361.964	2086803.153	1454.376	S 69°20'50.75" W
P2527	606001.051	2086290.194	700.804	S 19°17'24.17" W
P2528	605769.54	2085628.735	926.044	S 0°00'00.00" E
P2529	605769.54	2084702.691	609.836	S 77°28'16.29" W
P2530	605174.226	2084570.399	449.841	S 36°01'38.54" W
P2531	604909.643	2084206.596	1821.718	S 86°52'40.33" W
P2532	603090.629	2084107.377	186.184	S 52°45'54.60" W
P2533	602942.396	2083994.72	1890.841	S 52°45'54.60" W
P2534	601436.979	2082850.604	850.304	N 76°30'15.36" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2535	600610.155	2083049.042	873.152	S 52°41'45.79" W
P2536	599915.622	2082519.874	725.347	S 43°09'08.60" W
P2537	599419.527	2081990.707	816.842	S 21°22'14.24" W
P2538	599121.871	2081230.028	1333.215	S 46°00'18.31" W
P2539	598162.754	2080303.984	402.35	S 9°27'44.36" W
P2540	598096.608	2079907.109	707.793	S 52°35'40.72" W
P2541	597534.367	2079477.16	986.662	S 13°34'13.56" W
P2542	597302.857	2078518.043	1270.623	S 38°39'35.31" W
P2543	596509.105	2077525.854	1128.85	S 58°10'21.19" W
P2544	595549.988	2076930.54	786.136	N 14°37'15.15" W
P2545	595351.551	2077691.219	1653.98	N 1°08'44.75" E
P2546	595384.624	2079344.868	2532.622	N 49°14'11.02" W
P2547	593466.391	2080998.517	3795.764	N 48°31'56.26" W
P2548	590622.114	2083512.064	3120.099	N 57°59'40.62" W
P2549	587976.275	2085165.713	2511.152	N 49°48'28.63" W
P2550	586058.042	2086786.289	853.514	N 54°27'44.36" W
P2551	585363.51	2087282.384	1045.86	N 55°18'17.45" W
P2552	584503.612	2087877.698	3604.196	N 47°13'52.23" W
P2553	581857.774	2090325.098	3956.198	N 54°11'02.11" W
P2554	578649.694	2092640.207	313.758	N 71°33'54.18" W
P2555	578352.037	2092739.426	5913.326	N 62°44'15.62" W
P2556	573095.572	2095448.115	2504.85	N 46°16'10.02" W
P2557	571285.57	2097179.637	3078.738	N 28°46'03.54" W
P2558	569803.901	2099878.393	1793.314	N 18°49'38.49" W
P2559	569225.167	2101575.755	625.606	N 18°49'38.49" W
P2560	569023.273	2102167.888	868.126	N 40°21'52.33" W
P2561	568461.032	2102829.348	1208.183	N 2°21'11.87" W
P2562	568411.423	2104036.512	2720.251	N 14°51'16.49" W
P2563	567714.041	2106665.851	1996.863	N 57°59'40.62" W
P2564	566020.704	2107724.186	1547.488	N 86°51'49.11" W
P2565	564475.535	2107808.853	2652.181	N 81°44'26.02" W
P2566	561850.863	2108189.854	2887.142	N 73°49'25.70" W
P2567	559078.024	2108994.189	665.651	N 59°40'00.12" W
P2568	558503.499	2109330.362	526.948	N 22°22'33.49" E
P2569	558704.099	2109817.634	261.392	N 22°22'33.49" E
P2570	558803.607	2110059.345	67.456	N 11°18'35.76" E
P2571	558816.836	2110125.49	89.529	N 34°09'34.90" E
P2572	558867.107	2110199.574	81.722	N 29°03'16.57" E
P2573	558906.794	2110271.012	61.084	N 85°01'48.93" E
P2574	558967.649	2110276.303	106.788	S 48°00'46.04" E
P2575	559047.024	2110204.866	98.431	S 53°44'46.18" E
P2576	559126.399	2110146.657	56.127	S 45°00'00.00" E
P2577	559166.087	2110106.97	100.681	N 3°00'46.04" W
P2578	559160.795	2110207.511	98.217	N 4°38'07.67" W
P2579	559152.857	2110305.408	68.995	N 57°31'43.71" E
P2580	559211.066	2110342.449	110.81	N 56°41'21.73" E
P2581	559303.67	2110403.304	99.175	N 43°55'08.67" W
P2582	559234.878	2110474.741	122.568	S 57°20'20.71" W
P2583	559131.691	2110408.595	69.45	N 17°44'40.82" E
P2584	559152.857	2110474.741	86.669	N 12°20'20.71" W
P2585	559134.337	2110559.408	133.792	N 24°32'15.82" E
P2586	559189.899	2110681.117	127.715	N 50°02'32.82" W
P2587	559092.003	2110763.138	60.45	N 23°11'54.93" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2588	559115.816	2110818.7	150.441	N 66°08'23.37" E
P2589	559253.399	2110879.554	74.507	N 16°30'15.70" E
P2590	559274.566	2110950.992	107.962	N 36°01'38.54" W
P2591	559211.066	2111038.305	88.111	N 48°39'08.00" W
P2592	559144.92	2111096.513	103.323	N 39°48'20.06" W
P2593	559078.774	2111175.888	68.792	N 0°00'00.00" E
P2594	559078.774	2111244.68	82.659	N 39°48'20.06" W
P2595	559025.857	2111308.18	135.765	N 33°04'14.44" W
P2596	558951.774	2111421.951	76.912	N 3°56'42.67" W
P2597	558946.482	2111498.681	88.744	N 10°18'17.45" E
P2598	558962.357	2111585.993	80.339	N 17°14'29.25" E
P2599	558986.17	2111662.723	73.514	N 30°15'23.17" E
P2600	559023.211	2111726.223	97.61	N 32°49'42.75" E
P2601	559076.128	2111808.244	53.574	N 69°46'30.51" E
P2602	559126.399	2111826.765	45.057	S 86°38'00.74" E
P2603	559171.378	2111824.119	97.07	S 72°33'10.12" E
P2604	559263.983	2111795.015	53.574	S 57°05'41.13" E
P2605	559308.962	2111765.91	82.192	S 56°49'17.36" E
P2606	559377.754	2111720.931	86.142	S 47°29'22.39" E
P2607	559441.254	2111662.723	72.266	S 23°44'58.18" E
P2608	559470.358	2111596.577	87.353	S 1°44'08.54" W
P2609	559467.712	2111509.264	63.94	S 24°26'38.24" E
P2610	559494.171	2111451.056	55.626	S 25°20'46.23" E
P2611	559517.983	2111400.785	36.757	S 59°44'36.83" E
P2612	559549.733	2111382.264	52.983	S 2°51'44.66" W
P2613	559547.087	2111329.347	78.175	S 66°02'15.04" E
P2614	559618.525	2111297.597	52.385	N 45°00'00.00" E
P2615	559655.567	2111334.639	48.571	N 29°21'27.91" E
P2616	559679.379	2111376.972	20.15	S 66°48'05.07" E
P2617	559697.9	2111369.035	53.509	S 8°31'50.76" E
P2618	559705.838	2111316.118	82.828	S 63°26'05.82" E
P2619	559779.921	2111279.076	74.882	S 57°59'40.62" E
P2620	559843.421	2111239.389	83.081	S 37°14'05.40" E
P2621	559893.692	2111173.243	57.786	S 74°03'16.57" E
P2622	559949.255	2111157.368	73.18	S 40°36'04.66" E
P2623	559996.88	2111101.805	35.987	N 53°58'21.46" E
P2624	560025.984	2111122.972	47.625	N 0°00'00.00" E
P2625	560025.984	2111170.597	67.611	S 59°25'14.78" E
P2626	560084.193	2111136.201	95.873	S 50°35'57.62" E
P2627	560158.276	2111075.347	95.476	N 69°19'48.47" E
P2628	560247.606	2111109.048	98.324	N 23°48'21.40" W
P2629	560207.919	2111199.006	87.952	N 15°42'31.10" W
P2630	560184.106	2111283.673	92.755	N 3°16'13.76" W
P2631	560178.814	2111376.278	101.787	N 27°53'50.18" E
P2632	560226.439	2111466.236	135.997	N 52°54'25.79" E
P2633	560334.919	2111548.257	111.062	N 12°22'50.72" E
P2634	560358.731	2111656.737	92.15	N 50°49'34.83" E
P2635	560430.169	2111714.945	98.857	N 74°28'33.20" E
P2636	560525.419	2111741.403	118.857	N 73°10'42.92" E
P2637	560639.19	2111775.799	76.729	N 43°36'10.15" E
P2638	560692.107	2111831.362	121.967	N 3°43'53.03" W
P2639	560684.17	2111953.07	83.669	N 18°26'05.82" E
P2640	560710.628	2112032.446	43.796	N 25°01'00.82" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2641	560729.149	2112072.133	95.617	N 75°34'45.22" E
P2642	560821.753	2112095.946	119.18	S 87°27'18.70" E
P2643	560940.816	2112090.654	108.866	N 64°03'27.74" E
P2644	561038.712	2112138.279	61.768	N 9°51'56.91" E
P2645	561049.295	2112199.133	68.995	N 32°28'16.29" E
P2646	561086.337	2112257.342	55.056	N 35°13'03.33" E
P2647	561118.087	2112302.321	58.269	N 39°28'20.86" E
P2648	561155.129	2112347.3	63.94	N 24°26'38.24" E
P2649	561181.587	2112405.509	74.507	N 16°30'15.70" E
P2650	561202.754	2112476.946	73.371	N 25°38'27.62" E
P2651	561234.504	2112543.092	58.747	N 54°09'44.45" E
P2652	561282.129	2112577.488	79.99	N 55°47'03.47" E
P2653	561348.275	2112622.468	91.845	N 78°21'58.92" E
P2654	561438.234	2112640.988	80.078	N 82°24'19.28" E
P2655	561517.609	2112651.572	59.163	S 63°26'05.82" E
P2656	561570.526	2112625.113	75.673	S 53°31'50.76" E
P2657	561631.38	2112580.134	113.648	N 77°54'18.87" E
P2658	561742.505	2112603.947	55.056	N 54°46'56.67" E
P2659	561787.484	2112635.697	99.843	N 57°59'40.62" E
P2660	561872.151	2112688.614	79.419	N 88°05'27.05" E
P2661	561951.526	2112691.259	74.929	S 42°08'15.34" E
P2662	562001.797	2112635.697	74.507	S 16°30'15.70" W
P2663	561980.63	2112564.259	45.289	S 6°42'35.41" E
P2664	561985.922	2112519.28	69.248	S 6°34'55.00" E
P2665	561993.86	2112450.488	57.238	S 33°41'24.24" E
P2666	562025.61	2112402.863	89.529	N 71°01'46.53" E
P2667	562110.277	2112431.967	56.562	N 79°12'56.53" E
P2668	562165.839	2112442.551	91.233	S 60°27'40.38" E
P2669	562245.214	2112397.571	84.211	S 46°16'22.91" E
P2670	562306.069	2112339.363	111.251	N 87°16'25.28" E
P2671	562417.194	2112344.655	82.404	S 42°23'50.78" E
P2672	562472.756	2112283.8	105.37	S 38°53'04.19" W
P2673	562406.611	2112201.779	108.512	S 44°59'60.00" W
P2674	562329.881	2112125.05	33.883	S 51°20'24.69" E
P2675	562356.34	2112103.883	69.852	S 65°22'35.17" E
P2676	562419.84	2112074.779	68.69	S 74°21'27.91" E
P2677	562485.986	2112056.258	47.699	N 56°18'35.76" E
P2678	562525.673	2112082.717	39.688	N 36°52'11.63" E
P2679	562549.486	2112114.467	62.444	S 53°36'56.33" E
P2680	562599.757	2112077.425	52.983	S 87°08'15.34" E
P2681	562652.674	2112074.779	71.241	S 21°48'05.07" E
P2682	562679.132	2112008.633	63.94	S 24°26'38.24" W
P2683	562652.674	2111950.425	49.428	S 15°31'26.80" E
P2684	562665.903	2111902.799	37.418	S 8°07'48.37" W
P2685	562660.611	2111865.758	66.199	S 2°17'26.20" W
P2686	562657.965	2111799.612	85.326	S 7°07'30.06" E
P2687	562668.549	2111714.945	71.084	S 18°12'36.54" E
P2688	562690.763	2111647.421	36.59	N 77°28'16.29" E
P2689	562726.481	2111655.358	78.577	N 44°59'60.00" E
P2690	562782.044	2111710.921	67.469	N 90°00'00.00" E
P2691	562849.513	2111710.921	92.652	S 46°44'08.54" E
P2692	562916.982	2111647.421	81.722	S 29°03'16.57" E
P2693	562956.669	2111575.983	87.673	S 5°11'39.94" W

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2694	562948.732	2111488.671	75.823	S 42°52'44.05" E
P2695	563000.326	2111433.108	95.58	S 41°38'00.74" E
P2696	563063.826	2111361.67	113.509	S 53°31'50.76" E
P2697	563155.107	2111294.201	131.029	S 54°51'56.90" E
P2698	563262.264	2111218.795	89.187	S 20°51'16.05" E
P2699	563294.014	2111135.451	107.962	S 17°06'09.82" W
P2700	563262.264	2111032.263	101.184	S 11°18'35.76" W
P2701	563242.42	2110933.045	74.566	S 25°12'04.05" W
P2702	563210.67	2110865.576	55.136	S 30°15'23.17" E
P2703	563238.451	2110817.951	53.981	N 36°01'38.54" E
P2704	563270.201	2110861.607	75.823	S 83°59'27.58" E
P2705	563345.608	2110853.669	99.457	S 28°36'37.65" E
P2706	563393.233	2110766.357	79.077	S 17°31'32.05" W
P2707	563369.42	2110690.95	91.368	S 34°22'49.24" W
P2708	563317.826	2110615.544	28.893	N 74°03'16.57" E
P2709	563345.608	2110623.481	56.127	N 81°52'11.63" E
P2710	563401.17	2110631.419	43.656	N 90°00'00.00" E
P2711	563444.827	2110631.419	98.021	S 31°45'34.13" E
P2712	563496.42	2110548.075	119.393	S 21°26'51.85" E
P2713	563540.077	2110436.95	91.626	S 4°58'11.07" E
P2714	563548.014	2110345.668	83.721	N 84°33'34.80" E
P2715	563631.358	2110353.606	72.965	N 22°22'48.49" W
P2716	563603.577	2110421.075	69.311	N 23°37'45.76" E
P2717	563631.358	2110484.575	68.511	N 10°00'28.73" W
P2718	563619.452	2110552.044	122.518	N 24°54'17.17" W
P2719	563567.858	2110663.169	80.263	N 81°28'09.24" E
P2720	563647.233	2110675.075	79.375	N 90°00'00.00" E
P2721	563726.608	2110675.075	90.589	N 28°48'38.86" W
P2722	563682.952	2110754.45	35.498	N 26°33'54.18" W
P2723	563667.077	2110786.2	70.995	N 26°33'54.18" W
P2724	563635.327	2110849.701	69.311	N 13°14'25.87" W
P2725	563619.452	2110917.169	96.89	N 34°59'31.27" E
P2726	563675.015	2110996.545	138.623	N 66°22'14.24" E
P2727	563802.015	2111052.107	106.862	N 68°11'54.93" E
P2728	563901.234	2111091.795	111.761	N 16°30'15.70" E
P2729	563932.984	2111198.951	119.063	N 0°00'00.00" E
P2730	563932.984	2111318.014	78.276	N 30°27'55.96" E
P2731	563972.671	2111385.483	84.19	N 44°59'60.00" E
P2732	564032.203	2111445.014	87.403	N 50°31'39.14" E
P2733	564099.672	2111500.577	92.567	N 59°02'10.48" E
P2734	564179.047	2111548.202	74.566	N 25°12'04.05" E
P2735	564210.797	2111615.671	91.626	N 17°39'00.45" W
P2736	564183.016	2111702.984	74.566	N 25°12'04.05" W
P2737	564151.265	2111770.452	164.308	N 37°08'48.07" W
P2738	564052.047	2111901.421	88.121	N 7°45'54.60" W
P2739	564040.14	2111988.734	80.361	N 20°13'29.49" W
P2740	564012.359	2112064.141	112.813	N 39°17'21.86" W
P2741	563940.921	2112151.453	112.043	N 67°04'04.44" W
P2742	563837.734	2112195.11	133.412	N 67°14'56.49" W
P2743	563714.702	2112246.703	121.421	N 78°41'24.24" W
P2744	563595.639	2112270.516	164.476	N 60°24'58.72" W
P2745	563452.605	2112351.717	61.831	S 60°48'09.05" W
P2746	563398.63	2112321.554	48.047	S 82°24'19.28" W

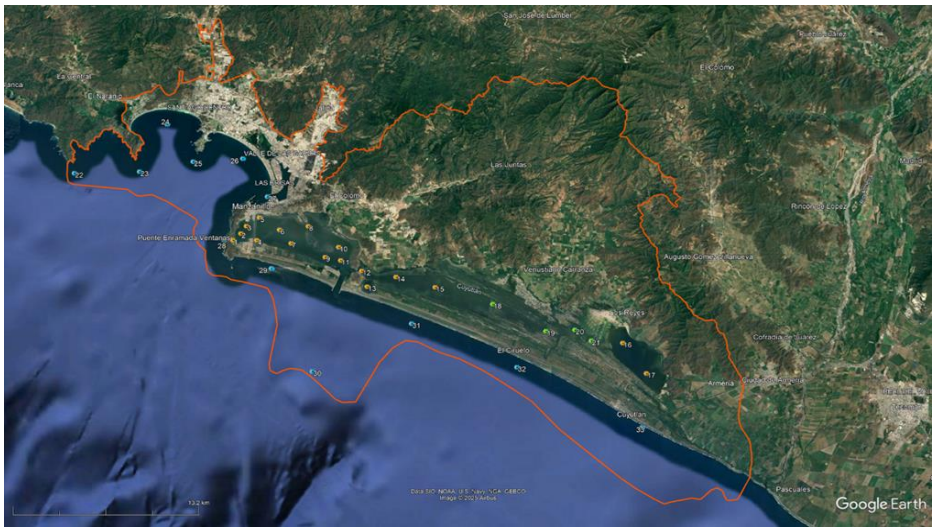
Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2747	563351.005	2112315.204	54.809	N 79°59'31.27" W
P2748	563297.03	2112324.729	70.012	N 57°01'50.15" W
P2749	563238.292	2112362.829	75.084	N 76°33'04.99" W
P2750	563165.267	2112380.292	63.222	N 61°30'15.70" W
P2751	563109.705	2112410.454	92.157	N 79°04'37.90" W
P2752	563019.217	2112427.917	65.262	N 48°56'42.67" W
P2753	562970.004	2112470.779	68.686	N 33°41'24.24" W
P2754	562931.904	2112527.93	95.25	N 0°00'00.00" E
P2755	562931.904	2112623.18	76.612	S 34°01'09.66" W
P2756	562889.042	2112559.68	88.217	S 59°44'36.83" W
P2757	562812.842	2112515.23	73.541	S 76°15'49.43" W
P2758	562741.404	2112497.767	63.994	N 46°00'18.31" W
P2759	562695.366	2112542.217	89.028	N 58°51'39.70" W
P2760	562619.166	2112588.255	90.974	N 60°45'04.23" W
P2761	562539.791	2112632.705	98.745	N 53°29'54.81" W
P2762	562460.416	2112691.442	76.464	N 48°21'59.26" W
P2763	562403.266	2112742.243	90.306	N 10°07'28.82" W
P2764	562387.391	2112831.143	79.391	N 88°51'15.25" W
P2765	562308.016	2112832.73	77.463	S 44°10'10.86" W
P2766	562254.04	2112777.168	65.056	N 36°49'57.41" W
P2767	562215.041	2112829.238	116.031	N 14°47'48.34" W
P2768	562185.407	2112941.421	98.055	N 13°44'10.57" E
P2769	562208.691	2113036.671	86.344	N 11°18'35.76" E
P2770	562225.624	2113121.338	106.298	N 12°39'09.20" W
P2771	562202.341	2113225.055	91.996	N 23°01'31.77" E
P2772	562238.324	2113309.722	102.413	S 71°56'22.30" W
P2773	562140.957	2113277.972	39.769	N 64°47'55.95" W
P2774	562104.974	2113294.905	72.895	N 25°49'15.57" W
P2775	562073.224	2113360.522	117.413	N 33°58'35.56" W
P2776	562007.607	2113457.889	66.465	N 9°09'44.45" W
P2777	561997.024	2113523.506	58.544	N 40°36'04.66" E
P2778	562035.124	2113567.956	64.272	N 72°45'30.75" E
P2779	562096.507	2113587.006	55.196	N 57°31'43.71" E
P2780	562143.074	2113616.639	64.758	N 11°18'35.76" E
P2781	562155.774	2113680.139	75.075	N 68°29'54.84" E
P2782	562225.624	2113707.656	50.313	N 75°22'44.85" W
P2783	562176.941	2113720.356	102.15	S 84°03'11.29" W
P2784	562075.34	2113709.773	335.22	S 47°59'09.23" W
P2785	561826.279	2113485.406	299.342	N 81°52'11.63" W
P2786	561529.945	2113527.739	421.744	N 72°28'27.95" W
P2787	561127.777	2113654.739	369.661	N 66°22'14.24" W
P2788	560789.11	2113802.906	241.338	N 37°52'29.94" E
P2789	560937.277	2113993.407	314.131	N 32°37'09.28" E
P2790	561106.611	2114257.991	360.456	N 40°14'10.89" E
P2791	561339.445	2114533.158	456.559	N 44°03'38.91" E
P2792	561656.945	2114861.242	618.289	S 83°07'05.79" E
P2793	562270.78	2114787.158	233.074	S 87°23'50.78" E
P2794	562503.614	2114776.575	421.345	N 78°24'28.17" E
P2795	562916.364	2114861.242	238.771	N 77°11'44.64" E
P2796	563149.198	2114914.159	828.617	N 65°04'17.49" E
P2797	563900.616	2115263.409	754.69	N 67°45'03.51" E
P2798	564599.118	2115549.16	308.555	S 84°05'37.89" E
P2799	564906.035	2115517.41	392.869	S 27°15'19.18" E

Vértice	X	Y	Distancia	Rumbo
P2800	565085.952	2115168.159	344.569	S 42°30'37.61" E
P2801	565318.786	2114914.159	650.704	N 84°29'36.26" E
P2802	565966.487	2114976.6	783.812	S 87°40'42.49" E
P2803	566749.655	2114944.85	471.524	N 45°54'33.77" E
P2804	567088.323	2115272.934	328.596	N 75°04'06.90" E
P2805	567405.823	2115357.601	454.592	N 24°46'30.51" E
P2806	567596.324	2115770.352	512.064	N 18°03'37.70" E
P2807	567755.074	2116257.186	281.804	N 34°17'12.76" E
P2808	567913.824	2116490.02	262.885	N 40°06'03.27" E
P2809	568083.158	2116691.104	368.143	N 71°33'54.18" E
P2810	568432.409	2116807.521	194.285	N 60°38'32.09" E
P2811	568601.742	2116902.771	336.344	N 12°43'27.68" E
P2812	568675.826	2117230.855	266.482	N 6°50'33.98" E
P2813	568707.576	2117495.439	466.749	S 86°05'58.22" E
P2814	569173.244	2117463.689	205.492	N 34°30'30.68" E
P2815	569289.66	2117633.022	313.417	N 11°41'21.73" E
P2816	569353.161	2117939.94	457.906	N 33°41'24.24" W
P2817	569099.16	2118320.94	582.95	N 15°48'09.05" W
P2818	568940.41	2118881.858	369.206	N 62°42'01.54" W
P2819	568612.326	2119051.192	306.917	N 43°36'10.15" W
P2820	568400.659	2119273.442	478.597	N 35°05'44.94" W
P2821	568125.491	2119665.026	392.156	N 3°05'38.61" W
P2822	568104.325	2120056.61	435.078	N 48°56'42.67" E
P2823	568432.409	2120342.361	341.303	S 82°52'29.94" E
P2824	568771.076	2120300.028	446.512	S 58°34'13.56" E
P2825	569152.077	2120067.194	416.533	S 27°12'58.00" E
P2826	569342.577	2119696.776	361.232	S 58°10'21.19" E
P2827	569649.495	2119506.276	894.09	S 16°30'15.70" E
P2828	569903.495	2118649.024	308.555	S 67°50'01.16" E
P2829	570189.246	2118532.607	497.53	S 38°05'19.58" E
P2830	570496.163	2118141.023	381.588	S 3°10'47.39" W
P2831	570474.996	2117760.023	290.609	S 33°06'40.83" W
P2832	570316.246	2117516.605	48164.113	S 50°22'50.22" E

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32
Luidia foliolata																						1									1
Ophiothrix sp.																							1						1		
Diplocirrus sp.																							1	2	1		1	1			
Acrocirrus sp																						1		1	2		1		1	1	
Maldine sp																						1	1	1		1	1		1		
Onuphis sp																									1	1		1		1	1
Scoloplos sp																						1	1	1	1					1	
Anadara tuberculosa	2					1		2	4																						
Anadara adamsi																							2						2		
Arca sp										1												4		4	2	4				6	
Carditamera sp	2						2		1																	5	5				6
Trigoniocardia obovalis										2												4		5	13	2			4	2	
Corbula porcella							2			1	8												5	10			2			10	
Crassinella mexicana										5	10											10		2	24	6	4				4
Donax Californicus											2												8		5						
Codakia distinguenda								2	10	4	1											2	2		1						
Ctena mexicana	7			1		3	1	5	6	7	12	2	2									12	15	16	26	10	3	1	10	12	6
Divalinga sp												9										7	12	10			5				8
Lucinisca sp						4	6				2	10													2				10		
Mactra sp.								3	15			3										1	19	11	16	12	10			9	8
Brachidontes adamsianus						2				5												3			1						
Crenella sp																								1		2	2	1	2	8	4
Modiolus capax	2					4	5		4	2	6	2											4	4					5		
Mytella strigata		4	10	6	4	2	11	11				11	7	9	11	24	8	5	9	8	6										
Nucula s.s.											1											16				11	9			10	
Crassostrea iridescens										1	4												2	1							
Saccostrea palmula									3				1	1																	
Leptopecten sp																						6				2			1	2	
Fossarus sp																						1	1								1
Tagelus Longisinuatus	4	6	8	2	5	1	7	7	7		2	16	10	14	5	18	5	1	14	13	12										
Macoma sp	2	3						9	2	3	16											21	21	10	21	14	7	1	2	2	6
Tellina sp	2					3	3			5	3	6										14	6	8	9	6	8				4
Chione compta	1					5				1	2											2									
Chione gnidia	3	2		5	2	3	3	3	3	2		1																			
Balanus Antlirite	5		5	8	2			8				12	4		3	9	2	8	6	4	8			2							
Acmaea sp							13	1	9	6													4			1					
Costoanachis s.s.					3				2		1	1																	1		
Caecum tenuilitratum	1						1			2												12	17	17	29	8		1	12	12	12
Bostrycapulus aculeatus																						3	9				2		2		2
Crepidula convexa																							2	1	2	2				1	
Calyptraea sp							1		2	2												1					2				
Calyptraea umbrella																							1		1						
Thiara sp		1	1										2		1	2															
Acteocina infrequens	41	7	14	14	31	12	101	15	126	19	4	5	12	25	6	4									4						
Amaea terminiana											9											15	13		28	2	11	2	7	7	7
Melanella sp																								1	1						
Diodora saturnalis											1											2	2		2						
Haminoea sp	2			1	2	4	1		3	4														4		2			11	2	9
Lottia sp											3	3												6							
Cerithium sp								2		2				1								2					1		4		
Thais (Stramonita) biseralis		1					2		1				2																		
Natica sp.			1								1		1										1		3		2		1		
Nerita sp																						1		2							
Olivella zonalis																						2	3				1			1	2
Odostomia sp	27	10	23	10	49	19	164	36	218	79	11	41	119	301	110	87	31	33	81	27	21										
Turbonilla conradi					1		1				2		1	2								2			2						
Rissoella excolpa	36	6	11	4	20	4	19	10	29	28	20	23	43	139	60	23	11	3	5	2	2										
Alvinia s.s.			1	2	4				2				6	1	2			2	2	2											
Rissoina sp						2				1	2	3	2										2	1	2			1			2
Solariorbis sp	1						2	6														3							2		
Teinostoma amplectans		2			1	1		2					1							1					2						
Asperiscala canna													24	18	12				26	10	9										
Dentalium oerstedii	3						8		13	11	4	16										11	15	10		8	5			2	

Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en el sistema lagunar de Cuyutlán y frente marino.

Vaso/Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
I	1	19° 1'50.82"	104°19'44.56"
I	2	19° 2'7.04"	104°19'25.43"
I	3	19° 2'25.23"	104°19'11.78"
II	4	19° 1'50.82"	104°18'46.63"
II	5	19° 2'46.01"	104°18'39.89"
II	6	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
II	7	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
II	8	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
II	9	19° 1'9.74"	104°15'60.00"
II	10	19° 1'34.11"	104°15'27.12"
II	11	19° 1'1.70"	104°15'22.30"
III	12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
III	13	18° 59'57.61"	104°14'17.84"
III	14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
III	15	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
IV	16	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
IV	17	18° 56'25.67"	104°02'58.58"
S1	18	18° 59'14.99"	104°09'12.27"
S2	19	18° 58'09.06"	104°07'03.02"
S3	20	18° 58'12.08"	104°05'52.26"
S4	21	18° 57'45.56"	104°05'12.67"
M	22	19° 04'34.17"	104° 26'11.44"
M	23	19° 04'38.08"	104° 23'32.30"
M	24	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"
M	25	19° 05'02.48"	104° 21'21.46"
M	26	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"
M	27	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"
M	28	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"
M	29	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"
M	30	18° 56'30.95"	104° 16'30.98"
M	31	18° 58'27.44"	104° 12'29.60"
M	32	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"
M	33	18° 54'13.48"	104° 03'09.45"



Ysi									
Estación	Fecha	Latitud N	Longitud O	Hora	Temp (°C)	Sal (UPS)	O2 (mg/L)	pH	Conduct. (µS/cm)
E1	20/12/2025	19° 1'50.82"	104°19'44.56"	16:26	27.95	38.4	4.1	8.235	55.835
E2	20/12/2025	19° 2'7.04"	104°19'25.43"	16:50	28.05	36.5	4.2	8.385	54.885
E3	21/12/2025	19° 2'25.23"	104°19'11.78"	08:05	24.8	38.1	3.8	8.185	53.95
E4	21/12/2025	19° 1'50.82"	104°18'46.63"	08:32	24.9	38.2	3.29	8.115	53.985
E5	20/12/2025	19° 2'46.01"	104°18'39.89"	17:23	27.2	38.7	4.1	8.515	55.765
E6	21/12/2025	19° 2'16.25"	104°17'50.86"	08:58	24.4	38.3	3.9	8.37	53.925
E7	20/12/2025	19° 1'43.19"	104°17'22.91"	15:45	27.8	38.4	4.3	8.26	56.19
E8	20/12/2025	19° 2'24.8"	104°16'41.09"	09:14	25.1	36.5	4.1	8.16	52.97
E9	20/12/2025	19° 1'9.74"	104°15'60.00"	15:20	27	38	4.3	8.135	54.92
E10	20/12/2025	19° 1'34.11"	104°15'27.12"	15:30	27.3	38.2	3.8	8.15	55.04
E11	20/12/2025	19° 1'1.70"	104°15'22.30"	15:00	27.25	36.1	3.9	8.135	53.03
E12	20/12/2025	19° 0'36.17"	104°14'31.01"	14:40	27.6	36	4.1	8.3	53.645
E13	20/12/2025	18° 59'57.61"	104°14'17.84"	14:28	27.35	38.6	4.2	8.41	55.915
E14	20/12/2025	19° 0'21.14"	104°13'07.56"	14:14	27.95	37.8	4.8	8.255	55.585
E15	20/12/2025	18° 59'56.18"	104°11'32.34"	13:40	28.15	41.1	4.6	8.33	59.58
E16	20/12/2025	18° 57'40.01"	104°03'56.13"	06:43	26.95	55.6	4.3	8.405	78.9
E17	20/12/2025	18° 56'25.67"	104°02'58.58"	08:48	26.8	57.7	3.8	8.555	79.72
E18	20/12/2025	18° 59'14.99"	104°09'12.27"	12:43	26.55	50	3.6	8.27	69.16
E19	20/12/2025	18° 58'09.06"	104°07'03.02"	12:13	25.35	60.4	3.2	8.485	80.95
E20	20/12/2025	18° 58'12.08"	104°05'52.26"	08:19	22.95	60.6	3.1	8.56	79.3
E21	20/12/2025	18° 57'45.56"	104°05'12.67"	08:03	24	63	6.9	8.68	82.305
E22	24/12/2025	19° 04'34.17"	104° 26'11.44"	12:06	27	34.8	5.7	8.35	54.725
E23	24/12/2025	19° 04'38.08"	104° 23'32.30"	11:04	27.25	35.4	6.5	8.315	53.875
E24	24/12/2025	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"	10:14	26.5	34.9	6.8	8.315	54.51
E25	24/12/2025	19° 05'02.48"	104° 21'21.46"	09:13	26.35	35.2	7.8	8.27	54.54
E26	21/12/2025	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"	18:00	26.5	35.4	6.5	8.115	54.45
E27	21/12/2025	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"	17:10	26.9	35.3	7.2	8.345	54.69
E28	21/12/2025	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"	16:22	27.3	34.8	6.8	8.32	53.655
E29	21/12/2025	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"	15:26	28.25	34.9	7.1	8.34	55.67
E30	21/12/2025	18° 56'30.95"	104° 16'30.98"	10:08	27.2	35.2	6.9	8.35	54.84
E31	21/12/2025	18° 58'27.44"	104° 12'29.60"	11:58	27.35	35.1	7.2	8.34	55.08
E32	21/12/2025	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"	12:51	27.6	35.4	6.7	8.325	54.865
E33	21/12/2025	18° 54'13.48"	104° 03'09.45"	13:49	27.9	35.3	6.8	8.35	55.32

Estación	Z (m)	Latitud N	Longitud O	F. inicial	F. final	Tiempo	OBSERVACIONES
E1	1.61	19° 1'50.82"	104°19'44.56"	O86111	O99654		Corriente, flujo de agua saliendo, marea baja, resuspendimiento de
E2	0.15	19° 2'7.04"	104°19'25.43"				Resuspendimiento de sedimento, rizadura superficial, marea baja, presencia
E3	1.34	19° 2'25.23"	104°19'11.78"	199660	115328		Tardo en estabilizarse el pH, sedimento resuspendido, rizadura superficial.
E4	0.97	19° 1'50.82"	104°18'46.63"	115331	129555		Resuspendimiento de sedimento, rizadura superficial, marea baja, presencia
E5	0.67	19° 2'46.01"	104°18'39.89"				Paso de lanchas, rizadura superficial, marea baja, sedimento resuspendido.
E6	1.15	19° 2'16.25"	104°17'50.86"	129555	143927		Resuspendimiento de sedimento, paso de lanchas, personas pescando,
E7	0.51	19° 1'43.19"	104°17'22.91"	O76595	O86104		Presencia de Mo, resuspensión de sedimento.
E8	0.76	19° 2'24.8"	104°16'41.09"	143927	159825		Presencia de burbujas blancas, Mo.
E9	1.12	19° 1'9.74"	104°15'60.00"				resuspensión de sedimento y Mo.
E10		19° 1'34.11"	104°15'27.12"				resuspensión de sedimento y Mo.
E11	2.56	19° 1'1.70"	104°15'22.30"	O62031	O76595		Color verde-café el agua, peces brincando, rizadura superficial, manchas de g/a.
E12	3.16	19° 0'36.17"	104°14'31.01"	O39065	O49307		corriente fuerte, flujo de agua saliendo.
E13	1.03	18° 59'57.61"	104°14'17.84"				presencia de sedimento en la columa de agua, nivel bajo de agua.
E14	0.91	19° 0'21.14"	104°13'07.56"				Marea baja, presencia de aves, personas pescando en lanchas.
E15	0.76	18° 59'56.18"	104°11'32.34"	O26215	O39065		Aves presentes, marea baja, sedimento resuspendido.
E16	1.49	18° 57'40.01"	104°03'56.13"	OO4183	O14177		amaneciendo, presencia de aves, mo presente., sustrato blando, conchas, lama,
E17	1.98	18° 56'25.67"	104°02'58.58"	O14178	O26226	5 MIN	oscuro, coloración de agua verde, burbujas, sedimento resuspendida.
E18	0.33	18° 59'14.99"	104°09'12.27"				flujo de agua saliendo, marea baja, gente pescando, aves en cogregación (garzas,
E19	0.91	18° 58'09.06"	104°07'03.02"				Agua turbia, espuma, rizadura superficial.
E20	0.1	18° 58'12.08"	104°05'52.26"				se intento ingrresar a la zona, pero la marea era baja el motor de la lancha empezo
E21	0.31	18° 57'45.56"	104°05'12.67"				se intento ingrresar a la zona, pero la marea era baja el motor de la lancha empezo
E22		19° 04'34.17"	104° 26'11.44"	330130	351215		No se tomo sedimento, tipo de sustrato rocoso, presencia de corriente fuerte.
E23		19° 04'38.08"	104° 23'32.30"	312666	330130		No se tomo sedimento, tipo de sustrato rocoso, presencia de corriente fuerte,
E24		19° 06'33.96"	104° 22'25.48"	298265	312667		Color clara del agua, tranquilo, presencia de ballenas, delfines, bancos de peces.
E25		19° 05'02.48"	104° 21'21.46"	282174	298252		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E26		19° 05'10.05"	104° 19'20.70"	239547	240969		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E27		19° 03'37.02"	104° 18'20.63"	237057	239544		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E28	9.14	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"	228650	237057		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E29	18.89	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"	212210	228652		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E30		18° 56'30.95"	104° 16'30.98"	159854	175459		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E31	31.39	18° 58'27.44"	104° 12'29.60"	175455	188920		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E32	28.65	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"	188917	201972		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la
E33		18° 54'13.48"	104° 03'09.45"	201971	212213		No se observaron anomalias, solo presencia de peces y viento leve, y la

Ysi									
Estación	Fecha	Latitud N	Longitud O	Hora	Temp (°C)	Sal (UPS)	O2 (mg/L)	pH	Conduct. (µS/cm)
E1	17/01/2026	19° 1'50.82"	104°19'44.56"	09:31	26.4	36.7	4.6	8.2	55.3375
E2	17/01/2026	19° 2'7.04"	104°19'25.43"	09:23	25.95	37	3.6	8.07	53.93
E3	17/01/2026	19° 2'25.23"	104°19'11.78"	09:08	26.45	38.9	3.8	8.12	56.035
E4	17/01/2026	19° 1'50.82"	104°18'46.63"	08:53	25.7	36.9	2.1	8	53.705
E5	17/01/2026	19° 2'46.01"	104°18'39.89"	08:22	26	38.1	3.8	7.915	55.075
E6	17/01/2026	19° 2'16.25"	104°17'50.86"	08:33	26.05	36.9	3.4	8.01	53.98
E7	16/01/2026	19° 1'43.19"	104°17'22.91"	15:06	27.95	36.6	4.3	8.17	54.385
E8	16/01/2026	19° 2'24.8"	104°16'41.09"	14:26	28.7	38.5	4.3	8.155	56.25
E9	16/01/2026	19° 1'9.74"	104°15'60.00"	14:51	27.5	38	5.2	8.185	55.32
E10	16/01/2026	19° 1'34.11"	104°15'27.12"	14:15	28.05	36.7	5	8.105	54.465
E11	16/01/2026	19° 1'1.70"	104°15'22.30"	13:58	27.3	36.6	4.7	8.08	53.865
E12	16/01/2026	19° 0'36.17"	104°14'31.01"	13:28	27.35	36.3	5.2	8.195	53.57
E13	16/01/2026	18° 59'57.61"	104°14'17.84"	13:18	27.8	36.8	5.4	8.15	54.525
E14	16/01/2026	19° 0'21.14"	104°13'07.56"	13:06	27.15	37.9	5.6	8.205	54.48
E15	16/01/2026	18° 59'56.18"	104°11'32.34"	12:46	28.2	38.9	3.9	8.09	56.335
E16	16/01/2026	18° 57'40.01"	104°03'56.13"	08:36	26.9	60.6	4.4	8.57	84.625
E17	16/01/2026	18° 56'25.67"	104°02'58.58"	09:27	27.6	62.6	4.4	8.52	83.28
E18	16/01/2026	18° 59'14.99"	104°09'12.27"	12:30	28.4	49	4.1	8.22	69.49
E19	16/01/2026	18° 58'09.06"	104°07'03.02"	12:16	28.45	58.6	3.4	8.395	80.82
E20	16/01/2026	18° 58'12.08"	104°05'52.26"	09:13	26.75	65.3	3.1	8.625	87.48
E21	16/01/2026	18° 57'45.56"	104°05'12.67"	09:04	26.45	64.1	3.3	8.58	86.155
E22	18/01/2026	19° 04'34.17"	104° 26'11.44"	11:15	27.5	35.1	5.2	8.295	54.93
E23	18/01/2026	19° 04'38.08"	104° 23'32.30"	10:50	27.3	34.8	4.8	8.28	53.93
E24	18/01/2026	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"	10:13	26.5	34.7	5.1	8.24	53.685
E25	18/01/2026	19° 05'02.48"	104° 21'21.46"	09:54	27	35.2	5.8	8.29	53.745
E26	18/01/2026	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"	09:14	26.55	35.3	5.6	8.285	53.88
E27	18/01/2026	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"	08:30	26.6	35.4	5.5	7.96	54.23
E28	17/01/2026	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"	09:50	26.8	35.3	5.7	8.24	54.87
E29	17/01/2026	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"	10:22	27.45	35.6	6.1	8.195	55.635
E30	17/01/2026	18° 56'30.95"	104° 16'30.98"	11:26	27.65	35.4	5.9	8.255	55.01
E31	17/01/2026	18° 58'27.44"	104° 12'29.60"	12:28	28.65	35.3	6	8.24	54.14
E32	17/01/2026	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"	13:08	27.55	35.2	5..9	8.28	55.01
E33	17/01/2026	18° 54'13.48"	104° 03'09.45"	14:10	28.1	35.4	6.2	8.3	54.315

Estación	Z (m)	Latitud N	Longitud O	F. inicial	F. final	Tiempo	OBSERVACIONES
E1	5.45	19° 1'50.82"	104°19'44.56"	538380	549035		Agua clara, fondo visible, las rizaduras superficiales son leves, gente pescando
E2	1.64	19° 2'7.04"	104°19'25.43"				Ligera turbidez, coloración de verde-café, las rizaduras superficiales fueron leves,
E3	1.40	19° 2'25.23"	104°19'11.78"	524706	538376		Ligera turbidez, coloración de verde-café, las rizaduras superficiales fueron leves,
E4	0.76	19° 1'50.82"	104°18'46.63"	512176	524706		Ligera turbidez, coloración de verde-café, las rizaduras superficiales fueron leves,
E5	1.37	19° 2'46.01"	104°18'39.89"				Ligera turbidez, viento Beaufort 1 (Ventolina), coloración verde-café.
E6	1.15	19° 2'16.25"	104°17'50.86"	499483	512175		Resuspensión de sediemento moderada, agua verde-café, rizaduras superficiales
E7	1.55	19° 1'43.19"	104°17'22.91"	487338	499497		Sedimento en suspensión, ventolina (Beaufort 1), agua verde-café, rizaduras
E8	0.5	19° 2'24.8"	104°16'41.09"	477694	487346		Resuspensión de sedimento moderada, agua verde-café, viento brisa muy debil,
E9	1.52	19° 1'9.74"	104°15'60.00"				Rizadura superficial moderada, ventolina (Beaufort 1), Resuspensión de sedimento
E10	1.37	19° 1'34.11"	104°15'27.12"				Rizadura superficial moderada, ventolina (Beaufort 1), Resuspensión de sedimento
E11	1.98	19° 1'1.70"	104°15'22.30"	466915	477686		Viento brisa debil (Beaufort 3), rizadura superficial moderada, resuspensión de sedi
E12	4.8	19° 0'36.17"	104°14'31.01"	453849	466967		La corriente de la estación era fuerte, flujo de agua saliendo, Beaufort 1- ventolina,
E13	1.34	18° 59'57.61"	104°14'17.84"				Rizadura superficial moderada, ventolina (Beaufort 1), agua azul verdoso, transpar
E14	1	19° 0'21.14"	104°13'07.56"				Rizadura superficial moderada, ventolina (Beaufort 1), agua azul verdoso, transpar
E15	1.12	18° 59'56.18"	104°11'32.34"	441030	453849		Rizadura superficial moderada, ventolina (Beaufort 1), agua azul verdoso, transpar
E16	1.4	18° 57'40.01"	104°03'56.13"	421275	431809		Resuspensión de sedimento moderada, agua verde-café, rizaduras superficiales lev
E17	3.04	18° 56'25.67"	104°02'58.58"	431821	441017		Rizaduras superficiales leves, Beaufort 2- brisa muy débil, resuspensión de sedimer
E18	0.79	18° 59'14.99"	104°09'12.27"				Sedimento en resuspensión moderada, Beaufort 3 - brisa débil, rizaduras
E19	0.51	18° 58'09.06"	104°07'03.02"				Resuspensión de sedimento moderada, agua verde-café, rizadura superficial
E20	0.42	18° 58'12.08"	104°05'52.26"				Se logra observar el fondo de la estación, resuspensión de sedimento nula, agua
E21	0.64	18° 57'45.56"	104°05'12.67"				Rizaduras superficiales leves, Beaufort 1- ventolina, resuspensión de sedimento mo
E22		19° 04'34.17"	104° 26'11.44"	711012	725455		Presencia de lanchas- ballenas, Beaufort 4- olas pequeñas con crestas, agua azul
E23	17.46	19° 04'38.08"	104° 23'32.30"	697586	711010		Presencia de lanchas/kayak pescando-observando avistamiento de ballenas,
E24	23.77	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"	684212	697581		Presencia de peces en la estación (barriletes/agujones), presencia de olas
E25	41.45	19° 05'02.48"	104° 21'21.46"	672371	684209		Presencia de ballenas en la zona, peces (barrilete), nublado/sol, Beaufort 4- olas
E26	22.86	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"	659468	672373		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, aves, nublado/soleado,
E27	13.25	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"	648506	659450		Presencia de gente pescando, olas pequeñas, salida de un barco atunero cuando
E28	10.88	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"	549040	568756		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales
E29	18.89	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"	568891	584175		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales
E30		18° 56'30.95"	104° 16'30.98"	584177	603630		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales
E31		18° 58'27.44"	104° 12'29.60"	603643	624524		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales
E32	31.08	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"	624577	637232		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales
E33		18° 54'13.48"	104° 03'09.45"	637233	648505		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales

Ysi									
Estación	Fecha	Latitud N	Longitud O	Hora	Temp (°C)	Sal (UPS)	O2 (mg/L)	pH	Conduct. (µS/cm)
E1	31/01/2026	19° 1'50.82"	104°19'44.56"	10:32	26.7	37.2	4.4	8.27	56.9
E2	31/01/2026	19° 2'7.04"	104°19'25.43"	10:23	26.7	38.7	4.1	8.08	58.9
E3	31/01/2026	19° 2'25.23"	104°19'11.78"	10:10	27	38.8	4.4	8.08	59.5
E4	31/01/2026	19° 1'50.82"	104°18'46.63"	09:19	26.15	38.6	4.3	8.15	58.2
E5	31/01/2026	19° 2'46.01"	104°18'39.89"	09:40	27.1	39.1	4.7	8.12	60.1
E6	31/01/2026	19° 2'16.25"	104°17'50.86"	15:58	25.65	38.7	3.8	8.11	57.9
E7	30/01/2026	19° 1'43.19"	104°17'22.91"	15:50	28.1	38.5	5.2	8.28	60.3
E8	30/01/2026	19° 2'24.8"	104°16'41.09"	15:16	28.5	39	4.5	8.22	61.4
E9	30/01/2026	19° 1'9.74"	104°15'60.00"	15:33	27.9	38.5	4.9	8.27	60.4
E10	30/01/2026	19° 1'34.11"	104°15'27.12"	15:02	27.8	38.7	4.6	8.21	60.2
E11	30/01/2026	19° 1'1.70"	104°15'22.30"	14:40	27.4	37.3	4.5	8.18	60.7
E12	30/01/2026	19° 0'36.17"	104°14'31.01"	14:18	27.8	37	4.6	8.27	57.7
E13	30/01/2026	18° 59'57.61"	104°14'17.84"	13:50	27.65	38.9	6.1	8.42	57.6
E14	30/01/2026	19° 0'21.14"	104°13'07.56"	13:37	27.65	38.4	4.9	8.29	60.4
E15	30/01/2026	18° 59'56.18"	104°11'32.34"	13:18	28.6	40.4	4.7	8.19	59.5
E16	30/01/2026	18° 57'40.01"	104°03'56.13"	08:36	27.65	62.5	5.7	8.62	63.2
E17	30/01/2026	18° 56'25.67"	104°02'58.58"	09:30	27.8	64	4.7	8.67	91.5
E18	30/01/2026	18° 59'14.99"	104°09'12.27"	10:01	27.85	53.5	4.5	8.30	80
E19	30/01/2026	18° 58'09.06"	104°07'03.02"	12:32	27.65	65.7	4.7	8.66	94.9
E20	30/01/2026	18° 58'12.08"	104°05'52.26"	09:13	25.55	67.5	4.3	8.81	93.8
E21	30/01/2026	18° 57'45.56"	104°05'12.67"	09:05	25.8	65.9	4.3	8.73	92.4
E22	01/01/2026	19° 04'34.17"	104° 26'11.44"	12:10	26.95	34.8	4.7	8.32	57.1
E23	01/01/2026	19° 04'38.08"	104° 23'32.30"	11:15	26.8	34.9	5.2	8.32	56.8
E24	01/01/2026	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"	11:00	26.75	35.1	4.9	8.33	56.9
E25	01/01/2026	19° 05'02.48"	104° 21'21.46"	10:40	26.85	35.3	5.8	8.30	58.5
E26	01/01/2026	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"	10:00	26.55	35.2	5.3	8.32	58.3
E27	01/01/2026	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"	09:23	26.3	35.4	5.7	8.18	56.2
E28	31/01/2026	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"	11:17	26.55	35.3	4.7	8.30	58.4
E29	31/01/2026	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"	12:12	26.8	35.2	4.8	8.32	58.5
E30	31/01/2026	18° 56'30.95"	104° 16'30.98"	13:17	27.3	34.9	4.6	8.33	57.4
E31	31/01/2026	18° 58'27.44"	104° 12'29.60"	04:05	27.3	35.2	6.1	8.32	58.8
E32	31/01/2026	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"	02:08	27.4	35.2	4.7	8.31	59.1
E33	31/01/2026	18° 54'13.48"	104° 03'09.45"	02:50	27.5	35.3	4.7	8.34	59

Estación	Z (m)	Latitud N	Longitud O	F. inicial	F. final	Tiempo	OBSERVACIONES
E1	5.6	19° 1'50.82"	104°19'44.56"	846485	853973		Verde-claro, las rizaduras superficiales son leves, flujo de agua saliendo, sol/nublado,
E2	1.4	19° 2'7.04"	104°19'25.43"				Grisaseo-verde, las rizaduras superficiales fueron leves, nublado.
E3	1.10	19° 2'25.23"	104°19'11.78"	838974	846484		tardo en estabilizarse el pH, Grisaseo-verde, sin vientos, foliculos.
E4	1	19° 1'50.82"	104°18'46.63"	824596	838976		Presencia de foliculos, grisaseo-verde, rizadura leve, peces brincando.
E5	0.7	19° 2'46.01"	104°18'39.89"				Grisaseo-verde, viento Beaufort 3 (Brisa débil), mal olor a amortura, foliculos, nublado/soleado
E6	1.3	19° 2'16.25"	104°17'50.86"	810293	824591		Resuspensión de sediemento moderada, agua blanco-verde, rizaduras superficiales
E7	1.9	19° 1'43.19"	104°17'22.91"	797956	810280		Sedimento en suspensión, viento Beaufort 3 (Brisa débil), agua verde-café, rizaduras
E8	1.4	19° 2'24.8"	104°16'41.09"	787029	797956		Resuspensión de sedimento moderada, agua verde-café, viento brisa debil, toma de muestras
E9	1.4	19° 1'9.74"	104°15'60.00"				Rizadura superficial moderada, viento Beaufort 3 (Brisa débil),, Resuspensión de sedimento mo
E10	1.2	19° 1'34.11"	104°15'27.12"				Rizadura superficial moderada, viento Beaufort 3 (Brisa débil),, Resuspensión de sedimento mo
E11	16.4	19° 1'1.70"	104°15'22.30"	775679	787029		Viento brisa debil (Beaufort 3), rizadura superficial moderada, resuspensión de sedimento moder
E12	5.56	19° 0'36.17"	104°14'31.01"	758314	768454		La corriente de la estación era fuerte, flujo de agua saliendo, viento Beaufort 3 (Brisa débil),, ag
E13	1.2	18° 59'57.61"	104°14'17.84"				Rizadura superficial moderada, viento Beaufort 3 (Brisa débil),agua café-verde, presencia del s
E14	1	19° 0'21.14"	104°13'07.56"				Rizadura superficial moderada, viento Beaufort 3 (Brisa débil),agua café-verde, presencia del s
E15	0.8	18° 59'56.18"	104°11'32.34"	747723	758318		Rizadura superficial moderada, viento Beaufort 3 (Brisa débil),agua café-verde, burbujas, aves
E16	1.2	18° 57'40.01"	104°03'56.13"	725742	737908		coloración del agua café-verde, viento Beaufort 3 (Brisa débil), alrededor de la estación, en las
E17	3.1	18° 56'25.67"	104°02'58.58"	737906	747721		Rizaduras superficiales moderadas (ondulación visible), resuspensión de sedimento moderada, c
E18	0.7	18° 59'14.99"	104°09'12.27"				coloración del agua café-verde, viento Beaufort 3 (Brisa débil), alrededor de la estación, en las
E19	0.39	18° 58'09.06"	104°07'03.02"				Compuerta cerrada= NO HAY FLUJO DE AGUA AL VASO IV, se observó el paso de camiones
E20	0.45	18° 58'12.08"	104°05'52.26"				se observó el paso de camiones de carga por la laguna, coloración del agua café-verde, viento
E21	0.54	18° 57'45.56"	104°05'12.67"				Foliculos, coloración del agua café-verde, viento Beaufort 3 (Brisa débil), alrededor de la
E22	78	19° 04'34.17"	104° 26'11.44"	975247	981628		Presencia de lanchas- ballenas, Beaufort 4- olas pequeñas con crestas, agua azul profundo,
E23		19° 04'38.08"	104° 23'32.30"	967949	975256		pescando-observando avistamiento de ballenas, Beaufort 3 - olas cortas con crestas
E24	22.8	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"	954882	967946		Presencia de peces en la estación (barriletes/agujones), presencia de olas pequeñas, agua
E25		19° 05'02.48"	104° 21'21.46"	940840	954583		Presencia de ballenas en la zona, peces (barrilete), nublado/sol, Beaufort 4- olas pequeñas con
E26	24.07	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"	931234	940809		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, aves, nublado/soleado, viento
E27	19.2	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"	922792	931234		Presencia de gente pescando, olas pequeñas, salida de un barco atunero cuando se estaban
E28	10.46	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"	853977	870094		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales moderadas, a la
E29	16.58	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"	870096	882607		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales moderadas, a la
E30		18° 56'30.95"	104° 16'30.98"	882850	896960		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales moderadas, a la
E31		18° 58'27.44"	104° 12'29.60"	916927	922785		Mancha de G/A, Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales
E32		18° 56'41.24"	104° 08'13.41"	896956	908763		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales moderadas, a la
E33	15.8	18° 54'13.48"	104° 03'09.45"	908766	916167		Presencia de olas pequeñas, agua azul profundo/claro, rizaduras superficiales moderadas, a la

BITACORA DELANCES DE HIDRÓFONO PARA DETECTAR EL RUIDO DE BARCOS

Grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Agosto	16	Barcos	01:31:00	00:57:40	11	90-1200	72.59	163.06	172.93	178.3
		Embarcaciones menores		00:21:46	6	400-1700	27.4	171.18	179.48	182.81
Septiembre	13	Barcos	00:27:29	00:18:36	7	100-900	67.67	152.62	163.18	166.19
		Embarcaciones menores		00:07:30	4	400-900	27.28	167.67	172.14	176.22
Octubre	9	Barcos	00:42:26	00:18:34	3	100-700	43.75	159.01	167.81	170.52
		Embarcaciones menores		00:16:28	4	100-3400	38.8	163.45	166.52	168.13
Noviembre	22	Barcos	01:01:13	00:21:00	10	100-1100	34.3	163.98	170.79	173.82
		Embarcaciones menores		00:09:37	4	500-1600	15.7	160.6	171.09	172.52
Diciembre	15	Barcos	00:26:49	00:20:00	10	100-600	74.58	167.52	172.28	176.22
		Embarcaciones menores		00:02:25	2	1800-2400	9.01	171.76	174.1	175.61
Enero	4	Barcos	00:09:15	00:06:00	2	100-400	64.86	167.71	169.4	170.62
		Embarcaciones menores		00:03:15	2	2000-3000	35.13	168.52	169.75	170.71
Febrero	12	Barcos	00:32:02	00:27:51	7	100-5500	86.94	166.3	172.39	174.03
		Embarcaciones menores		00:16:01	4	300-3600	50	172.33	174.51	176.64
Marzo	1	Barcos	00:01:32	00:01:32	1	40-380	100	173.93	173.93	173.93

		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Abril	6	Barcos	00:08:33	00:05:01	2	100-600	58.67	172.75	174.76	176.12
		Embarcaciones menores		00:03:01	2	600-1400	35.28	171.47	172.62	173.53
Mayo	3	Barcos	00:03:34	00:02:04	2	40-750	57.94	170.42	170.81	171.16
		Embarcaciones menores		00:01:30	1	1900-2100	42.05	-	170.48	-
Junio	4	Barcos	00:09:23	00:07:01	3	100-800	74.77	169.25	171.35	172.59
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Julio	3	Barcos	00:03:42	00:01:10	1	100-700	31.53	-	169.22	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

Grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Noviembre	9	Barcos	00:18:55	00:10:00	3	50-800	52.86	167.27	174.721	178.49
		Embarcaciones menores		00:02:20	1	900-1200	12.33	-	167.547	-
Enero	12	Barcos	02:16:11	00:14:00	3	100-600	10.28	166.67	173.374	179.352
		Embarcaciones menores		01:36:34	9	500-3500	70.9	162.96	176.722	185.111
Febrero	11	Barcos	00:56:04	00:02:00	2	100-700	3.56	168.82	171.809	173.166
		Embarcaciones menores		00:49:47	6	50-2600	88.79	168.31	171.378	173.166
Marzo	4	Barcos	00:19:31	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:07:00	2	400-900	35.86	165.71	166.56	167.27
Abril	3	Barcos	00:05:01	00:01:30	1	100-800	29.9	-	169.511	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

Mayo	4	Barcos	00:07:49	00:07:49	4	300-1500	100	168.27	179.41	185.13
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Junio	3	Barcos	00:07:30	00:07:30	3	100-400	100	164.46	165.82	167.17
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Julio	4	Barcos	00:10:51	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:07:23	2	800-2500	68.04	163.95	171.2	173.78
Agosto	5	Barcos	00:10:20	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-		-
Octubre	7	Barcos	00:19:12	00:03:55	3	100-5000	20.39	157.97	167.17	171.57
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-		-
Noviembre	8	Barcos	00:30:00	00:28:00	6	100-1100	93.3	163.8	174.45	179.92
		Embarcaciones menores		00:04:13	2	300-1400	14.05	170.69	172.07	173.12
Diciembre	2	Barcos	00:04:00	00:04:00	2	50-400	100%	170.75	175.3	177.48
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

Grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Diciembre	12	Barcos	00:44:57	00:14:31	4	50-800	32.29	174.89	178.18	182.53
		Embarcaciones menores		00:07:13	3	600-2800	16.05	172.96	178.6	184.6
Enero	13	Barcos	01:02:25	00:17:56	8	50-800	28.73	169.45	176.63	181.46
		Embarcaciones menores		00:29:17	5	1000-2600	46.91	169.45	175.62	180.37
Febrero	12	Barcos	01:10:52	00:48:52	9	50-800	68.95	180.97	186.43	190.19
		Embarcaciones menores		00:09:22	2	1200-2800	13.21	172.83	176.51	180.196

BITACORA DELANCES DE HIDRÓFONO PARA DETECTAR EL RUIDO DE BARCOS

Grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 1, de agosto 2022 a julio 2023. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Agosto	16	Barcos	01:31:00	00:57:40	11	90-1200	72.59	163.06	172.93	178.3
		Embarcaciones menores		00:21:46	6	400-1700	27.4	171.18	179.48	182.81
Septiembre	13	Barcos	00:27:29	00:18:36	7	100-900	67.67	152.62	163.18	166.19
		Embarcaciones menores		00:07:30	4	400-900	27.28	167.67	172.14	176.22
Octubre	9	Barcos	00:42:26	00:18:34	3	100-700	43.75	159.01	167.81	170.52
		Embarcaciones menores		00:16:28	4	100-3400	38.8	163.45	166.52	168.13
Noviembre	22	Barcos	01:01:13	00:21:00	10	100-1100	34.3	163.98	170.79	173.82
		Embarcaciones menores		00:09:37	4	500-1600	15.7	160.6	171.09	172.52
Diciembre	15	Barcos	00:26:49	00:20:00	10	100-600	74.58	167.52	172.28	176.22
		Embarcaciones menores		00:02:25	2	1800-2400	9.01	171.76	174.1	175.61
Enero	4	Barcos	00:09:15	00:06:00	2	100-400	64.86	167.71	169.4	170.62
		Embarcaciones menores		00:03:15	2	2000-3000	35.13	168.52	169.75	170.71
Febrero	12	Barcos	00:32:02	00:27:51	7	100-5500	86.94	166.3	172.39	174.03

		Embarcaciones menores		00:16:01	4	300-3600	50	172.33	174.51	176.64
Marzo	1	Barcos	00:01:32	00:01:32	1	40-380	100	173.93	173.93	173.93
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Abril	6	Barcos	00:08:33	00:05:01	2	100-600	58.67	172.75	174.76	176.12
		Embarcaciones menores		00:03:01	2	600-1400	35.28	171.47	172.62	173.53
Mayo	3	Barcos	00:03:34	00:02:04	2	40-750	57.94	170.42	170.81	171.16
		Embarcaciones menores		00:01:30	1	1900-2100	42.05	-	170.48	-
Junio	4	Barcos	00:09:23	00:07:01	3	100-800	74.77	169.25	171.35	172.59
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Julio	3	Barcos	00:03:42	00:01:10	1	100-700	31.53	-	169.22	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

Grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 2, de noviembre 2023 a diciembre 2024. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Noviembre	9	Barcos	00:18:55	00:10:00	3	50-800	52.86	167.27	174.721	178.49
		Embarcaciones menores		00:02:20	1	900-1200	12.33	-	167.547	-
Enero	12	Barcos	02:16:11	00:14:00	3	100-600	10.28	166.67	173.374	179.352

		Embarcaciones menores		01:36:34	9	500-3500	70.9	162.96	176.722	185.111
Febrero	11	Barcos	00:56:04	00:02:00	2	100-700	3.56	168.82	171.809	173.166
		Embarcaciones menores		00:49:47	6	50-2600	88.79	168.31	171.378	173.166
Marzo	4	Barcos	00:19:31	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:07:00	2	400-900	35.86	165.71	166.56	167.27
Abril	3	Barcos	00:05:01	00:01:30	1	100-800	29.9	-	169.511	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Mayo	4	Barcos	00:07:49	00:07:49	4	300-1500	100	168.27	179.41	185.13
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Junio	3	Barcos	00:07:30	00:07:30	3	100-400	100	164.46	165.82	167.17
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-
Julio	4	Barcos	00:10:51	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:07:23	2	800-2500	68.04	163.95	171.2	173.78
Agosto	5	Barcos	00:10:20	00:00:00	0	-	-	-	-	-
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-		-
Octubre	7	Barcos	00:19:12	00:03:55	3	100-5000	20.39	157.97	167.17	171.57
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-		-
Noviembre	8	Barcos	00:30:00	00:28:00	6	100-1100	93.3	163.8	174.45	179.92
		Embarcaciones menores		00:04:13	2	300-1400	14.05	170.69	172.07	173.12
Diciembre	2	Barcos	00:04:00	00:04:00	2	50-400	100%	170.75	175.3	177.48
		Embarcaciones menores		00:00:00	0	-	-	-	-	-

Grabaciones con sonidos de embarcaciones a través del muestreo sistema acústico activo durante el periodo 3, de diciembre 2025 a febrero 2026. (# de grab. = número de grabación y # emb. = Número de embarcaciones).

Mes	# de grab.	Tipo embarcación	Tiempo registrado	Tiempo con ruido	# de emb.	Rango de frecuencias (Hz)	% de Ruido	NPS Mínimo (dB)	NPS (dB)	NPS Máximo (dB)
Diciembre	12	Barcos	00:44:57	00:14:31	4	50-800	32.29	174.89	178.18	182.53
		Embarcaciones menores		00:07:13	3	600-2800	16.05	172.96	178.6	184.6
Enero	13	Barcos	01:02:25	00:17:56	8	50-800	28.73	169.45	176.63	181.46
		Embarcaciones menores		00:29:17	5	1000-2600	46.91	169.45	175.62	180.37
Febrero	12	Barcos	01:10:52	00:48:52	9	50-800	68.95	180.97	186.43	190.19
		Embarcaciones menores		00:09:22	2	1200-2800	13.21	172.83	176.51	180.196

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	2008			2010			2017			2021			2022			2025			total	total		
																						pi	pi*lnpi
Achiridae	Achirus mazatlanus	lenguado redondo listado	1	0.001131	0.007675	2	0.003125	0.018026003													3	0.001237624	0.008285349
Albulidae	Albula nemoptera	Macabi	1	0.001131	0.007675																1	0.000412541	0.003215006
Ariidae	Ariopsis seemanni (ant.	baore. cuatete	45	0.050905	0.151585																45	0.018564356	0.074007027
	Caranx caballus	Cocinero, jurel bonito, jurel coinua	11	0.012443	0.054584	11	0.0171875	0.069842659							1	0.005988024	0.03064667	6	0.045454545	0.14050193	29	0.011963696	0.052949867
	Caranx caninus	Jurel toro	13	0.014706	0.062052	40	0.0625	0.173286795	19	0.03967	0.12801247	6	0.049180328	0.148144012	4	0.023952096	0.089382023	25	0.189393939	0.315137519	107	0.044141914	0.137738024
	Caranx sexfasciatus	Ojo de perra, jurel ojón, jurel viraz							1	0.00209	0.01288455										1	0.000412541	0.003215006
Carangidae	Caranx vinctus	Jurel rayado, cocinero, jurel platanillo																1	0.007575758	0.036990924	1	0.000412541	0.003215006
	Chloroscombrus orqueta	Catalina, orqueta, bonito ojón	25	0.028281	0.100837	25	0.0390625	0.126663764	1	0.00209	0.01288455							4	0.03030303	0.105954775	55	0.022689769	0.085899861
	Oligoplites altus	Piña	63	0.071267	0.188239	5	0.0078125	0.037906486	15	0.03132	0.10846504										83	0.034240924	0.115540305
	Oligoplites inornatus	cuero coliamarilla, zapatero 7 cueros				1	0.0015625	0.010096044										1	0.007575758	0.036990924	2	0.000825083	0.005858108
	Selar Crumenophthalmus	Ojotón, charrito ojón, jurel ojo grande										1	0.008196721	0.039377222				6	0.045454545	0.14050193	7	0.002887789	0.016885664
Centropomidae	Centropomus robalito	Constantino, robalo aletas amarillas	9	0.010181	0.046703	3	0.0046875	0.025138387	58	0.12109	0.25564288	12	0.098360656	0.228109613	23	0.137724551	0.273038867	2	0.015151515	0.063479617	107	0.044141914	0.137738024
	Centropomus nigrescens	robalo prieto, robalo redondo	3	0.003394	0.019296	1	0.0015625	0.010096044	29	0.06054	0.16978651										33	0.013613861	0.058494226
	Centropomus viridis	Robalo blanco, robalo plateado																1	0.007575758	0.036990924	1		
Chaenidae	Chanos chanos	Sábalo, sabalote	40	0.045249	0.140071	34	0.053125	0.155927594	39	0.08142	0.20421173	8	0.06557377	0.178660951	2	0.011976048	0.052992175	3	0.022727273	0.08600431	126	0.051980198	0.153699855
Cichlidae	Oreochromis niloticus	Tilapia del nilo	127	0.143665	0.278749				32	0.06681	0.18077426										159	0.065594059	0.178695938
Dorosomatidae	Opisthonema bulleri	Sardina crinuda azul, machuelo hebra fina, sardina-gallera fina				51	0.0796875	0.20158089										8	0.060606061	0.169900629	59	0.024339934	0.090438357
	Opisthonema libertate	Sardina crinuda, sardina gallera común	5	0.005656	0.02927				10	0.02088	0.08077485	79	0.647540984	0.281403952	97	0.580838323	0.31555949	6	0.045454545	0.14050193	197	0.081270627	0.203986886
Eleotridae	Dormitator latifrons	chococo	1	0.001131	0.007675																1	0.000412541	0.003215006
Elopidae	Elops affinis	Chile	6	0.006787	0.033887	17	0.0265625	0.096375519	48	0.10021	0.23053023	1	0.008196721	0.039377222	5	0.02994012	0.105046584				77	0.031765677	0.109571538
Engrulidae	*Anchoa exigua*	Anchoveta	7	0.007919	0.038314										1	0.005988024	0.03064667				8	0.00330033	0.018857204
Fistulariidae	Anchovia macroleoidota	anchoveta escamuda				1	0.0015625	0.010096044													1	0.000412541	0.003215006
	Fistularia commersonii	Trompeta pintada	2	0.002262	0.013781																2	0.000825083	0.005858108
Gerreidae	Diapterus brevirostris	Malacapa, Mojarra aletas amarillas	56	0.063348	0.174785	55	0.0859375	0.210902226	190	0.39666	0.36678192	6	0.049180328	0.148144012	7	0.041916168	0.132961591	18	0.136363636	0.271695022	332	0.13963696	0.272289222
	Eucinostomus currani	Mojarra triclor, charrita	17	0.019231	0.075985	2	0.003125	0.018026003	1	0.00209	0.01288455				6	0.035928144	0.119505426	1	0.007575758	0.036990924	27	0.011138614	0.050094106
	Eucinostomus dowii	Mojarra plateada	4	0.004525	0.024426				5	0.01044	0.04762278										9	0.003712871	0.020777041
	Gerres simillimus	Mojarra rayada	154	0.174208	0.30443	105	0.1640625	0.296544253	11	0.02296	0.08666359										270	0.111386139	0.244464994
Gobiidae	Gobionellus microdon	Chihuilín, gobio plateado, gobio cola de palma	1	0.001131	0.007675																1	0.000412541	0.003215006
	Haemulon scudderii	Ronco bacoco, burro pecoso																5	0.037878788	0.123991061	5	0.002062706	0.012755232
Haemulidae	Haemulopsis elongatus	Ronco trompudo, ronco alargado				4	0.00625	0.031719836										10	0.075757576	0.195470972	14	0.005775578	0.029768003
	Pomadasys leuciscus	Burro							1	0.00209	0.01288455										1	0.000412541	0.003215006
	Xenichthys xanti	Salmonete, chula, salema ojona	10	0.011312	0.0507																10	0.004125413	0.022650946
Hemiramphidae	Hemiramphus saltator	Pajarito saltador, agujeta oaxaribo													1	0.005988024	0.03064667				1	0.000412541	0.003215006
Lutjanidae	Hoplopagrus guentherii	Tecomate, pargo coconaco, pargo roquero																1	0.007575758	0.036990924	1		
	Lutjanus colorado	Pargo colorado, pargorojo, pargo achotillo																2	0.015151515	0.063479617	2		
	Lutjanus guttatus	Lunarejo, flamenco	1	0.001131	0.007675	1	0.0015625	0.010096044										2	0.015151515	0.063479617	4	0.001650165	0.010572409
Mugilidae	Mugil cephalus	Lisa cabezuda, lisa comun, lisa ravada	2	0.002262	0.013781							4	0.032786885	0.112056613	15	0.089820359	0.216462001	5	0.037878788	0.123991061	26	0.010726073	0.048643574
	Mugil setosus (ant. Cure	lisa, liseta	273	0.308824	0.362863	282	0.440625	0.361119112	17	0.03549	0.11848493							3	0.022727273	0.08600431	575	0.237211221	0.341300526
Mullidae	Pseudupeneus grandisq	Chivo escamudo, salomonete rosado	1	0.001131	0.007675																1	0.000412541	0.003215006
Paralichthydae	Paralichtys californicus	lenguado californiano	4	0.004525	0.024426																4	0.001650165	0.010572409
Polynemidae	Polydactylus opercularis	Boca dulce, bobo amarillo, barbudo 9 barbas, barbilla																10	0.075757576	0.195470972	10	0.004125413	0.022650946
Pristigasteridae	Opisthopterus dovii	Sardina chata, sardina machete chata, sardina de Dove																2	0.015151515	0.063479617	2	0.000825083	0.005858108
	Pliosteostoma lutipinnis	Sardineta, arequilla aletas amarillas										5	0.040983607	0.130925538	5	0.02994012	0.105046584	2	0.015151515	0.063479617	12	0.004950495	0.026278553
Sciaenidae	Cynoscion reticulatus	Curbina rayada																1	0.007575758	0.036990924	1	0.000412541	0.003215006
	Umbrina xanti	Berrugata roncadora	1	0.001131	0.007675				2	0.00418	0.02287496							1	0.007575758	0.036990924	4	0.001650165	0.010572409
Scombridae	Scomberomorus sierra	Sierra común, sierra del pacífico, macarela sierra																6	0.045454545	0.14050193	6	0.002475248	0.014854987
Serranidae	Epinephelus labriformis	maranguana, cabrilla piedrera, mero pintado	1	0.001131	0.007675																1	0.000412541	0.003215006
		TOTAL	**884**		**2.2501619**	**640**		**1.863443704**	**479**		**2.05216437**	**122**		**1.306199134**	**167**		**1.501934748**	**132**		**2.811962901**	**2424**		**2.545250483**
		Familia	21			11			10			7			10			12						
		Genero	25			15			14			9			11			20					**shannon-Weaver**	2.54525048
		Especie	29			18			17			9			12			26					**Riqueza margalef**	5.51764892
			shannon-Weaver		2.2501619	**shannon-Weaver**		1.863443704	**shannon-Weaver**		2.05216437	**shannon-Weaver**		1.306199134	**shannon-Weaver**		1.501934748	**shannon-Weaver**		2.811962901			**Pielou**	0.6726012
			Riqueza margalef		4.1270804	**Riqueza margalef**		2.630980999	**Riqueza margalef**		2.59247832	**Riqueza margalef**		1.665271639	**Riqueza margalef**		2.14927966	**Riqueza margalef**		5.120011091			**Berger-Parker**	0.23721122
			Pielou		0.66824	**Pielou**		0.644707276	**Pielou**		0.72432398	**Pielou**		0.594476845	**Pielou**		0.604423007	**Pielou**		0.863069239				
			Berger-Parker		0.3088235	**Berger-Parker**		0.440625	**Berger-Parker**		0.39665971	**Berger-Parker**		0.647540984	**Berger-Parker**		0.580838323	**Berger-Parker**		0.189393939				

	total
Familia	25
Genero	36
Especie	44

FECHA: F= 0.026382564 fecha calibrac 8.nov.24 D aro (m): 0.5

MIA ASIPONA DIC25-FEB26

MES	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	FLUJOMETRO INICIAL	FLUJOMETRO FINAL	DIFERENCIA REVOLUCIO	TIEMPO DE ARRASTRES EN SEG.	REV-SEG.	AREA DE BOCA DE LA RED	m PROF. REG.	m PROF. DE ARRASTRE	333 Biomasa bruta (ml)	(Num.de REV DEL ARRAS	VOL. FILTRADO	BIOMASA A 100m3
dic	E1			86111	99654	13543	300	45.14	0.20	1.61		1	357.3	70.2	1.4
dic	E3			199660	215328	15668	300	52.23	0.20	1.34		0.5	413.4	81.2	0.6
dic	E4			115331	129555	14224	300	47.41	0.20	0.97		0.2	375.3	73.7	0.3
dic	E6			129555	143927	14372	300	47.91	0.20	1.15		0.4	379.2	74.4	0.5
dic	E7			76595	86104	9509	300	31.70	0.20	0.51		0.2	250.9	49.3	0.4
dic	E8			143927	159825	15898	300	52.99	0.20	0.76		1	419.4	82.4	1.2
dic	E11			62031	76595	14564	300	48.55	0.20	2.56		0.9	384.2	75.4	1.2
dic	E12			39065	49307	10242	300	34.14	0.20	3.16		0.4	270.2	53.1	0.8
dic	E15			26215	39065	12850	300	42.83	0.20	0.76		1	339.0	66.6	1.5
dic	E16			4183	14177	9994	300	33.31	0.20	1.49		0.3	263.7	51.8	0.6
dic	E17			14178	26226	12048	300	40.16	0.20	1.98		0.2	317.9	62.4	0.3
dic	E22			330130	351215	21085	300	70.28	0.20			0.2	556.3	109.2	0.2
dic	E23			312666	330130	17464	300	58.21	0.20			1	460.7	90.5	1.1
dic	E24			298265	312667	14402	300	48.01	0.20			0.1	380.0	74.6	0.1
dic	E25			282174	298252	16078	300	53.59	0.20			1	424.2	83.3	1.2
dic	E26			239547	240969	1422	300	4.74	0.20			0.9	37.5	7.4	12.2
dic	E27			237057	239544	2487	300	8.29	0.20			0.9	65.6	12.9	7.0
dic	E28			228650	237057	8407	300	28.02	0.20	9.14		1	221.8	43.5	2.3
dic	E29			212210	228652	16442	300	54.81	0.20	18.89		0.5	433.8	85.2	0.6
dic	E30			159854	175459	15605	300	52.02	0.20	20.72		9.5	411.7	80.8	11.8
dic	E31			175455	188920	13465	300	44.88	0.20	10.24		0.2	355.2	69.8	0.3
dic	E32			188917	201972	13055	300	43.52	0.20			0.6	344.4	67.6	0.9
dic	E33			201971	212213	10242	300	34.14	0.20	8		0.1	270.2	53.1	0.2
ene	E1			538380	549035	10655	300	35.52	0.20	5.45		1	281.1	55.2	1.8
ene	E3			524706	538376	13670	300	45.57	0.20	1.4		3.4	360.6	70.8	4.8
ene	E4			512176	524706	12530	300	41.77	0.20	0.7		1	330.6	64.9	1.5
ene	E6			499483	512175	12692	300	42.31	0.20	1.18		1.3	334.8	65.7	2.0
ene	E7			487338	499497	12159	300	40.53	0.20	1.55		2.3	320.8	63.0	3.7
ene	E8			477694	487346	9652	300	32.17	0.20	0.5		3	254.6	50.0	6.0
ene	E11			466915	477686	10771	300	35.90	0.20	1.98		1.2	284.2	55.8	2.2
ene	E12			453849	466967	13118	300	43.73	0.20	1.3		2.5	346.1	68.0	3.7
ene	E15			441030	453849	12819	300	42.73	0.20	1.1		9.8	338.2	66.4	14.8
ene	E16			421275	431809	10534	300	35.11	0.20	1.4		13.5	277.9	54.6	24.7
ene	E17			431821	441017	9196	300	30.65	0.20	3.04		6.8	242.6	47.6	14.3
ene	E22			711012	725455	14443	300	48.14	0.20			1	381.0	74.8	1.3
ene	E23			697586	711010	13424	300	44.75	0.20			1.7	354.2	69.5	2.4
ene	E24			684212	697581	13369	300	44.56	0.20	7.01		4.8	352.7	69.3	6.9
ene	E25			672371	684209	11838	300	39.46	0.20	6.37		3.2	312.3	61.3	5.2
ene	E26			659468	672373	12905	300	43.02	0.20	8.19		3.8	340.5	66.9	5.7
ene	E27			648506	659450	10944	300	36.48	0.20	13.25		1	288.7	56.7	1.8
ene	E28			549040	568756	19716	300	65.72	0.20	10.88		4	520.2	102.1	3.9
ene	E29			568891	584175	15284	300	50.95	0.20	18.89		5.5	403.2	79.2	6.9
ene	E30			584177	603630	19453	300	64.84	0.20	9.2		1.8	513.2	100.8	1.8
ene	E31			603643	624524	20881	300	69.60	0.20	10		1.9	550.9	108.2	1.8
ene	E32			624577	637232	12655	300	42.18	0.20	4.9		7	333.9	65.6	10.7
ene	E33			637233	648505	11272	300	37.57	0.20	4.9		4.8	297.4	58.4	8.2
feb	E1			846485	853973	7488	300	24.96	0.20	5.6		0.9	197.6	38.8	2.3
feb	E3			838974	846484	7510	300	25.03	0.20	1.1		1.5	198.1	38.9	3.9
feb	E4			824596	838976	14380	300	47.93	0.20	1		0.6	379.4	74.5	0.8
feb	E6			810293	824591	14298	300	47.66	0.20	1.3		0.5	377.2	74.1	0.7
feb	E7			797956	810280	12324	300	41.08	0.20	1.9		1.4	325.1	63.8	2.2
feb	E8			787029	797956	10927	300	36.42	0.20	1.4		1	288.3	56.6	1.8
feb	E11			775679	787029	11350	300	37.83	0.20	16.4		1.5	299.4	58.8	2.6
feb	E12			758314	768454	10140	300	33.80	0.20	5.56		0.8	267.5	52.5	1.5
feb	E15			747723	758318	10595	300	35.32	0.20	0.8		4	279.5	54.9	7.3
feb	E16			725742	737908	12166	300	40.55	0.20	1.2		0.2	321.0	63.0	0.3
feb	E17			737906	747721	9815	300	32.72	0.20	3.1		0.2	258.9	50.8	0.4
feb	E22			975247	981628	6381	300	21.27	0.20	78		1	168.3	33.1	3.0
feb	E23			967949	975256	7307	300	24.36	0.20			3	192.8	37.9	7.9
feb	E24			954882	967946	13064	300	43.55	0.20	22.8		1.1	344.7	67.7	1.6
feb	E25			940840	954583	13743	300	45.81	0.20			2.9	362.6	71.2	4.1
feb	E26			931234	940809	9575	300	31.92	0.20	24.07		2.5	252.6	49.6	5.0
feb	E27			922792	931234	8442	300	28.14	0.20	19.2		2.4	222.7	43.7	5.5
feb	E28			853977	870094	16117	300	53.72	0.20	10.46		7.5	425.2	83.5	9.0
feb	E29			870096	882607	12511	300	41.70	0.20	16.58		4.9	330.1	64.8	7.6
feb	E30			882850	896960	14110	300	47.03	0.20			7.1	372.3	73.1	9.7
feb	E31			916927	922785	5858	300	19.53	0.20			1.8	154.5	30.3	5.9
feb	E32			896956	908763	11807	300	39.36	0.20			1.1	311.5	61.2	1.8
feb	E33			908766	916167	7401	300	24.67	0.20	15.8		1.5	195.3	38.3	3.9

COLIMA

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	54	18	33	2	1	4	1993
Reptiles	186	81	86	11	22	21	4946
Aves	703	104	55	48	105	52	174612
Mamíferos	242	36	42	11	27	17	14328
Invertebrados	3770	12	142	5	22	20	39101
TOTAL	4955	251	358	77	177	114	234980

SAR

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	18	4	10	0	1	1	167
Reptiles	92	40	43	7	15	6	1316
Aves	398	55	25	34	54	30	38768
Mamíferos	97	12	22	4	10	4	1392
Invertebrados	2109	9	23	4	19	12	10651
TOTAL	2714	120	123	49	99	53	52294

SAR (%) con respecto al total Estatal

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios	33.3	22.2	30.3	0.0	100.0	25.0	8.4
Reptiles	49.5	49.4	50.0	63.6	68.2	28.6	26.6
Aves	56.6	52.9	45.5	70.8	51.4	57.7	22.2
Mamíferos	40.1	33.3	52.4	36.4	37.0	23.5	9.7
Invertebrados	55.9	75.0	16.2	80.0	86.4	60.0	27.2
Promedio	47.1	46.6	38.9	50.2	68.6	39.0	18.8

Área de Influencia

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios							
Reptiles							
Aves							
Mamíferos							
Invertebrados							
TOTAL							

Área de Influencia (%) con respecto al SAR

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios							
Reptiles							
Aves							
Mamíferos							
Invertebrados							
Promedio							

Área del Proyecto

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios							
Reptiles							
Aves							
Mamíferos							
Invertebrados							
TOTAL							

Área del Proyecto (%) con respecto al SAR

Grupo	Especies	NOM059	Endémicas	Prioritarias	CITES	IUCN	Registros
Anfibios							
Reptiles							
Aves							
Mamíferos							
Invertebrados							
Promedio							

Listado de especies ícticas de la Laguna de Cuyutlán de 2024 a 2026, de acuerdo con la modificación del anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Familia	Género	Especie	Categoría intraespecífica	Nombre intraespecífico	Autor	Sinonimia	Nombres comunes	Distribución	Categoría de riesgo
Achiridae	*Achirus*	*klunzingeri*			Steindachner, 1879.		Lenguado, suela plomiza, lenguado redondo plomizo, suela guardaboya	La parte central de México a Ecuador; las Islas Galápagos.	N/A
Carangidae	*Caranx*	*caninus*			Günther, 1867		Jurel toro	El Sur de California al Golfo de California a Perú y la Islas de Revillagigedo, las Galápagos, del Coco y Malpelo.	N/A
	Caranx	*caballus*			Günther, 1868.		Cocinero, jurel bonito, jurel cojinua	Sur de California a Chile, y todas las islas oceánicas; ocasionalmente registrado en abundancia en Hawái, pero no establecido allá.	N/A
	Caranx	*vinctus*			Jordan & Gilbert, 1882.		Chocho, jurel rayado, jurel platanito.	Del sur de California a los 2/3 inferiores del Golfo de California	N/A

								central y Perú y Malpelo.	
	Choroscombrus	*orqueta*			Jordan & Gilbert, 1883		Catalina, horqueta del pacifico, orqueta, jurel pardo, jurel citarina	Es un género tropical restringido al Pacífico Oriental (una especie endémica) y al Atlántico (una especie endémica).	N/A
	Selar	crumenophthalmus			Blonch, 1793		Ojotón, chícharro, jiguagua, sábalo de ojo grande	Mares tropicales y subtropicales; la parte central de la Baja y el Golfo de California a Ecuador y las Islas Oceánicas.	N/A
Centropomidae	*Centropomus*	*robalito*			Jordan & Gilbert, 1882		Constantino, robalo aletas amarillas, robalito	La parte sur del Golfo de California a Ecuador.	N/A
Centropomidae	*Centropomus*	*viridis*			Lockington, 1877		Róbalo plateado, róbalo blanco	Baja California Sur y el Golfo de California Central	N/A

								al sur de Ecuador y las Galápagos.	
Chaenidae	*Chanos*	*chanos*			Forsskål, 1775		Sábalo, sabalote, chano.	Una especie del Indo-Pacífico; el sur de California al Golfo de California a Perú.	N/A
Dorosomatidae	*Ophistonema*	*bulleri*			Regan, 1904		Sardina crinuda azul, machuelo hebra fina, sadrina gallera fina.	El Golfo de California al norte de Perú.	N/A
	Ophistonema	*libertate*			Günther, 1867		Sardina crinuda, sardina gallera común, sardina gallera pecosa, machuelo hebra del Pacífico, arenque de hebra común.	El sur de California a Chile.	N/A
Elopidae	*Elops*	*affinis*			Regan, 1909		Chile, machete del Pacífio, pez torpedo	Sur de California al norte de Perú.	N/A
Engraulidae	*Anchovia*	*macrolepidota*			Kner, 1863.		Huesuda, anchoveta escamuda, anchoa escamas grandes.	El Golfo de California al norte de Perú.	N/A

Gerreidae	*Diapterus*	*brevirostris*			Sauvage, 1879		Malacapa, mojarra aletas amarillas, palmito aleta amarilla	El sur de Baja y los 2/3 inferiores del Golfo de California a Perú, las Galápagos e Islas de Revillagigedo.	N/A
	Gerres	*simillumus*			Gill, 1862		Mojarra rayada, mojarra amarilla, palmito rayado del Pacífico, palmito blanco del Pacífico	El sur de Baja California y los 2/3 inferiores del Golfo de California a Perú y las Galápagos.	N/A
Haemullidae	*Haemulopsis*	*elongatus*			Steindachner, 1879.		Ronco alargado, ronco trompudo.	El sur de Baja y los ¾ inferiores del Golfo de California a Panamá.	N/A
Lutjanidae	*Lutjanus*	*argentiventris*			Peters, 1869		Alazán, pargo amarillo.	El sur de California al Golfo de California y a Perú, incluyendo todas las islas oceánicas menos Clipperton.	N/A
Mugilidae	*Mugil*	*cephalus*			Linnaeus, 1758		Lisa cabezuda, Lisa común, lisa pardete, lisa rayada	Sur de California al Golfo de	N/A

								California a Perú y las Galápagos.	
	Mugil	*setosus*			Gilbert, 1892		Lisa liseta	Baja California y el Golfo de California hasta Perú, las Islas Revillagigedo, Isla del Coco y las Galápagos.	N/A
Scianidae	*Larimus*	*acclivis*			Jordan & Bristol, 1898.		Boquinete, corvina ñata rayada	Baja California Sur y el este del Golfo de California al norte de Perú.	N/A
Scombridae	*Euthynnus*	*lineatus*			Kishinouye, 1920		Barrilete negro	California a la mitad inferior del Golfo de California a Perú, incluyendo todas las islas oceánicas; especímenes aislados en las Islas Hawaianas.	N/A
Portunidae	*Callinectes*	*arcuatus*			Ordway, 1863		Jaiba azul del Pacífico, jaiba cuata	Se encuentra por todo el Pacífico	N/A

								mexicano, desde Baja California hasta Chiapas.	

LISTADO DE ESPECIES IDENTIFICADAS EN EL MUESTREO EN EL SAR

No.	Nombre Cientifico	Nombre Común	Estrato	SBC	SMS	BQ	M	VHH	DC	Tipos	Categoría	CITES
1	*Abutilon trisulcatum*	Acapan	Herbaceo	1						1		
2	*Acacia cochliacantha*	Espino blanco	Arbóreo	1						1		
3	*Acacia farnesiana*	Huizache	Arbustivo	1						1		
4	*Acacia glomerosa*	Espino monte	Arbóreo	1						1		
5	*Acacia hindsii*	Huizcolote	Arbóreo	1						1		
6	*Acacia macilenta*	Chacalcahuil	Arbóreo	1						1		
7	*Acacia tenuifolia*	Aguilillo	Arbustivo	1						1		
8	*Acalypha mexicana*	Cancerina	Herbaceo	1					1	2		
9	*Acanthocereus tetragonus*	Tazajo	Otras especies	1	1					2		Apendice II
10	*Adenopodia gymnantha*	Bejuco sierrilla	Otras especies	1	1					2		
11	*Adiantum concinnum*	Helecho bipinado	Herbaceo		1					1		
12	*Adiantum tricholepis*	Helecho dentado	Herbaceo		1	1				2		
13	*Aechmea bracteata*	Bromelia aserrada	Otras especies			1				1		
14	*Agonandra racemosa*	Chilcahuite	Arbóreo		1					1		
15	*Albizia occidentalis*	Parotilla china	Arbóreo	1	1					2	Amenazada (A)	
16	*Albizia tomentosa*	Parotilla Morada	Arbóreo	1						1		
17	*Alstonia longifolia*	Frijolillo doble	Arbóreo	1						1		
18	*Ambrosia psilostachya*	Hierba amargosilla	Herbaceo	1	1	1				3		
19	*Ampelocissus acapulcensis*	Uva cimarrona	Otras especies	1						1		
20	*Amphilophium crucigerum*	Bejuco corona	Otras especies	1	1					2		
21	*Amphipterygium adstringens*	Cuachalalate	Arbóreo	1						1		
22	*Andira inermis*	Almendro de río	Arbóreo		1					1		
23	*Annona purpurea*	Cabeza de negro	Arbóreo		1					1		
24	*Antigonon flavescens*	Zarzal morado	Herbaceo	1	1					2		
25	*Aphananthe monoica*	Chiillo / Palo barranco	Arbóreo	1	1					2		
26	*Aphelandra linearíloba*	Afelandras	Herbaceo	1						1		
27	*Aphelandra scabra*	Cola de gallo	Arbustivo	1	1					2		
28	*Apoplanesia paniculata*	Llora sangre de cerro	Arbóreo	1						1		
29	*Ardisia compressa*	Chico corriozo	Arbustivo		1					1		
30	*Aristolochia taliscana*	Bejuco corchozo	Otras especies	1	1					2		
31	*Astraea lobata*	Manzanita	herbáceo						1	1		
32	*Astronium graveolens*	Culebro	Arbóreo	1	1					2	Amenazada (A)	
33	*Attalea cohune*	Palma de cayaco	Otras especies		1					1	Protección especial	
34	*Avicennia germinans*	Mangle prieto	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
35	*Ayenia aculeata*	Sierrilla cuadrada	Arbustivo	1						1		
36	*Batis maritima*	Saladilla	Herbaceo					1		1		
37	*Bauhinia divaricata*	Pata de cabra	Arbustivo	1						1		
38	*Blechum pyramidatum*	Cancerillo	Herbaceo			1				1		
39	*Bonellia macrocarpa*	Pica pendejos	Arbustivo	1						1		
40	*Bravaisia integerrima*	Mangle de cerro	Arbóreo	1						1	Amenazada (A)	
41	*Brosimum alicastrum*	Mojo	Arbóreo	1	1					2		
42	*Bursera copallifera*	Copal	Arbóreo	1		1				2		
43	*Bursera grandifolia*	Papelillo Verde	Arbóreo	1	1					2		
44	*Bursera sarcopoda*	Tecomaca	Arbóreo	1						1		
45	*Bursera simaruba*	Papelillo rojo	Arbóreo	1	1					2		
46	*Caesalpinia pulcherrima*	Tabachincillo	Arbustivo	1						1		
47	*Calathea atropurpurea*	Tacuachin	Herbaceo	1						1		
48	*Calliandra caeciliae*	Vara de angel	Arbustivo			1				1		
49	*Calophyllum brasiliense*	Palo maría	Arbóreo		1					1	Amenazada (A)	
50	*Canavalia rosea*	*Canavalia*	herbáceo						1	1		
51	*Cascabela ovata*	Ayoyote	Arbóreo	1						1		
52	*Casearia nitida*	Chamizo	Arbóreo	1	1					2		
53	*Casimiroa edulis*	Zapotillo	Arbóreo	1						1		
54	*Cecropia obtusifolia*	Trompetero	Arbóreo		1					1		
55	*Cedrela odorata*	Cedro rojo	Arbóreo		1	1				2	Protección especial (Pr)	Apendice II
56	*Ceiba aesculifolia*	Pochote	Arbóreo	1						1		
57	*Celtis iguanaea*	Granjeno	Arbustivo	1						1		
58	*Cenostigma eriostachys*	Iguanero de la costa	Arbóreo	1	1					2		
59	*Chloroleucon mangense*	Guayabillo borcelano	Arbóreo	1	1					2		
60	*Cissus microcarpa*	Bejuco tripa de vaca	Otras especies	1						1		
61	*Cissus verticillata*	Bejuco tripa de vaca	Otras especies	1		1				2		
62	*Clethra hartwegii*	Cucharo	Arbóreo		1					1		
63	*Cnidoscolus multilobus*	Quemadora palmaeda	Arbustivo	1						1		
64	*Cochlospermum vitifolium*	Panicua	Arbóreo	1		1				2		
65	*Cocos nucifera*	Palma de coco	Otras especies	1						1		
66	*Combretum fruticosum*	Bejuco corona	Otras especies	1						1		
67	*Commelina diffusa*	Tripa de Pollo	Herbaceo	1		1				2		
68	*Commicarpus scandens*	Bellesa del pacifico pegajosila	Arbustivo		1					1		
69	*Comocladia engleriana*	Hincha huevos	Arbóreo	1						1		
70	*Conium maculatum*	Cilantrillo	Herbaceo			1				1		
71	*Conocarpus erectus*	Mangle botoncillo	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
72	*Cordia alliodora*	Botoncillo	Arbóreo	1	1					2		
73	*Cordia dentata*	Tamborcillo	Arbóreo	1						1		
74	*Cordia elaeagnoides*	Barcino	Arbóreo	1	1					2		
75	*Cordia gerascanthus*	Nance ogelato	Arbóreo	1						1		
76	*Costus pulverulentus*	Caña de indio	Herbaceo	1						1		
77	*Coulteria platyloba*	Coral	Arbóreo	1						1		
78	*Crataeva tapia*	Bulillo	Arbóreo	1						1		
79	*Crinum erubescens*	Lirio del valle	Herbaceo	1						1		
80	*Crotalaria micans*	Sonajilla lanceolada	Arbustivo	1						1		
81	*Croton suberosus*	Mata corchosa	Arbustivo	1						1		
82	*Cryosophila nana*	Palma escobera	Otras especies			1				1	Amenazada (A)	
83	*Cucurbita moschata*	Calabacilla	Herbaceo	1						1		
84	*Cupania dentata*	Palo acanalado	Arbóreo		1					1		
85	*Dendropanax arboreus*	Macarmina	Arbóreo		1					1		
86	*Desmodium Incanum*	Frijolillo arbustivo	Arbustivo			1				1		
87	*Dicliptera resupinata*	Maleza de las lomas	Herbaceo	1	1					2		
88	*Dioscorea mexicana*	Camote de cerro	Herbaceo	1						1		
89	*Diphysa americana*	Hormiguillo	Arbóreo	1						1		
90	*Elytraria imbricata*	Cordoncillo	Herbaceo	1	1	1				3		
91	*Enterolobium cyclocarpum*	Parota	Arbóreo	1	1	1				3		

92	*Erythrina americana*	Colorin	Arbóreo	1						1		
93	*Eupatorium glabratum*	Arbusto de la paloma	Arbustivo	1						1		
94	*Ficus cotinifolia*	Tescalama	Arbóreo		1					1		
95	*Ficus maxima*	Higuera blanca	Arbóreo		1					1		
96	*Ficus velutina*	Zalate	Arbóreo	1						1		
97	*Forchhammeria pallida*	Olivillo	Arbóreo	1	1					2		
98	*Galinsoga parviflora*	Manzanilla silvestre	Herbaceo		1	1				2		
99	*Gliricidia sepium*	Cacanahual	Arbóreo	1						1		
100	*Gronovia scandens*	Arroz de leche	Herbaceo	1						1		
101	*Guardiola tulocarpus*	Vara prieta	Arbustivo	1						1		
102	*Guazuma ulmifolia*	Guasima	Arbóreo	1	1					2		
103	*Guettarda elliptica*	Limoncillo tronco de guayabo	Arbustivo	1	1					2		
104	*Gyrocarpus jatrophifolius*	Rebelero	Arbóreo	1	1					2		
105	*Heliocarpus terebinthinaceus*	Majahua	Arbóreo	1	1	1				3		
106	*Hintonia latiflora*	Trepa chuy	Arbóreo	1						1		
107	*Hura polyandra*	Habillo	Arbóreo	1	1					2		
108	*Hyperbaena ilicifolia*	Gorda dura	Arbustivo	1						1		
109	*Hyptis suaveolens*	Chan	Herbaceo	1		1				2		
110	*Indigofera densiflora*	Frijolillo vaina	Herbaceo	1						1		
111	*Indigofera suffruticosa*	Senna arbustiva añil	Arbustivo	1						1		
112	*Inga eriocarpa*	Cuil	Arbóreo		1					1		
113	*Ipomoea carnea*	Amapola rosa	Herbaceo	1						1		
114	*Ipomoea murucoides*	Osote	Arbóreo	1						1		
115	*Ipomoea purpurea*	Campanilla morada	Herbaceo	1						1		
116	*Jacaratia mexicana*	Bonete	Arbóreo	1	1					2		
117	*Jatropha curcas*	Piñoncillo	Arbóreo	1						1		
118	*Laguncularia racemosa*	Mangle blanco	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
119	*Lasiacis divaricata*	Otatillo	Arbustivo	1						1		
120	*Lasiacis nigra*	Pasto bolita	Herbaceo	1						1		
121	*Lasiacis procerrima*	Carricillo	Herbaceo	1						1		
122	*Lasianthaea fruticosa*	Vara san josé	Arbustivo	1						1		
123	*Leucaena microcarpa*	Guajillo	Arbóreo	1						1		
124	*Licania arborea*	Cuirindo	Arbóreo		1					1	Amenazada (A)	
125	*Lonchocarpus constrictus*	Garrapato	Arbóreo	1	1					2		
126	*Lonchocarpus eriocarinalis*	Cuero de indio	Arbóreo	1	1					2		
127	*Lonchocarpus sericeus*	Cuero de vaca	Arbóreo	1	1					2		
128	*Luehea candida*	Algodoncillo	Arbóreo	1						1		
129	*Lygodium venustum*	Helecho enredadera	Herbaceo	1						1		
130	*Lysiloma acapulcensis*	Tepehuaje	Arbóreo		1	1				2		
131	*Lysiloma divaricatum*	Tepemezquite	Arbóreo		1					1		
132	*Lysiloma microphyllum*	Tepemezquite	Arbóreo	1						1		
133	*Macroptilium atropurpureum*	Frijolillo	Herbaceo	1						1		
134	*Malvaviscus arboreus*	Obelisco de cerro	Arbustivo	1	1					2		
135	*Manihot aesculifolia*	Manitas	Arbóreo	1						1		
136	*Manihot chlorosticta*	Manihot	Arbustivo	1						1		
137	*Margaritaria nobilis*	Vidrillo	Arbóreo	1	1					2		
138	*Meliosma dentata*	Aguacatillo	Arbóreo		1					1		
139	*Miconia xalapensis*	Mora	Arbustivo		1	1				2		
140	*Mimosa albida*	Sierrilla	Otras especies	1						1		
141	*Mimosa pudica*	Sierrilla	Herbaceo	1						1		
142	*Momordica charantia*	Pepinillo amarillo	Herbaceo	1						1		
143	*Mucuna pruriens*	Pica pica	Herbaceo	1						1		
144	*Muntingia calabura*	Juanito	Arbóreo	1						1		
145	*Myroxylon horridum*	Huizcoron	Arbóreo	1						1		
146	*Nectandra salicifolia*	Aguacatillo	Arbóreo	1						1		
147	*Neltuma juliflora*	Mezquite	Arboreo						1	1		
148	*Oplismenus compositus*	Pasto huevero	Herbaceo	1	1	1				3		
149	*Pachycereus pecten-aboriginum*	Cactus organo pitayo	Otras especies	1						1		Apendice II
150	*Panicum maximum*	Pasto tanzania	Herbaceo	1		1				2		
151	*Paullinia clavigera*	Bejuco Costillon	Otras especies		1					1		
152	*Paullinia sessiliflora*	Bejuco Costillon	Otras especies	1						1		
153	*Pectis multiflosculosa*	Verdolaga	herbáceo						1	1		
154	*Petiveria alliacea*	Arriscale patras	Herbaceo		1					1		
155	*Philodendron hederaceum*	Colomo trepador	Herbaceo		1					1		
156	*Phyllanthus elsiae*	Carne de gallina	Arbóreo				1			1		
157	*Phyllanthus mocinianus*	Oreja de raton	Arbóreo	1						1		
158	*Pilosocereus purpusii*	Pitayo serpetinum	Otras especies	1						1		Apendice II
159	*Piper hispidum*	Piper lanceolado	Arbustivo	1	1	1				3		
160	*Piper peltatum*	Piper acorazonado	Arbustivo		1	1				2		
161	*Piptadenia flava*	Sierrilla arborea	Arbóreo	1						1		
162	*Pisonia aculeata*	Chorumo colmillo de puerco	Arbustivo	1	1					2		
163	*Pithecellobium dulce*	Guamuchil	Arbóreo	1						1		
164	*Pithecellobium lanceolatum*	Timuchil	Arbóreo	1			1			2		
165	*Platymiscium lasiocarpum*	Granadillo	Arbóreo	1	1					2	Peligro de extinsion (P)	
166	*Plumeria rubra*	Sacaloxochil	Arbóreo	1						1		
167	*Portulaca oleracea*	Verdolaga	Herbaceo	1						1		
168	*Psidium sartorianum*	Guayabillo	Arbóreo	1						1		
169	*Quercus acutifolia*	Encino rojo	Arboreo			1				1		
170	*Quercus magnoliifolia*	Encino Amarillo	Arboreo			1				1		
171	*Quercus obtusata*	Encino blanco	Arboreo			1				1		
172	*Randia armata*	Crucillo	Arbustivo	1	1	1				3		
173	*Rauvolfia tetraphylla*	Sarna de perro	Arbustivo	1						1		
174	*Recchia mexicana*	Manzanito	Arbóreo	1						1		
175	*Rhipidocladum racemiflorum*	Carricillo otatillo de cerro	Arbustivo	1	1	1				3		
176	*Rhizophora mangle*	Mangle rojo	Arbóreo				1			1	Amenazada (A)	
177	*Rhynchosia precatoria*	Frijolillo	Herbaceo			1				1		
178	*Roldana chapalensis*	Rondala	Arbustivo	1						1		
179	*Roseodendron donnell-smithii*	Primavera	Arbóreo	1	1					2		
180	*Sapindus saponaria*	Bolitario	Arbóreo	1						1		
181	*Sapium macrocarpum*	Higuerilla brava	Arbóreo	1	1	1				3	Amenazada (A)	
182	*Scaevola plumieri*	Bejuco costero	Otras especies	1						1		
183	*Senna atomaria*	Vainillo	Arbóreo		1					1		
184	*Senna obtusifolia*	Retama	Arbustivo		1	1				2		
185	*Serjania brachycarpa*	Bejuco serjania	Otras especies	1	1	1				3		

186	*Sesuvium portulacastrum*	Verdolaga de playa	Herbaceo					1		1		
187	*Sicyos barbatus*	Chayotillo tronador	Herbaceo	1						1		
188	*Sida glabra*	Guinar escobero	Herbaceo	1	1	1				3		
189	*Sideroxylon capiri*	Capire	Arbóreo	1						1	Amenazada (A)	
190	*Sideroxylon persimile*	Huizilacate negro	Arbóreo	1						1		
191	*Smilax spinosa*	Bejuco alambre	Otras especies	1	1					2		
192	*Spondia purpurea*	Ciruelo	Arbóreo	1	1					2		
193	*Sporobolus pyramidatus*	Pasto salado	herbáceo						1	1		
194	*Sporobolus virginicus*	Pasto amarillo	Herbaceo	1				1		2		
195	*Stegnosperma cubense*	Bejuco de arena	Otras especies						1	1		
196	*Stemmadenia tomentosa*	San antonio	Arbóreo	1	1					2		
197	*Struthanthus interruptus*	Mal ojo	Otras especies						1	1		
198	*Styrax argenteus var. ramirezii*	Azajar	Arbóreo	1	1					2		
199	*Tabebuia chrysantha*	Mapilla	Arbóreo	1						1	Amenazada (A)	Apendice II
200	*Tabebuia rosea*	Rosa morada	Arbóreo		1	1				2		
201	*Thouinia serrata*	Huesillo de cerro	Arbóreo	1	1					2		
202	*Tillandsia intermedia*	Tillandicia	Otras especies	1						1		
203	*Tournefortia mutabilis*	Huele de noche	Arbustivo			1				1		
204	*Tribulus cistoides*	Abrojo pegajoso	Herbaceo	1	1					2		
205	*Trichilia americana*	Cola de zorra	Arbóreo	1	1	1				3		
206	*Triumfetta semitriloba*	Abrojo	Arbustivo			1				1		
207	*Trophis racemosa*	Falso ramon	Arbóreo	1						1		
208	*Urera caracasana*	Quemadora carascana	Arbustivo	1	1					2		
209	*Verbesina oligantha*	Vara blanca	Arbustivo	1	1	1				3		
210	*Zamia paucijuga*	samia de colima	Otras especies			1				1	Protección especial (Pr)	Apendice II
211	*Zanthoxylum arborescens*	Zorrillo	Arbóreo	1						1		

Especies y abundancia registrada en campo (enero y febrero)

Grupo	Especies	Endémicas	NOM059	Migratorias	Abundancia
Amphibia	2	1	0	0	154
Aves	136	23	17	23	5640
Mammalia	14	4	2	0	491
Reptilia	26	13	12	0	361
TOTAL	178	41	31	23	6646

Individuos registados de cocdrilos por mes y por vaso

MES	Vaso 1	Vaso 2	Vaso 3	Total general
ENERO	7	47	89	143
FEBRERO	1	25	91	117
Total general	8	72	180	260

Programa	Año	Grupo	Lugar	Proyecto	Influencia	SAR	Total sitios	Luvias				Transición			
								Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Fauna Lagunar	2019-2022	Fauna	Valle de las Garzas			6	6	X	X	X	X	X	X	X	X
			Puerto Interior			3	3	X	X	X	X	X	X	X	X
			San Pedrito			1	1	X	X	X	X	X	X	X	X
			Cuyutlán		3		3	X	X	X	X	X	X	X	X
Fauna Lagunar	2023-2024	Fauna	Vaso IV		5		5	X	X	X	X	X	X	X	X
Biodiversidad	2023 y 2024	Fauna	Vaso III		3		3	X	X	X	X	X	X	X	X
Cocodrilos	2023 y 2024	Cocodrilos	Vaso II y III	5	20		25		X	X					
MIA Puerto	2024-2025	Fauna	Vaso II	4			4					X	X	X	
	2025	Fauna	Vaso II	9		9	18								
	2025	Fauna	Vaso II	6	6		12								
	2026	Fauna	Todos los vasos	13	13	9	35							X	X
		Cocodrilos	Todos los vasos	15	24		39							X	X
			Tot. Sitios en Gral	52	74	28	154								
			Tot. Sitios MIA Puerto	47	43	18	108								

Secas			
Mar	Abr	May	Jun
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
X	X	X	X
X			
			X
X			
X			

ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL

S

4 ALBERT EMBANKMENT
LONDRES SE1 7SR
Teléfono: +44(0)20 7735 7611 Facsímil: +44(0)20 7587 3210

MEPC.1/Circ.906
22 agosto 2023

DIRECTRICES REVISADAS PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO RADIADO DEBIDO AL TRANSPORTE MARÍTIMO CON EL FIN DE ABORDAR SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA

1 El Comité de Protección del Medio Marino, en su 66º periodo de sesiones (31 de marzo a 4 de abril de 2014), con objeto de facilitar orientaciones sobre la reducción del ruido submarino debido al transporte marítimo comercial, y siguiendo la recomendación formulada por el Subcomité de Proyecto y Equipo del Buque (Subcomité DE) en su 57º periodo de sesiones, aprobó las "Directrices para reducir el ruido submarino debido al transporte marítimo comercial y sus efectos adversos en la fauna marina" (las Directrices).

2 El Comité de Protección del Medio Marino, en su 80º periodo de sesiones (3 a 7 de julio de 2023), tras una revisión amplia de las Directrices realizada por el Subcomité de Proyecto y Construcción del Buque (Subcomité SDC) en su 9º periodo de sesiones (23 a 27 de enero de 2023), con miras a aumentar la concienciación, la asimilación y la implantación, aprobó las "Directrices revisadas adjuntas para reducir el ruido submarino radiado debido al transporte marítimo con el fin de abordar sus efectos adversos en la fauna marina" (Directrices revisadas).

3 Se invita a los Estados Miembros a que utilicen las directrices revisadas adjuntas con el fin de reducir el ruido submarino radiado procedente de los buques y las pongan en conocimiento de todas las partes interesadas, en particular los proyectistas de buques y equipos, los constructores, propietarios y armadores de buques, las sociedades de clasificación, los proveedores, los fabricantes y otras partes interesadas.

4 Se invita también a los Estados Miembros y a las organizaciones internacionales a que presenten al Comité de Protección del Medio Marino, en relación con el punto del orden del día titulado "Otros asuntos", información, observaciones y recomendaciones basadas en la experiencia práctica adquirida mediante la aplicación de las Directrices revisadas.

5 Las presentes directrices revisadas entrarán en vigor el 1 de octubre de 2023.

6 Esta circular revoca la circular MEPC.1/Circ.833.

***

ANEXO

DIRECTRICES REVISADAS PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO RADIADO DEBIDO AL TRANSPORTE MARÍTIMO CON EL FIN DE ABORDAR SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA

1 PREÁMBULO

1.1 El transporte marítimo comercial es una de las fuentes principales del ruido submarino radiado, con sus consiguientes efectos adversos en funciones críticas para la vida de una amplia gama de especies de la fauna marina, incluidos mamíferos marinos, peces e invertebrados, de los que un gran número de comunidades indígenas costeras dependen para su alimentación, sustento y cultura.

1.2 La mitigación eficaz de las repercusiones del ruido submarino radiado causado por los buques en la fauna marina requiere la colaboración internacional y la adopción de medidas a varios niveles, con la participación de diversas partes interesadas, entre las que se encuentran la gente de mar, los proyectistas, los constructores, propietarios y armadores de buques, las autoridades marítimas, los proveedores, los fabricantes y las sociedades de clasificación. Los Estados Miembros desempeñan también un papel importante a la hora de fijar expectativas en cuanto a los objetivos de reducción del ruido y establecer mecanismos y programas a través de los cuales puedan llevarse a cabo los esfuerzos de reducción del ruido.

1.3 El sonido es el principal mecanismo sensorial utilizado por la fauna acuática para interaccionar socialmente, reproducirse, desplazarse en el agua y detectar obstáculos, presas, depredadores y otros peligros. Las fuentes de ruido principales de los buques se solapan con las gamas de audición y el uso del sonido de distintas especies. En función de la especie, las repercusiones documentadas del ruido submarino radiado en los mamíferos marinos, los peces y los invertebrados incluyen alteraciones del desarrollo, malestar corporal, aumento de la depredación, disminución de la supervivencia de las crías, peor alimentación, fragmentación del ADN, cambios de comportamiento, problemas de enmascaramiento y respuestas fisiológicas. Aunque las repercusiones del ruido del transporte marítimo se han evaluado teniendo en cuenta las características ambientales de las distintas regiones y la sensibilidad al ruido de las diferentes especies a partir de observaciones sobre el terreno, experimentos de laboratorio, enfoques de modelización y conocimientos indígenas, la obtención de más datos sobre las repercusiones del ruido en especies de interés ecológico y comercial clave ayudará a informar a las partes interesadas.

1.4 Es importante que se reconozca que, tanto para los buques nuevos como para los existentes, la viabilidad técnica y la rentabilidad de las medidas de reducción del ruido submarino radiado, consideradas individualmente o en conjunto, dependerán en gran medida del proyecto, los parámetros operacionales y las prescripciones pertinentes para un buque determinado. Una estrategia eficaz para reducir el ruido submarino radiado debería ser un proceso que incluya, en la medida de lo posible, la fase de proyecto, la determinación de referencias para las mediciones del ruido submarino radiado (previstas o reales), la elaboración de objetivos relativos al ruido submarino radiado y la implantación, la vigilancia y la evaluación de las medidas técnicas y operacionales para alcanzar dichos objetivos. Deberían examinarse detenidamente las interacciones entre la implantación de las medidas de reducción del ruido submarino radiado y otros objetivos, por ejemplo, la eficiencia energética, la reducción de incrustaciones biológicas y la seguridad de los buques, así como las contribuciones resultantes.

2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

2.1 Las presentes directrices pueden aplicarse a cualquier buque, teniendo en cuenta su proyecto, construcción, modificaciones y funcionamiento.

2.2 Las presentes directrices no tratan de la introducción de ruido debido a buques de guerra y buques auxiliares de la armada ni de la introducción deliberada de ruido para otros fines, como el sónar o el estudio de la actividad sísmica.

3 FINALIDAD

3.1 Las presentes directrices tienen por finalidad:

.1 ofrecer una visión general de los enfoques aplicables a los proyectistas, constructores y armadores de buques para reducir el ruido submarino radiado de un buque determinado; y

.2 ayudar a las partes interesadas pertinentes a establecer mecanismos y programas que permitan reducir el ruido.

3.2 Dadas las complejidades asociadas con el proyecto y la construcción de buques, y los diversos enfoques para reducir el ruido submarino radiado generado por aquellos, las presentes directrices se centran en la determinación de los factores que más contribuyen al ruido submarino radiado generado por los buques y en un enfoque general que puedan adoptar los proyectistas, constructores, propietarios y armadores de buques. Dichos factores se asocian con las hélices, la forma del casco, las máquinas de a bordo, el flujo de la estela y los aspectos operacionales y de mantenimiento.

3.3 Las presentes directrices describen la planificación de la gestión de la reducción del ruido submarino radiado como una herramienta que puede aplicarse al funcionamiento, el proyecto, la construcción y la modificación de los buques, en la medida en que sea razonable y práctico.

3.4 Se alienta a los proyectistas de buques y equipos, los constructores, propietarios y armadores de buques, las autoridades marítimas, las sociedades de clasificación, los proveedores, los fabricantes y otras partes interesadas a que introduzcan y apliquen las presentes directrices a sus actividades específicas y a que sopesen cualquier otra tecnología y medida operacional no incluida en estas directrices que pueda ser más apropiada para aplicaciones específicas y haya demostrado su eficacia para reducir aún más el ruido submarino radiado.

3.5 La elaboración de soluciones tecnológicas para reducir el ruido submarino radiado y los conocimientos científicos en torno a las repercusiones de dicho ruido en la fauna marina seguirán evolucionando. Las presentes directrices se examinarán y actualizarán periódicamente para garantizar que las partes pertinentes dispongan de la mejor información posible para fundamentar los esfuerzos de reducción del ruido submarino radiado y tener en cuenta los vínculos con las medidas de cumplimiento de la eficiencia energética. Se alienta a los Estados Miembros y observadores a que transmitan la experiencia y la información recibida de, entre otros, los proyectistas de buques y equipos, los constructores y operadores de buques, las organizaciones científicas, la sociedad civil y las personas con conocimientos indígenas, a fin de mejorar y actualizar las presentes directrices.

4 DEFINICIONES

A efectos de las presentes directrices, se aplican las definiciones siguientes:

Ruido submarino radiado (URN) de referencia: nivel de la fuente del buque (y la profundidad de la fuente conexa) para condiciones operacionales típicas, que se desprende de las predicciones y ensayos iniciales o, preferiblemente, de mediciones normalizadas.

Cavitación: reducción de la presión ambiental por un medio estático o dinámico que puede deberse a la hélice u otros dispositivos y que causa la formación de burbujas en el líquido. La formación se refiere tanto a la creación de una nueva cavidad como a la expansión de una existente. Cuando estas burbujas se desplazan a regiones de mayor presión ambiental, se rompen y se convierten en la fuente principal de ruido de los buques con propulsión.

Velocidad de inicio de la cavitación: velocidad del buque a la que puede detectarse la cavitación (visual o acústicamente).

Buque existente: buque que no es un buque nuevo.

Gama auditiva: gama de frecuencias que puede detectar el oído o cualquier otro órgano sensorial de un animal.

Conocimientos indígenas: forma sistemática de pensamiento que se aplica a los fenómenos de los sistemas biológicos, físicos, culturales y espirituales. Incluye percepciones basadas en pruebas y adquiridas a través de experiencias directas y a largo plazo y de observaciones, lecciones y habilidades amplias y multigeneracionales. Se ha desarrollado a lo largo de milenios y sigue haciéndolo como parte de un proceso vivo que incluye los conocimientos que se adquieren en la actualidad y los que se adquirirán en el futuro, y se transmite de generación en generación. En virtud de esta definición, los conocimientos indígenas van más allá de las observaciones y los conocimientos ecológicos, y ofrecen una "forma del saber" singular.

Enmascaramiento: cuando el ruido interfiere en la detección y la percepción de otros sonidos importantes para la fauna marina. El enmascaramiento puede causar, entre otras cosas, una reducción o una pérdida de la capacidad de comunicación de las especies marinas.

Buque nuevo: buque cuyo contrato de construcción se adjudique, o, en ausencia de un contrato de construcción, cuya quilla se coloque, o cuya construcción se encuentre en una fase equivalente, en la fecha de entrada en vigor de las presentes directrices, o posteriormente.

Ruido de la hélice: aquel causado por fenómenos de flujo en la hélice cuando funciona en el campo de estela del casco del buque. El ruido de la hélice se compone del ruido de la hélice sin cavitación y del ruido de cavitación. Si se produce la cavitación, suele ser la fuente de ruido dominante.

Nivel de ruido radiado (RNL): se expresa como el nivel de presión acústica en decibelios. El nivel de ruido radiado es un nivel de fuente del buque suponiendo que este es una fuente acústica puntual. Se calcula multiplicando la distancia desde un punto de referencia del buque, D, por la presión acústica media cuadrática de campo lejano, PRMS(D), a esa distancia para un valor de referencia especificado.

Matemáticamente,

$$RNL = 20 \cdot log_{10}\left(\frac{P_{RMS}}{P_{REF}}\right) + 20 \cdot log_{10}\left(\frac{D}{D_{REF}}\right) dB$$

El valor de referencia para la presión (PREF) es igual a 1 micro-Pa. El valor de referencia para la distancia (DREF) es igual a 1 metro. En la norma ISO 17208-1:2016: *Underwater acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships - Part 1: Requirements for precision measurements in deep water used for comparison purposes* figura una definición técnica completa.

Nivel de presión acústica: para el ruido submarino, 10 veces el logaritmo en base diez del cuadrado del cociente de la presión acústica submarina media cuadrática (P) entre la presión acústica de referencia de 1 micropascal, $SPL = 10 \cdot \log_{10}(P/P_{REF})^2$; donde PREF = 1 micropascal.

Ruido estructural: es la vibración en la estructura del buque que generará ruido cuando una superficie vibrante excite el medio circundante, es decir, cimientos, tuberías, otras máquinas acopladas o equipos auxiliares conectados. El ruido estructural suele medirse y cuantificarse midiendo las vibraciones.

Nivel de la fuente: para los niveles de fuente submarinos, véase la norma ISO 18405:2017 *(Underwater acoustics – Terminology).* En general, el nivel de la fuente se utiliza para cuantificar cuánto sonido (o vibración) genera un dispositivo (máquina u otra entidad, por ejemplo, un buque) a una distancia de referencia (convencionalmente a 1 m para la acústica submarina).

Nivel de ruido submarino radiado (URN): a efectos de las presentes directrices, el ruido causado por cualquier buque. El nivel de ruido submarino radiado se indicará en decibelios como nivel de presión acústica.

Soportes antivibratorios: elementos vibroelásticos (muelles de acero, caucho u otros sistemas) utilizados para aislar las vibraciones de las máquinas de la estructura del buque reduciendo la amplitud de la energía de vibración. También pueden utilizarse soportes antivibratorios para proteger el equipo de vibraciones perjudiciales procedentes del exterior del buque (por ejemplo, los impactos experimentados en condiciones meteorológicas adversas).

5 PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RUIDO SUBMARINO RADIADO (URN)

5.1 La planificación de la gestión del ruido submarino radiado es un enfoque generalizado aplicable a los buques de conformidad con la sección 2 que incluye posibles estrategias para la reducción de dicho ruido en las fases de proyecto, construcción, funcionamiento y/o modificación.

5.2 Dadas las complejidades asociadas con el proyecto y la construcción de buques y los diversos enfoques para reducir el ruido submarino radiado, los propietarios y los proyectistas de buques deberían emprender la planificación de la gestión del ruido submarino radiado en las primeras fases de proyecto. Del mismo modo, la planificación de la gestión del ruido submarino radiado puede llevarse a cabo para los buques existentes en la medida en que sea razonable y factible.

5.3 La planificación de la gestión del ruido submarino radiado está destinada a ser una herramienta flexible que permita un enfoque personalizado, y puede incluir el establecimiento de una referencia (prevista o real) del ruido submarino radiado de un buque, la determinación de objetivos relativos a dicho ruido que deberían ser específicos y, cuando sea posible, cuantitativos, y la evaluación, por separado o en combinación, de diversos enfoques tecnológicos, operacionales y de mantenimiento para reducir el ruido submarino radiado. En el apéndice 3 figuran dos modelos de formulario con diversos niveles de detalle para guiar a los propietarios/proyectistas de los buques en este proceso.

5.4 A fin de apoyar una planificación eficaz de la gestión del ruido submarino radiado, diversas partes cuentan con las oportunidades siguientes:

.1 Propietarios de buques: elaborar y aplicar el plan de gestión del ruido submarino radiado, incluir las prescripciones sobre dicho ruido en las especificaciones de proyecto de los buques y mantener los buques conforme a dichas especificaciones.

.2 Proyectistas: proyectar los buques según lo definido en el plan operacional de sus propietarios para cumplir las prescripciones sobre el ruido submarino radiado.

.3 Constructores de buques: construir un buque que cumpla las especificaciones sobre el ruido submarino radiado.

.4 Operadores de buques: explotar el buque para cumplir los objetivos relativos al ruido submarino radiado y cualquier prescripción regional adicional a la que estén sujetos.

.5 Autoridades marítimas: adoptar medidas de apoyo que permitan la planificación de la gestión del ruido submarino radiado y la hagan avanzar, por ejemplo, apoyando el despliegue de herramientas para medir los niveles de ruido de los buques, respaldar la innovación y la adopción de tecnologías de reducción del ruido y comunicar información sobre el ruido submarino radiado.

.6 Sociedades de clasificación: ayudar a los propietarios/constructores de buques mediante predicciones, ensayos, anotaciones pertinentes sobre el ruido submarino radiado, certificación, etc., en la medida de lo razonable y factible.

.7 Proveedores y fabricantes: proporcionar equipos a los constructores y propietarios de buques que ayuden a que el buque cumpla las especificaciones sobre el ruido submarino radiado.

6 ENFOQUES PARA LA REDUCCIÓN DEL RUIDO SUBMARINO RADIADO

6.1 Las hélices, la forma del casco, las máquinas de a bordo, el flujo de la estela y los aspectos operacionales y de mantenimiento se consideran las fuentes principales del ruido submarino radiado generado por los buques. A velocidades de funcionamiento típicas, o cercanas a la velocidad de proyecto del buque, la mayor parte de ruido submarino radiado se debe a la cavitación de la hélice, pero las máquinas de a bordo y los aspectos operacionales también son pertinentes, especialmente por debajo de la velocidad de inicio de la cavitación. El propio ruido de la hélice puede ser un factor preponderante del ruido submarino radiado general. En la estrategia óptima de mitigación del ruido submarino radiado para cualquier

buque deberían tenerse en cuenta al menos todas las fuentes de ruido y estrategias de mitigación pertinentes, incluidas las que no se contemplan en las presentes directrices, que pueden ser más apropiadas para aplicaciones específicas.

Enfoques técnicos y de proyecto para la reducción del ruido

6.2 Las mayores oportunidades para reducir el ruido submarino radiado se presentarán durante las etapas iniciales de proyecto y construcción del buque. Para los buques existentes, probablemente no resultará práctico igualar el nivel de ruido submarino radiado que puede alcanzarse con los proyectos nuevos, con la excepción de la posible modificación de las hélices en algunos casos. Por consiguiente, las consideraciones relativas al proyecto que figuran a continuación están destinadas primordialmente a los buques nuevos. Sin embargo, se puede prestar atención a la modificación de los buques existentes, si esto resulta razonable y práctico. En el cuadro 1 se resumen los enfoques de proyecto y de reducción técnica del ruido aplicables a los buques nuevos y/o existentes.

Proyecto y modificación del casco

6.3 El flujo alrededor del casco puede tener un efecto en el ruido submarino radiado, dado que la forma del casco influye en el flujo entrante de agua en la hélice. Se sabe que los campos de estela irregulares o no homogéneos aumentan la cavitación de la hélice. Por tanto, la forma del casco del buque con sus apéndices debería proyectarse de manera que el campo de estela sea lo más homogéneo posible para reducir la cavitación. Además, no debería despreciarse la excitación de la estructura del buque inducida por la hélice.

6.4 Para reducir el ruido submarino radiado del casco debería tenerse en cuenta el ruido estructural. Algunas medidas de mitigación podrían ser la optimización del escantillonado, la aplicación de un revestimiento de desacoplamiento y la amortiguación estructural.

Proyecto y modificación de la hélice

6.5 Las hélices deberían proyectarse y seleccionarse para reducir al mínimo la cavitación al tiempo que se consideran y optimizan los efectos sobre la eficiencia energética. La cavitación puede ser la fuente predominante de ruido submarino radiado y puede incrementarlo considerablemente. A velocidades de funcionamiento típicas, la cavitación puede reducirse en condiciones de funcionamiento normales mediante un buen proyecto, como la optimización de la carga de la hélice, el mantenimiento de un flujo de agua uniforme hacia las hélices (en lo que influye el proyecto del casco), y la selección meticulosa de las características de la hélice tales como el diámetro, el número de palas, la superficie de las palas, el paso, la inclinación, la caída y las secciones. El análisis y el estudio de la interacción entre el casco y la hélice pueden optimizar simultáneamente el proyecto de la hélice, el casco, el timón y el funcionamiento del buque.

6.6 Para muchas aplicaciones se dispone de opciones de proyecto de la hélice para la reducción del ruido, que deberían tenerse en cuenta. No obstante, se entiende que no siempre se puede utilizar la hélice óptima en cuanto a la reducción del ruido submarino radiado a causa de limitaciones técnicas o geométricas (por ejemplo, el reforzamiento para el hielo de la hélice, la masa). Asimismo, se reconoce que algunos principios de proyecto para la reducción de la cavitación pueden causar una disminución de la eficiencia. Se han elaborado algunos proyectos y conceptos de hélices nuevos y modernos, como las hélices de gran inclinación, de inclinación hacia delante y contrarrotatorias.

6.7 Se dispone de algunas tecnologías emergentes para reducir la potencia de propulsión necesaria, como la propulsión asistida por el viento o la lubricación del casco

mediante inyección de aire. Pueden tenerse en cuenta esas tecnologías para reducir posiblemente la carga de la hélice y el ruido de cavitación. Debería prestarse atención a que la reducción de la carga de propulsión no tenga efectos adversos en el ruido submarino radiado, por ejemplo, generando cavitación en el lado de aspiración con el mismo nivel de carga de potencia. La inyección de burbujas de aire en la popa y la hélice también se utiliza para reducir el ruido submarino radiado.

Mejora del flujo de la estela

6.8 La mejora del rendimiento hidrodinámico mediante la optimización del proyecto de la forma del casco y de los apéndices del casco y la hélice (por ejemplo, mediante la adopción de un dispositivo de mejora de la propulsión/dispositivo de ahorro de energía o un proyecto asimétrico de la popa) puede aumentar el rendimiento y el flujo de entrada a la hélice y reducir el ruido submarino radiado.

6.9 Para mejorar el flujo de entrada de la hélice de un buque pueden utilizarse muchos dispositivos, pero estos pueden provocar cavitación, por lo que deberían proyectarse cuidadosamente, tanto para buques nuevos como para aquellos existentes. El rendimiento en cuanto a cavitación de tales dispositivos podría evaluarse, y el modelo y la hélice podrían someterse a prueba en una instalación de pruebas de cavitación de la siguiente manera:

.1 Instalación de dispositivos de acondicionamiento de la estela y optimización del proyecto del timón.

.2 Estator preturbulencia: algunos estatores antes de la hélice que pueden disminuir el ruido de la frecuencia de paso de la pala y aumentar la eficacia de la hélice.

.3 Álabes precubiertos: álabes y algunos estatores antes de la hélice que pueden mejorar el rendimiento de cavitación de esta y aumentar su eficacia.

.4 Un tapacubos con aletas puede ser útil para mejorar la estela de la hélice de un buque. Puede recuperar energía de la estela de la hélice y aumentar su eficacia. Un tapacubos con aletas también puede contribuir a que se evite la cavitación del vórtice del núcleo.

Proyecto y modificación de las máquinas

6.10 Debería examinarse la selección del sistema de propulsión y las máquinas de a bordo junto con las medidas adecuadas de control del ruido estructural, la ubicación adecuada del equipo en el casco y la optimización de las estructuras de sustentación que pueden contribuir a reducir el ruido submarino radiado y el ruido a bordo que afecta a los pasajeros y la tripulación. La alineación de las máquinas/equipos del buque debería optimizarse cuando sea necesario tener un perfil de ruido reducido. La reducción del ruido submarino radiado puede lograrse asegurando el equipo que posiblemente no sea necesario en todo momento o incluso durante determinadas partes de un tránsito. Además, en función de la configuración de la instalación de propulsión del buque, se puede conseguir una mayor reducción del ruido submarino radiado mediante el funcionamiento selectivo de motores y grupos electrógenos. Por ejemplo, los motores montados a bordo pueden producir un ruido submarino radiado menor que los motores montados fuera borda. Se puede elaborar un "perfil de buque silencioso" midiendo el ruido submarino radiado de varios equipos para comprender la contribución de cada unidad al ruido general del buque.

6.11 El ruido aéreo puede excitar el ruido estructural que se transmite al agua. Los proyectistas y los propietarios y constructores de buques deberían solicitar a los fabricantes de los motores/máquinas información sobre la vibración y los niveles de ruido en el aire que generan sus máquinas para permitir el análisis mediante los métodos descritos en el apéndice 2 y recomendar métodos de instalación que puedan contribuir a que se reduzca el ruido submarino radiado.

6.12 Debería considerarse la posibilidad de utilizar soportes antivibratorios y de mejorar el equilibrio dinámico para máquinas alternativas y rotatorias, como instalaciones frigoríficas, compresores de aire y bombas. El aislamiento de las vibraciones de otros elementos del equipo, tales como el sistema hidráulico, las bombas eléctricas, las tuberías, los ventiladores grandes y los conductos del aire acondicionado, puede resultar beneficioso para algunas aplicaciones, en particular como medida de atenuación en casos en que no sean adecuadas unas técnicas más directas para la aplicación específica objeto de examen. También puede considerarse el control activo del ruido para amortiguar las vibraciones estructurales generadas por estas fuentes.

6.13 Los soportes antivibratorios pueden reducir la vibración desde las máquinas a la estructura de sustentación y el ruido estructural. Por la disposición de la propulsión y la transferencia del empuje pueden considerarse soportes elásticos para motores, principalmente para los de cuatro tiempos con transmisión sin deslizamiento, aunque no para los motores de dos tiempos con transmisión directa. Los motores de dos tiempos no pueden utilizar soportes elásticos, ya que el motor transfiere el empuje de la hélice directamente a la estructura del buque por la gran superficie de asiento del motor. El acoplamiento flexible entre el motor y la caja de cambios puede reducir las vibraciones en una transmisión sin deslizamiento y reducir aún más el ruido estructural. El aislamiento de las vibraciones se utiliza más corrientemente para montar los generadores de diésel en sus sujeciones, a fin de reducir el ruido estructural. En algunos casos, debería considerarse la adopción de un sistema diésel-eléctrico, ya que puede facilitar el aislamiento eficaz de la vibración de los generadores diésel, lo cual normalmente no es posible con las configuraciones grandes de transmisión directa.

6.14 Los sistemas alternativos de alimentación y propulsión pueden ayudar a reducir el ruido submarino radiado. La propulsión eléctrica (por ejemplo, diésel-eléctrica, pila de combustible y totalmente eléctrica o mediante batería, propulsiones en cápsulas o propulsores azimutales) se identifica como una opción de configuración prometedora para reducir el ruido submarino. Es probable que el uso de instalaciones y motores eléctricos de alta calidad contribuya a que se reduzca la vibración inducida en el casco por el motor eléctrico.

Enfoques de mantenimiento y operacionales

6.15 Si bien los componentes principales del ruido submarino radiado dependen del proyecto del buque (es decir, la forma del casco, la hélice, la interacción entre el casco y la hélice y la configuración de las máquinas), debería considerarse la posibilidad de introducir modificaciones operacionales y medidas de mantenimiento para reducir el ruido tanto en los buques nuevos como en los existentes. Los enfoques operacionales podrían resultar especialmente importantes para los buques carentes de características de proyecto o de tecnologías necesarias para reducir el ruido, o para todos los buques que operen en zonas protegidas designadas de carácter nacional o internacional en las que sea necesario adoptar medidas adicionales para reducir los efectos adversos del ruido producido por el tráfico marítimo en la fauna marina. En el cuadro 1 se resumen los enfoques operacionales y de mantenimiento aplicables a los buques nuevos y/o existentes.

Enfoques de mantenimiento

6.16 El mantenimiento de la calidad y el acabado de la superficie de las hélices, por ejemplo mediante una pulimentación correcta, eliminan las incrustaciones biológicas marinas y reducen enormemente la rugosidad de la superficie, con lo cual disminuye la cavitación de la hélice.

6.17 La reducción de la rugosidad del casco y el mantenimiento de una superficie lisa del casco bajo el agua, mediante la utilización de revestimientos adecuados, la limpieza y el mantenimiento proactivo del casco en el agua[1] también pueden mejorar la eficiencia energética de un buque al reducir su resistencia y la carga de la hélice. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los sistemas antiincrustantes ultrasónicos emiten energía acústica de alta frecuencia en gamas de frecuencia y a amplitudes que pueden ser perjudiciales para las especies acuáticas. El uso de estos sistemas debería evitarse en la medida de lo posible en las zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional.

6.18 Las vibraciones de las máquinas causan ruido estructural. El mantenimiento adecuado de las piezas móviles y las máquinas, así como los soportes antivibratorios, ayudan a mantener las vibraciones y el ruido a un nivel bajo y evitan que aumente el ruido debido al funcionamiento de dichas máquinas.

Enfoques operacionales

6.19 La optimización del asiento y el calado del buque puede reducir la potencia necesaria y, por tanto, el ruido de cavitación de la hélice.

6.20 Los operadores pueden ajustar y optimizar la ruta del buque, la velocidad y el tiempo de navegación para reducir el tiempo que esté fondeado y el ruido submarino radiado en puerto y zonas costeras. La planificación del viaje puede facilitar el uso de rutas alternativas para evitar las zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional y reducir la velocidad en ellas, cuando pueda hacerse sin peligro, durante las épocas críticas del año para disminuir los efectos del ruido submarino radiado en la fauna marina y las comunidades que dependen de ellas. Las oficinas hidrográficas y las administraciones marítimas deberían considerar la posibilidad de marcar y actualizar las zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional en las cartas para permitir a los marinos y a los usuarios de los puertos planificar los viajes de forma que se reduzcan al mínimo los efectos del ruido submarino radiado de sus buques en la fauna marina.

6.21 Las mejores prácticas incluyen el examen de la información sobre las zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional para determinar si los buques transitan por dichas áreas o realizan operaciones en ellas. Dichas zonas pueden ser, entre otras, regiones cubiertas de hielo marino, e incluyen Inuit Nunaat, puertos y vías de navegación muy transitados que se solapan con hábitats importantes o críticos para especies en peligro, amenazadas o protegidas, zonas importantes para los mamíferos marinos, zonas marinas protegidas según el Convenio sobre la Diversidad Biológica y otras zonas nacionales/regionales protegidas.

6.22 En Inuit Nunaat, algunas características de la región y las actividades que se registran en ella podrían agravar los efectos del ruido submarino radiado. Esto incluye la posibilidad de que se rompa hielo, la presencia de especies sensibles al ruido y la posible interferencia con los derechos de caza de los indígenas. Es aconsejable que los buques que operan en estas

[1] Swain, G., Erdogan, C., Foy, L., Gardner, H., Harper, M., Hearin, J., Hunsucker, K.Z., Hunsucker, J.T., Lieberman, K., Nanney, M. and Ralston, E., 2022. *Proactive In-Water Ship Hull Grooming as a Method to Reduce the Environmental Footprint of Ships*. Frontiers in Marine Science, p.2017.

zonas realicen esfuerzos adicionales para reducir los efectos en la fauna marina, prestando especial atención a la reducción del impacto acústico de la rotura del hielo y a la aplicación de enfoques operacionales y de vigilancia.

Velocidad del buque

6.23 En general, para los buques equipados con hélices de paso fijo, reducir la velocidad del buque, las RPM en el eje y/o la potencia del motor pueden ser medidas operacionales muy eficaces para reducir el ruido submarino, principalmente debido a la reducción de la cavitación. Esto es especialmente cierto cuando las velocidades son inferiores a la velocidad de inicio de la cavitación, pero incluso pequeñas reducciones de potencia pueden causar un descenso considerable de la cavitación. Por lo tanto, se prevé que la limitación de la potencia en el eje o la limitación de la potencia del motor anulables (como las que pueden adoptarse para cumplir las prescripciones sobre el EEXI de la OMI) reducirán el ruido submarino radiado cuando estos límites sean inferiores a la potencia de funcionamiento habitual del buque.

6.24 Se recomienda medir y comprender la velocidad de inicio de la cavitación (CIS) del buque y se operará a una velocidad inferior en las zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional cuando sea factible. En el caso de los buques provistos de hélices de paso variable, es posible que la reducción de la velocidad no produzca una reducción del ruido. Por consiguiente, deberían estudiarse las combinaciones óptimas de la velocidad en el eje y el paso de la hélice.

6.25 No obstante, puede que existan otros motivos de mayor importancia para que se mantenga una velocidad determinada, tales como la seguridad, el funcionamiento y la eficiencia energética. En general, debería examinarse toda velocidad crítica de un buque determinado en relación con la cavitación y los aumentos resultantes del ruido submarino radiado.

Cuadro 1: Resumen de los enfoques de proyecto, técnicos, operacionales y de mantenimiento para la reducción del ruido submarino radiado aplicables a los buques nuevos y/o existentes en la medida de lo posible. Esta lista no es exhaustiva y no debería restringir otras opciones de proyecto que el propietario de un buque pueda considerar como solución. Para más información, consúltense el informe técnico y la matriz de ruido submarino radiado del buque

Enfoques para la reducción del ruido submarino radiado	Buque nuevo	Buque existente
Optimizar el proyecto de la forma del casco del buque (y sus apéndices) para obtener un funcionamiento hidrodinámico y un campo de estela homogéneo que reduzca la cavitación	X	X
Optimizar el proyecto de la hélice para reducir la cavitación, optimizar la carga, garantizar un flujo uniforme del agua y la interacción entre el casco y la hélice, y la selección cuidadosa de las características de la hélice, como el diámetro, el número de palas, la superficie de las palas, el paso, la inclinación, la caída, las secciones y el material innovador	X	X
Tecnologías emergentes como las asistidas por el viento para reducir la carga de las hélices y el ruido de cavitación	X	X
Inyección de aire a la hélice	X	X
Mejora del flujo de la estela	X	X
Selección cuidadosa de las máquinas de a bordo e instalación con medidas adecuadas de control de los niveles de ruido estructural, ubicación adecuada del equipo en el casco y optimización de las estructuras de sustentación	X	
Instalación y aislamiento de las máquinas, por ejemplo, soportes elásticos y acoplamiento flexible en motores de cuatro tiempos con un engranaje reductor, soportes antivibratorios y mejora del equilibrio dinámico para maquinaria alternativa	X	X

Optimizar el asiento del buque para reducir la potencia necesaria y, por tanto, el ruido de cavitación de la hélice	**X**	**X**
Mejorar la planificación de los viajes (por ejemplo, ruta óptima, coordinada entre flotas, zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional/región cubierta de hielo marino, incluidos los hábitats conocidos o las rutas migratorias)	**X**	**X**
Disminuir las RPM de la hélice mediante la reducción de las RPM en el eje y/o de la potencia del motor para los buques equipados con hélices de paso fijo[2]	**X**	**X**
Medidas de organización del tráfico marítimo[3] para evitar las zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional, incluidos los hábitats conocidos o las rutas migratorias	**X**	**X**
Mantenimiento (y limpieza/revestimiento) de la hélice	**X**	**X**
Mantenimiento del casco (revestimiento y mantenimiento y limpieza del casco en el agua, excepto sistemas antiincrustantes acústicos cuando sea posible en zonas protegidas designadas de carácter nacional e internacional)	**X**	**X**

7 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y REDUCCIÓN DEL RUIDO SUBMARINO RADIADO

7.1 Debería prestarse atención especial a las interrelaciones entre la eficiencia energética, los GEI y la reducción del ruido submarino radiado, al tiempo que se cumplen las obligaciones reglamentarias y se garantiza que el nivel de ruido submarino radiado cumplirá los objetivos establecidos en el plan de gestión de dicho ruido. Muchas de las opciones de mejora de la eficiencia energética para cumplir las reglas sobre eficiencia energética (EEDI, EEXI y CII) pueden dar lugar a una mejora del rendimiento en cuanto al ruido submarino radiado y podrían traducirse en sinergias positivas con las políticas climáticas. Cuando las medidas de reducción del ruido submarino radiado no favorezcan la eficiencia energética, deberán prevalecer las obligaciones reglamentarias relativas a la eficiencia energética y las emisiones. Las medidas relativas al ruido submarino radiado no deberían ir en detrimento de las prescripciones de la OMI sobre reducción de los GEI y eficiencia energética ni de otras prescripciones de la Organización que afecten a la seguridad de los buques, por ejemplo, la maniobrabilidad.

7.2 Los proyectistas, constructores, propietarios y operadores de buques deberían investigar y tener en cuenta el riesgo de que el ruido submarino radiado aumente con arreglo al proyecto del buque cuando se trate de alcanzar unos valores del EEDI, el EEXI y/o el CII más bajos.

7.3 Debería prestarse especial atención al proyecto del casco y la hélice como unidad, de manera que se cree un campo de estela uniforme para reducir la cavitación de la hélice, ya que de este modo también aumentará la eficiencia energética y se reducirán las emisiones.

7.4 Reducir la cavitación de la hélice es una manera eficaz de reducir el ruido submarino radiado. Las medidas destinadas a reducir la potencia de propulsión aplicada o instalada y la carga del empuje de la hélice, con las restricciones de seguridad apropiadas,[4] son opciones para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones, y, por lo general, se traducen en una reducción del ruido submarino radiado; por ejemplo, la asistencia eólica, el proyecto optimizado del casco y la limpieza y el mantenimiento periódicos del casco para evitar las

[2] Es vital mantener la velocidad y la potencia suficientes para una navegación segura. Véase la circular MEPC.1/Circ.850/Rev.3: "Directrices para determinar la potencia de propulsión mínima que permita mantener la maniobrabilidad del buque en condiciones desfavorables".

[3] Por "medidas de organización del tráfico marítimo" se entiende el proceso de alejar las vías de navegación existentes y reconocidas de las zonas protegidas nacionales o internacionales que puedan incluir rutas migratorias o hábitats importantes para los mamíferos marinos. Se sabe que la organización del tráfico marítimo es una medida eficaz para reducir la exposición al ruido de los buques en el medio marino.

[4] Véase la circular MEPC.1/Circ.850/Rev.3.

incrustaciones y reducir la resistencia del casco son medidas eficaces para reducir las emisiones y el ruido submarino radiado.

7.5 Los métodos de cálculo del ruido submarino radiado deberían integrar métodos de optimización para incluir los parámetros que afectan a la eficiencia energética y a otras emisiones al mismo tiempo que al ruido submarino. Esto permitirá optimizar el ruido submarino radiado, otras emisiones y la eficiencia/rendimiento.

8 EVALUACIÓN Y VIGILANCIA

8.1 La evaluación y la vigilancia continua del ruido submarino radiado es un paso esencial para evaluar la eficacia de los esfuerzos por reducir el ruido en los océanos. Esto puede hacerse mediante la medición real del ruido submarino radiado del buque, o mediante su modelización, a partir de las características del buque y los parámetros de proyecto, así como de las condiciones ambientales.

8.2 La modelización del ruido submarino radiado debe tener en cuenta la pérdida de propagación del sonido, ya que esta se ve influida por varios parámetros ambientales (por ejemplo, el estado del mar, el hielo marino, el perfil de velocidad del sonido, la temperatura del agua del mar, la absorción del sonido, las corrientes, la batimetría o las propiedades del fondo marino). Existe una gran variedad de modelos de propagación del sonido bajo el agua para abordar los objetivos de la aplicación específica.

8.3 Debería hacerse lo posible por comprender mejor la situación y los cambios en cuanto al ruido submarino radiado. La capacidad de vigilancia desarrollada en colaboración con los puertos interesados debería fomentarse a lo largo de las vías de navegación y utilizarse en programas de incentivos para complementar otros programas de vigilancia del ruido submarino radiado, siempre que sea posible.

8.4 Habría que apoyar los esfuerzos comunitarios para comprender el ruido subacuático del transporte marítimo y sus repercusiones en las especies marinas y las comunidades costeras.

8.5 Los Estados Miembros y otras partes interesadas, incluidas las sociedades de clasificación, los proyectistas, los constructores, propietarios y operadores de buques, los proveedores y los fabricantes pueden aportar datos, en la medida de lo posible, para la comprensión general de las emisiones de ruido de los buques, incluso a través de programas establecidos de vigilancia de los niveles de las fuentes de los buques y/o del ruido ambiental.

8.6 Una vez se hayan recopilado los datos sobre el ruido submarino radiado, los resultados de las medidas aplicadas podrán compartirse presentando al Comité de Protección del Medio Marino, dentro del punto "Otros asuntos", información, observaciones, sugerencias y recomendaciones basadas en la experiencia práctica adquirida mediante la aplicación de estas directrices. Los datos podrán facilitarse anónimamente a fin de apoyar la planificación y la elaboración de medidas relacionadas con el ruido submarino radiado por parte de los Estados Miembros y otras partes interesadas.

9 INCENTIVACIÓN

9.1 Se alienta a las autoridades marítimas, las instituciones financieras y de seguros y a otras entidades a que promuevan el establecimiento de sistemas de incentivos para apoyar la implantación de programas de vigilancia del ruido submarino radiado y los esfuerzos de reducción del ruido por parte de proveedores, proyectistas y constructores, propietarios y operadores de buques, cuando se considere oportuno. Los incentivos pueden apoyar también

la recopilación y el intercambio en general de datos sobre el ruido submarino radiado de los buques.

9.2 La incentivación podría basarse, por ejemplo, en anotaciones de clasificación de los buques pertinentes para el ruido submarino radiado, el reconocimiento de un plan de gestión del ruido submarino radiado, los objetivos de reducción del ruido submarino radiado, las tecnologías y el mantenimiento de los buques y motores, los programas de reducción de la velocidad de los buques, el suministro de energía eléctrica desde tierra en puerto u otras certificaciones voluntarias de sostenibilidad que incluyan pruebas de reducción del ruido submarino radiado o beneficios complementarios sobre eficiencia y mantenimiento (por ejemplo, la prevención de las incrustaciones biológicas mediante la limpieza en el agua del casco y la hélice de los buques podría aumentar la eficiencia y reducir al mínimo la transferencia de especies invasivas).

9.3 Entre los ejemplos de incentivos se encuentran los descuentos en las tasas portuarias, las tasas de paso, o los servicios o productos adicionales y la promoción.

9.4 Los proveedores, proyectistas, constructores, propietarios y operadores de buques deberían concienciarse y esforzarse por conseguir incentivos relacionados con la reducción del ruido submarino radiado.

APÉNDICE 1

NORMAS INTERNACIONALES DE MEDICIÓN DEL RUIDO SUBMARINO RADIADO, RECOMENDACIONES Y REGLAS DE LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN

1 Los propietarios, proyectistas y operadores de buques y otras partes interesadas pueden utilizar, entre las que se enumeran a continuación, la norma de medición del ruido más actualizada y adecuada para su contexto.

2 ANSI S12.64 e ISO-17208-1[5] son dos versiones de la misma norma. Incluía tres grados: levantamiento, aspectos técnicos y precisión, siendo la última la metodología más exacta. La norma ISO-17208-1 se tomó de la norma S12.64 y se adoptó para uso internacional, y la diferencia principal fue que se suprimieron los tres grados. Ambas normas se refieren a la medición del nivel de ruido radiado (RNL) de un buque en aguas profundas. La norma ISO-17208-2[6] proporciona una metodología para tomar datos medidos utilizando la norma ISO-17208-1 y convertir el nivel de ruido radiado medido en el nivel de fuente omnidireccional (MSL). Estas dos normas serían las más pertinentes para la medición del ruido de un buque. Ambas normas serían necesarias si se utilizara el criterio del nivel de fuente omnidireccional.

Lista no exhaustiva de normas de medición del ruido submarino radiado

Norma u organización	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación	Metodología	Profundidad mínima del agua
ICES-CRR-209[7]	Mayo de 1995	Se aplica únicamente a los buques de investigación pesquera (R/V). Este documento proporciona orientaciones sobre el ruido ambiental, la audición de los peces, el ruido de los buques, la reacción de los peces al ruido de los buques, la instrumentación del ruido submarino radiado, la mitigación del ruido para los buques de investigación pesquera.	La metodología prevista para los resultados del nivel de presión acústica a 1 metro en un espectro de 1 hercio (banda estrecha). No se indica ningún proceso de corrección de la distancia.	No se especifica.

5 **ISO 17208-1** *Underwater acoustics — Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships — Part 1: Requirements for precision measurements in deep water used for comparison purposes*.

6 **ISO 17208-2** *Underwater acoustics — Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships — Part 2: Determination of source levels from deep water measurements*.

7 Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM), Cooperative Research Report 209, *Underwater Noise of Research Vessels, Review and Recommendations*, mayo de 1995.

Norma u organización	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación	Metodología	Profundidad mínima del agua
ANSI/ASA S12.64[8]	Septiembre de 2009	Se aplica a cualquier buque de cualquier tamaño con una velocidad inferior a 50 nudos. (Se trata de la primera norma para la medición del ruido submarino radiado de los buques comerciales).	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m, suponiendo que el buque se modele como una fuente puntual mediante dispersión esférica. Existen tres grados de medición: precisión, aspectos técnicos y levantamiento. Utiliza tres hidrófonos situados en la columna de agua con aspecto de haz.	*Prec.*: 300 m o 3x L *Aspectos técnicos*: 150 m o 1,5x L *Levantamiento*: 75 m o 1x L, donde L es la eslora total del buque.
Bureau Veritas, DNV[9]	Noviembre de 2015	Se aplica a los buques comerciales, lo que incluye cualquier buque dedicado al comercio o al transporte de pasajeros por cuenta ajena.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m utilizando las pérdidas de propagación calculadas con el buque modelizado como fuente acústica omnidireccional.	No se especifica.
ISO-17208-1[10]	Marzo de 2016	El mismo que para la norma S12.64 *(supra).*	La metodología y los resultados son en su mayor parte los mismos que para la norma S12.64, pero con un único grado entre los grados de precisión y aspectos técnicos de la norma S12.64. Utiliza tres hidrófonos situados en la columna de agua con aspecto de haz.	Superior a 150 m o la que se indica en la nota 1).

[8] American National Standards Institute (ANSI)/Acoustical Society of America (ASA) S12.64-2009; *Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships – Part 1: General Requirements*, septiembre de 2009.

[9] Achieve Quieter Oceans by Shipping Noise Footprint Reduction (AQUO) and Suppression of UW Noise Induced by Cavitation (SONIC), *Guidelines for Regulation on UW Noise from Commercial Shipping*

[10] Organización Internacional de Normalización (ISO), ISO-17208-1-2016; *Underwater acoustics - Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships – Part 1: Requirements for precision measurements in deep water used for comparison purposes*, marzo de 2016.

Norma u organización	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación	Metodología	Profundidad mínima del agua
Directrices 7.5-04 de la ITTC[11]	Septiembre de 2017	Se aplica a la medición del ruido submarino radiado de los buques en superficie.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m, suponiendo dispersión esférica y ajuste mediante normalización de la distancia.	300 m o el triple de la eslora del buque para el grado más alto; 150 m o 1,5 veces la eslora del buque para el grado medio; 75 m o la eslora del buque para el grado más bajo.
Lloyds Register[12]	Febrero de 2018	Se aplica a cualquier buque cuyo ruido submarino radiado haya sido medido y certificado de conformidad con la anotación *SHIPRIGHT* de LR.	Se facilita la corrección para aguas profundas suponiendo mediciones de conformidad con la norma ISO-17208-1. En aguas poco profundas se procederá como se indica en la norma ISO-17208-1. Utiliza tres hidrófonos situados en la columna de agua con aspecto de haz.	Superior a 60 m o la que se indica en la nota 2).
Bureau Veritas[13]	Julio de 2018	Se aplica a cualquier buque autopropulsado.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m utilizando las pérdidas de propagación calculadas con el buque modelizado en una fuente acústica omnidireccional. Utiliza tres hidrófonos situados en la columna de agua con aspecto de haz.	Superior a 60 m o la que se indica en la nota 3).
China Classification Society[14]	Octubre de 2018	Se aplica a los buques que soliciten la anotación de clase de CCS.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m, suponiendo dispersión esférica y utilizando la pérdida	La profundidad del agua bajo la quilla no deberá ser en general inferior a 40 m cuando se utilice

11 International Towing Tank Conference (ITTC), Recommended Procedures and guidelines - Underwater Noise from Ships - Full scale measurements.

12 Lloyd's Register (LR), *Additional Design Procedures, Additional Design & Construction Procedure for the Determination of a Vessels Underwater Radiated Noise*, febrero de 2018.

13 Bureau Veritas (BV), *Underwater Radiated Noise*, Rule Note NR 614 DT R02 E, julio de 2018.

14 China Classification Society, *Guidelines for underwater radiated noise of ships*, octubre de 2018.

Norma u organización	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación	Metodología	Profundidad mínima del agua
			de propagación calculada.	el método de un solo hidrófono, ni inferior a 60 m cuando se aplique el método de varios hidrófonos.
ISO-17208-2[15]	Julio de 2019	Este documento especifica métodos para calcular un nivel de fuente omnidireccional equivalente mediante la conversión de valores del nivel de ruido radiado obtenidos en aguas profundas, de conformidad con la norma ISO 17208-1.	Esta no es una norma de medición de buques, debe utilizarse la norma ISO-17208-1 para las mediciones sobre el terreno.	N/A
DNV[16]	Julio de 2019	Se aplica a todos los buques que deseen obtener la notación *SILENT* de DNV-GL.	La metodología para aguas profundas debe seguir la norma ISO-17208-1 (se indica *supra*). En aguas poco profundas se utiliza un método único con un único hidrófono colocado en el fondo, y la corrección de la distancia se realiza utilizando la pérdida de propagación real medida *in situ* o la relación 18xLog(r), donde r es la distancia entre el buque y el hidrófono.	150 m (para pruebas en aguas profundas, con independencia de la eslora del buque) 30 m (para pruebas en aguas poco profundas).
DNV[17]	Julio de 2020	Se aplica a todos los buques que deseen obtener la notación *SILENT* de DNV-GL.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m, suponiendo que el buque se modelice como una fuente puntual o lineal que se determine durante la evaluación. Este documento sólo	N/A

[15] Organización Internacional de Normalización (ISO), ISO-17208-2-2019; *Underwater acoustics — Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships — Part 2: Determination of source levels from deep water measurements*, julio de 2019.

[16] Det Norske Veritas/Germanischer Lloyd (DNV/GL), Class Guideline DNVGL-CG-0313, *Measurement procedures for noise emission*, julio de 2019.

[17] Det Norske Veritas/Germanischer Lloyd (DNV/GL), Rules for Classification, Ships, Part 6, *Additional class notations, Chapter 7 Environmental Protection and Pollution Control*, julio de 2020.

Norma u organización	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación	Metodología	Profundidad mínima del agua
			proporciona los límites y la necesidad de llevar a cabo la medición de conformidad con DNVGL-CG-0313 (véase *supra*).	
ABS[18]	Mayo de 2021	Se aplica a cualquier buque de investigación o comercial autopropulsado.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m utilizando la dispersión esférica para aguas profundas y la pérdida de propagación calculada (mediante la ecuación facilitada) para aguas poco profundas. Utiliza tres hidrófonos situados en la columna de agua con aspecto de haz.	Superior a 60 m o la que se indica en la nota 4).
RINA[19]	2021	Se aplica a todos los buques que deseen obtener las anotaciones *DOLPHIN QUIET* o *TRANSIT* de RINA.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m, suponiendo que el buque se modelice como una fuente puntual mediante dispersión esférica. Utiliza tres hidrófonos situados en la columna de agua con aspecto de haz.	150 m o la que se indica en la nota 5).
Korean Register[20]	Julio de 2021	Se aplica a los buques nuevos y existentes que hayan solicitado la anotación opcional relativa al ruido submarino radiado de un buque.	Los resultados se expresan en nivel de presión acústica a 1 m	60 m como mínimo

NOTAS SOBRE LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL AGUA:

1. ISO-17208-1: 1,5 x eslora total del buque, que es la distancia longitudinal entre la parte más a proa y la más a popa de un buque.

2. Lloyds Register: 0,3 x v^2, donde v es la velocidad del buque en m/s o 3 x $(B \times Dt)^{1/2}$, donde B es la manga del buque y Dt es su calado, ambos en metros.

18 American Bureau of Shipping (ABS), *Underwater Noise and External Airborne Noise*, mayo de 2021.

19 Registro Italiano Navale (RINA), Dolphin Quiet Ship y Dolphin Transit Ship, 2021.

20 Korean Register: *Guidance for Underwater Radiated Noise* (julio de 2021).

3. Bureau Veritas: 0,3 x v^2, donde v es la velocidad del buque en m/s. Se considerará aguas profundas un valor de 200 m o igual a 2 veces la eslora del buque, a menos que el buque mida más de 200 m, en cuyo caso el valor de referencia será igual a 1,5 veces la eslora del buque.

4. ABS: 0,3 x v^2, donde v es la velocidad del buque en m/s. Se considerará aguas profundas el valor mayor entre 150 m y 1,5 veces la eslora del buque.

5. RINA: Las mediciones pueden realizarse en aguas poco profundas siempre que se haya acordado con RINA un procedimiento adecuado para la pérdida de propagación real.

APÉNDICE 2

TIPOS DE MODELOS INFORMÁTICOS PARA OPTIMIZAR EL PROYECTO DE LOS BUQUES Y LOS ENFOQUES TÉCNICOS DE REDUCCIÓN DEL RUIDO SUBMARINO RADIADO

Los tipos de modelos informáticos para optimizar el proyecto de los buques y los enfoques técnicos de reducción del ruido submarino radiado son:

.1 **Características del flujo:** puede utilizarse la dinámica de fluidos computacional (CFD) para predecir y visualizar las características del flujo, la cavitación y las fuentes hidroacústicas alrededor del casco y los apéndices, así como el campo de la estela en el que opera la hélice. Para predecir y probar el efecto de la cavitación en el funcionamiento de la hélice pueden utilizarse también métodos de análisis de hélices, como los métodos de superficie sustentadora o la CFD.

.2 **Radiación del ruido:** pueden utilizarse el análisis por el método de los elementos finitos, el método de elementos de contorno y el análisis estadístico de la energía para calcular el ruido radiado debido al campo del flujo, la cavitación y las excitaciones de las máquinas. Se pueden tener en cuenta la batimetría, el fondo marino, la superficie del mar y las estructuras elásticas de los buques. Otros métodos para predecir la radiación son los métodos híbridos, los métodos basados en las ondas y el método del flujo de energía. La mayoría de los métodos pueden utilizarse tanto para estructuras como para fluidos.

.3 **Propagación del ruido:** el trayecto del ruido desde la fuente hasta el receptor depende del entorno y de algunas características del sonido. Para modelizar la propagación del sonido a larga distancia pueden utilizarse métodos como la teoría de los rayos, los modos normales, la integración del número de ondas o las ecuaciones parabólicas.

Los ensayos con modelos normalizados del ruido submarino radiado de la hélice en combinación con las pruebas de cavitación ofrecen la posibilidad de que los fabricantes, los proveedores y los propietarios y constructores de buques acuerden si se cumplen las especificaciones contractuales relativas a la contribución de la hélice al ruido submarino radiado antes de que se construya el buque.

.1 Las pruebas de cavitación a escala de modelo[21] pueden ofrecer en la actualidad la predicción y el ensayo más precisos de los niveles de fuente del ruido submarino radiado de las hélices cavitantes, lo cual indica una concordancia entre buena y aceptable con los ensayos en el mar respecto de los niveles de fuente del ruido submarino radiado. Sin embargo, los efectos de escala y el efecto de los ruidos de fondo y reverberación de las instalaciones deberían examinarse cuidadosamente, y se esperan nuevas mejoras en estos temas a partir de los estudios en curso. Además, como estas pruebas con modelos se centran únicamente en el ruido de la cavitación, se puede evaluar bien el efecto de una medida de atenuación del ruido de la cavitación. El efecto de esta medida de mitigación en el ruido total

[21] ITTC – *Recommended Procedures and Guidelines, Model-Scale Propeller Cavitation Noise Measurements*, 7.5–02–03–03.9

del buque requiere conocer las demás fuentes de ruido, como el ruido de las máquinas y el ruido estructural.

.2 Podrían realizarse pruebas con modelos del buque, su hélice y los apéndices especiales (como el soporte del eje, el estabilizador de aletas, etc.) en una instalación de pruebas de cavitación, por ejemplo un túnel de cavitación, para medir los aspectos del proyecto con respecto a los impulsos de presión inducidos por la cavitación, la velocidad de inicio de la cavitación y el ruido radiado.

Las predicciones y pruebas con modelos sobre el ruido submarino radiado deberían evaluarse, cuando sea posible, con pruebas de validación del modelo a escala o a tamaño real, preferiblemente en entornos controlados.

APÉNDICE 3

MODELOS DE PLANTILLAS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RUIDO SUBMARINO RADIADO

Para ayudar a los propietarios de buques en la elaboración de un plan de gestión del ruido submarino radiado que pueda adaptarse a sus necesidades, se facilitan dos plantillas como muestra de lo que dicho plan puede contener. Las plantillas se proporcionan únicamente a título orientativo y pueden modificarse para abordar contextos específicos de propietarios de buques concretos.

Modelo de plantilla nº 1: Plan de aspiraciones con pasos iniciales:

Plan de gestión del ruido submarino radiado

1 *Objetivo*

Esta sección debería incluir una visión general del objetivo de alto nivel relativo a la reducción del ruido submarino radiado de los buques. Por ejemplo, podría formularse así: "En los próximos cinco años, nos proponemos alcanzar los siguientes objetivos [....] y determinar oportunidades nuevas para reducir el ruido de nuestros buques".

2 *Enfoque*

En esta sección deberían describirse los diversos esfuerzos que se realizarán para alcanzar el objetivo general. Entre ellos pueden encontrarse las inversiones en investigación, los esfuerzos para medir la firma acústica de los buques o la determinación/implantación de soluciones operacionales o técnicas pertinentes para un buque.

3 *Métodos de vigilancia/evaluación*

Esta sección debería incluir un breve resumen de cómo el propietario/operador del buque prevé vigilar y evaluar el progreso de su plan a lo largo del tiempo.

Modelo de plantilla nº 2: Plan detallado que siga más explícitamente el ciclo planificar-implantar-vigilar-evaluar

Plan de gestión del ruido submarino radiado

1 Visión general

Esta sección debería incluir una visión general del objetivo de alto nivel relativo a la reducción del ruido submarino radiado de los buques y el objetivo del plan. Por ejemplo, podría formularse así: "En los próximos cinco años, nos proponemos alcanzar los siguientes objetivos [....], implantar las medidas siguientes [...] y determinar oportunidades nuevas para reducir el ruido de nuestros buques".

2 Ruido submarino radiado de referencia

Esta sección debería ofrecer una visión general de cómo podría determinarse un ruido submarino radiado de referencia.

En la medida de lo posible, debería intentarse determinar una referencia para el buque. La condición de ruido submarino radiado de referencia del buque puede predecirse (métodos informáticos/empíricos/pruebas con modelos) o, preferiblemente, medirse. La determinación de la referencia para la condición del buque relativa al ruido submarino radiado prevista y/o medida debería llevarse a cabo en las condiciones normales de funcionamiento del buque, incluidos una velocidad operacional y un calado típicos, con el uso de equipos/máquinas de funcionamiento estándar.

El ruido submarino radiado debería medirse con arreglo a una norma objetiva. En el apéndice 1 se resume la disponibilidad de normas de medición reconocidas que se han utilizado en la investigación y para apoyar los programas en los puertos. En el apéndice 2 figuran ejemplos de modelos informáticos para optimizar el proyecto de los buques y los enfoques técnicos de reducción del ruido.

3 Objetivos relativos al ruido submarino radiado

Esta sección debería describir los objetivos generales de reducción del ruido de la fuente que el plan pretende alcanzar. La información que figura a continuación ofrece algunas posibles orientaciones sobre cómo podrían establecerse dichos objetivos.

La investigación ha documentado una variabilidad significativa entre regiones en las condiciones de propagación del sonido submarino, las contribuciones a los niveles de ruido submarino radiado y la sensibilidad auditiva y las respuestas fisiológicas o de comportamiento adversas al ruido de los buques entre las especies marinas. Por tanto, es probable que los límites de ruido basados en la biología reflejen esta variabilidad, y que cualquier límite universal sirva como resumen de los intereses de reducción de los efectos en diversos entornos. No obstante, pueden establecerse objetivos individuales relativos al ruido de acuerdo con la clasificación del buque, el arqueo u otra característica, a partir de las mediciones de referencia, reales o previstas. Estos objetivos de reducción del ruido submarino radiado pueden reforzarse gradualmente a lo largo de un periodo determinado, que deberá establecer el propietario del buque.

Los objetivos relativos al ruido submarino radiado para un buque determinado deberían tener en cuenta su finalidad y tipo, la predicción sobre el ruido submarino radiado y la medición de referencia, así como consideraciones operacionales. Los objetivos de reducción del ruido submarino radiado pueden establecerse también mediante la adopción de uno de los conjuntos de reglas relacionadas con el ruido submarino radiado de las sociedades de clasificación. Como alternativa, los propietarios de buques pueden establecer objetivos de reducción del ruido submarino radiado, entre otras cosas, reduciendo los niveles de ruido en un porcentaje determinado.

4 Enfoques de reducción del ruido submarino radiado y medidas conexas

Esta sección brinda la oportunidad de articular claramente los enfoques que deben adoptarse para reducir el ruido submarino. Esto podría incluir una combinación de enfoques técnicos y operacionales, que podrían adaptarse con el tiempo. También puede incluir la determinación de iniciativas de investigación u otros proyectos de colaboración para avanzar en el conocimiento y la concienciación sobre los esfuerzos de reducción del ruido submarino radiado. Véase la sección 6 de las directrices para orientarse sobre los tipos de enfoques que podrían utilizarse.

5 Vigilancia y evaluación

Esta sección debería indicar cómo podrían vigilarse y evaluarse los esfuerzos de reducción del ruido de los buques.

Como parte de la planificación de la gestión del ruido submarino radiado, los propietarios y operadores de buques deberían elaborar un enfoque de vigilancia para evaluar periódicamente la eficacia de los esfuerzos de reducción del ruido de los buques en comparación con las mediciones de referencia y los objetivos del ruido submarino radiado y para orientar y mejorar las actividades dirigidas a la reducción del ruido (sección 8). Dicha evaluación puede incluir formas de medición del ruido submarino radiado, simulaciones, modelización u otros métodos científicos de recopilación y evaluación de datos.

Debería considerarse la posibilidad de medir el ruido submarino radiado del buque procedente de las fuentes de ruido identificadas en la gama prevista de condiciones típicas de funcionamiento para determinar si se cumplen los objetivos relativos al ruido submarino radiado del buque. De este modo, los operadores de buques podrían optimizar su funcionamiento y ajustar adecuadamente los niveles del ruido submarino radiado a lo largo de una ruta (por ejemplo, optimizando el asiento del buque, reduciendo así la potencia necesaria, o reduciendo la velocidad, cuando sea seguro hacerlo, lo que posiblemente haga disminuir el ruido de cavitación de la hélice). La verificación del mantenimiento de niveles de ruido previamente aceptables también puede demostrarse mediante registros de mantenimiento adecuado del casco, las máquinas y la hélice.

Entre las actividades de medición, el ruido submarino radiado puede vigilarse *in situ*. La elaboración de herramientas dinámicas de optimización del viaje en tiempo real que proporcionen información analítica personalizada para aumentar la eficacia, ahorrar en combustible y costes y reducir las emisiones resulta prometedora para una gestión adaptativa. La reducción del ruido debería añadirse como opción de optimización.

MARINA
SECRETARÍA DE MARINA

ESTRATEGIA DE DESCARBONIZACIÓN DE PUERTOS DE MÉXICO



Secretaría de Marina
Coordinación General de Puertos y Marina Mercante
Dirección Ejecutiva de Planeación Estratégica Marítimo-Portuaria

Contenido

1. Introducción ***3***

2. Factor detonante de la Estrategia ***5***

2.1 El cambio climático 5

3. Fuentes Normativas ***6***

3.1 Ámbito internacional 6

3.2 Nivel Sectorial Internacional 6

3.3 Ámbito nacional 7

3.4 Nivel Sectorial Nacional 9

4. Estrategia de Descarbonización de Puertos ***10***

4.1 Premisas y consideraciones 10

4.2 Aspectos relevantes en la etapa de planeación 11

4.3 Implementación de acciones 12

5. Inventario de Gases Efecto Invernadero del Sistema Portuario Nacional ***14***

5.1 Sistematización del Inventario de GEI 15

6. Cambios en las Reglas de Operación de cada puerto ***16***

7. Conclusiones ***17***

Siglas y abreviaturas ***18***

Términos y Definiciones. ***18***

Anexos ***19***

Anexo 1. Resultados preliminares del ejercicio Inventario de emisiones del SPN 19

Anexo 2. Cifras preliminares del Inventario de GEI por alcance y puerto 19

Anexo 3. Acciones identificadas en los Planes estratégicos de reducción en las ASIPONAS y API Baja California Sur al cierre del año 2023. 21

Anexo 4. Acciones en cada puerto. 24

1. Introducción

El sector marítimo-portuario se enfrenta a desafíos que van desde la adaptación a los efectos derivados de la pandemia, navegar por una crisis económica mundial y tensiones geopolíticas, así como el impulso a la digitalización, entre otros; sin embargo, el problema apremiante es la necesidad de eliminar sus impactos ambientales, especialmente en la contaminación atmosférica.

El transporte marítimo es la forma predominante de la movilidad internacional de mercancías, que representa más del 80 % del volumen del comercio mundial; en México, es el segundo modo de transporte para el comercio exterior: 38% de las importaciones y 20% de las exportaciones se realizan por este medio, a través de los 103 puertos y 15 terminales habilitadas que integran el Sistema Portuario Nacional (SPN), que, en 2023, movilizaron más de 294 millones de toneladas.

Por su parte, a nivel mundial, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el transporte marítimo representan 3%[1] del total de las emisiones totales. Esto ha motivado a una mayor presión internacional para reducir y, en última instancia, eliminar sus impactos ambientales; especialmente en el cambio climático y la contaminación del aire. No hay duda de que el mundo enfrenta las consecuencias del cambio climático y el sector portuario no está exento de sus efectos con impactos directos en la cadena global de suministros y pérdidas económicas.

De acuerdo con el estudio del Banco Mundial[2] y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, el mundo corre el riesgo de que, para finales de siglo, la temperatura mundial aumente 4^0 C, si no se muestran cambios en las políticas internacionales. Por nuestra parte, México, al firmar el Acuerdo de París, se comprometió a reducir sus emisiones de GEI expresados en la Contribución Nacional Determinada (NDC) 2022, con una meta de 35% para 2030, con respecto a su línea base.

Es el momento de reorientar esfuerzos y voluntades para dar soluciones decisivas a la gran problemática que se presenta; no sólo en nuestro país, sino a nivel mundial. Tenemos que vincular y coordinar los esfuerzos en el sector portuario para darle cohesión a los objetivos, metas y compromisos firmados por nuestro país, con apego a las normatividades establecidas.

Para lograrlo, la Secretaría de Marina (SEMAR), a través de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante (CGPMM), ha estructurado la ***Estrategia de Descarbonización de Puertos*** (EDP) que está alineada con el Acuerdo de Paris, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, la Estrategia de Instrumentación para una Economía Oceánica Sostenible y, la Estrategia Revisada de la Organización Marítima Internacional (OMI) relacionadas con la descarbonización del transporte marítimo. Esta estrategia es impulsada en la Comisión Intersecretarial de Mares y Costas (CIMARES) en la que participan nueve Secretarías de Estado, encabezadas por la SEMAR: Gobernación, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Relaciones Exteriores, Economía, Bienestar, Agricultura y Desarrollo Urbano, Turismo y, Energía,

En la EDP se delimitan acciones tendientes a que los puertos, a través de las Administraciones del Sistema Portuario Nacional (ASIPONAS) y las Administraciones Portuarias Integrales (APIS), mantengan actualizado **un inventario de emisiones** y, en paralelo, se promuevan la digitalización, la optimización de procesos, la eficiencia energética y el fortalecimiento de la relación puerto-ciudad, mediante acciones como proyectos de infraestructura sustentables, reforestación, limpieza de playas y campañas de concientización, entre otras.

[1] Cuarto Estudio de la OMI sobre los GEI (2020)
[2] Turn down the heat, The World Bank, 2013

Por lo anterior, para trazar una ruta de descarbonización en los puertos mexicanos, además de un ejercicio de reflexión colectiva, es preciso definir objetivos y metas que involucren a todos los agentes de la cadena logística y orientar los esfuerzos hacia la reducción de emisiones, la eliminación y el almacenamiento de dióxido de carbono a través de procesos que no están relacionados directamente con el consumo energético, pero que se relacionan con problemas ambientales en las ciudades portuarias.

2. Factor detonante de la Estrategia

2.1 El cambio climático

El cambio climático afecta directamente a las redes globales de transporte y la infraestructura portuaria. Entre los ejemplos de eventos climáticos están: elevación del nivel del mar, marejadas ciclónicas, intrusión de agua salada, vientos y lluvias intensas, tormentas eléctricas, desbordamiento de ríos, temperaturas extremas, sedimentación, sequía, reducción del flujo de agua de los ríos y la erosión costera (BID, 2021). Estos eventos pueden dañar, deteriorar o destruir infraestructura esencial para el funcionamiento de los puertos, pero también, ocasionar accidentes o la interrupción temporal y/o permanente de actividades y operaciones logísticas (CEPAL, 2023).

Por otra parte, los riesgos conllevan efectos económicos como: aumento de costos, mantenimiento adicional y gastos no previstos que implicarán pérdida de competitividad y afectaciones en la cadena de suministro.

Cuadro 1. Elementos y potenciales áreas de impacto del cambio climático en puertos

Elementos	Potenciales áreas de impacto
Infraestructura del puerto	• Rompeolas • Muelles • Patios • Bodegas • Equipos • Edificios • Infraestructura eléctrica • Infraestructura de drenaje
Acceso al puerto	• Caminos/pavimento • Vía férrea • Vías navegables internas • Navegabilidad reducida • Requerimientos de dragado • Restricciones del tamaño de las embarcaciones
Operaciones del Puerto	• Condiciones de navegación • Atraque y amarre • Actividades de carga y descarga • Transporte en tierra más allá del puerto • Almacenamiento de bienes • Costos energéticos • Condiciones de trabajo
Ambiente físico	• Línea costera • Área de estuarios/costa • Área de ríos/riberas
Factores socioeconómicos	• Población (p.ej. desplazamiento) • Actividad económica marítima • Actividad económica terrestre • Patrones de demanda/comercio/mercado • Desempeño social • Pesca e infraestructura relacionada
Medio ambiente	• Hábitats • Hábitats protegidos • Especies (ej., peces, aves) • Especies protegidas
Otros	• Costo o disponibilidad de seguros • Confiabilidad en el puerto • Reputación del puerto • Riesgo de incendio

Fuente: BID (2021)

En nuestro país, la búsqueda de soluciones al cambio climático recae, en primera instancia, en el Gobierno Federal, para lo cual, cuenta con dependencias, institutos y organizaciones dedicadas a la atención de los problemas. En particular, en materia portuaria, la Secretaría de Marina quien, a través de la CGPMM, le corresponde proponer, estudiar, analizar y emitir los mecanismos necesarios y suficientes que resuelvan de manera eficiente y eficaz los problemas de contaminación ambiental con la participación directa de las ASIPONAS y APIS para el cumplimiento de los compromisos portuarios, tanto en el ámbito internacional como nacional.

Por tal motivo, se desarrollan acciones orientadas hacia: la planificación y gestión del atraque de buques, manejo de grúas, agrupación de materiales, gestión de patios, almacenaje, reposicionamiento de materiales, desagregación y distribución de la carga, entre otros, con los que busca involucran a los actores portuarios para estrechar lazos de cooperación y activar la estrategia a seguir. En tal sentido, la EDP será el eje transversal que determine la puesta en marcha de proyectos y acciones de mitigación y adaptación para la reducción de emisiones.

3. Fuentes Normativas

3.1 Ámbito internacional

Conferencia de las Naciones Unidas: Acuerdo de París

Tanto el Acuerdo de París, y sus objetivos adoptados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21); como el Pacto de Glasgow por el Clima en la COP 26 y el Plan de implantación de Sharm el-Sheikh en la COP 27 son el esfuerzo internacional para hacer frente a las emisiones de GEI. En el Acuerdo se definió como objetivo: "*mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2° C, con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de temperatura a 1.5° C con respecto a esos niveles"*. En estos esfuerzos se reconoce que, de lograrlo, se reducirían significativamente los riesgos y repercusiones asociados al cambio climático.

Organización de las Naciones Unidas (ONU): Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

Los 17 ODS de la Agenda 2030, aprobados en 2015 y adoptados por más de 150 países -México, incluido- abarcan temas como: justicia, instituciones sólidas, pobreza, derechos sociales básicos, crecimiento económico, innovación, inclusión social, desigualdad y sostenibilidad ambiental. Los ODS son el eje principal para el desarrollo de la planeación nacional a largo plazo.

La estrategia de Descarbonización de Puertos está alineada con:

- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras;
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos y;
- Objetivo 14: Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.

3.2 Nivel Sectorial Internacional

Organización Marítima Internacional (OMI)

Actualmente, la cadena de logística se encuentra bajo presión para reducir su huella de carbono. Por ello, en 2018, la OMI aprobó la Estrategia inicial sobre la reducción de las emisiones de GEI procedentes de los buques (resolución MEPC.304(72)) reafirmando su compromiso con la reducción de las emisiones de GEI del transporte marítimo internacional y con el objetivo de eliminarlas por completo y lo antes posible. Esta acción considera, por primera vez, una reducción

de las emisiones de GEI totales del transporte marítimo y envió una señal al sector marítimo sobre la necesidad de estimular inversiones para desarrollar combustibles con emisiones de carbono bajas o nulas y tecnologías innovadoras con una buena eficiencia energética.

Previamente, en 2016, en el seno del MEPC (Comité de protección del medio marino de la OMI) se aprobó el primer documento: "Hoja de ruta para elaborar una estrategia detallada de la OMI sobre la reducción de las emisiones de GEI procedentes de los buques", en la que se señaló que, para 2023, debía adoptarse una Estrategia revisada.

La Estrategia (2023) de la OMI sobre los GEI representa la labor de la OMI, como órgano internacional competente, para hacer frente a las emisiones de GEI del transporte marítimo. En ésta, se establecen niveles de ambición y puntos indicativos para la reducción de las emisiones de GEI de los buques (resolución 7 de julio de 2023 MEPC80):

Cuadro 2: Niveles de ambición establecidos en la Estrategia 2023 de la OMI

Nivel	Precisión
1. La intensidad de carbono de los buques disminuirá mediante la mejora de la eficiencia energética de los buques nuevos.	Examinar con el propósito de reforzar las prescripciones de proyecto de eficiencia energética para los buques;
2. La intensidad de carbono del transporte marítimo internacional disminuirá.	Reducir las emisiones de CO2 por trabajo de transporte, como promedio para todo el transporte marítimo internacional, en al menos un 40 % para 2030, comparado con los niveles de 2008
3. La adopción de fuentes de energía, combustibles y/o tecnologías de emisiones nulas o casi nulas de GEI aumentará.	La adopción de fuentes de energía, combustibles y/o tecnologías de emisiones nulas o casi nulas de GEI **representará, como mínimo, el 5 %, con el objetivo de llegar al 10 %, de la energía utilizada** por el transporte marítimo internacional para 2030
4. Las emisiones de GEI procedentes del transporte marítimo internacional llegarán a ser netas nulas	Alcanzar el punto máximo de emisiones de GEI procedentes del transporte marítimo internacional lo antes posible y **llegar a unas emisiones netas nulas de GEI en 2050,** a más tardar, o alrededor de ese año, es decir, cerca de 2050, teniendo en cuenta las diferentes circunstancias nacionales, al tiempo que prosiguen los esfuerzos para su eliminación progresiva

Fuente: Estrategia de 2023 de la OMI sobre la reducción de las Emisiones de GEI procedentes de los buques MEPC 80

Cuadro 3: Puntos de comprobación indicativos para alcanzar unas emisiones netas nulas de GEI procedentes del transporte marítimo internacional definidos en la Estrategia 2023 de la OMI:

1. Reducir el total de las emisiones anuales de GEI procedentes del transporte marítimo internacional en, al menos, 20 % esforzándose por alcanzar el 25% para 2030, en comparación con 2008.
2. Reducir el total de las emisiones anuales de GEI procedentes del transporte marítimo internacional en, al menos, 70 % esforzándose por alcanzar el 75% para 2040, en comparación con 2008.

Fuente: Estrategia de 2023 de la OMI sobre la reducción de las Emisiones de GEI procedentes de los buques MEPC 80

3.3 Ámbito nacional

Ley General de Cambio Climático

Por nuestra parte, el Gobierno de México publicó la Ley General de Cambio Climático en la que se establecen las obligaciones del Estado Mexicano para regular e incentivar las acciones enfocadas a combatir los efectos de cambio climático. De esta manera, se refiere que:

- Artículo 6°: Las atribuciones que la presente ley otorga a la federación serán ejercidas por el Poder Ejecutivo federal a través de las dependencias y entidades que integran la

administración pública federal centralizada y paraestatal, de conformidad con las facultades que les confiere esta ley, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y demás disposiciones jurídicas aplicables.

- Artículo 7o. Son atribuciones de la federación las siguientes:
  - VI. Establecer, regular e instrumentar las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con esta Ley, los tratados internacionales aprobados y demás disposiciones jurídicas aplicables...
  - VII. Incorporar en los instrumentos de política ambiental criterios de mitigación y adaptación al cambio climático;
  - XIV. Formular y adoptar metodologías y criterios, expedir las disposiciones jurídicas que se requieran para la elaboración, actualización y publicación del inventario y en su caso los inventarios estatales;
  - XVIII. Establecer las bases e instrumentos para promover y apoyar el fortalecimiento de la competitividad de los sectores productivos transitando hacia una economía sustentable de bajas emisiones de carbono, mejorando su eficiencia energética, participando en el comercio de emisiones y en mecanismos de financiamiento nacionales o internacionales;
  - XIX. Determinar los indicadores de efectividad e impacto que faciliten la evaluación de los resultados de la aplicación del presente ordenamiento e integrar los resultados al Sistema de Información sobre el Cambio Climático;
  - XXIII. Desarrollar estrategias, programas y proyectos integrales de mitigación y adaptación al cambio climático en materia de hidrocarburos y energía eléctrica, para lograr el uso eficiente y sustentable de los recursos energéticos fósiles y renovables del país, de conformidad con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, en lo que resulte aplicable.

Plan Nacional de Desarrollo (PND)

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) reconoce el derecho de todas las personas a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar (art. 4°), así como a la construcción territorial (art.42° al 48°). En concordancia, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 establece que la preservación del medio ambiente debe permear todas las políticas públicas y las acciones del gobierno.

Derivado del PND. el Objetivo General 3 “Desarrollo Económico” se enfatiza que es necesario “Desarrollar de manera transparente, una red de comunicaciones y transportes accesible, segura, eficiente, sostenible, incluyente y moderna, con visión de desarrollo regional y de redes logísticas que conecte a todas las personas, facilite el traslado de bienes y servicios, y que contribuya a salvaguardar la seguridad nacional” (Objetivo 3.6).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

La SEMARNAT informó, mediante comunicado oficial del 15 de noviembre de 2022, el compromiso adquirido por el Gobierno de México en la 27 Conferencia de las Partes (COP27) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para reducir 35% de sus Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el 2030.

3.4 Nivel Sectorial Nacional

Ley de Puertos (LP)

La Ley de Puertos en su Artículo 26, fracción VI, establece: "*El título de concesión, según sea el caso, deberá contener, entre otros los programas de construcción, expansión y modernización de la infraestructura portuaria, los cuales se apegarán a las disposiciones aplicables en materia de protección ecológica*".

Reglamento de la Ley de Puertos (RLP)

Derivado de la Ley de Puertos, en su Reglamento se menciona que:

- Artículos 78, 79 y 80: establecen con precisión los requisitos sobre el manejo de desechos y aguas residuales que deberán acreditar los prestadores de servicios.
- Artículo 85 fracciones I y XIV: las Reglas de Operación deberán contener las condiciones en materia de construcción, explotación y operación para asegurar que la ejecución de las obras no afectará la continuidad, la eficiente operación y sustentabilidad ecológica del puerto… y el control ambiental y prevención contra la contaminación…
- Artículo 124: los trabajos que se hagan en los buques deberán cumplir con las normas relativas a la prevención de la contaminación.

Títulos de Concesión

En los Títulos de Concesión de las ASIPONAs, la cláusula (XVIII) establece la obligatoriedad de preservación del ambiente: al realizar cualesquiera actos en ejercicio de esta concesión, la Concesionaria deberá cumplir con las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas, así como con los tratados internacionales celebrados y ratificados por México en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente.

Contratos de Cesión Parcial de Derechos y Obligaciones

De igual forma, los Contratos de Cesión Parcial de Derechos y Obligaciones suelen contener una cláusula relativa a necesidad de preservar el medioambiente, como puede ser:

> *"… el Cesionario deberá cumplir con las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas vigentes en materia de equilibrio ecológico y protección del medio ambiente, así como con los tratados internacionales celebrados y ratificados por México que sean aplicables al caso…"*

Además, se alude a las certificaciones con las que deberán cumplir:

> *"… las emisiones contaminantes a la atmósfera, sean fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactorio para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico…".*

Dentro de este marco, México ha adoptado las siguientes acciones:

- En el periodo 2016-2023 la CGPMM ocupó la presidencia del Comité Técnico Consultivo (CTC) en Gestión Portuaria Sostenible y Protección Ambiental de la Comisión Interamericana de Puertos de la Organización de Estados Americanos. (CIP-OEA).
- A través de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)En 2020, México se integró al Panel de Alto Nivel para una Economía Oceánica Sostenible, de la ONU, integrado por 14 países. En diciembre de ese mismo año, se iniciaron los Planes Oceánicos Sostenibles para el 100% de sus aguas nacionales, adaptándolo a sus capacidades y al contexto nacional a través de una estrategia de instrumentación en la cual participan además nueve dependencias gubernamentales: SEMAR, SHCP, BIENESTAR, SEMARNAT, SENER, ECONOMÍA, SADER, SEP y SECTUR.
- Posteriormente, en 2021, a través de la Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES), se expide la Estrategia de Instrumentación para una

Economía Oceánica Sostenible (EIEOS) México 2021-2024, publicada el 12 de agosto de 2022 en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

- Con base en la EIEOS, una economía sostenible basada en el océano puede desempeñar un papel esencial en esta reducción de emisiones, a la vez que proporciona empleos, apoya la seguridad alimentaria, sostiene la diversidad biológica y mejora la resiliencia. Las acciones climáticas basadas en el océano pueden proporcionar hasta un quinto de las reducciones anuales de emisiones de gases de efecto invernadero necesarias para limitar el calentamiento a 1.5°C para el 2050.

La CGPMM en pleno ejercicio y cumplimiento de las atribuciones y funciones, y, a través del equipo de trabajo responsable de esta temática trabaja en la búsqueda y definición de alternativas y propuestas para el ámbito portuario. Lo anterior, con el propósito de orientar la toma de decisiones de los involucrados para la puesta en práctica de acciones concretas dirigidas a la obtención de resultados favorables y reducir los niveles de contaminación ambiental y mejorar la calidad de ambiental en los puertos. Con lo anterior como preámbulo es que se presenta la Estrategia de Descarbonización de los Puertos cuyo que marca el punto focal de arranque en favor de acciones de mayor envergadura y alcance en el conforman el Sistema Portuario Nacional.

4. Estrategia de Descarbonización de Puertos

La Coordinación General de Puertos y Marina Mercante ha trabajado en la elaboración de la *Estrategia de Descarbonización de Puertos* (EDP) que integra propuestas y lineamientos generales de política ambiental, y promueve el diseño e instrumentación de acuerdos de colaboración interinstitucional con autoridades y concesionarios de infraestructura portuaria. Para cumplir con este propósito, es necesario impulsar la coordinación inter e intrainstitucional.

4.1 Premisas y consideraciones

- Aunado a la preocupación histórica por los contaminantes atmosféricos, en la última década ha aumentado la inquietud por las emisiones de GEI ha aumentado en el sector marítimo portuario, por lo que se realizan esfuerzos por generar estrategias que reduzcan las emisiones (siendo ahora un deber más que una opción).
- Los puertos como centros multimodales de la cadena logística para el movimiento e intercambio de mercancías, así como para el embarque y desembarque de personas, constituyen zonas de actividades impulsadas fundamentalmente por combustibles fósiles que producen contaminantes atmosféricos con impactos directos en la salud de las poblaciones aledañas.
- En México, el crecimiento comercial ha traído beneficios económicos para las ciudades portuarias y las regiones aledañas; sin embargo, al mismo tiempo, han aumentado los riesgos a la salud, debido a la contaminación atmosférica por las operaciones portuarias.
- Ante las condiciones ambientales que afectan a los puertos y comunidades portuarias, la CGPMM ha previsto acciones encaminadas para la atención inmediata del Proceso de Descarbonización en el Sistema Portuario Nacional. En el Gobierno de México estamos conscientes que el proceso será largo, por lo resulta impostergable, con base en la EDP, comenzar con las medidas concretas con base en las siguientes consideraciones:

1. El Gobierno Federal, a través de las ASIPONAS y APIS, tiene la facultad y capacidad de optimizar el espacio físico y la infraestructura que faciliten proyectos y soluciones de energía alternativa sostenible.
2. El proceso de descarbonización comprende el desarrollo y cumplimiento de diferentes fases que comienzan con:

    - Planear el uso de los recursos del Sistema Portuario Nacional.

- Aplicar las líneas de acción definidas, siempre bajo una coordinación efectiva, y atendiendo la normatividad y directivas emitidas.
- Delimitar y el establecer de estándares que permitan la medición de los resultados obtenidos en periodos determinados y poder realizar los ajustes necesarios.

3. Para contribuir a lo anterior, se requiere promover la regulación necesaria que enmarque las acciones en los proyectos operativos de emisiones de bajo carbono, mejore los estándares ambientales, otorgue seguridad y certidumbre.
4. Los mandos medios y altos tienen la facultad y capacidad para gestionar, con los actores involucrados en las operaciones portuarias, la conformación de asociaciones y alianzas para compartir responsabilidades en la implementación de acciones específicas (atribución que requiere voluntad política).

Cabe mencionar que la EDP es impulsada a través de la CIMARES, debido a que es una instancia permanente cuyo objeto es coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la planeación, ordenación y desarrollo sustentable de los mares y las costas del territorio nacional. La transversalidad de CIMARES permitirá alcanzar mejores resultados en el proceso de consolidación de la EDP, en el marco de la Estrategia de Instrumentación para una Economía Oceánica Sostenible en México 2021-2024 (EIEOS).

La EDP está alineada con la EIEOS en dos acciones prioritarias:

1. Establecer e implementar reducciones de emisiones ambiciosas, que cubran a todos los sectores, con base en el objetivo del Acuerdo de París de perseguir esfuerzos para limitar los aumentos de temperatura mundiales a 1.5°C.
2. Utilizar soluciones basadas en la naturaleza, planificación y desarrollo de infraestructura costera para reducir la infraestructura gris e incentivar su uso para captar y almacenar carbono y mejorar la resiliencia costera.

4.2 Aspectos relevantes en la etapa de planeación

La EDP es el eje transversal que determinará la puesta en marcha de proyectos y acciones de mitigación y adaptación para la reducción de emisiones contaminantes y la consecución de los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Alcanzar un balance adecuado entre la actividad económica y la protección del medio ambiente en los puertos nacionales, favoreciendo el uso de combustibles limpios, con emisiones de carbono bajas o nulas, así como el desarrollo de infraestructura y tecnologías innovadoras que contribuyan a una gestión logística más eficiente y menos expuesta a interrupciones de las operaciones portuarias con el consecuente incremento en las condiciones ambientales y en la competitividad de nuestros puertos, que redunden en mejores condiciones comerciales de nuestro país.

Objetivos específicos:

1. Adoptar un enfoque sostenible en las inversiones en infraestructura portuaria a través de medidas de adaptación y respuesta al riesgo climático.
2. Reducir en el Sistema Portuario Nacional las emisiones generadas por las operaciones portuarias en cumplimiento a las metas internacionales y de carácter sectorial, **contribuyendo** a la meta nacional conforme a las siguientes previsiones:
    a. Reducción de emisiones de GEI (CO_2 equivalente) de 25% para 2030
    b. Reducción de emisiones de GEI (CO_2 equivalente) de 45% para 2050.

3. Actualizar el marco jurídico y administrativo de las ASIPONASy de las APIS en congruencia con las acciones previstas.

Para llevar a buen término los objetivos de la EDP es necesario establecer acciones específicas que permitan su ejecución sistemática y sistémica, dentro de un marco integrado de responsables y responsabilidades que son los que llevarán a cabo con cabalidad la ejecución y cumplimiento de cada acción estratégica que se formule. Por lo anterior, se propone:

1. Crear el Inventario de Emisiones Portuarias. Es una herramienta sistematizada que homologará, cuantificará e integrará los datos de los puertos y que permitirá generar reportes para la medición, evaluación y análisis de los resultados obtenidos, tanto en el puerto como a nivel central. Utilizando como apoyo la Guía n.º 1: Evaluación de las emisiones portuarias emitida por la OMI[3].
2. Identificar, definir y elaborar propuestas de soluciones operativas, medidas de adaptación y respuestas a la reducción de emisiones contaminantes para mejorar el cambio climático y que tengan implementación en el corto y mediano plazo.
3. Revisar el marco jurídico y administrativo del Sistema Portuario Nacional (ASIPONAS, API, puertos y terminales no concesionados) para adaptar y orientar el cumplimiento de los compromisos y responsabilidades a los requerimientos actuales.
4. Alinear los instrumentos de gobernanza y planeación tales como: Títulos de Concesión, Programas Maestros de Desarrollo Portuario, Reglas de Operación y, Programas Operativos Anuales en congruencia con los objetivos de la EDP.
5. Identificar, describir y programar la implementación de acciones para el uso de energías de bajas emisiones.
6. Identificar, describir y programar medidas operativas tales como: electrificación de equipo portuario (grúas, montacargas, vehículos, etc.), automatización de procesos administrativos y agilización de procesos de digitalización.
7. Implementar, dentro de la plataforma Puerto Inteligente Seguro (PIS), un módulo especializado denominado ECOPIS que permita registrar datos relevantes de manera integral y para todos los puertos sectorizados a la Secretaría de Marina y que estará coordinado por la CGPMM. El ECOPIS se conformará con base en el Greenhouse Gas Protocol (GHG) que es una metodología estandarizada para la medición y cálculo de emisiones GEI.
8. Planificar la infraestructura resiliente.

4.3 Implementación de acciones

En la búsqueda de soluciones para problemas complejos se requiere de la concertación de esfuerzos, recursos, responsables y responsabilidades; en suma, de equipos de trabajo multidisciplinarios e interinstitucionales, altamente competitivos, comprometidos y, sobre todo, estrictamente interrelacionados.

En tal sentido, con el propósito de establecer las bases de la EPD, la CGPMM en trabajo conjunto con las Direcciones Generales de las ASIPONAS Y APIS, específicamente, con las áreas de ecología, han realizado un trabajo colaborativo que permitió designar líderes en cada puerto, concientizar a los servidores públicos y tomadores de decisiones de las comunidades portuarias, así como la capacitación técnica para el Inventario de Emisiones Portuarias.

[3] El proyecto GloMEEP es una iniciativa conjunta del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Organización Marítima Internacional (OMI) para asistir a los países en desarrollo en la incorporación e implementación de medidas de eficiencia energética para la industria marítima, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y prevenir la contaminación atmosférica proveniente de buques.

En la etapa inicial, los responsables de cada ASIPONA definieron las características y habilidades, tanto internas como externas, para poner en marcha la EDP, así como las áreas de oportunidad para obtener mejores resultados.

Figura 1. Características, habilidades y áreas de oportunidad para la EDP.



Para la transición de la fase mecánica a la dinámica de la EDP, se elaboró una guía de acciones para 2022-2023, que resume las actividades relevantes con base en el alcance previsto:

Figura 2. Resumen de actividades relevantes.



Para concretar los esfuerzos es que se inició la elaboración de un inventario de emisiones:

5. *Inventario de Gases Efecto Invernadero del Sistema Portuario Nacional*

La medición y análisis de resultados de las emisiones contaminantes atmosféricas procedentes de fuentes portuarias constituye la base para la elaboración, desarrollo, adaptación y actualización de estrategias para la identificación e implementación de medidas de mitigación de GEI que contribuyan a la disminución y adaptación de efectos del cambio climático.

Por lo tanto, es imprescindible la conformación de un inventario de emisiones que permita, a través de un sistema integral de recopilación de datos provenientes de la operación portuaria, evaluar los factores de emisión específicos, los niveles de eficiencia y efectividad de las medidas adoptadas, así como determinar la asignación de recursos para la implementación de nuevos proyectos.

El inventario es un mecanismo de control del cuidado del aire y un marco de referencia para tomar las medidas necesarias para cumplir con las atribuciones establecidas en el artículo 7 de la Ley General de Cambio Climático; las indicadas por la Agenda 2030; la Estrategia inicial sobre la reducción de las emisiones de GEI procedentes de los buques emitida por la OMI, así como las determinadas por esta Coordinación. Como referencia para elaborar la base metodológica, se usó el: “Proyecto GFE-UNDP-IMO GloMEEP e IAPH, 2018: Herramientas para las emisiones portuarias, Guía N.°1, Evaluación de las emisiones portuarias”, que se describe a continuación:

Alcances del inventario

- Emisiones directas derivadas del consumo de energías fósiles (alcance 1).
- Emisiones indirectas derivadas del consumo (compra) de energía eléctrica que se utiliza para las operaciones de equipo e instalaciones portuarias (alcance 2).
- Emisiones procedentes de los buques, en los casos que aplique (alcance 3).

Límite organizacional

El inventario comprende la totalidad de las áreas que componen los recintos portuarios concesionados por el Gobierno Federal a las Administraciones Portuarias que conforman el Sistema Portuario Nacional, incluyendo sectorizadas y estatales.

Límite operacional

Todas las áreas comprendidas dentro de los límites del puerto, así como todos los cesionarios y permisionarios autorizados mediante contratos con las ASIPONAS y APIS. Asimismo, los prestadores de servicios que cuenten, para su operación en los puertos, con fuentes de emisiones de GEI tales como:

a) Vehículos para realizar tareas livianas, propiedad de la empresa o bajo arrendamiento.
b) Vehículos para realizar tareas pesadas, propiedad de la empresa o bajo arrendamiento.
c) Equipo de manipulación de la carga, propiedad de la empresa o bajo arrendamiento.
d) Transporte ferroviario.
e) Embarcaciones para servicios portuarios consignados en el artículo 44, fracción I, de la Ley de Puertos.
f) Calderas y hornos en edificios.
g) Cualquier otra fuente de emisión que posea y opere la empresa para la prestación de sus servicios.
h) Red eléctrica.
i) Plantas de energía.
j) Instalaciones industriales o de fabricación.
k) Oficinas administrativas.
l) Iluminación de accesos, áreas y vialidades.

5.1 Sistematización del Inventario de GEI

Los ejercicios preliminares realizados con los datos disponibles del ejercicio 2021 arrojaron resultados insuficientes; por tal motivo, se determinó el año 2022 como la línea base del Inventario de GEI del Sistema Portuario Nacional (Anexos 1 y 2).

Para la sistematización del inventario se creó el módulo denominado ECOPIS, dentro de la Plataforma Puerto Inteligente Seguro (PIS), que será usado como monitor de prueba para identificar el alcance y la pertinencia de los resultados logrados en su aplicación, poniendo énfasis en los resultados y las desviaciones detectadas con relación a los objetivos predeterminados, lo que permitirá corregir todas aquellas irregularidades encontradas en la operación de dicho módulo y una vez corregidas, o mejoradas, serán la base para la sistematización.

La CGPMM, a través de ASIPONA Manzanillo, analiza los procesos asociados para poder definir algoritmos propios, integrar a todas las ASIPONAS y contar con un tablero gerencial con los resultados. El módulo ECOPIS incluirá la información de los diferentes actores que intervienen en las operaciones portuarias. Con lo que podrá contar con un inventario de emisiones que considere, tanto las generadas por la administración del puerto, las terminales, instalaciones, prestadores de servicios y líneas navieras. Todo agrupado en un módulo de seguimiento a nivel nacional.

La conversión de un puerto convencional a un puerto cero emisiones netas implica poner en marcha acciones -de corto, mediano y largo plazo- que van desde lo administrativo hasta el cambio tecnológico y otras soluciones operativas, tales como: uso de energía renovable, electrificación de muelles, sistemas de autoconsumo con paneles solares y reforestación, así como gestión de residuos, medidas que promuevan el control de contaminación del aire, compromiso social con las partes interesadas, capacitación del personal, implementación de soluciones digitales y renovación tecnológica, entre otras.

Los puertos, y sus respectivas comunidades portuarias, han emprendido acciones acordes a su vocación; por ejemplo: las ASIPONAS y la API de Baja California Sur han contribuido a la identificación de 55 acciones (Anexos 3 y 4) de acciones orientadas a la reducción de emisiones, que han sido clasificadas según el impacto que tendrán en los alcances 1, 2 y 3. Cabe destacar que dichas acciones son ejecutadas según las capacidades de cada puerto.

Por su parte, para este 2024, la CGPMM está enfocando sus esfuerzos en el perfeccionamiento del inventario de emisiones para tener una medición en la huella de carbono fiable y congruente, además de fortalecer la colaboración con actores estratégicos mediante:

- Promover un mayor involucramiento de actores clave en el proyecto.
- Identificar acciones de terminales y prestadores de servicios que se alinean y coinciden con los objetivos de la EDP.
- Difundir, entre los actores pertinentes en las ASIPONAS, la EDP de México" (EDP).
- Planificar acciones para la reducción de emisiones tomando como base los elementos utilizados en el Inventario de Gases Efecto Invernadero del SPN.
- Acelerar los ajustes en las Reglas de Operación de Control de Emisiones de GEI y otras que se consideren oportunas para fortalecer la gobernanza de la Estrategia.
- Fortalecer la comunicación y el trabajo conjunto entre las gerencias y líderes del proyecto en cada puerto (áreas de ecología) para integrar correctamente las acciones programadas.
- Identificar y priorizar los proyectos de infraestructura portuaria en desarrollo y por desarrollar con enfoque sostenible para cumplir con las metas de reducción en toneladas de CO_2 equivalente de 25% para 2030 y 45% al 2050.

Asimismo, para 2024, se prevé contar con:

1. Programa de trabajo 2025: identificando metas de reducción de emisiones en los Alcances 1, 2 y 3, considerando como parámetro la reducción de 25% en las emisiones totales para 2030 (Anexo 1).
2. Hoja de ruta del SPN hacia el 2030 (acciones planeadas y su impacto en la meta reducción de 25% de las emisiones al año 2030).
3. Reporte de resultados obtenidos de la implementación de acciones de reducción de emisiones en cada puerto.
4. Resultados definitivos del Inventario de emisiones 2022 y 2023, en el Módulo ECOPIS.
5. Publicación del Anuario estadístico del Sistema Portuario Nacional 2023 con la información integrada del Inventario de emisiones.

Con esta herramienta sistematizada, el Sistema Portuario Nacional estará a la vanguardia en América Latina en medición y registro de la huella de carbono y será una herramienta útil para la instrumentación de políticas públicas.

6. Cambios en las Reglas de Operación de cada puerto

Como parte de las acciones emprendidas para fortalecer la gobernanza de la estrategia, se llevó a cabo la revisión de las Reglas de Operación en las ASIPONAS; en ésta, solo ASIPONA Manzanillo cuenta con una regla clara para el seguimiento de la calidad del aire. Por esta razón, se determinó necesario que las ASIPONAS alineen su contenido a los requerimientos en materia ambiental. Para ello, se parte del concepto de que las Reglas de Operación son un conjunto de disposiciones que regulan la operación de cada puerto y que contienen lo necesario para lograr los niveles de productividad, calidad, eficacia, seguridad en el embarque, desembarque y tránsito de personas, bienes y mercancías.

Dentro de este orden de ideas, y con el propósito de lograr que los puertos cuenten con una estructura homologada para el seguimiento y control de la estrategia de descarbonización y puedan contar con una herramienta de apoyo para solicitar e integrar la información requerida, la CGPMM diseñó una Regla de Operación "tipo" que contiene las especificaciones necesarias para la base de seguimiento de la estrategia en las ASIPONAS y que fueron difundidas por Dirección General de Puertos (DGP).

En consecuencia, en diciembre 2023, la DGP emitió el *Oficio No. DGP. -4856.2023* para que cada puerto, en el ámbito de su competencia, integre en sus respectivas Reglas de Operación, la estructura para el ***Control de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Partículas Suspendidas*** de acuerdo con las siguientes especificaciones:

1. Normatividad aplicable del control de la contaminación del aire.
2. Límite organizacional. Área concesionada por el Gobierno Federal a la ASIPONA.
3. Límite operacional. Aplicable a todas las áreas comprendidas dentro de los límites del puerto, aplica para todos los cesionarios y permisionarios con los que la ASIPONA tenga firmado contrato, así como a prestadores de servicios que utilicen para su operación alguna fuente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
4. De las responsabilidades en el proceso de integración del inventario de GEI del puerto. Refiere las particularidades técnicas y de comunicación para la integración del inventario de emisiones.
5. Inventario del equipamiento portuario.
6. Informe anual de emisiones de GEI (bióxido de carbono equivalente) generadas en el año inmediato anterior.
7. Plan de prevención y control de la contaminación del aire por emisiones de fuentes fijas y móviles. Será entregado dentro de los primeros 45 días naturales al inicio de cada año al Administrador Portuario y deberá contener al menos la siguiente información:

    a. Programa de Mantenimiento preventivo de vehículos automotores.
    b. Programa de Mantenimiento preventivo por horas de equipos móviles.
    c. Programa de Mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
    d. Programa de acciones adoptadas y por adoptar que contribuyan a la reducción de GEI y huella de carbono (soluciones medioambientales y equipamiento que promueva la transición energética).

Asimismo, en el plan de prevención y control de la contaminación del aire por emisiones de fuentes fijas y móviles, se deberán incluir acciones necesarias de compensación para mitigar las emisiones de GEI generadas indirectamente por el usuario, así como para la evaluación de las emisiones generadas en el recinto portuario y contribuir a su disminución. De acuerdo con lo establecido en el artículo 84 del Reglamento de la Ley de Puertos, las Reglas de Operación de cada puerto y sus modificaciones deberán someterse a la autorización de la Secretaría, previa opinión de sus respectivos Comités de Operación. Por su parte, la DGP consideró un máximo de seis meses para la implementación de dicha Regla, por lo que el límite será junio de 2024 (oficio DGP.-4856.2023).

Por último, en función de lo planteado, resulta inobjetable que aún queda mucho por hacer en la ardua labor que implica el poner en marcha acciones efectivas en el ámbito portuario para la reducción de emisiones de contaminantes.

7. Conclusiones

El problema de la emisión de GEI y cualquier otro tipo de emisiones contaminantes es prioritario atender, ya que ocasionan un gran deterioro ambiental.

Nuestro país ha suscrito acuerdos internacionales que tratan el combate al cambio climático, causado por el uso inadecuado de las tecnologías extractivas, los procesos industriales que toman a la ligera esta problemática y no invierten en la prevención, control e impedimento de los procesos contaminantes en nuestros ríos, mares, lagunas, esteros y demás ecosistemas marítimos, terrestres y aéreos; en general, en nuestros recursos naturales, responsabilidad del Estado Mexicano.

Las autoridades tenemos que actuar en forma coordinada y decidida, lejos de intereses particulares, bajo un mismo principio democrático, técnico y científico que unifique propuestas de diferentes sectores: instituciones científicas, académicas, tanto públicas como privadas y población civil, auspiciado desde una plataforma integral como es Plan Nacional de Desarrollo, los Planes Estatales y los Programas rectores de desarrollo de cada entidad y dependencias del Estado.

Las acciones que se presentan constituyen el punto de partida de la EDP de México, pero requerirá de un análisis que logre convertirla en la estrategia deseada para resolver la problemática descrita en los puertos mexicanos. Se debe de insistir en la necesidad de que la visión estratégica sea incluyente; en otras palabras, se trata de estrategias generales de un plan integral que derivará en acciones en los planes de cada puerto.

Es el momento ineludible de hacerlo. México tiene un compromiso para reducir las emisiones generadas por las operaciones portuarias en el Sistema Portuario Nacional, en cumplimiento a las metas internacionales y de carácter sectorial. Por el bien de todos es necesario luchar y ganar la batalla contra la contaminación de nuestros recursos naturales, buscando ayuda en las tecnologías limpias que detengan el deterioro e, inclusive, y de ser irreversible, se debe pugnar por detener, crear y conservar nuevos y mejores procesos y procedimientos industriales que satisfagan condiciones de eficacia y eficiencia tanto administrativa como operativa, brindando los mejores resultados. El Estado debe articular, de manera democrática y efectiva, la política ambiental.

Para los puertos mexicanos es importante enfocar la problemática desde planes y programas que deben integrarse en un solo “plan global para reducir la huella de carbono” y, a partir de este, derivar planes específicos para cada puerto, bajo la coordinación y seguimiento puntual de las respectivas y correspondiente ASIPONAS y APIS que, en definitiva, son las responsables de llevar a cabo las estrategias planteadas en el combate al cambio climático.

Siglas y abreviaturas

- API: Administración Portuaria Integral.
- ASIPONA: Administración del Sistema Portuario Nacional.
- CGPMM: Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
- CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- CO_2eq: Dióxido de carbono equivalente.
- DGP: Dirección General de Puertos.
- EDP: Estrategia de Descarbonización de Puertos
- MEPC: Comité de Protección del Medio Marino.
- NDC (Nationally Determined Contributions): contribuciones determinadas a nivel nacional.
- OMI: Organización Marítima Internacional.
- ONU: Organización de las Naciones Unidas.
- SPN: Sistema Portuario Nacional.

Términos y Definiciones

- **Emisión:** Liberación a la atmósfera o al mar de sustancias sometidas a control, por los buques.

- **Emisiones antropogénicas:** Generación de emisiones GEI de larga permanencia por las actividades humanas: CO2, metano (CH4), óxido nitroso (N2O) y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo).
- **El equivalente de CO2 o equivalente de dióxido de carbono** (CO_2eq o Carbon Dioxide Equivalent, en inglés). Medida en toneladas de la huella de carbono.
- **Huella de carbono.** Nombre dado a la totalidad de la emisión de gases de efecto invernadero. La masa de los gases emitidos es medida por su equivalencia en CO2 (dióxido de carbono). El CO2 es el más conocido y es también la referencia del resto de los gases de efecto invernadero, a los que se considera causantes del calentamiento del planeta.

Anexos

Anexo 1. Resultados preliminares del ejercicio Inventario de emisiones del SPN

(toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e)

Puerto		2021	2022
No.	**TOTAL**	**642,638.88**	**1,334,145.40**
1	Lázaro Cárdenas	--	447,029.16
2	Manzanillo	201,533.30	284,829.13
3	Tuxpan	159,848.14	159,851.68
4	Guaymas	81,951.51	95,440.26
5	Progreso	83,726.14	83,726.14
6	Topolobampo	--	78,091.23
7	Mazatlán	57,304.50	62,678.69
8	Coatzacoalcos	--	48,535.97
9	Ensenada	30,473.80	42,640.70
10	Veracruz	14,186.86	15,768.71
11	Puerto Madero	10,771.64	9,205.14
12	Altamira	1,222.93	3,375.17
13	Baja California Sur	--	1,201.18
14	Salina Cruz	780.57	720.99
15	Tampico	566.66	563.78
16	Dos Bocas	272.83	315.83
17	Puerto Vallarta	--	171.65

Fuente: Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
Nota: Resultados expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO 2e).

Anexo 2. Cifras preliminares del Inventario de GEI por alcance y puerto

(toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e)

Alcance / Puerto	2021	2022	Variación absoluta
ALCANCE 1	**38,471.78**	**60,808.87**	**22,337.09**
Manzanillo	37,357.28	56,291.27	18,933.99
Lázaro Cárdenas	--	2,377.79	2,377.79
Baja California Sur	--	724.18	724.18
Coatzacoalcos	--	249.13	249.13
Topolobampo	--	168.09	168.09
Progreso	153.88	153.88	0.00

Alcance / Puerto	2021	2022	Variación absoluta
Altamira	184.59	144.24	-40.35
Tampico	137.86	142.75	4.88
Ensenada	116.10	93.67	-22.43
Puerto Madero	113.50	91.23	-22.27
Mazatlán	73.10	74.78	1.69
Tuxpan	69.53	73.06	3.53
Salina Cruz	95.16	67.24	-27.93
Dos Bocas	58.51	53.98	-4.53
Guaymas	86.77	41.31	-45.46
Puerto Vallarta	--	36.78	36.78
Veracruz	25.50	25.50	0.00
ALCANCE 2	**46,302.37**	**52,699.78**	**6,397.41**
Manzanillo	27,558.73	28,558.57	999.84
Veracruz	14,161.36	15,743.20	1,581.85
Puerto Madero	1,444.34	1,537.44	93.10
Altamira	215.21	1,241.14	1,025.93
Guaymas	681.19	813.44	132.25
Coatzacoalcos	--	812.72	812.72
Lázaro Cárdenas	--	721.25	721.25
Topolobampo	--	571.77	571.77
Ensenada	676.74	483.19	-193.55
Baja California Sur	0.00	455.76	455.76
Tampico	428.79	414.39	-14.40
Tuxpan	271.05	271.05	0.00
Mazatlán	227.60	268.21	40.61
Dos Bocas	214.32	261.85	47.52
Salina Cruz	268.86	256.76	-12.10
Progreso	154.17	154.17	0.00
Puerto Vallarta	--	134.87	134.87
ALCANCE 3	**557,864.74**	**1,220,636.75**	**662,772.01**
Lázaro Cárdenas	0.00	443,930.12	443,930.12
Manzanillo	136,617.29	199,979.29	63,362.00
Tuxpan	159,507.56	159,507.56	0.00
Guaymas	81,183.55	94,585.51	13,401.96
Progreso	83,418.10	83,418.10	0.00
Topolobampo	--	77,351.38	77,351.38
Mazatlán	57,003.80	62,335.69	5,331.89
Coatzacoalcos	--	47,474.11	47,474.11
Ensenada	29,680.96	42,063.85	12,382.89
Puerto Madero	9,213.80	7,576.47	-1,637.32
Altamira	823.14	1,989.79	1,166.65
Salina Cruz	416.55	397.00	-19.55
Baja California Sur	--	21.24	21.24
Tampico	--	6.64	6.64
Veracruz	--	--	--
Dos Bocas	--	--	--
Puerto Vallarta	--	--	--

Fuente: Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
Nota: Resultados expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO 2e).

Anexo 3. Acciones identificadas en los Planes estratégicos de reducción en las ASIPONAS y API Baja California Sur al cierre de 2023

No.	Alcances de impacto/ Acción	Puertos que implementaran la acción	% de participación de los puertos
	Impacto en los Alcances 1,2 y 3	**6**	
1	Diagnóstico: Impulsando la Descarbonización del Sector Marítimo - Portuario en México, con un enfoque en el Puerto de Manzanillo	Manzanillo	6%
2	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire.	Las 16 ASIPONAS y API Baja California Sur	100%
3	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones.	Las 16 ASIPONAS y API Baja California Sur	100%
4	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI.	Baja California Sur, Coatzacoalcos Dos Bocas, Ensenada, Guaymas Lázaro Cárdenas, Manzanillo, Progreso, Puerto Chiapas, Puerto Vallarta, Salina Cruz, Topolobampo y Tuxpan	76%
5	Elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI.	Dos Bocas, Progreso Puerto Vallarta, Salina Cruz y Topolobampo	29%
6	Elaboración e integración de un módulo en el sistema Puerto Inteligente Seguro "ECOPIS".	Manzanillo	6%
	Impacto en Alcance 1	**21**	
7	Cambio de luminarias.	Coatzacoalcos, Guaymas Lázaro Cárdenas, Manzanillo, Puerto Chiapas y Veracruz	35%
8	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con un enfoque de economía circular.	Coatzacoalcos, Dos Bocas, Mazatlán, Progreso y Puerto Chiapas	35%
9	Implementación de paneles solares.	Coatzacoalcos, Ensenada, Manzanillo, Puerto Vallarta, Veracruz	29%
10	Programa de reforestación de mangle.	Altamira, Baja California Sur, Coatzacoalcos, Lázaro Cárdenas y Veracruz	29%
11	Programa de reforestación.	Altamira, Dos Bocas, Puerto Chiapas, Puerto Vallarta y Salina Cruz	29%
12	Monitoreo del consumo de energía en las instalaciones de la entidad.	Dos Bocas, Manzanillo, Mazatlán y Puerto Chiapas	24%
13	Mantenimiento a Luminarias.	Guaymas, Manzanillo, Topolobampo y Tuxpan	24%
14	Integración en el Programa Sistema de Gestión Ambiental (SGA).	Dos Bocas, Manzanillo y Puerto Chiapas	18%
15	Mantenimiento de Vehículos.	Guaymas, Progreso y Tuxpan	18%
16	Mantenimiento de subestación Eléctrica.	Guaymas y Tuxpan	12%
17	Obtener la Certificación de Calidad Ambiental otorgada por PROFEPA.	Dos Bocas y Ensenada	12%
18	Recorridos a las Cesionarias del Puerto.	Veracruz	6%

No.	Alcances de impacto/ Acción	Puertos que implementaran la acción	% de participación de los puertos
19	Estudios de calidad del aire dentro de los límites del recinto portuario.	Lázaro Cárdenas	6%
20	Planes de Mantenimiento para los generadores de emergencias.	Manzanillo	6%
21	Dotación de infraestructura portuaria Suministro de ER.	Ensenada	6%
22	Construcción de una estación de monitoreo atmosférico TR.	Ensenada	6%
23	Sistematización de los procesos de monitoreo de HC.	Ensenada	6%
24	Indicadores de seguimiento de las medidas implementadas que den cuenta de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero, como el dióxido de carbono CO2, o de contaminantes criterio como el material pm 2.5 y pm 10.	Lázaro Cárdenas	6%
25	Verificar usos del puerto en el PMDP y correlacionarlos con alcances del Proyecto de Descarbonización en Puertos.	Dos Bocas	6%
26	Plan de reducción de consumo de gasolina por Diesel.	Guaymas	6%
27	Mantenimiento y limpieza de paneles Solares.	Guaymas	6%
	Impacto en Alcance 2	**18**	
28	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados.	Guaymas, Lázaro Cárdenas, Manzanillo, Progreso, Tuxpan y Veracruz	41%
29	Reducción de desechos de contenedores de un solo uso de alimentos en la comunidad portuaria.	Baja California Sur, Dos Bocas, Manzanillo y Puerto Chiapas	24%
30	Prevención en la dispersión de polvos por manejo de carga.	Lázaro Cárdenas	6%
31	Cambio de condensadores.	Manzanillo	6%
32	Bandas trasportadoras cerradas para evitar las emisiones de polvo creadas por la termoeléctrica utiliza como energético primario el carbón.	Manzanillo	6%
33	Sistema de automatización de equipos de refrigeración.	Topolobampo	6%
34	Estudios de opacidad.	Manzanillo	6%
35	Montacargas eléctricos.	Manzanillo	6%
36	Oficinas administrativas nuevas con eficiente sistema de iluminación para reducción de consumos de energía eléctrica.	Guaymas	6%
37	Bandas trasportadoras cerradas para evitar las emisiones de polvo creadas por el granel agrícola.	Manzanillo	6%
38	Identificación de almacenes frigorífico.	Guaymas	6%
39	Renovación de tracto camiones.	Manzanillo	6%
40	Inversión de grúas ecoeficientes.	Ensenada	6%
41	Uso de catalizador e implementación.	Manzanillo	6%
42	Uso de montacargas de GLP.	Manzanillo	6%

No.	Alcances de impacto/ Acción	Puertos que implementaran la acción	% de participación de los puertos
43	Vialidades externas.	Guaymas	6%
44	Banco de capacitores para la reducción de consumo de energía eléctrica.	Manzanillo	6%
45	Medidas correctivas conforme a los estudios de opacidad.	Manzanillo	6%
	Impacto en Alcance 3	**11**	
46	Análisis de la viabilidad de suministro eléctrico a buques.	Ensenada, Manzanillo, Tuxpan y Lázaro Cárdenas	24%
47	Impulso al cabotaje como alternativa para el transporte de mercancías como alternativa al transporte terrestre.	Dos Bocas, Manzanillo, Topolobampo y Veracruz	24%
48	Mantenimiento de infraestructura portuaria.	Guaymas y Topolobampo	12%
49	Dragado de Mantenimiento.	Tuxpan	6%
50	Dragado de Construcción.	Guaymas	6%
51	Remoción en el Agua de Bio incrustaciones Adheridas a la obra viva de los buques.	Tuxpan	6%
52	Reducción del uso de combustibles fósiles en equipos fijos de carga y móviles de movimiento y transporte de carga.	Manzanillo	6%
53	Construcción de Torre de Control de Tráfico Marítimo.	Tuxpan	6%
54	Vialidad del Libramiento Portuario a cuatro carriles.	Tuxpan	6%

Anexo 4. Acciones en cada puerto

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
Altamira	Programa de reforestación	1	2023	n.d.
Altamira	Programa de reforestación de mangle	1		n.d.
Altamira	Aportaciones para la elaboración de los lineamientos para la Regla de Operación de calidad del aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Altamira	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Baja California Sur	Programa de reforestación de mangle	1		n.d.
Baja California Sur	Reducción de desechos de contenedores de un solo uso de alimentos en la comunidad portuaria	2	Trimestral	n.d.
Baja California Sur	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Baja California Sur	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	Trimestral	n.d.
Baja California Sur	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Coatzacoalcos	Cambio de luminarias	1		n.d.
Coatzacoalcos	Implementación de paneles solares	1		n.d.
Coatzacoalcos	Programa de reforestación de mangle	1		n.d.
Coatzacoalcos	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con un enfoque de economía circular	1	Semestral	n.d.
Coatzacoalcos	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Coatzacoalcos	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	Bimestral	n.d.
Coatzacoalcos	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Dos Bocas	Verificar usos del puerto en el PMDP y correlacionarlos con alcances del Proyecto	1		n.d.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
	de Descarbonización en Puertos			
Dos Bocas	Obtener la Certificación de Calidad Ambiental otorgada por PROFEPA	1	2024	Se da continuidad a la Certificación Ambiental y al plan de acción en la plataforma del SAAEL de la PROFEPA, que tiene 61% de avance del Plan de Acción y 37% del seguimiento en la plataforma.
Dos Bocas	Integración en el Programa SGA Sistema de Gestión Ambiental	1		Se cuenta con un SGA que cuenta con una política ambiental, así como con procesos, procedimientos y registros documentados, y se continúa con la mejora del SGI con la finalidad de proteger el medio ambiente, así como la mitigación de los impactos ambientales producidos por la operación portuaria.
Dos Bocas	Monitoreo del consumo de energía en las instalaciones de la entidad	1		n.d.
Dos Bocas	Programa de reforestación	1	2023 - 2024	Seguimiento y monitoreo del crecimiento de los guayacanes amarillos reforestados en la Terminal de Usos Múltiples
Dos Bocas	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con un enfoque de economía circular	1		Recolección de las tapitas que serán donadas a la fundación de niños con cáncer (oncopekes); están por ser entregadas.
Dos Bocas	Reducción de desechos de contenedores de un solo uso de alimentos en la comunidad portuaria	2		Se continúa con la campaña “Adiós plásticos de un solo uso”, difundida a: cesionarios, contratistas de obra, prestadores de servicios específicos y, de servicios portuarios para disminuir el ingreso de plástico al recinto portuario.
Dos Bocas	Impulso al cabotaje como alternativa para el transporte de mercancías como alternativa al transporte terrestre	3		Se gestionó la solicitud de suficiencia presupuestal para contratar la MIA (Manifestación de Impacto Ambiental), al igual que se han gestionado cotizaciones. Se elaboraron los Términos de Referencia para la contratación del servicio de la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental y los Términos de Referencia del Estudio de la Vegetación Bentónica y de la flora y fauna terrestre.
Dos Bocas	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Dos Bocas	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3		Difusión, mediante correo, de acciones para contribuir a la mejora de la calidad del aire.
Dos Bocas	Elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre	1,2 y 3		Su publicación y difusión fue el 11/08/23 día interamericano de la calidad del aire

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
	impacto de las emisiones de GEI			
Dos Bocas	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		El Puerto de Dos Bocas se destaca por su excelente ubicación geográfica, ya que brinda conectividad inmediata con la Terminal de abastecimiento de Pemex y la Refinería olmeca, siendo las principales fuentes de emisiones de GEI
Ensenada	Obtener la Certificación de Calidad Ambiental otorgada por PROFEPA	1	2024	En espera de resultados en febrero/marzo de 2024
Ensenada	Implementación de paneles solares	1		Proveedor Externo
Ensenada	Construcción de una estación de monitoreo atmosférico TR	1		n.d.
Ensenada	Dotación de infraestructura portuaria Suministro de ER	1		n.d.
Ensenada	Sistematización de los procesos de monitoreo de HC	1		n.d.
Ensenada	Inversión de grúas ecoeficientes	2		n.d.
Ensenada	Análisis de la viabilidad de suministro eléctrico a buques	3		n.d.
Ensenada	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Ensenada	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	Trimestral	Reporte trimestral de consumo
Ensenada	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3	Anual	n.d.
Guaymas	Cambio de luminarias	1	2023	Se identifica que porcentaje de emisiones a la atmosfera por tipo de carga, transporte de pasajeros, transporte de carga general y transporte de graneles
Guaymas	Plan de reducción de consumo de gasolina por Diesel	1		n.d.
Guaymas	Mantenimiento a Luminarias	1	Cada 6 meses	Personal de mantenimiento y/o externo
Guaymas	Mantenimiento de Vehículos	1	Cada 6 meses o 10,000 km	Proveedor Externo
Guaymas	Mantenimiento de subestación Eléctrica	1	Una vez al año de acuerdo con el programa de mantenimiento	Proveedor Externo
Guaymas	Mantenimiento y limpieza de paneles Solares	1	Cada 6 meses	Personal de mantenimiento

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
Guaymas	Oficinas administrativas nuevas con eficiente sistema de iluminación para reducción de consumos de energía eléctrica	2		n.d.
Guaymas	Vialidades externas.	2		n.d.
Guaymas	Identificación de almacenes frigorífico	2		n.d.
Guaymas	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2	De acuerdo con el programa de revisión y mantenimiento de climas	Personal de mantenimiento y/o proveedor externo
Guaymas	Dragado de Construcción	3		n.d.
Guaymas	Construcción de muelles	3		n.d.
Guaymas	Mantenimiento de infraestructura portuaria	3		n.d.
Guaymas	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Guaymas	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	Trimestral	En junio se llevará a cabo la reunión para analizar resultados del ejercicio anterior y establecer el calendario de Reuniones para Estrategias para reducir las emisiones. Está conformado por ASIPONA Guaymas, Mexicana de Cobre, CEMEX, Multigua, Transferencias Portuarias del Pacifico (T.P.P.), PEMEX, Cortez Transfert, Arcelor Mittal.
Guaymas	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3	Anual	n.d.
Lázaro Cárdenas	Cambio de luminarias.	1	2023	Se identifica que porcentaje de emisiones a la atmósfera por tipo de carga, transporte de pasajeros, transporte de carga general y transporte de graneles
Lázaro Cárdenas	Programa de reforestación de mangle	1		a la fecha llevamos 7,747 ejemplares de mangle botoncillo y blanco
Lázaro Cárdenas	Indicadores de seguimiento de las medidas implementadas que den cuenta de la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero, como el dióxido de carbono CO2, o de contaminantes criterio como el material pm 2.5 y pm 10.	1	2023	De acuerdo con las normas, NOM-025-SSA1-2014, NOM-022-SSA1-2019 (dióxido de azufre) NOM-023-SSA1-2021 (dióxido de nitrógeno) comparar resultados con criterios de calidad del aire ambiente establecidos por la secretaria de salud. Una vez proporcionado los resultados por el laboratorio estos se analizarán para realizar las comparativas con años anteriores.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
Lázaro Cárdenas	Estudios de calidad del aire dentro de los límites del recinto portuario.	1		FERTINAL (AGROINDUSTRIAS DEL BALSAS S.A. DE C.V) realiza estudios de calidad del aire estando dentro de LMP de contaminante, así mismo cuenta con túneles, con sistema de agua para humedecer la roca, en las transferencias de las bandas, con el objetivo de evitar los polvos fugitivos durante la descarga. ARCELOR MITTAL. Realiza monitoreo de calidad del aire de acuerdo con la NOM-025- SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2. 5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación, especificó como valores de concentración promedio de 24 horas, cumpliendo con los LMP de contaminantes.
Lázaro Cárdenas	Bandas trasportadoras cerradas para evitar las emisiones de polvo creadas por la termoeléctrica utiliza como energético primario el carbón	2		n.d.
Lázaro Cárdenas	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2		n.d.
Lázaro Cárdenas	Prevención en la dispersión de polvos por manejo de carga	2		n.d.
Lázaro Cárdenas	Prevención en la dispersión de polvos por manejo de carga	2		n.d.
Lázaro Cárdenas	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Lázaro Cárdenas	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	10 de agosto de 2023	n.d.
Lázaro Cárdenas	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Manzanillo	Integración en el Programa SGA Sistema de Gestión Ambiental	1		n.d.
Manzanillo	Cambio de luminarias	1		n.d.
Manzanillo	Mantenimiento a Luminarias	1		n.d.
Manzanillo	Planes de Mantenimiento para los generadores de emergencias	1		n.d.
Manzanillo	Implementación de paneles solares	1		n.d.
Manzanillo	Monitoreo del consumo de energía	1		n.d.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
	en las instalaciones de la entidad			
Manzanillo	Banco de capacitores para la reducción de consumo de energía eléctrica	2		n.d.
Manzanillo	Bandas trasportadoras cerradas para evitar las emisiones de polvo creadas por el granel agrícola	2		n.d.
Manzanillo	Renovación de tracto camiones	2		n.d.
Manzanillo	Uso de montacargas de GLP	2		n.d.
Manzanillo	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2		n.d.
Manzanillo	Uso de catalizador e implementación	2		n.d.
Manzanillo	Estudios de opacidad.	2		n.d.
Manzanillo	Medidas correctivas conforme a los estudios de opacidad	2		n.d.
Manzanillo	Montacargas eléctricos	2		n.d.
Manzanillo	Cambio de condensadores	2		n.d.
Manzanillo	Reducción de desechos de contenedores de un solo uso de alimentos en la comunidad portuaria	2		n.d.
Manzanillo	Análisis de la viabilidad de suministro eléctrico a buques	3		n.d.
Manzanillo	Impulso al cabotaje como alternativa para el transporte de mercancías como alternativa al transporte terrestre	3	Anual	n.d.
Manzanillo	Reducción del uso de combustibles fósiles en equipos fijos de carga y móviles de movimiento y transporte de carga	3		n.d.
Manzanillo	Impulsando la Descarbonización del Sector Marítimo - Portuario en México, con un enfoque en el Puerto de Manzanillo	1,2 y 3	2023	se incluyen 21 recomendaciones puntuales para avanzar en la agenda nacional de la descarbonización portuaria, en temas como el fomento y desarrollo de la energía renovable, soluciones operativas y de eficiencia energética, elaboración de inventarios actualizados e integrales, reforzamiento de instrumentos normativos y financieros, incentivos y mejoramiento de capacidades y alianzas locales y regionales.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
Manzanillo	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Manzanillo	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	11 de agosto 2023	Derivado de la primera encuesta, que iba enfocada a las acciones ambientales que las empresas han realizado o se encuentran realizando actualmente para la Reducción de la Huella de Carbono, se observa que la mayoría de las empresas han abordado actividades en los Alcances 1 y 2; sin embargo, para el Alcance 3 se ve una menor ocupación de acciones; a continuación, se muestran las gráficas de las acciones que se han realizado por parte de las empresas cesionarias y prestadoras de servicios del Puerto de Manzanillo
Manzanillo	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Manzanillo	Elaboración e integración de un módulo en el sistema Puerto Inteligente Seguro "ECOPIS"	1,2 y 3		n.d.
Mazatlán	Monitoreo del consumo de energía en las instalaciones de la entidad	1	Mensual	Estadísticas trimestrales del consumo de energía eléctrica a la CONUEE En cumplimiento a las fechas de entrega de los informes a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), se tiene reportada la información al segundo trimestre de 2023 de los consumos de energía eléctrica y combustible de la ASIPONA Mazatlán.
Mazatlán	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con un enfoque de economía circular	1		n.d.
Mazatlán	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con un enfoque de economía circular	1	Trimestral	n.d.
Mazatlán	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Mazatlán	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3	Trimestral	n.d.
Progreso	Mantenimiento de vehículos	1	• Cada 6 meses o 10,000 km	Se trabaja en un programa de mantenimiento de vehículos
Progreso	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con	1	Agosto-diciembre 2024	n.d.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
	un enfoque de economía circular			
Progreso	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2	jul-2023-agost 2024	Se consolidó un programa de mantenimiento para los equipos de aires acondicionados
Progreso	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Progreso	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	jul-ago. 2023	n.d.
Progreso	Elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	jul 2023 -dic 2024	n.d.
Progreso	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Puerto Chiapas	Integración en el Programa SGA Sistema de Gestión Ambiental	1		A través del Programa del Sistema de Gestión Ambiental ASPN-CHI-SGI-PR-02, se da seguimiento a las acciones del proyecto de descarbonización en los puertos
Puerto Chiapas	Cambio de luminarias	1	2023	n.d.
Puerto Chiapas	Monitoreo del consumo de energía en las instalaciones de la entidad	1		n.d.
Puerto Chiapas	Programa de reforestación	1	2023	Se realizó una reforestación con 200 árboles.
Puerto Chiapas	Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos (reciclaje) con un enfoque de economía circular	1		n.d.
Puerto Chiapas	Reducción de desechos de contenedores de un solo uso de alimentos en la comunidad portuaria	2		n.d.
Puerto Chiapas	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Puerto Chiapas	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3		Para el mes de septiembre se capacitará a los cesionarios en el tema de emisiones
Puerto Chiapas	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones.	1,2 y 3		n.d.
Puerto Vallarta	Implementación de paneles solares	1		n.d.
Puerto Vallarta	Programa de reforestación	1		n.d.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
Puerto Vallarta	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Puerto Vallarta	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	2023	n.d.
Puerto Vallarta	Elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	2024	n.d.
Puerto Vallarta	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Salina Cruz	Programa de reforestación	1		n.d.
Salina Cruz	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Salina Cruz	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3		Realización de foros informativos, dirigidos a la Comunidad Portuaria, relacionados a tecnologías de eficiencia energética
Salina Cruz	Elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3		n.d.
Salina Cruz	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones.	1,2 y 3		n.d.
Tampico	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Tampico	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		Solo obtiene resultados de los alcances 1 y 2
Topolobampo	Mantenimiento a luminarias	1	2023	Se realizaron los trabajos en el periodo junio-agosto. Elaboración del procedimiento de contratación para el arrendamiento de unidades vehiculares con mejores rendimientos de combustible de conformidad con los Lineamientos de eficiencia energética para la Administración Pública Federal. Esta acción se encuentra programada a realizar para 2024.
Topolobampo	Sistema de automatización de equipos de refrigeración	2	2023	n.d.
Topolobampo	Mantenimiento de infraestructura portuaria	3		n.d.

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
Topolobampo	Impulso al cabotaje como alternativa para el transporte de mercancías como alternativa al transporte terrestre	3	Anual	n.d.
Topolobampo	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Topolobampo	Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	Trimestral	n.d.
Topolobampo	Elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI	1,2 y 3	2023	n.d.
Topolobampo	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones.	1,2 y 3	Trimestral	n.d.
Tuxpan	Mantenimiento a luminarias	1	Cada 6 meses	n.d.
Tuxpan	Mantenimiento de Vehículos.	1	Cada 6 meses o 10,000 km	n.d.
Tuxpan	Mantenimiento de subestación eléctrica	1	De acuerdo con el programa de mantenimiento	Revisión de circuito eléctrico Revisión de Continuidad de corriente Limpieza de luminarias Sustitución de luminarias incandescentes y fluorescentes por una lampara LED.
Tuxpan	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2		n.d.
Tuxpan	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2	De acuerdo con el programa de revisión y mantenimiento de climas	Personal de mantenimiento y/o proveedor externo
Tuxpan	Análisis de la viabilidad de suministro eléctrico a buques	3		n.d.
Tuxpan	Construcción de Torre de Control de Tráfico Marítimo	3		n.d.
Tuxpan	Vialidad del Libramiento Portuario a cuatro carriles	3		n.d.
Tuxpan	Dragado de mantenimiento	3		n.d.
Tuxpan	Remoción en el Agua de Bio incrustaciones Adheridas a la obra viva de los buques	3	Cuando los buques que arriban requieran el servicio	n.d.
Tuxpan	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Tuxpan	Concientización de la comunidad portuaria	1,2 y 3		En la última semana de mayo se llevará a cabo la reunión para

Puerto	Acción	Alcance	Ejecución	Avances
	sobre impacto de las emisiones de GEI			analizar datos y generar valores del ejercicio y establecer el calendario de. reuniones para Estrategias de reducir las emisiones.
Tuxpan	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3		n.d.
Veracruz	Recorridos a las cesionarias del puerto	1	Trimestral	Se avanza conforme al programa entre los meses de mayo a julio, 47%. Se han visitado a las terminales de la bahía norte: ESJ Renovable, ICAVE, OPEVER, PETRA, de la bahía sur CICE, SEMAVE, TMV, TNG, TCE, supervisando que los alcances: tipo de energía, refrigerantes y suministro de CFE coincidan con lo reportado. Se verifica las condiciones del equipo de maniobristas, en lo que va del año no presentan ninguna incidencia ambiental.
Veracruz	Cambio de luminarias	1	15/05/2023	Se instalaron 95 luminarias Leds, avanzando 6%, quedando en total en 58% de luminarias Leds reduciéndose en 42% el número por sustituir en el puerto.
Veracruz	Implementación de paneles solares.	1	15/05/2023	Comienza en septiembre 2023 5.1. Producción anual de 30,000 plantas de mangle.
Veracruz	Programa de reforestación de mangle	1	12/05/23 mantener el programa de la zona de conservación Selva Mediana	Se cumple con la producción programada de mangle en Punta Gorda llegando a un 70%.
Veracruz	Mantenimiento / Reemplazo de aires acondicionados	2	15/05/2023	Para 2023 está programado sustituir 55 equipos de aire acondicionado tipo inverter; ya se han remplazado 47 equipos; 85% del presupuestado para este rubro en 2023. Esto representa 12% de avance en el cambio total de los equipos que utilizan R-22 y están expuesto a emitir gases de efecto invernadero por el tipo de refrigerante
Veracruz	Impulso al cabotaje como alternativa para el transporte de mercancías como alternativa al transporte terrestre	3	12/05/2023 están disponibles,	Se ha avanzado 14.3% al rentarse el área E12B-2 a la empresa CEMEX, S.A. de C.V.
Veracruz	Publicación de la Regla de Operación de Calidad el aire	1,2 y 3	2024	Se realizó el diagnóstico
Veracruz	Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones	1,2 y 3	Del 26 de mayo al 15 de diciembre	Se actualiza su inventario incluyendo el alcance 3 puerto en diciembre

CLIENTE:	**ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL DE MANZANILLO, S.A. DE C.V.**
LOCALIZACIÓN:	**RECINTO PORTUARIO DE MANZANILLO, COLIMA**
PROYECTO:	**ESTUDIO DE TRÁFICO MARÍTIMO PARA DIMENSIONAR AFECTACIONES DEL PROYECTO "NUEVO CUYUTLÁN Y PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN"**
CONTRATO:	

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ORIGEN	REVISIÓN	APROBADO	CLIENTE
1	16/ABRIL/2026	EMITIDO PARA ENTREGA	ECO PORT			ASIPONA MANZANILLO

Contenido

Índice de figuras 5
Índice de tablas 7
Antecedentes 10
1. Flota mundial de buques porta contenedores 12
Introducción 12
1.1. Categorización de la flota mundial de contenedores 13
1.2. Flota mundial de buques porta contenedores compatibles con el proyecto portuario de Cuyutlán 17
1.2.1. Análisis de la flota de buques porta-contendores de 20 mil TEUs (146 buques) 17
1.2.2. Análisis de la flota de porta-contenedores iguales o mayores a 300 m de Eslora (1469 buques) 21
1.2.3. Tablas de consulta rápida para las dimensiones de los buques porta-contenedores iguales o mayores a 300 m de Eslora (cruce de información de calado, manga, eslora, TEUs nominales, y No. de buques) 28
1.2.4. Análisis de carga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de eslora 30
1.3. Análisis de las flotas de las líneas navieras de buques porta-contenedores que operan en diferentes puertos vs las flotas de las navieras que actualmente operan en Manzanillo 37
1.3.1. Análisis de presencia de navieras 38
1.3.2. Busan 41
1.3.3. Shanghái 42
1.3.4. Long Beach 43
1.3.5. Los Ángeles 44
1.3.6. San Diego 45
1.3.7. Manzanillo 46
1.3.8. Top 10 Navieras por mGT, arribos, presencia en puertos y relevancia operativa 47
1.3.9. Observación del análisis de las flotas de las líneas navieras 48
1.4. Buque máximo teórico 49

1.5. Parámetros de seguridad operativos que se deben de respetar de acuerdo con las recomendaciones del PIANC 50
1.5.1. Determinación de UKC 50
1.5.2. Determinación de longitud de muelle, ángulos de atraque PIANC 52
2. Condiciones de tráfico 55
2.1. Análisis comparativo entre los puertos de Busan, Shanghái, Long Beach, Los Ángeles y el puerto proyectado de Cuyutlán, respecto a sus capacidades máximas, tiempos en tránsito desde boya de recalada al muelle/muelles 55
2.1.1. Busan, República de Korea 57
2.1.2. Shanghái 59
2.1.3. Long Beach 62
2.1.4. Los Ángeles 66
2.1.5. Puerto proyectado de Cuyutlán 69
2.2. Condiciones de tráfico actual del puerto de Manzanillo 70
2.3. Condiciones de tráfico a futuro de Cuyutlán 72
2.4. Rutas de tránsito por tipo de buque (AIS histórico – MarineTraffic) 74
3. Opinión de expertos y relación con el VTS "*Vessel Traffic System*" de Manzanillo para cuestiones de impacto ambiental 82
3.1. Opinión técnica de expertos en pilotaje 82
3.1.1. Opinión del Cap. de Altura José Luis Hernández Abdalah para la proyección completa del nuevo puerto considerando 7 muelles 82
3.1.2. Avistamientos de ballenas en inmediaciones del puerto de Manzanillo, Col. 83
3.2. Responsabilidades y alcances del Centro de Control de Tráfico Marítimo. 85
3.3. Comparación con otros puertos ubicados en el océano Pacífico (Puerto de Prince Rupert y Puerto de Vancouver) 87
Importancia biológica de las rutas migratorias 87
Impacto del ruido submarino 88
Riesgo de colisiones 88
Necesidad de estrategias de protección 88
El Puerto de Vancouver como referente en la protección de rutas de ballenas 89
Origen y objetivos del programa ECHO 89
Identificación de zonas críticas en rutas de ballenas 89

Reducción de velocidad en zonas de tránsito de cetáceos 89
Modificación de rutas marítimas 90
Monitoreo acústico y evaluación de impacto 90
Resultados del programa ECHO en rutas de ballenas 90
El Puerto de Prince Rupert y su enfoque científico 91
Objetivos del proyecto SWAG 91
Tecnología utilizada en el monitoreo de rutas de ballenas 91
Importancia del monitoreo en tiempo real 92
Participación de comunidades indígenas 92
Resultados del proyecto SWAG 92
Comparación directa entre Vancouver, Prince Rupert y Manzanillo 92
Limitaciones del Puerto de Manzanillo 92
Impacto ambiental en Manzanillo 93
Oportunidades de mejora 93
Conclusión de tema 3.3 93
Referencias bibliográficas: 94
3.4. Integración de la NOM-131-SEMARNAT-2010 en la La gestión ambiental 94
3.5. Análisis del impacto del tráfico marítimo en las rutas de avistamiento de ballenas y evaluación de medidas de mitigación 98
3.5.1. Las ballenas en Manzanillo: Migración, estudio del tráfico y medidas de protección 98
3.5.2. Directrices revisadas para reducir el ruido submarino radiado debido al transporte marítimo con el fin de abordar sus efectos adversos en la fauna marina de la OMI 111
4. Informe de recomendaciones para la modificación de las reglas de operación de la ASIPONA Manzanillo orientadas a la mitigación del impacto acústico en ballenas 113
5. Conclusiones 115

Índice de figuras

Figura 1-1. Categorización de la flota de porta-contenedores al 1er trimestre del 2026 15
Figura 1-2. Distribución de calados de verano buques porta-contenedores de +20 mil TEUs 18
Figura 1-3. Distribución de Manga de buques porta-contenedores de +20 mil TEUs 19
Figura 1-4. Distribución de Eslora buques porta-contenedores de +20 mil TEUs . 19
Figura 1-5. Distribucíón de Carga Nominal de buques porta-contenedores de +20 mil TEUs 20
Figura 1-6. Gráfico de distribución de Calado de verano de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora 24
Figura 1-7. Gráfico de distribución de Manga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora. 25
Figura 1-8. Gráfico de distribución de Eslora de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de eslora. 26
Figura 1-9. Gráfico de la distribución de TEUs Nominal de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora. 27
Figura 1-10. Corrida 1 - Distribución de buques porta-contendores por carga en TEUs a profundidad -14 m 31
Figura 1-11. Corrida 2 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -15 m 32
Figura 1-12. Corrida 3 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -16 m 33
Figura 1-13. Corrida 4 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -17 m 34
Figura 1-14. Corrida 5 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18 m 35
Figura 1-15. Corrida 6 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18.5 m 36
Figura 1-16. Operators by Deployed Capacity 37
Figura 1-17. Top 10 Navieras - Puerto Busan (últimos 12 meses) 41
Figura 1-18. Top 10 Navieras - Puerto Shanghái (últimos 12 meses) 42
Figura 1-19. Top 10 Navieras - Puerto Long Beach (últimos 12 meses) 43
Figura 1-20. Top 10 Navieras - Puerto Los Ángeles (últimos 12 meses) 44
Figura 1-21. Top 10 Navieras - Puerto San Diego (últimos 12 meses) 45
Figura 1-22. Top 10 Navieras - Puerto Manzanillo, México (últimos 12 meses).... 46
Figura 1-23. Parámetros típicos de profundidad 50
Figura 2-1. Tráfico mundial de Porta-contenedores 55
Figura 2-2. Distancia de la boya de recalada al muelle de Busan 58
Figura 2-3. Portulano de navegación del puerto Busan 58
Figura 2-4. Arribos por tipo de buque durante el 2025. Puerto de Busan 59
Figura 2-5. Portulano de arribo del puerto de Shanghai 61

Figura 2-6. Estimación de distancias promedio de la boya de recalada al área de muelles de Shanghai 61
Figura 2-7. Arribos por tipo de buque durante el 2025. Puerto Shanghai..... 62
Figura 2-8. Distancia promedio de la boya de recalada a los muelles. Puerto Long Beach 63
Figura 2-9. Portulano de navegación en el puerto de Long Beach..... 64
Figura 2-10. Arribos por tipo de buque durante del 2025. Puerto Long Beach. Fuente Clarksons. 65
Figura 2-11. Distancia promedio de la booya de recalada a los muelles. Puerto Los Angeles. Marine Traffic. 5.8 MN 67
Figura 2-12. Portulano de navegación. Puerto Los Angeles 67
Figura 2-13. Arribos por tipo de buques durante el 2025. Puerto Los Angeles, US. 68
Figura 2-14. Distancia desde la boya de recalada al muelle de Cuyutlán 69
Figura 2-15. Densidad del tráfico de buques porta-contenedores en el actual puerto de Manzanillo 70
Figura 2-16. Portulano de Navegación. Puerto actual de Manzanillo..... 71
Figura 2-17. Arribos por tipos de buques durante el 2025. Puerto Manzanillo, México 72
Figura 2-18. Buque máximo recibido en el actual puerto de Manzanillo, México .. 72
Figura 4-1. Zona de reducción de régimen de máquina..... 114

Índice de tablas

Tabla 1-1. Container Capable Fleet & Capacity march-2026-Clarksons 16
Tabla 1-2 Características máximas y mínimas de la flota de porta-contenedores de 20,000+ TEUs. 17
Tabla 1-3. Buque máximo reportado en Clarksons al 09-abril-2026 para la flota de porta-contenedores mayores a 20,000 TEUs 18
Tabla 1-4. Características máximas y mínimas de la flota de porta-contenedores de +300 m de Eslora. 21
Tabla 1-5. Buque porta-contenedor máximo existente reportado en Clarksons al 14 de abril del 2026 para la flota de buques iguales o mayores a 300 m de eslora. .. 22
Tabla 1-6. Condiciones máximas de los buques iguales o menores a 300 m de eslora 23
Tabla 1-7. Tabla de datos de la gráfica de distribución de Calado de verano de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora 24
Tabla 1-8. Tabla de datos del gráfico de distribución de Manga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora. 25
Tabla 1-9. Tabla del gráfico de distribución de Eslora de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de eslora. 26
Tabla 1-10. Tabla de datos del gráfico de la distribución de TEUs Nominal de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora. 27
Tabla 1-11. Tabla de consulta rápida en base a Calados 28
Tabla 1-12. Tabla de consulta rápida en base a Esloras 28
Tabla 1-13. Tabla de consulta rápida en base a TEUs Nominal 28
Tabla 1-14. Tabla de datos del gráfico: Corrida 1 - Capacidad de carga neta a calado restringido, profundidad -14 m 30
Tabla 1-15. Tabla de datos del gráfico: Corrida 2 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -15 m 32
Tabla 1-16. Tabla de datos del gráfico: Corrida 3 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -16 m 33
Tabla 1-17. Tabla de datos del gráfico: Corrida 4 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -17 m 34
Tabla 1-18. Tabla de datos del gráfico: Corrida 5 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18 m 35
Tabla 1-19. Tabla de datos del gráfico: Corrida 6 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18.5 m 36
Tabla 1-20. Tabla de porcentajes de carga corridas 1-5 37
Tabla 1-21. Tabla de navieras de los puertos analizados (Busan, Shanghái, Long Beach, Los ángeles, San diego y Manzanillo) 39
Tabla 1-22. Tabla de navieras de otros puertos del mundo (Lázaro Cárdenas, Tokyo, Balboa y Manzanillo-Panamá) 39
Tabla 1-23. Tabla de navieras con GT y presencia en puertos 40

Tabla 1-24. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera MSC 41
Tabla 1-25. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera China COSCO Shipping 42
Tabla 1-26. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera HMM 43
Tabla 1-27. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera CMA CGM 44
Tabla 1-28. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera The Pasha Group 45
Tabla 1-29. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera The Pasha Group 46
Tabla 1-30. Buque porta-contenedor máximo teórico reportado en Clarksons al 14 de abril del 2026 para la flota de buques iguales o mayores a 300 m de eslora. .. 49
Tabla 1-31. Typical Ship Dimensions from ROM 3.1 52
Tabla 2-1. Destinos de porta-contenedores de Busan 30-abr-2025 al 28-abr-2026 57
Tabla 2-2. Orígenes de porta-contenedores de Busan 30-abr-2025 al 28-abr-2026 57
Tabla 2-3. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de BUSAN 57
Tabla 2-4. Destinos de porta-contenedores de Shanghai 30-abr-2025 al 28-abr-2026 59
Tabla 2-5. Orígenes de porta-contenedores de Shanghai 30-abr-2025 al 28-abr-2026 60
Tabla 2-6. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de Shanghai 60
Tabla 2-7. Destinos de porta-contenedores de Long Beach 30-abr-2025 al 28-abr-2026 62
Tabla 2-8. Tabla 2 4. Orígenes de porta-contenedores de Long Beach 30-abr-2025 al 28-abr-2026 63
Tabla 2-9. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de Long Beach 63
Tabla 2-10. Destinos de porta-contenedores de Los Ángeles 30-abr-2025 al 28-abr-2026 66
Tabla 2-11. Orígenes de porta-contenedores de Los Ángeles 30-abr-2025 al 28-abr-2026 66
Tabla 2-12. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de Los Ángeles 66
Tabla 2-13. Orígenes y destinos del último año. Puerto Manzanillo, México. 74
Tabla 2-14. Orígenes y destinos por tipo de buque. Porta-Contenedores 76
Tabla 2-15. Orígenes y destinos por de buques de carga general 76
Tabla 2-16. Orígenes y destinos de buques de carga especial 77
Tabla 2-17. Orígenes y destinos de buques graneleros 79

Tabla 2-18. Orígenes y destinos de buques de pasajeros 79
Tabla 2-19. Orígenes y destinos de buque-tanques para petróleo y productos químicos 80
Tabla 2-20. Orígenes y destinos de buques gaseros de LPG 80
Tabla 2-21. Orígenes y destinos de buques petroleros de crudo 81
Tabla 2-22. Orígenes y destinos de buques de productos petrolíferos 81
Tabla 2-23. Orígenes y destinos de buques de carga pesada 81
Tabla 2-24. Orígenes y destinos de buques Ro-Ro 81
Tabla 2-25. Orígenes y destinos de buque especial de pasajeros 82
Tabla 2-26. Orígenes y destinos de buques de LNG 82

Antecedentes

El Puerto de Manzanillo, junto con el Puerto Laguna de Cuyutlán, se localiza en el litoral del Océano Pacífico, en el estado de Colima, constituyendo uno de los principales nodos logísticos del comercio exterior de México. Su ubicación geográfica estratégica, así como su conectividad terrestre y marítima, le confieren un papel fundamental en la articulación de las cadenas de suministro entre Asia y la región centro-occidente del país.

De acuerdo con el PMDP (Programa Maestro de Desarrollo Portuario) el Puerto de Manzanillo se caracteriza por su vocación predominantemente comercial, con una alta especialización en el manejo de carga contenerizada, lo que lo posiciona como el principal puerto del país en este segmento, concentrando una proporción significativa del movimiento nacional de contenedores. Esta especialización se sustenta en su infraestructura portuaria, su capacidad instalada y la eficiencia operativa de sus terminales, que permiten atender cargas de gran escala y altos volúmenes de operación.

Adicionalmente, el puerto cuenta con una diversificación operativa que incluye el manejo de granel mineral, granel agrícola, carga general, hidrocarburos, vehículos, pesca y cruceros, lo que refuerza su papel como un puerto multipropósito dentro del sistema portuario nacional. Esta diversidad de líneas de negocio genera una dinámica compleja de tráfico marítimo, al coexistir distintos tipos de buques con requerimientos operativos diferenciados.

En relación con el "ACUERDO Secretarial 503/2023, por el cual se establece la jurisdicción territorial y marítima de las Capitanías de Puerto.", publicado en el Diario Oficial de la Federación, Manzanillo es una Capitanía de Puerto Regional y en su jurisdicción territorial incluye la Laguna de Cuyutlán la cual se orienta principalmente al manejo de energéticos, particularmente gas natural licuado e hidrocarburos, y se proyecta como una zona de expansión para la atención de buques de mayor dimensión, que no pueden ser operados en el puerto de Manzanillo debido a limitaciones físicas en canales y dársenas.

En términos de infraestructura y operación, el sistema portuario dispone de áreas de navegación, fondeo y atraque, así como de un sistema de señalamiento marítimo y control de tráfico alineado a estándares internacionales, destacando el Centro de Control de Tráfico Marítimo (CCTM), el cual tiene como función coordinar el tránsito de embarcaciones, garantizar la seguridad de la navegación y contribuir a la protección del medio ambiente marino.

La zona de influencia del puerto abarca regiones estratégicas del país, incluyendo el Valle de México, el Bajío-occidente y el norte industrial, lo que genera una alta

demanda de servicios portuarios y un flujo constante de embarcaciones, consolidando al puerto como un punto clave para el comercio internacional y el transbordo regional.

En el marco del desarrollo portuario proyectado en la Laguna de Cuyutlán, se ha identificado la necesidad de evaluar las posibles afectaciones asociadas a la operación de buques porta-contenedores de gran capacidad, particularmente aquellos superiores a 20,000 TEUs. En este contexto, la Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo (ASIPONA Manzanillo) ha encomendado a Eco Port la elaboración del estudio **"ESTUDIO DE TRAFICO MARINO CON EL FIN DE GESTIONAR EL MOVIMIENTO DE BUQUES, PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD, EFICIENCIA LOGISTICA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LA LAGUNA DEL VASO II EN EL NUEVO PUERTO LAGUNA DE CUYUTLAN."** cuyo objetivo es analizar las condiciones de tráfico marítimo y sus implicaciones operativas y ambientales en la zona.

Este estudio puede servir parcialmente para los siguientes rubros:

1. Proporcionalmente para la elaboración de las reglas de operación de las terminales situadas en la Laguna Cuyutlán denominada “Nuevo Puerto Manzanillo”.
2. En su parte proporcional y en lo conducente para la elaboración de la MIA correspondiente en lo que respecta a volúmenes de dragado necesarios para alcanzar una operación óptima en las nuevas terminales que se instalarán en la Laguna de Cuyutlán, así como las medidas que se recomienden en las conclusiones derivadas de los anexos I a VI de MARPOL.
3. Parcialmente como insumo para el estudio de maniobrabilidad de acuerdo al dimensionamiento de embarcaciones mayores y el claro de la quilla necesario para garantizar la seguridad de la navegación.
4. Pudiese servir como insumo parcial para la elaboración de análisis FODA requeridos en diversos estudios.
5. Entre otros.

En atención a lo anterior, se desarrolla el presente documento, que se estructura en tres componentes principales, orientados a analizar de manera integral las condiciones del tráfico marítimo asociadas al desarrollo del Proyecto Nuevo Cuyutlán, así como sus implicaciones operativas y ambientales.

En primer término, se desarrolla el análisis de la flota mundial de buques porta-contenedores, incluyendo su evolución, categorización y características operativas relevantes, con especial énfasis en aquellas embarcaciones de gran capacidad superiores a 20,000 TEUs. Asimismo, se evalúa la compatibilidad de dicha flota con las condiciones físicas y operativas del proyecto portuario de Cuyutlán, considerando parámetros tales como calado, eslora, manga y requerimientos de seguridad conforme a recomendaciones internacionales.

Posteriormente, se analizan las condiciones de tráfico marítimo, tanto actuales en el Puerto de Manzanillo como proyectadas para Cuyutlán, incorporando comparativos con puertos de referencia a nivel mundial. Este análisis incluye la evaluación de rutas de tránsito, tiempos de maniobra y patrones de navegación, a partir de información histórica de tráfico marítimo.

Finalmente, se aborda la evaluación operativa y ambiental del tráfico marítimo, integrando la opinión de expertos, el análisis del sistema de control de tráfico marítimo (VTS - *Vessel Traffic System*), así como la revisión de criterios normativos aplicables. Con base en lo anterior, se identifican los posibles impactos asociados a la operación de buques de gran escala, particularmente en materia de ruido submarino y su interacción con el entorno marino.

Como resultado, el estudio culmina con la formulación de recomendaciones orientadas a la adecuación de las reglas de operación del puerto, con el objetivo de mitigar los efectos identificados y facilitar una operación segura, eficiente y ambientalmente responsable.

1. Flota mundial de buques porta contenedores

Introducción

De acuerdo con el informe "Container Intelligence Quarterly" de Clarksons Research del primer trimestre de 2026, a la fecha de la publicación, existen 7,048 buques porta-contenedores a nivel mundial. Esta flota forma parte de un sistema marítimo altamente dinámico, caracterizado por un crecimiento sostenido en capacidad y una evolución constante hacia embarcaciones de mayor tamaño.

En términos de capacidad, la flota mundial de buques porta-contenedores ha alcanzado aproximadamente 32.3 millones de TEUs, con tasas de crecimiento anual del orden de 6 a 7%, impulsadas principalmente por la incorporación de nuevas unidades principalmente en el rango de 12,000 a 17,000 TEUs (Neo-Panamax) y una prácticamente nula tasa de desguace en el último año (8 unidades). Se espera otro año de crecimiento sólido (~5%) en 2026, lo que implicaría que la flota a finales de 2026 sea aproximadamente 33% mayor que a inicios de 2023.

Asimismo, se observa una tendencia clara hacia la concentración de flota en segmentos de mayor tamaño, destacando los buques tipo Post-Panamax (de

17,000 TEUs o más) cuya operación se ha consolidado principalmente en las principales rutas comerciales Este-Oeste. Sin embargo, en años recientes se han identificado cambios en los patrones de despliegue, con estas unidades incursionando en rutas no tradicionales, lo que refleja una mayor flexibilidad operativa del mercado marítimo.

Desde el punto de vista del comercio marítimo, el transporte de contenedores continúa mostrando resiliencia, con tasas de crecimiento global cercanas al 3% este año, a pesar de condiciones geopolíticas variables y ajustes en las cadenas logísticas internacionales. Esta dinámica ha generado una presión constante sobre la infraestructura portuaria.

En este contexto, el análisis de la flota mundial de buques porta-contenedores resulta fundamental para el presente estudio, ya que permite establecer las características operativas, dimensiones y requerimientos de las embarcaciones que potencialmente podrían operar en el Proyecto Nuevo Cuyutlán, así como dimensionar las implicaciones en términos de infraestructura, maniobrabilidad y condiciones de tráfico marítimo.

1.1. Categorización de la flota mundial de contenedores

De acuerdo con el reporte "Shipping Review and Outlook, Liners" del 1er trimestre del 2026 de Clarksons Research, el mercado del transporte de contenedores ha presentado comportamientos divergentes durante el año, caracterizado por una alta volatilidad en las tarifas de flete, influenciada principalmente por factores geopolíticos. En este sentido, las tarifas han mostrado una tendencia a la baja respecto a los niveles elevados observados en 2024, alcanzando valores cercanos a los registrados antes de la disrupción en el Mar Rojo. En contraste, el mercado de fletamento ha mostrado una tendencia al alza, con incrementos sostenidos en las tarifas de alquiler de buques debido a la limitada disponibilidad de embarcaciones y a una demanda firme.

En particular, las rutas transpacíficas experimentaron incrementos temporales derivados de acuerdos comerciales, mientras que otras rutas, como Extremo Oriente–Europa, mostraron recuperación temporal seguida de ajustes por exceso de capacidad y competencia entre navieras.

Por su parte, las tarifas de fletamento de buques porta-contenedores han continuado aumentando, alcanzando niveles elevados en todos los segmentos de tamaño. Este comportamiento se explica por la escasez de buques disponibles, así como por la práctica de contratación anticipada por parte de los operadores. Asimismo, los periodos de contratación se han extendido, reflejando una mayor necesidad de asegurar capacidad a mediano plazo.

En cuanto a la flota mundial, esta ha continuado creciendo de manera sostenida, alcanzando aproximadamente 32.3 millones de TEUs, impulsada por la entrega constante de nuevas embarcaciones, especialmente en el segmento de 12,000 a 17,000 TEUs, y por una actividad de desguace prácticamente inexistente. Se estima un crecimiento anual de la flota entre 6% y 7%, con proyecciones de crecimiento adicional en los próximos años.

Respecto a la contratación de nuevos buques, se observa un ritmo elevado de pedidos, cercano a niveles récord, con una fuerte concentración en los segmentos de mayor capacidad, aunque también se ha registrado un repunte en la demanda de buques de menor tamaño tipo feeder.

El crecimiento del comercio de contenedores ha sido impulsado principalmente por el incremento en las exportaciones provenientes de Asia, las cuales han compensado la desaceleración observada en otras rutas comerciales. Este dinamismo ha permitido mantener una tendencia positiva en el volumen global transportado, a pesar de la incertidumbre derivada de factores geopolíticos y ajustes en las políticas comerciales internacionales. En este contexto, se estima que el comercio mundial de contenedores registre una tasa de crecimiento cercana al 3% anual, reflejando una recuperación moderada y sostenida en la demanda de transporte marítimo.

En términos de la estructura de la flota, los buques de gran capacidad, particularmente aquellos con capacidades superiores a 17,000 TEUs, continúan siendo desplegados principalmente en las rutas principales, como la que conecta el Extremo Oriente con Europa. No obstante, se han observado cambios en sus patrones de despliegue, incluyendo su utilización en rutas no tradicionales, como las que conectan el Extremo Oriente con África. Por su parte, los buques de capacidad intermedia y menor siguen desempeñando un papel importante en rutas regionales, así como en servicios norte-sur e intrarregionales.

Finalmente, se prevé que las condiciones del mercado enfrenten presiones como resultado del crecimiento de la flota a un ritmo superior al de la demanda, así como de la posible normalización de las rutas marítimas que actualmente se encuentran afectadas por disrupciones geopolíticas, lo cual podría tener un impacto tanto en las tarifas de flete como en la dinámica operativa del sector.

De acuerdo con el reporte "*Container Intelligence Quarterly*" del 1er trimestre del 2026 de *Clarksons Resarch*, hoy en día la flota mundial de buques porta-contenedores se divide en 4 tipos de embarcaciones: Feeder, Intermediate, Neo-Panamax y Post-Panamax, clasificadas por rangos de capacidad en TEUs.

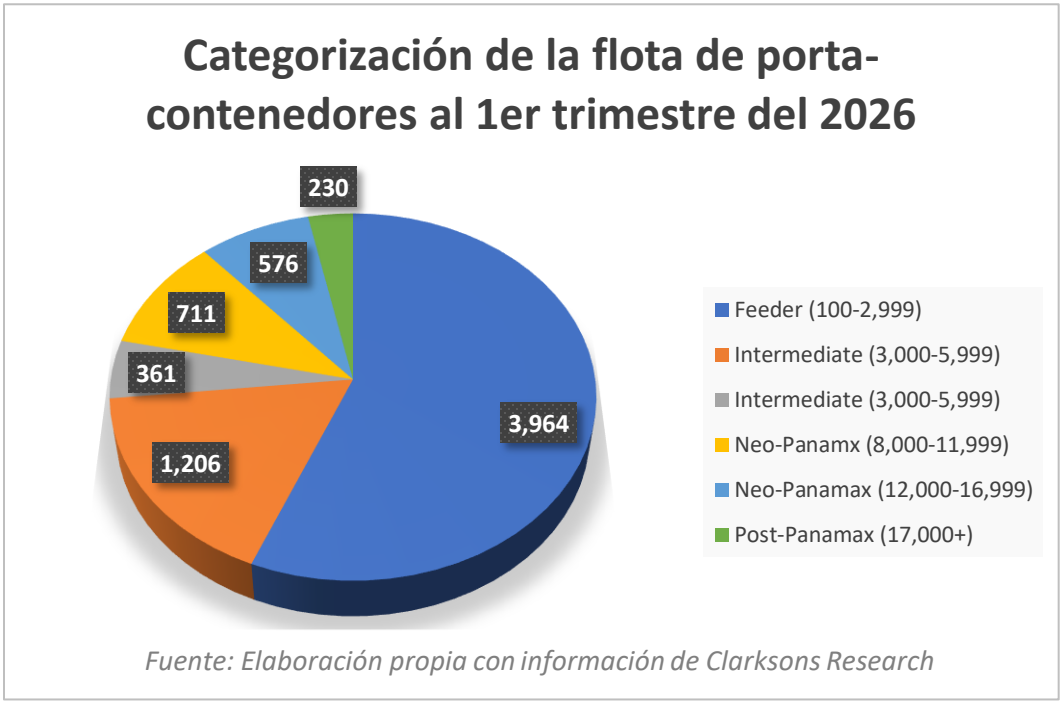


Figura 1-1. Categorización de la flota de porta-contenedores al 1er trimestre del 2026

En la figura anterior se observa que el segmento predominante corresponde a los buques tipo feeder (100–2,999 TEUs), con un total de 3,964 unidades, representando la mayor proporción de la flota mundial.

En segundo lugar, se encuentra el segmento intermedio (3,000–5,999 TEUs) con 1,206 buques, seguido por el rango de 6,000 a 7,999 TEUs con 361 unidades. Por su parte, los buques tipo Neo-Panamax presentan dos subcategorías: aquellos entre 8,000 y 11,999 TEUs con 711 unidades, y los de 12,000 a 16,999 TEUs con 576 unidades.

Finalmente, el segmento de mayor capacidad, correspondiente a buques Post-Panamax superiores a 17,000 TEUs, cuenta con 230 unidades, siendo el grupo con menor número de embarcaciones, pero que concentra una proporción significativa de la capacidad total de transporte.

En conjunto, la gráfica refleja una estructura de flota donde predominan los buques de menor tamaño en número, mientras que los buques de gran capacidad, aunque menos numerosos, desempeñan un papel clave en el transporte marítimo global.

Container Capable Fleet & Capacity — **March-26**

Containership Fleet	Numbers, start					million dwt, start					,000 teu capacity, start				
	2023	2024	2025	2026	Mar	2023	2024	2025	2026	Mar	2023	2024	2025	2026	Mar
100-2,999 teu (Feeder)	3,555	3,703	3,875	3,959	3,967	65.2	68.9	73.2	74.8	74.9	4,783	5,048	5,355	5,466	5,474
3-5999 teu (Intermediate)	1,078	1,115	1,181	1,206	1,213	60.4	62.8	66.6	68.1	68.5	4,775	4,923	5,214	5,305	5,330
6-7999 teu (Intermediate)	271	295	350	361	362	22.3	24.3	28.9	29.8	29.9	1,811	1,979	2,370	2,450	2,457
8-11,999 teu (Neo-P'max)	650	650	671	712	715	72.2	72.3	74.3	78.8	79.2	6,120	6,123	6,300	6,685	6,717
12-16,999 teu (Neo-P'max)*	345	402	495	576	582	51.9	61.0	75.8	89.0	90.0	4,816	5,669	7,056	8,289	8,375
17,000+ teu (Post-P'max)	176	205	217	230	231	35.7	42.5	45.2	48.0	48.1	3,601	4,301	4,588	4,866	4,883
Total Containerships	**6,075**	**6,370**	**6,789**	**7,044**	**7,070**	**307.7**	**331.8**	**364.1**	**388.5**	**390.7**	**25,906**	**28,044**	**30,882**	**33,062**	**33,236**
% growth y-o-y / ytd	***3.2%***	***4.9%***	***6.6%***	***3.8%***	***0.4%***	***3.9%***	***7.8%***	***9.7%***	***6.7%***	***0.6%***	***4.0%***	***8.3%***	***10.1%***	***7.1%***	***0.5%***
*% eco**	*19.9%*	*23.9%*	*28.5%*	*30.6%*	*30.7%*	*32.8%*	*38.0%*	*43.6%*	*47.0%*	*47.2%*	*35.5%*	*40.7%*	*46.2%*	*49.7%*	*49.9%*
Fleet Value ($ bn)^	178.1	162.9	255.1	308.6	315.7										

**12-16,999 TEU 'Neo-Panamax' fleet includes some ships which are too large to transit the expanded locks of the Panama Canal based on current official dimension restrictions.*

Tabla 1-1. Container Capable Fleet & Capacity march-2026-Clarksons

Fuente: Container Intelligence Monthly Marzo 2026 de Clarksons Research página 22.

1.2. Flota mundial de buques porta contenedores compatibles con el proyecto portuario de Cuyutlán

1.2.1. Análisis de la flota de buques porta-contendores de 20 mil TEUs (146 buques)

Para este apartado se utilizó la flota mundial existente de buques porta-contenedores de 20,000 TEUs o superiores, que consta de 146 embarcaciones con las siguientes características:

	GT	TPM	Calado de Verano (m)	Eslora (m)	Manga (m)	Número de TEUs nominal
Máximo	237,742	254,992	17	400	61.51	24,346
mínimo	194,852	190,326	14	399	58.50	20,000
Promedio	226,704	219,629	16	400	60.44	22,770

Tabla 1-2 Características máximas y mínimas de la flota de porta-contenedores de 20,000+ TEUs.

En la tabla anterior se muestran las principales características dimensionales y operativas de la flota de buques porta-contenedores con capacidades iguales o superiores a 20,000 TEUs, considerando valores máximos, mínimos y promedio. En términos de arqueo bruto (GT), los buques oscilan entre 194,852 y 237,742, con un valor promedio de 226,704.

Respecto al tonelaje de peso muerto (TPM o DWT por sus siglas en inglés), se identifican valores entre 190,326 y 254,992 toneladas, con un promedio de 219,629 toneladas. El calado de verano varía entre 14 y 17 metros, con un promedio de 16 metros, siendo este un parámetro crítico para la compatibilidad con la infraestructura portuaria.

En cuanto a las dimensiones principales, la eslora se mantiene prácticamente constante entre 399 y 400 metros, mientras que la manga varía entre 58.50 y 61.51 metros, con un promedio de 60.44 metros, lo cual corresponde a buques del tipo Ultra Large Container Vessel (ULCV).

Finalmente, el número de TEUs nominal se encuentra en un rango de 20,000 a 24,346 TEUs, con un promedio de 22,770 TEUs.

1.2.1.1. Buque máximo existente en la flota de porta-contenedores iguales o mayores a 20 mil TEUs

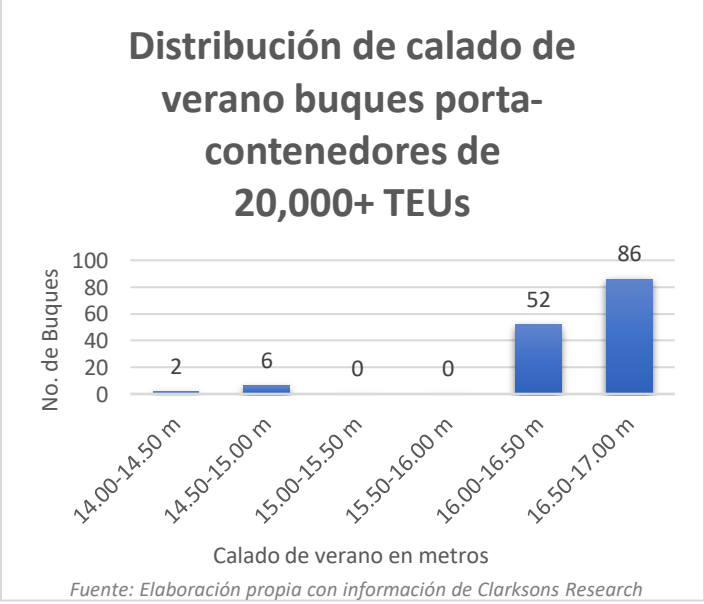
Derivado de los datos de la flota de buques porta-contendores mayores a 20 mil TEUs podemos concluir que el buque máximo de porta-contendores reportado en Clarksons al 9 de abril del 2025 es el siguiente:

Buque porta-contenedor máximo reportado en Clarksons Al 09-abril-2026 para flota +20k TEUs	
GT:	237,742
TPM	254,992
Calado de verano (m):	17
Eslora (m):	400
Manga (m):	61.51
TEUs nominales:	24,346

Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Tabla 1-3. Buque máximo reportado en Clarksons al 09-abril-2026 para la flota de porta-contenedores mayores a 20,000 TEUs

1.2.1.2. Distribución de Calado (flota +20k TEUs)



Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Figura 1-2. Distribución de calados de verano buques porta-contenedores de +20 mil TEUs

La gráfica muestra la distribución del número de buques por rangos de calado de verano, observándose que la mayoría de las embarcaciones se concentra en el

intervalo de 16.5 a 17.0 m, siendo 17 m el calado máximo registrado para este tipo de buques.

1.2.1.3. Distribución de Manga (flota +20k TEUs)

La gráfica presenta la distribución de la manga de los buques porta-contenedores con capacidades iguales o superiores a 20,000 TEUs, observándose una marcada concentración en el rango de 61.00 a 61.51 m.

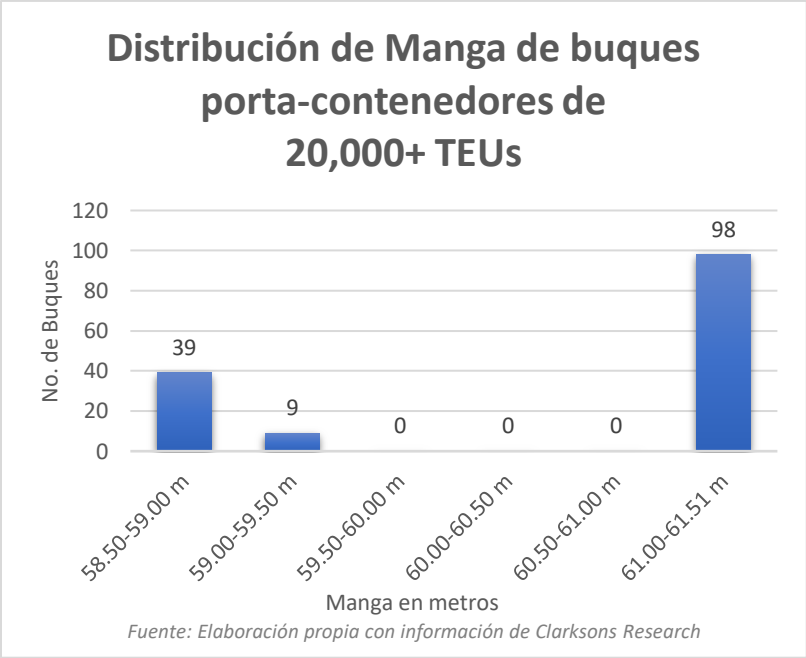


Figura 1-3. Distribución de Manga de buques porta-contenedores de +20 mil TEUs

1.2.1.4. Distribución de Eslora (flota +20k TEUs)

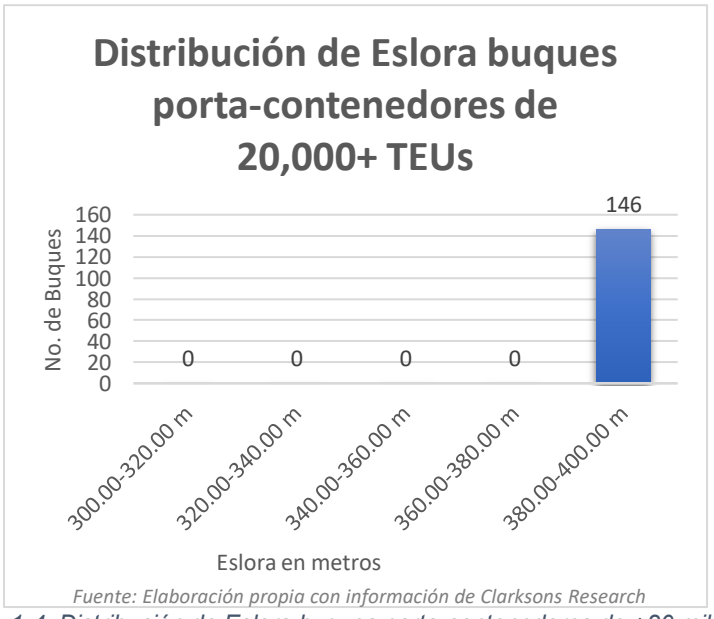


Figura 1-4. Distribución de Eslora buques porta-contenedores de +20 mil TEUs

La gráfica presenta la distribución de la eslora de los buques porta-contenedores iguales o superiores a 20,000 TEUs, observándose que la totalidad de las embarcaciones se concentra en el rango de 380 a 400 m. Más adelante, en las tablas, se muestra que estos buques presentan solamente esloras de 400 m.

1.2.1.5. Distribución de TEUs nominal (flota +20k TEUs)

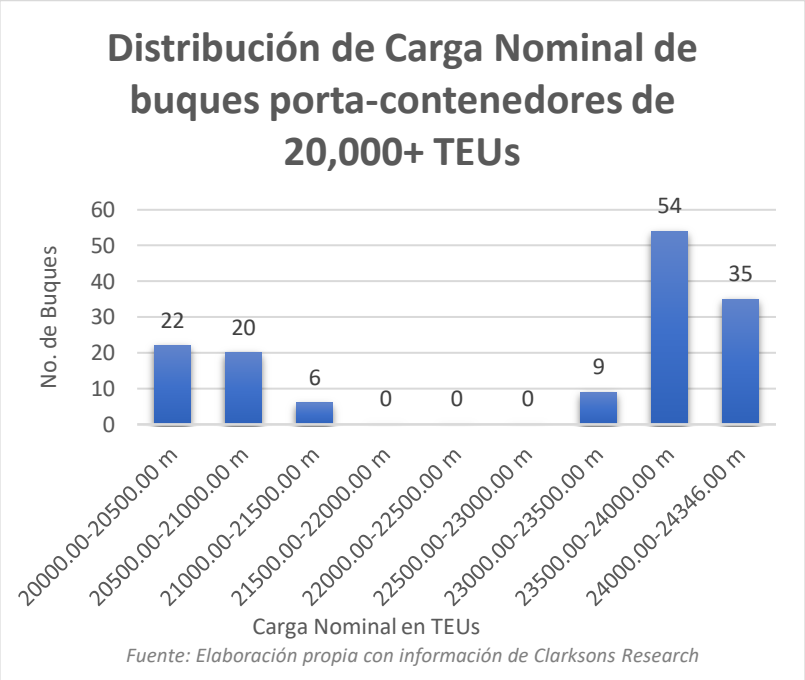


Figura 1-5. Distribución de Carga Nominal de buques porta-contenedores de +20 mil TEUs

La gráfica muestra la distribución de la carga nominal de los buques porta-contenedores con capacidades iguales o superiores a 20,000 TEUs, observándose que la mayoría de las embarcaciones se concentra en el rango de 23,000 a 24,346 TEUs.

1.2.2. Análisis de la flota de porta-contenedores iguales o mayores a 300 m de Eslora (1469 buques)

Asimismo, se estudió una muestra adicional de 1,469 buques registrados en *Clarksons Research* al 14 de abril de 2026, correspondiente a buques con esloras iguales o superiores a 300 m.

	GT	TPM	Calado de Verano (m)	Eslora (m)	Manga (m)	Número de TEUs nominal
Máximo	237,742	254,992	19	400	61.51	24,346
mínimo	72,760	77,220	12	300	40.00	6,402
Promedio	135,163	142,295	15	353	49.13	13,076

Tabla 1-4. Características máximas y mínimas de la flota de porta-contenedores de +300 m de Eslora.

La tabla anterior presenta las características principales de los buques porta-contenedores con esloras iguales o superiores a 300 m, incluyendo valores máximos, mínimos y promedio. En términos de arqueo bruto (GT), los valores oscilan entre 72,760 y 237,742, con un promedio de 135,163.

El peso muerto (TPM) varía entre 77,220 y 254,992 toneladas, con un valor promedio de 142,295 toneladas, mientras que el calado de verano se sitúa entre 12 y 19 m, con un promedio de 15 m.

En cuanto a las dimensiones principales, la eslora se eligió en un rango de 300 a 400 m, estos buques tienen un valor promedio de 353 m, y la manga varía entre 40.00 y 61.51 m, con un promedio de 49.13 m.

Finalmente, el número de TEUs nominal presenta un rango de 6,402 a 24,346 TEUs, con un promedio de 13,076 TEUs.

1.2.2.1. Buque máximo existente de la flota de buques porta-contenedores

Derivado de los datos de la flota de buques porta-contenedores con eslora (LOA - Length Overall, por sus siglas en inglés) igual o mayor a 300 m, podemos observar que las dimensiones del buque máximo son las siguientes:

Buque porta-contenedor máximo reportado en Clarksons al 14-abril-2026

GT:	237,742
TPM	254,992
Calado de verano (m):	**19**
Eslora (m):	400
Manga (m):	61.51
TEUs nominales:	24,346

Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Tabla 1-5. Buque porta-contenedor máximo existente reportado en Clarksons al 14 de abril del 2026 para la flota de buques iguales o mayores a 300 m de eslora.

Esta tabla se mantiene con las mismas condiciones máximas que las presentadas en la muestra de buques de +20 mil TEUs, sin embargo, cambia el calado, a pesar de que los buques que se agregaron fueron menores a 20 mil TEUs. Mas adelante en la "Tabla de consulta rápida en base a TEUs Nominales" se puede observar que los buques con calado mayor a 17 m presentan TEUs nominales de entre 16 mil y 18 mil TEUs.

Haciendo un zoom de búsqueda específica se puede observar que son solamente **26** buques de los 1,469 estudiados y tienen capacidades de entre 16,000 y 17,480 TEUs.

1.2.2.2. Observación del buque máximo existente de la flota de buques con eslora igual o mayor a 300 m

Con los datos anteriores, se puede observar que un calado de **17 m**, abarcaría la flota objetivo, ya que, al aumentar la profundidad para soportar calados mayores, en el caso de porta-contenedores, solamente aumentaría la capacidad de carga de esos 26 buques que presentan capacidades nominales de 16 – 18 mil TEUs. Los buques de 20 mil a 24 mil TEUs, así como el resto de los buques analizados (flota de buques porta-contenedores iguales o mayores a 300 m de eslora) registran un calado de verano máximo de 17 m.

En una visualización de Clarksons, pudimos observar que los buques menores a 300 m de eslora, presentan un calado de verano máximo de 16 m.

1.2.2.3. Condiciones máximas de los buques de 300m de LOA

Mediante una consulta en la plataforma Clarksons Research, se obtuvieron los valores máximos de las principales características de los buques porta-contenedores con eslora igual o menor a 300 m, con el objetivo de contar con los parámetros necesarios para determinar, conforme a los criterios de PIANC, la longitud de muelle requerida para el atraque de este tipo de embarcaciones:

Condiciones máximas de los buques MENORES 300 LOA al 26-abril-2026	
GT:	102,931
TPM	125,000
Calado de verano (m):	16
Eslora (m):	300
Manga (m):	48.4
TEUs nominales:	10,926

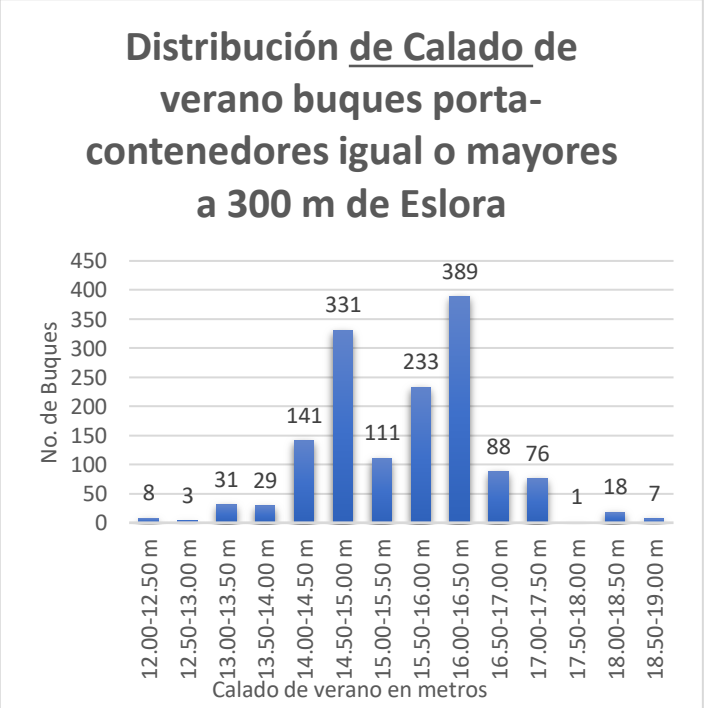
Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Tabla 1-6. Condiciones máximas de los buques iguales o menores a 300 m de eslora

Distribución de Calado de verano de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora					
De	A	No. Buques	%	Acc.	Calados De-A
12	12.5	8	0.5%	0.5%	12.00-12.50 m
12.5	13	3	0.2%	0.8%	12.50-13.00 m
13	13.5	31	2.1%	2.9%	13.00-13.50 m
13.5	14.00	29	2.0%	4.8%	13.50-14.00 m
14	14.5	141	9.6%	14.5%	14.00-14.50 m
14.5	15.00	331	22.6%	37.0%	14.50-15.00 m
15	15.5	111	7.6%	44.6%	15.00-15.50 m
15.5	16	233	15.9%	60.5%	15.50-16.00 m
16	16.5	389	26.5%	87.0%	16.00-16.50 m
16.5	17	88	6.0%	93.0%	16.50-17.00 m
17	17.5	76	5.2%	98.2%	17.00-17.50 m
17.5	18	1	0.1%	98.3%	17.50-18.00 m
18	18.5	18	1.2%	99.5%	18.00-18.50 m
18.5	19	7	0.5%	100.0%	18.50-19.00 m
*Nota: Buques sin datos de calado, no fueron contabilizados					

1.2.2.4. Distribución de Calado (flota +300 m LOA)

Tabla 1-7. Tabla de datos de la gráfica de distribución de Calado de verano de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora



Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Figura 1-6. Gráfico de distribución de Calado de verano de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora

La gráfica muestra la distribución de los calados de verano de los buques porta-contenedores con esloras iguales o superiores a 300 m, observándose que la mayor concentración se presenta en el rango de 16.00 a 16.50 m.

1.2.2.5. Distribución de Manga (flota +300 m LOA)

Distribución de Manga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora

De	A	No. Buques	%	Acc.	Manga De-A
40	42.0	97	6.6%	6.6%	40.00-42.00 m
42	44.0	243	16.5%	23.1%	42.00-44.00 m
44	46.0	183	12.5%	35.6%	44.00-46.00 m
46	48.0	0	0.0%	35.6%	46.00-48.00 m
48	50.0	265	18.0%	53.6%	48.00-50.00 m
50	52.0	423	28.8%	82.4%	50.00-52.00 m
52	54.0	29	2.0%	84.4%	52.00-54.00 m
54	56.0	12	0.8%	85.2%	54.00-56.00 m
56	58.0	14	1.0%	86.2%	56.00-58.00 m
58	60.0	105	7.1%	93.3%	58.00-60.00 m
60	61.0	0	0.0%	93.3%	60.00-61.00 m
61	61.5	98	6.7%	100.0%	61.00-61.51 m

Tabla 1-8. Tabla de datos del gráfico de distribución de Manga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora.

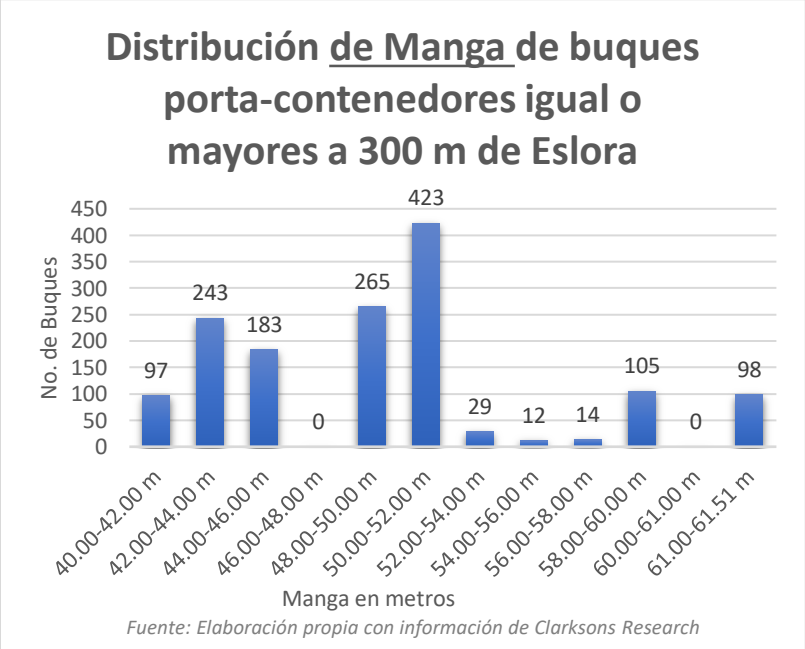


Figura 1-7. Gráfico de distribución de Manga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora.

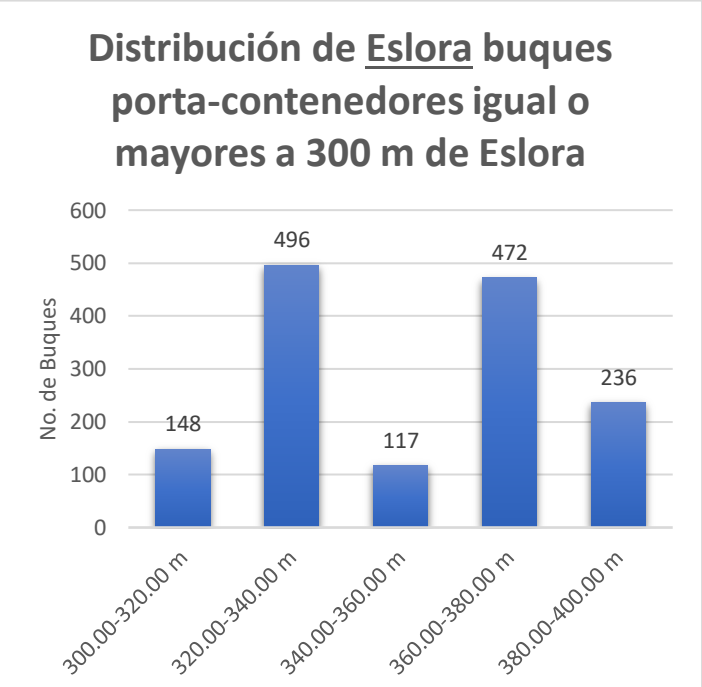
La gráfica muestra la distribución de la manga en buques porta-contenedores con esloras iguales o superiores a 300 m, observándose una mayor concentración en el rango de 48.00 a 52.00 m y una manga máxima de 61.51 m.

1.2.2.6. Distribución de Eslora (flota +300 m LOA)

Distribución de Eslora de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora

De	A	No. Buques	%	Acc.	Eslora De-A
300	320	148	10.1%	10.1%	300.00-320.00 m
320	340	496	33.8%	43.8%	320.00-340.00 m
340	360	117	8.0%	51.8%	340.00-360.00 m
360	380	472	32.1%	83.9%	360.00-380.00 m
380	400	236	16.1%	100.0%	380.00-400.00 m

Tabla 1-9. Tabla del gráfico de distribución de Eslora de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de eslora.



Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Figura 1-8. Gráfico de distribución de Eslora de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de eslora.

La gráfica muestra la distribución de la eslora en buques porta-contenedores con longitudes iguales o superiores a 300 m, observándose dos concentraciones principales en los rangos de 320 a 340 m y 360 a 380 m.

1.2.2.7. Distribución de TEUs nominal (flota +300 m LOA)

Distribución de TEUs Nominal de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora					
De	A	No. Buques	%	Acc.	TEUs Nominal De-A
6,402	8,000	122	8.3%	8.3%	6402.00-8000.00 m
8,000	10,000	345	23.5%	31.8%	8000.00-10000.00 m
10,000	12,000	186	12.7%	44.5%	10000.00-12000.00 m
12,000	14,000	248	16.9%	61.3%	12000.00-14000.00 m
14,000	16,000	246	16.7%	78.1%	14000.00-16000.00 m
16,000	18,000	118	8.0%	86.1%	16000.00-18000.00 m
18,000	20,000	58	3.9%	90.1%	18000.00-20000.00 m
20,000	22,000	48	3.3%	93.3%	20000.00-22000.00 m
22,000	24,000	63	4.3%	97.6%	22000.00-24000.00 m
24,000	24,346	35	2.4%	100.0%	24000.00-24346.00 m

Tabla 1-10. Tabla de datos del gráfico de la distribución de TEUs Nominal de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora.

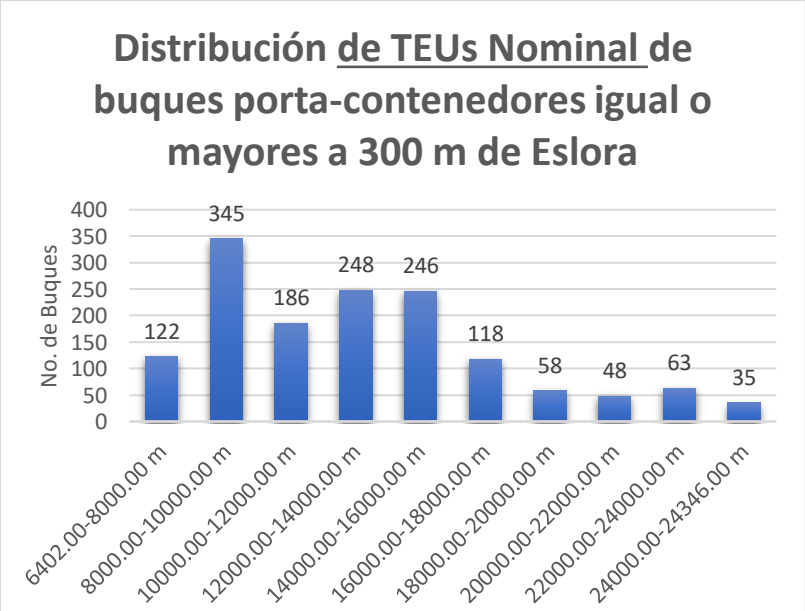


Figura 1-9. Gráfico de la distribución de TEUs Nominal de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora.

1.2.3. Tablas de consulta rápida para las dimensiones de los buques porta-contenedores iguales o mayores a 300 m de Eslora (cruce de información de calado, manga, eslora, TEUs nominales, y No. de buques)

Estas tablas se realizaron con el objetivo de proporcionar una visualización rápida del cruce de información de calado, manga, eslora, TEUs nominales, No. de Buques y sus respectivas cargas a diferentes profundidades.

1.2.3.1. Tabla de consulta rápida en base a Calados

Tabla de consulta rápida en base a Calados

Calados (m)		Eslora (m)			Manga (m)			TEUs nominal			TEUs a -14 m Prof (7.26 t / TEU)			No. De Buques	Acumulado		TEUs a -15 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -16 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -17 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -18 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -18.5 m Prof (7.26 t / TEU)		
De	A	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max		Buques	%	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max
12	12.5	300.0	302.6	304.2	40.0	40.0	40.0	6,554	6,915	7,241	6,554	6,915	7,241	8	8	0.5%	6,554	6,915	7,241	6,554	6,915	7,241	6,554	6,915	7,241	6,554	6,915	7,241	6,554	6,915	7,241
12.5	13.0	331.0	331.0	331.0	48.4	48.4	48.4	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	3	11	0.7%	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500
13	13.5	317.8	333.5	349.0	42.8	46.1	48.2	7,943	9,915	11,923	7,943	9,915	11,923	31	42	2.9%	7,943	9,915	11,923	7,943	9,915	11,923	7,943	9,915	11,923	7,943	9,915	11,923	7,943	9,915	11,923
13.5	14.0	314.3	344.6	366.0	42.8	45.5	48.2	8,300	10,520	13,500	8,300	10,520	13,500	29	71	4.8%	8,300	10,520	13,500	8,300	10,520	13,500	8,300	10,520	13,500	8,300	10,520	13,500	8,300	10,520	13,500
14	14.5	300.0	327.5	399.8	40.0	45.0	58.6	6,447	9,048	20,000	6,447	9,048	20,000	141	212	14.4%	6,447	9,048	20,000	6,447	9,048	20,000	6,447	9,048	20,000	6,447	9,048	20,000	6,447	9,048	20,000
14.5	15.0	300.0	334.7	400.0	40.0	44.6	61.5	6,402	9,648	23,964	6,402	9,633	23,964	331	543	37.0%	6,402	9,644	23,964	6,402	9,648	23,964	6,402	9,648	23,964	6,402	9,648	23,964	6,402	9,648	23,964
15	15.5	300.0	343.6	396.0	42.8	46.4	53.6	8,272	10,421	16,556	8,272	10,415	16,556	111	654	44.5%	8,272	10,421	16,556	8,272	10,421	16,556	8,272	10,421	16,556	8,272	10,421	16,556	8,272	10,421	16,556
15.5	16.0	324.0	360.2	397.7	42.8	49.3	56.4	9,038	13,139	17,816	9,038	12,444	14,292	233	887	60.4%	9,038	13,034	16,692	9,038	13,124	17,816	9,038	13,139	17,816	9,038	13,139	17,816	9,038	13,139	17,816
16	16.5	330.0	368.0	400.0	45.6	52.6	61.3	11,010	15,714	23,872	9,321	13,478	20,108	389	1,276	86.9%	11,010	15,280	23,621	11,010	15,705	23,656	11,010	15,714	23,872	11,010	15,714	23,872	11,010	15,714	23,872
16.5	17.0	335.0	389.3	400.0	50.9	58.2	61.5	13,828	21,312	24,188	10,047	15,300	17,760	88	1,364	92.9%	11,843	18,138	20,964	13,639	20,755	23,964	13,828	21,296	24,188	13,828	21,312	24,188	13,828	21,312	24,188
17	17.5	335.0	371.3	400.0	51.0	54.0	61.5	13,700	17,889	24,346	9,822	12,877	16,881	76	1,440	98.0%	11,934	15,452	20,212	13,700	17,505	23,543	13,700	17,752	24,346	13,700	17,752	24,346	13,700	17,752	24,346
17.5	18.0	369.0	369.0	369.0	53.6	53.6	53.6	16,556	16,556	16,556	11,613	11,613	11,613	1	1,441	98.1%	14,155	14,155	14,155	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556	16,556
18	18.5	350.6	350.7	350.9	53.5	54.3	56.0	16,592	16,870	17,480	8,362	8,846	10,170	18	1,459	99.3%	10,759	11,267	12,672	13,157	13,689	15,175	15,554	16,059	17,480	16,592	16,870	17,480	16,592	16,870	17,480
18.5	19.0	365.9	366.0	366.0	51.0	51.0	51.0	16,000	16,028	16,196	7,776	7,876	8,477	7	1,466	99.8%	10,560	10,660	11,260	13,344	13,444	14,042	16,000	16,028	16,196	16,000	16,028	16,196	16,000	16,028	16,196

*Nota: los buques con datos vacíos no fueron contabilizados

Tabla 1-11. Tabla de consulta rápida en base a Calados

En esta tabla se observa que los buques con mayor capacidad de carga nominal, presentan calados de hasta 17.5 m y esloras características de entre 335 y 400 m.

1.2.3.2. Tabla de consulta rápida en base a Esloras

Tabla de consulta rápida en base a Esloras

Eslora (m)		Calado (m)			Manga (m)			TEUs nominal			TEUs a -14 m Prof (7.26 t / TEU)			No. De Buques	Acumulado		TEUs a -15 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -16 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -17 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -18 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -18.5 m Prof (7.26 t / TEU)		
De	A	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max		Buques	%	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max
300	310	12.0	14.2	15.0	40.0	41.4	48.2	6,402	7,009	9,443	6,402	7,009	9,443	119	119	8.1%	6,402	7,009	9,443	6,402	7,009	9,443	6,402	7,009	9,443	6,402	7,009	9,443	6,402	7,009	9,443
310	320	13.0	14.4	14.5	40.0	44.0	48.2	6,478	7,996	11,568	6,478	7,996	11,568	29	148	10.1%	6,478	7,996	11,568	6,478	7,996	11,568	6,478	7,996	11,568	6,478	7,996	11,568	6,478	7,996	11,568
320	330	13.0	14.8	15.5	40.0	44.7	48.4	7,179	9,024	12,119	7,179	8,972	11,726	55	203	13.8%	7,179	9,024	12,119	7,179	9,024	12,119	7,179	9,024	12,119	7,179	9,024	12,119	7,179	9,024	12,119
330	340	12.5	14.9	17.0	42.8	46.4	51.0	8,112	10,248	14,700	8,112	9,950	14,092	441	644	43.8%	8,112	10,204	14,092	8,112	10,246	14,700	8,112	10,248	14,700	8,112	10,248	14,700	8,112	10,248	14,700
340	350	13.0	14.4	15.5	42.0	44.2	45.6	8,648	9,926	11,262	8,648	9,846	11,005	58	702	47.8%	8,648	9,926	11,262	8,648	9,926	11,262	8,648	9,926	11,262	8,648	9,926	11,262	8,648	9,926	11,262
350	360	14.5	16.2	18.0	42.8	50.4	56.0	8,272	13,819	17,480	8,272	10,707	15,226	59	761	51.8%	8,272	11,954	15,895	8,272	12,849	15,900	8,272	13,572	17,480	8,272	13,819	17,480	8,272	13,819	17,480
360	370	13.5	15.8	19.0	42.8	50.0	53.6	9,038	14,343	16,828	7,776	12,666	16,520	472	1,233	83.9%	9,038	13,885	16,520	9,038	14,289	16,828	9,038	14,340	16,828	9,038	14,343	16,828	9,038	14,343	16,828
370	380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	1,233	83.9%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380	390	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	1,233	83.9%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
390	400	14.0	16.1	17.0	51.0	59.1	61.5	16,022	21,047	24,346	12,630	16,624	23,964	236	1,469	100.0%	14,792	19,137	23,964	16,022	20,762	23,964	16,022	21,047	24,346	16,022	21,047	24,346	16,022	21,047	24,346

Tabla 1-12. Tabla de consulta rápida en base a Esloras

En esta tabla podemos observar que, a la fecha, no existen buques porta-contenedores de entre 370 y 390 m de eslora.

1.2.3.3. Tabla de consulta rápida en base a TEUs Nominal

Tabla de consulta rápida en base a TEUs Nominal

TEUs Nominal		Calado (m)			Manga (m)			Eslora (m)			TEUs a -14 m Prof (7.26 t / TEU)			No. De Buques	Acumulado		TEUs a -15 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -16 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -17 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -18 m Prof (7.26 t / TEU)			TEUs a -18.5 m Prof (7.26 t / TEU)		
De	A	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max		Buques	%	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max	min	prom	Max
6,402	8,000	12.0	14.1	14.5	40.0	40.7	43.4	300	305	320	6,402	6,795	7,943	122	122	8.3%	6,402	6,795	7,943	6,402	6,795	7,943	6,402	6,795	7,943	6,402	6,795	7,943	6,402	6,795	7,943
8000	10,000	13.0	14.4	15.5	40.0	44.1	48.2	300	333	367	8,034	8,756	9,954	345	467	31.8%	8,034	8,762	9,954	8,034	8,762	9,954	8,034	8,762	9,954	8,034	8,762	9,954	8,034	8,762	9,954
10000	12,000	12.5	15.1	16.0	42.8	46.9	48.6	314	340	367	9,308	10,853	11,923	186	653	44.5%	10,000	10,974	11,923	10,000	10,979	11,923	10,000	10,979	11,923	10,000	10,979	11,923	10,000	10,979	11,923
12000	14,000	13.5	15.5	17.0	48.2	49.7	51.2	328	355	369	9,321	12,577	13,900	248	901	61.3%	11,072	13,209	13,900	12,118	13,258	13,900	12,118	13,258	13,900	12,118	13,258	13,900	12,118	13,258	13,900
14000	16,000	14.0	15.9	17.0	48.2	51.0	53.5	335	364	369	9,822	12,823	15,413	246	1,147	78.1%	11,934	14,452	15,895	14,000	14,842	15,900	14,000	14,845	15,900	14,000	14,845	15,900	14,000	14,845	15,900
16000	18,000	14.5	16.6	19.0	50.9	52.3	56.4	351	372	399	7,776	12,506	17,859	118	1,265	86.1%	10,560	14,476	17,859	13,157	15,887	17,859	15,435	16,484	17,859	16,000	16,620	17,859	16,000	16,620	17,859
18000	20,000	14.5	15.8	16.0	54.0	58.7	59.1	395	399	400	15,302	16,329	18,800	58	1,323	90.1%	17,977	18,627	19,224	18,270	18,802	19,224	18,270	18,802	19,224	18,270	18,802	19,224	18,270	18,802	19,224
20000	22,000	14.0	16.0	16.5	58.5	58.7	59.0	399	400	400	13,623	16,012	20,000	48	1,371	93.3%	16,245	18,565	20,150	18,868	20,143	21,350	20,000	20,543	21,413	20,000	20,543	21,413	20,000	20,543	21,413
22000	24,000	14.5	16.2	17.0	61.0	61.2	61.5	400	400	400	15,921	17,777	23,964	63	1,434	97.6%	19,021	20,618	23,964	22,121	23,343	23,964	23,112	23,692	23,964	23,112	23,692	23,964	23,112	23,692	23,964
24000	24,346	16.5	16.7	17.0	61.3	61.4	61.5	400	400	400	16,813	17,131	17,523	35	1,469	100.0%	20,123	20,309	20,668	23,285	23,523	23,812	24,000	24,167	24,346	24,000	24,167	24,346	24,000	24,167	24,346

Tabla 1-13. Tabla de consulta rápida en base a TEUs Nominal

Se puede observar que los buques de mayor capacidad nominal, presentan esloras de 400 m y calados de entre 14.5 m y 17 m.

1.2.3.4. Observación de las tablas de consulta rápida

En las tablas de consulta rápida se presentan los datos obtenidos del análisis de carga a calado restringido, los cuales fueron calculados considerando un peso promedio de 7.26 toneladas por TEU, valor tomado del Informe Estadísticas de Operación Portuaria enero–diciembre 2024–2025. Bajo este supuesto, una profundidad de -17 m resulta suficiente para permitir que los buques más grandes vayan a una carga mayor al 84%, sin embargo, para conseguir que todos los buques mayores a 22 mil TEUs vayan al 100% de carga, es necesario una profundidad de -18.5 m, más adelante se detallan los cálculos que nos llevaron a estos resultados.

1.2.4. Análisis de carga de buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de eslora

De acuerdo con el Informe Estadísticas de Operación Portuaria enero–diciembre 2024–2025 del puerto de Manzanillo en el 2025 se operaron 1,699,057 de importación llenos, y 1,340,005 de exportación llenos, no se tomaron en cuenta las cajas vacías, así mismo se operaron 22,051,002, dándonos un resultado de **7.26** toneladas por TEU.
Con base en este peso promedio por TEU, se realizaron diversas corridas para evaluar la capacidad de carga de los buques porta-contenedores analizados (iguales o mayores a 300 m de eslora).

1.2.4.1. Corrida 1 – Profundidad -14 m

Corrida 1 - Buques porta-contenedores
Capacidad de carga neta a calado restringido
Profundidad -14 m (7.26 t / TEU)

De	A	No. Buques	%	Acc.	De-A
6,402	7,572	115	7.8%	7.8%	6,402-7,572
7,572	8,742	219	14.9%	22.7%	7,572-8,742
8,742	9,912	162	11.0%	33.8%	8,742-9,912
9,912	11,082	130	8.8%	42.6%	9,912-11,082
11,082	12,252	259	17.6%	60.2%	11,082-12,252
12,252	13,422	251	17.1%	77.3%	12,252-13,422
13,422	14,592	89	6.1%	83.4%	13,422-14,592
14,592	15,762	68	4.6%	88.0%	14,592-15,762
15,762	16,932	93	6.3%	94.3%	15,762-16,932
16,932	18,102	66	4.5%	98.8%	16,932-18,102
18,102	19,272	8	0.5%	99.4%	18,102-19,272
19,272	20,442	3	0.2%	99.6%	19,272-20,442
20,442	21,612	0	0.0%	99.6%	20,442-21,612
21,612	22,782	0	0.0%	99.6%	21,612-22,782
22,782	23,965	6	0.4%	100.0%	22,782-23,965

Tabla 1-14. Tabla de datos del gráfico: Corrida 1 - Capacidad de carga neta a calado restringido, profundidad -14 m

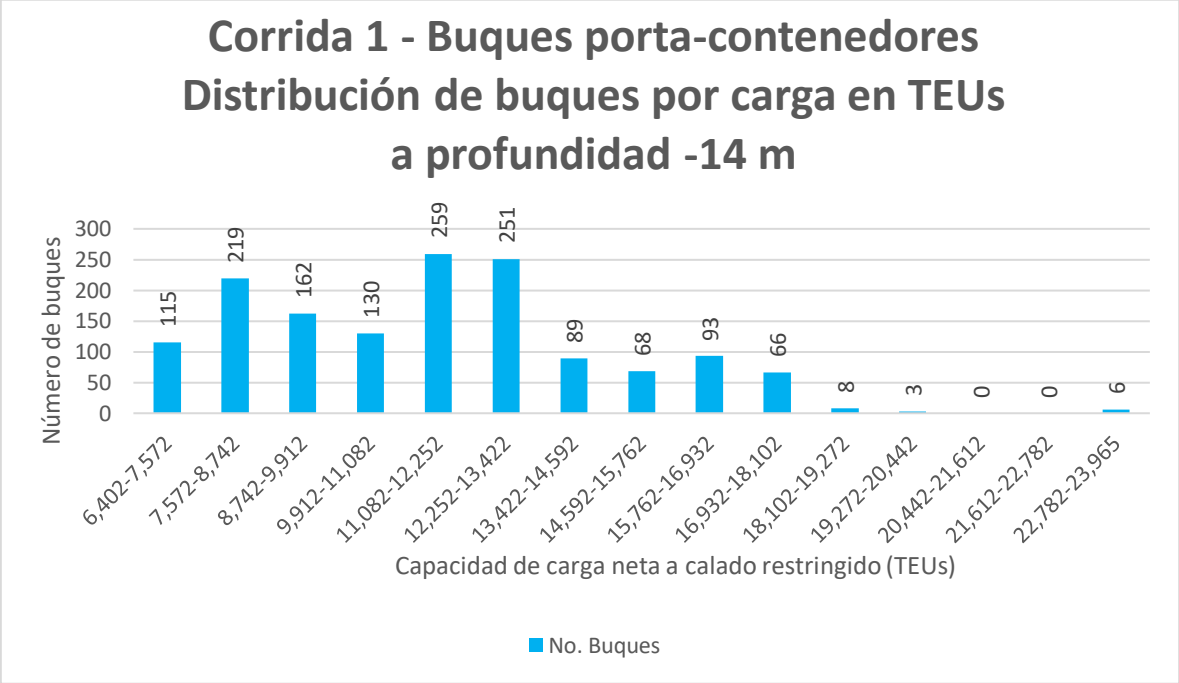


Figura 1-10. Corrida 1 - Distribución de buques porta-contendores por carga en TEUs a profundidad -14 m

El gráfico anterior presenta la distribución de la carga a un calado restringido de -14 m, donde se observa que la mayor proporción de buques se ubica en el intervalo de 11,000 a 13,500 TEUs.

1.2.4.2. Corrida 2 – Profundidad -15 m

Corrida 2 - Buques porta-contenedores
Capacidad de carga neta a calado restringido
Profundidad -15 m (7.26 t / TEU)

De	A	No. Buques	%	Acc.	De-A
6,402	7,572	115	7.8%	7.8%	6,402-7,572
7,572	8,742	199	13.5%	21.4%	7,572-8,742
8,742	9,912	148	10.1%	31.4%	8,742-9,912
9,912	11,082	124	8.4%	39.9%	9,912-11,082
11,082	12,252	109	7.4%	47.3%	11,082-12,252
12,252	13,422	172	11.7%	59.0%	12,252-13,422
13,422	14,592	242	16.5%	75.5%	13,422-14,592
14,592	15,762	119	8.1%	83.6%	14,592-15,762
15,762	16,932	34	2.3%	85.9%	15,762-16,932
16,932	18,102	25	1.7%	87.6%	16,932-18,102
18,102	19,272	70	4.8%	92.4%	18,102-19,272
19,272	20,442	73	5.0%	97.3%	19,272-20,442
20,442	21,612	32	2.2%	99.5%	20,442-21,612
21,612	22,782	0	0.0%	99.5%	21,612-22,782
22,782	23,965	7	0.5%	100.0%	22,782-23,965

Tabla 1-15. Tabla de datos del gráfico: Corrida 2 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -15 m

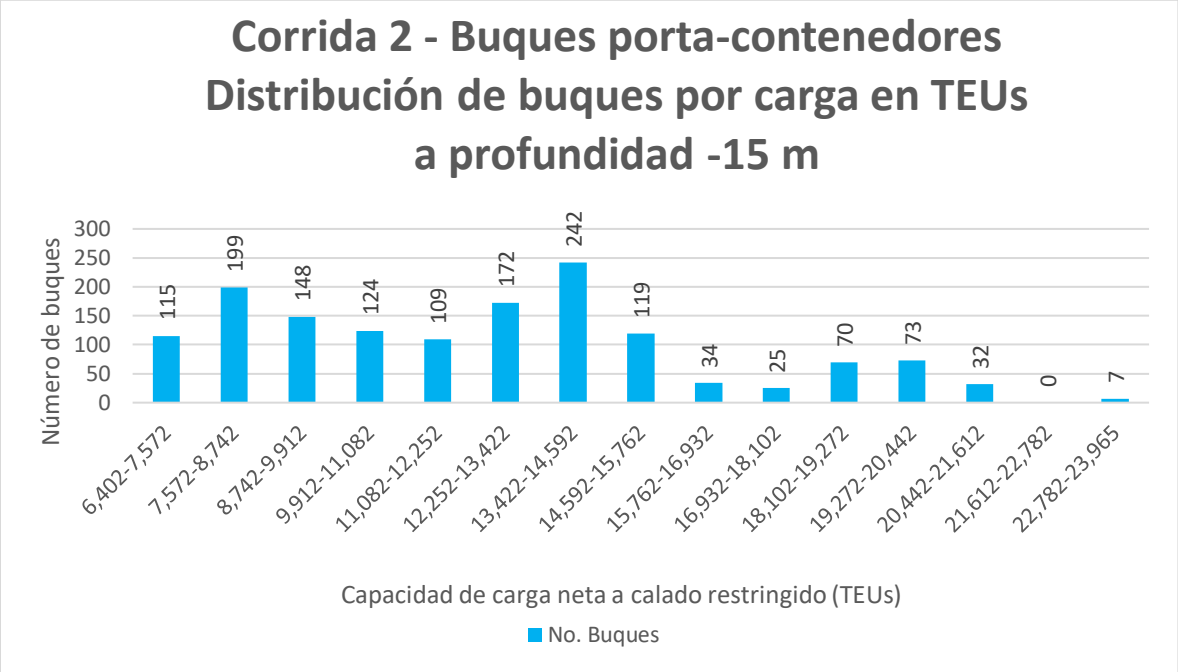


Figura 1-11. Corrida 2 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -15 m

A una profundidad de -15 m, se observa que la mayor concentración de buques se presenta en un rango de capacidad de carga de entre 13,400 y 14,600 TEUs

1.2.4.3. Corrida 3 – Profundidad -16 m

Corrida 3 - Buques porta-contenedores
Capacidad de carga neta a calado restringido
Profundidad -16 m (7.26 t / TEU)

De	A	No. Buques	%	Acc.	De-A
6,402	7,572	115	7.8%	7.8%	6,402-7,572
7,572	8,742	199	13.5%	21.4%	7,572-8,742
8,742	9,912	148	10.1%	31.4%	8,742-9,912
9,912	11,082	99	6.7%	38.2%	9,912-11,082
11,082	12,252	107	7.3%	45.5%	11,082-12,252
12,252	13,422	161	11.0%	56.4%	12,252-13,422
13,422	14,592	186	12.7%	69.1%	13,422-14,592
14,592	15,762	165	11.2%	80.3%	14,592-15,762
15,762	16,932	63	4.3%	84.6%	15,762-16,932
16,932	18,102	22	1.5%	86.1%	16,932-18,102
18,102	19,272	69	4.7%	90.8%	18,102-19,272
19,272	20,442	22	1.5%	92.3%	19,272-20,442
20,442	21,612	15	1.0%	93.3%	20,442-21,612
21,612	22,782	13	0.9%	94.2%	21,612-22,782
22,782	23,965	85	5.8%	100.0%	22,782-23,965

Tabla 1-16. Tabla de datos del gráfico: Corrida 3 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -16 m

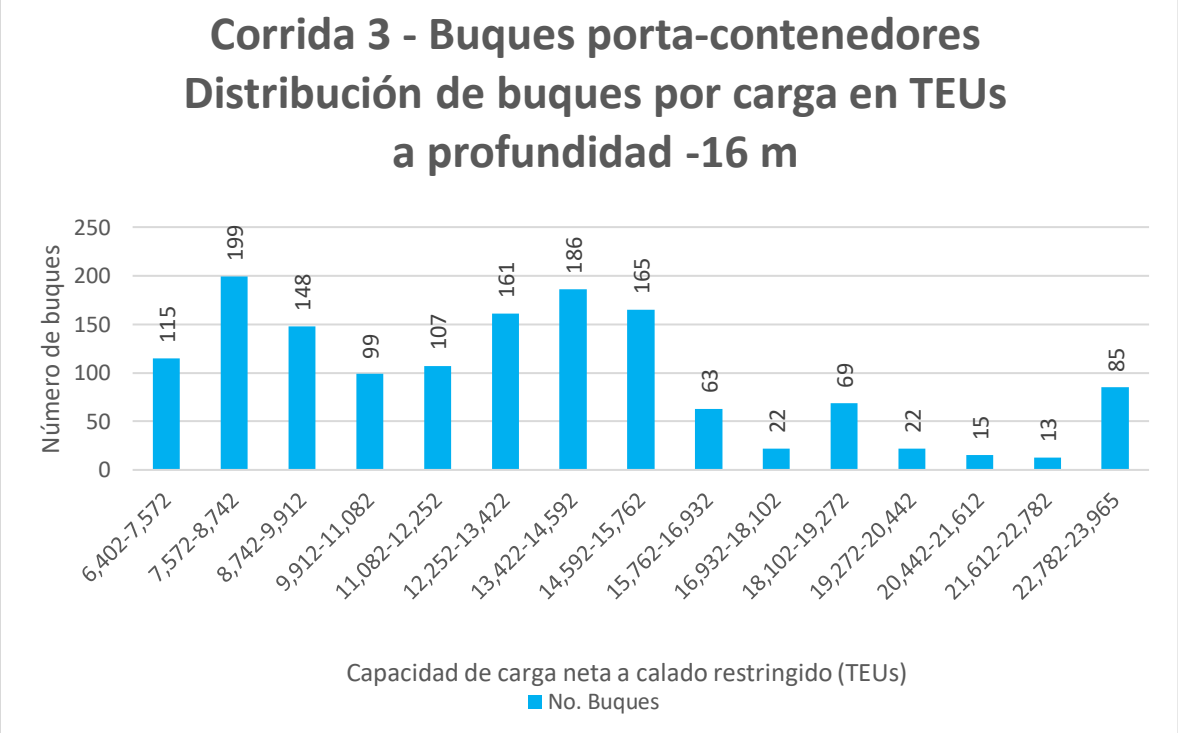


Figura 1-12. Corrida 3 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -16 m

A una profundidad de -16 m, se observa un incremento en la capacidad de carga de los buques, concentrándose en valores alrededor de 15,000 TEUs.

1.2.4.4. Corrida 4 – Profundidad -17 m

Corrida 4 - Buques porta-contenedores
Capacidad de carga neta a calado restringido
Profundidad -17 m (7.26 t / TEU)

De	A	No. Buques	%	Acc.	De-A
6,402	7,572	115	7.8%	7.8%	6,402-7,572
7,572	8,742	199	13.5%	21.4%	7,572-8,742
8,742	9,912	148	10.1%	31.4%	8,742-9,912
9,912	11,082	99	6.7%	38.2%	9,912-11,082
11,082	12,252	107	7.3%	45.5%	11,082-12,252
12,252	13,422	143	9.7%	55.2%	12,252-13,422
13,422	14,592	183	12.5%	67.7%	13,422-14,592
14,592	15,762	164	11.2%	78.8%	14,592-15,762
15,762	16,932	80	5.4%	84.3%	15,762-16,932
16,932	18,102	27	1.8%	86.1%	16,932-18,102
18,102	19,272	58	3.9%	90.1%	18,102-19,272
19,272	20,442	22	1.5%	91.6%	19,272-20,442
20,442	21,612	26	1.8%	93.3%	20,442-21,612
21,612	22,782	0	0.0%	93.3%	21,612-22,782
22,782	24,347	98	6.7%	100.0%	22,782-24,347

Tabla 1-17. Tabla de datos del gráfico: Corrida 4 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -17 m

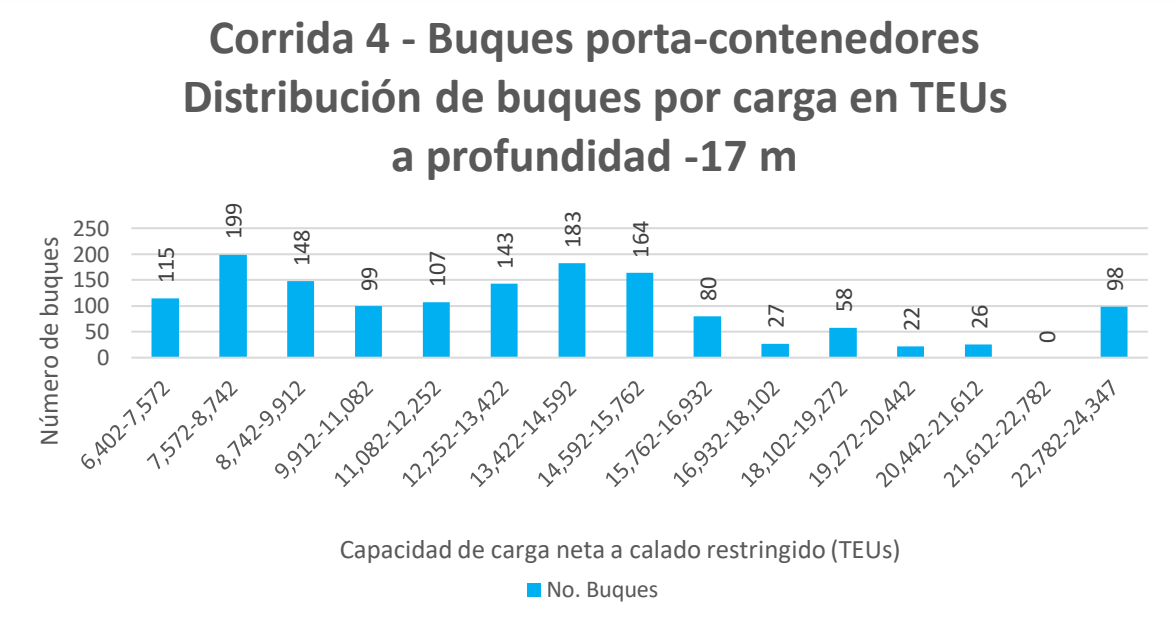


Figura 1-13. Corrida 4 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -17 m

A una profundidad de -17 m, se observa un incremento en el número de buques con capacidades de carga en el rango de 22,700 a 24,300 TEUs.

1.2.4.5. Corrida 5 – Profundidad -18 m

Corrida 5 - Buques porta-contenedores
Capacidad de carga neta a calado restringido
Profundidad -18 m (7.26 t / TEU)

De	A	No. Buques	%	Acc.	De-A
6,402	7,572	115	7.8%	7.8%	6,402-7,572
7,572	8,742	199	13.5%	21.4%	7,572-8,742
8,742	9,912	148	10.1%	31.4%	8,742-9,912
9,912	11,082	99	6.7%	38.2%	9,912-11,082
11,082	12,252	107	7.3%	45.5%	11,082-12,252
12,252	13,422	143	9.7%	55.2%	12,252-13,422
13,422	14,592	183	12.5%	67.7%	13,422-14,592
14,592	15,762	151	10.3%	77.9%	14,592-15,762
15,762	16,932	92	6.3%	84.2%	15,762-16,932
16,932	18,102	28	1.9%	86.1%	16,932-18,102
18,102	19,272	58	3.9%	90.1%	18,102-19,272
19,272	20,442	22	1.5%	91.6%	19,272-20,442
20,442	21,612	26	1.8%	93.3%	20,442-21,612
21,612	22,782	0	0.0%	93.3%	21,612-22,782
22,782	24,347	98	6.7%	100.0%	22,782-24,347

Tabla 1-18. Tabla de datos del gráfico: Corrida 5 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18 m

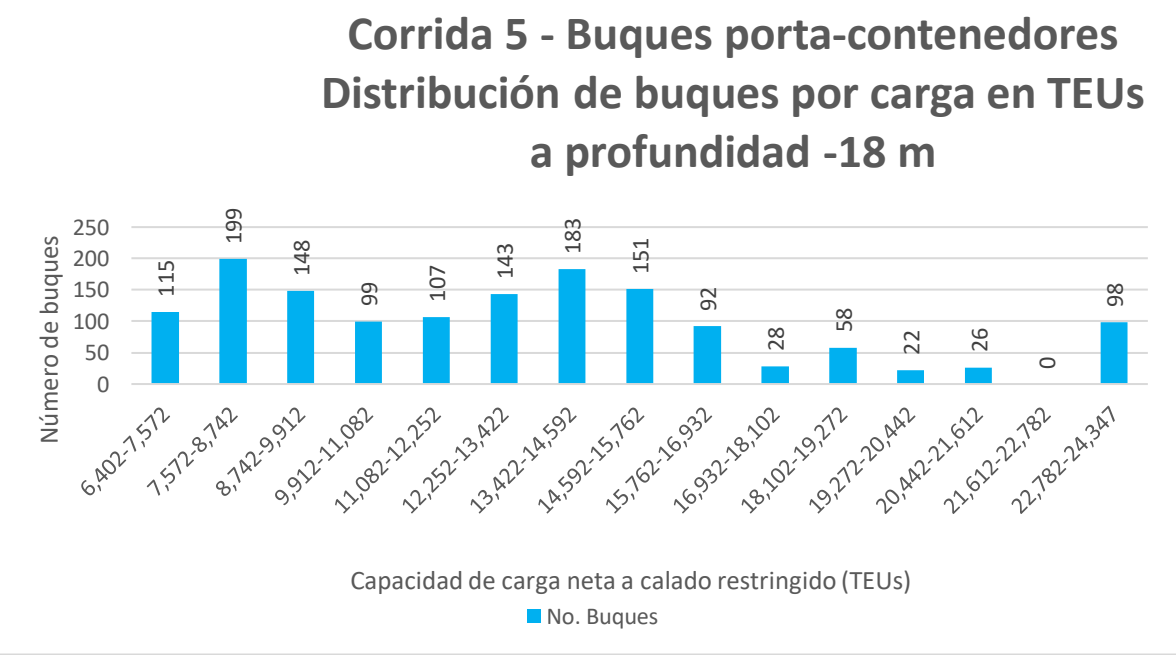


Figura 1-14. Corrida 5 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18 m

1.2.4.6. Corrida 6 – Profundidad -18.5 m

Corrida 6 - Buques porta-contenedores
Capacidad de carga neta a calado restringido
Profundidad -18.5 m (7.26 t / TEU)

De	A	No. Buques	%	Acc.	De-A
6,402	7,572	115	7.8%	7.8%	6,402-7,572
7,572	8,742	199	13.5%	21.4%	7,572-8,742
8,742	9,912	148	10.1%	31.4%	8,742-9,912
9,912	11,082	99	6.7%	38.2%	9,912-11,082
11,082	12,252	107	7.3%	45.5%	11,082-12,252
12,252	13,422	143	9.7%	55.2%	12,252-13,422
13,422	14,592	183	12.5%	67.7%	13,422-14,592
14,592	15,762	151	10.3%	77.9%	14,592-15,762
15,762	16,932	92	6.3%	84.2%	15,762-16,932
16,932	18,102	28	1.9%	86.1%	16,932-18,102
18,102	19,272	58	3.9%	90.1%	18,102-19,272
19,272	20,442	22	1.5%	91.6%	19,272-20,442
20,442	21,612	26	1.8%	93.3%	20,442-21,612
21,612	22,782	0	0.0%	93.3%	21,612-22,782
22,782	24,347	98	6.7%	100.0%	22,782-24,347

Tabla 1-19. Tabla de datos del gráfico: Corrida 6 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18.5 m

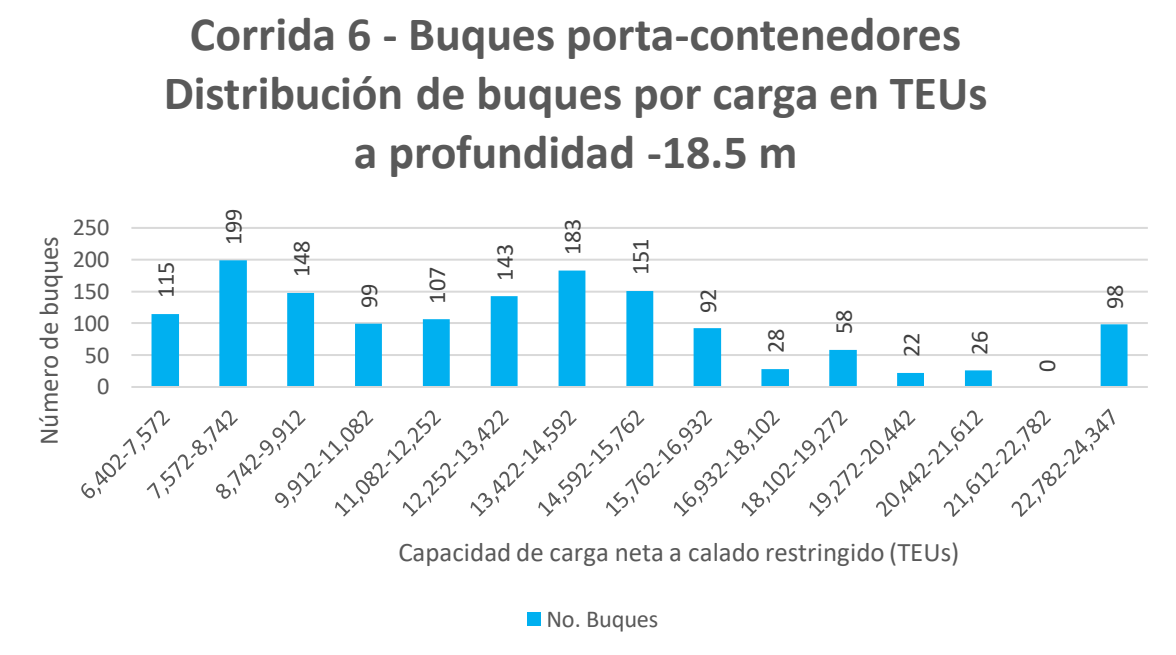


Figura 1-15. Corrida 6 - Distribución de buques porta-contenedores por carga en TEUs a profundidad -18.5 m

En esta gráfica se observa que la distribución de la carga se mantiene relativamente estable.

1.2.4.7. Conclusiones del análisis de carga

Al analizar los porcentajes de carga, se identifica que a una profundidad de -18.5 m se alcanza un mayor aprovechamiento de la capacidad de los buques. En particular, el 100% de los buques con capacidades mayores (entre 20,000 y 24,000 TEUs) logran operar al 100% de su capacidad, mientras que algunos buques en el rango de 16,000 a 18,000 TEUs alcanzan aproximadamente un 78% de carga.

Buques porta-contenedores igual o mayores a 300 m de Eslora		Corrida 1 Profundidad - 14 m		Corrida 2 Profundidad - 15 m		Corrida 3 Profundidad - 16 m		Corrida 4 Profundidad - 17 m		Corrida 5 Profundidad - 18 m		Corrida 6 Profundidad - 18.5 m	
		Capacidad de carga seca neta a calado restringido (1TEU 20 ft = 7.26 t , Promedio en base al INFORME ESTADÍSTICO MENSUAL 2021-2024 de la Dirección General de Puertos)	Porcentaje de carga	Capacidad de carga seca neta a calado restringido (1TEU 20 ft = 7.26 t , Promedio en base al INFORME ESTADÍSTICO MENSUAL 2021-2024 de la Dirección General de Puertos)	Porcentaje de carga	Capacidad de carga seca neta a calado restringido (1TEU 20 ft = 7.26 t , Promedio en base al INFORME ESTADÍSTICO MENSUAL 2021-2024 de la Dirección General de Puertos)	Porcentaje de carga	Capacidad de carga seca neta a calado restringido (1TEU 20 ft = 7.26 t , Promedio en base al INFORME ESTADÍSTICO MENSUAL 2021-2024 de la Dirección General de Puertos)	Porcentaje de carga	Capacidad de carga seca neta a calado restringido (1TEU 20 ft = 7.26 t , Promedio en base al INFORME ESTADÍSTICO MENSUAL 2021-2024 de la Dirección General de Puertos)	Porcentaje de carga	Capacidad de carga seca neta a calado restringido (1TEU 20 ft = 7.26 t , Promedio en base al INFORME ESTADÍSTICO MENSUAL 2021-2024 de la Dirección General de Puertos)	Porcentaje de carga
	Máximo	23,964	-	23,964	-	23,964	-	24,346	-	24,346	-	24,346	-
	mínimo	6,402	30.21	6,402	41.03	6,402	51.85	6,402	62.66	6,402	73.48	6,402	78.89
	Promedio	11,607	70.75	12,534	81.22	12,974	90.66	13,065	96.81	13,076	99.41	13,076	99.77

Tabla 1-20. Tabla de porcentajes de carga corridas 1-5

Por otro lado, para que la totalidad de la flota de buques porta-contenedores analizada pueda operar al 100% de su capacidad de carga, se requiere una profundidad de 20.5 m.

1.3. Análisis de las flotas de las líneas navieras de buques porta-contenedores que operan en diferentes puertos vs las flotas de las navieras que actualmente operan en Manzanillo.

Es importante identificar a las principales navieras a nivel mundial, ya que estas concentran la mayor capacidad de transporte de contenedores y dominan las rutas marítimas más relevantes. De acuerdo con el informe "Container Intelligence Monthly" de marzo de 2026, los operadores con mayor capacidad son los siguientes:

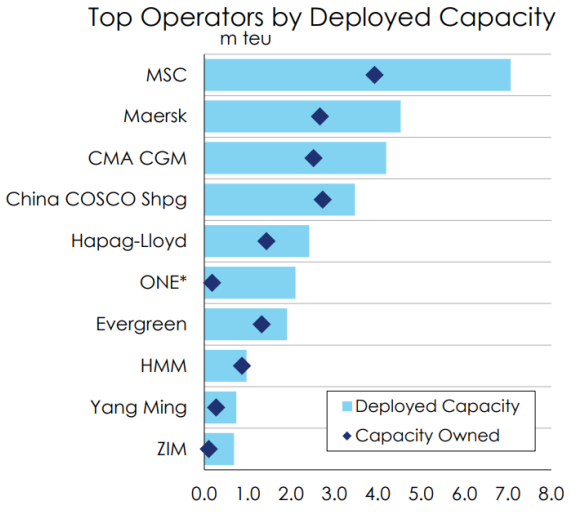


Figura 1-16. Operators by Deployed Capacity

Fuente: Container Intelligence Monthly Marzo 2026 página 22.

La gráfica muestra a los principales operadores de buques porta-contenedores a nivel mundial en función de su capacidad desplegada (barras) y su capacidad propia (marcadores), ambas expresadas en millones de TEUs. Se observa que MSC lidera ampliamente en capacidad desplegada, seguido por Maersk y CMA CGM, consolidándose como los tres principales actores del mercado.

Asimismo, se aprecia que en la mayoría de los casos la capacidad desplegada es superior a la capacidad propia, lo que indica una utilización significativa de buques fletados por parte de las navieras. Otros operadores relevantes incluyen China COSCO Shipping, Hapag-Lloyd, ONE y Evergreen, mientras que HMM, Yang Ming y ZIM presentan menores niveles de capacidad en comparación con los líderes del sector.

1.3.1. Análisis de presencia de navieras

Con el objetivo de complementar el análisis de la flota mundial de buques porta-contenedores y su compatibilidad con el proyecto portuario de Cuyutlán, en el presente apartado se evalúan las principales líneas navieras que operan en puertos estratégicos del corredor Asia–América. Se realizó un análisis de las principales navieras en los puertos estudiados (Busan, Shanghái, Long Beach, Los Ángeles, San Diego y Manzanillo-México), así como en otros puertos importantes en cuanto a tráfico de contenedores (Lázaro Cárdenas, Tokyo, Balboa-Panamá y Manzanillo-Panamá).

Este análisis permite identificar los operadores predominantes a nivel global, la capacidad de su flota y su presencia en diferentes nodos portuarios, con el fin de obtener un acercamiento a patrones de operación, rutas comerciales relevantes y la posible participación de dichas navieras en el desarrollo del proyecto

Se observa que la naviera con mayor presencia en número de puertos es MSC, con operación en 9 puertos, lo que refleja una amplia cobertura dentro del corredor Asia–América. Por otro lado, la naviera que concentra el mayor tonelaje de arqueo bruto (GT) es China COSCO Shipping, lo que indica una mayor operación en términos de volumen de transporte.

A continuación, se presentan las tablas clasificadas por colores, con el fin de facilitar la identificación de la presencia de cada naviera en los distintos puertos analizados. Las navieras mostradas en blanco y negro corresponden a aquellas que únicamente registran presencia en un solo puerto.

Puertos del Pacífico Estudiados																		
Navieras operando en Shanghai, China P.R	Count (No.)	Total GT (m GT)	Navieras operando en Long Beach, United States	Count (No.)	Total GT (m GT)	Navieras operando en Los Angeles, United States	Count (No.)	Ttotal GT (m GT)	Navieras operando en San Diego, United States	Count (No.)	Total GT (m GT)	Navieras operando en Manzanillo, México	Count (No.)	Total GT (m GT)	Navieras operando en Busan, South Korea	Count (No.)	Total GT (m GT)
China COSCO Shipping	3,297	197.60	China COSCO Shipping	218	27.80	Royal Caribbean	152	22.70	Carnival Corporation	52	4.90	Atlas Corp (Seaspan)	102	12.60	MSC	665	54.90
CMA CGM	952	83.50	Carnival Corporation	217	26.30	CMA CGM	164	12.20	The Pasha Group	51	2.20	Nissen Kaiun	86	10.70	HMM	407	41.60
MSC	1,103	82.30	MSC	61	7.50	Evergreen Marine	89	12.10	NCL Holdings	21	1.90	China COSCO Shipping	106	9.80	Atlas Corp (Seaspan)	329	40.20
Atlas Corp (Seaspan)	558	59.90	HMM	46	5.80	A.P. Moller	103	10.10	Ray Car Carriers	28	1.60	Wan Hai Lines	72	7.20	CMA CGM	505	36.90
A.P. Moller	590	57.80	Atlas Corp (seaspan)	49	5.30	Carnival Corporation	68	8.40	Disney Cruise Lines	18	1.50	ONE	35	4.90	China COSCO Shipping	323	22.10
Evergreen Marine	649	53.60	Nippon Yusen Kaisha	96	5.30	Nippon Yusen Kaisha	108	5.90	Dole Fresh Fruit	52	1.30	Evergreen Marine	46	4.70	Nippon Yusen Kaisha	530	19.80
HMM	554	40.50	Matson Inc	105	4.60	Hapag-Lloyd	69	5.60	Hyundai Motor Group	17	1.00	Minsheng Bank	32	4.60	Sinokor Merchant	1,305	17.90
China Merchants	2,034	39.40	The Pasha Group	103	4.30	NCL Holdings	36	5.40	Nippon Yusen Kaisha	15	1.00	MSC	55	4.50	A.P. Moller	224	17.80
Imabari SB	473	37.70	Chevron	54	4.20	Yang Ming	58	5.00	Wallenius Wilhelmsen	10	0.60	PIL	37	4.40	Zodiac Maritime	118	14.00
SITC	2,068	34.70	DHT Holdings	24	3.80	MSC	47	4.20	Zodiac Maritime	9	0.60	Costamare Shipping	39	4.20	Imabari SB	210	14.00

Tabla 1-21. Tabla de navieras de los puertos analizados (Busan, Shanghái, Long Beach, Los ángeles, San diego y Manzanillo)

Otros puertos del mundo											
Otros puertos del Pacífico						Panamá					
Lázaro Cárdenas	Count (No.)	Total GT (m GT)	Tokyo	Count (No.)	Total GT (m GT)	Panamá - Balboa	Count (No.)	Total GT (m GT)	Panamá - Manzanillo	Count (No.)	Total GT (m GT)
Nissen Kaiun	89	115.00	Nippon Yusen Kaisha	289	8.80	MSC	367	20.50	MSC	277	14.30
MSC	119	6.80	Wan Hai Lines	313	7.90	A.P. Moller	323	15.30	Imabari SB	101	9.70
Atlas Corp (Seaspan)	49	4.90	K-Line	112	7.60	Atlas Corp (Seaspan)	81	8.30	Evergreen Marine	78	7.30
Wan Hai Lines	40	4.10	Ocean Trans Co Ltd	608	7.40	Evergreen Marine	55	6.30	Costamare Shipping	41	5.20
ONE	29	4.00	Evergreen Marine	148	6.40	Costamare Shipping	65	6.00	Atlas Corp (Seaspan)	46	3.20
Minsheng Bank	26	3.90	SITC	460	5.50	Nissen Kaiun	47	5.60	Nippon Yusen Kaisha	16	2.30
Eastern Pacific Shpg	30	3.80	MSC	65	5.40	Zodiac Maritime	35	3.70	Sea Consortium	110	1.40
Ray Car Carriers	63	3.70	Kuribayashi Shosen	311	4.60	Nippon Yusen Kaisha	51	2.90	Zodiac Maritime	9	1.30
CMA CGM	29	3.40	Yang Ming	113	4.30	CMA CGM	34	2.50	Danaos Corp	12	0.90
CSSC	21	3.20	Mitsui OSK Lines	107	3.40	Imabari SB	26	2.30	XT Group	49	0.90

Tabla 1-22. Tabla de navieras de otros puertos del mundo (Lázaro Cárdenas, Tokyo, Balboa y Manzanillo-Panamá)

Navieras del Pacífico Estudiadas	mGT	Count (No.)	Puertos donde trabajan
China COSCO Shipping	257.3	3944	4
MSC	200.4	2759	9
CMA CGM	138.5	1684	5
Atlas Corp (Seaspan)	134.4	1214	7
Nissen Kaiun	131.3	222	3
A.P. Moller	101	1240	4
Evergreen Marine	90.4	1065	6
HMM	87.9	1007	3
Imabari SB	63.7	810	4
Nippon Yusen Kaisha	46	1105	7
SITC	40.2	2528	2
Carnival Corporation	39.6	337	3
China Merchants	39.4	2034	1
Royal Caribbean	22.7	152	1
Zodiac Maritime	19.6	171	4
Wan Hai Lines	19.2	425	3
Sinokor Merchant	17.9	1305	1
Costamare Shipping	15.4	145	3
Yang Ming	9.3	171	2
ONE	8.9	64	2
Minsheng Bank	8.5	58	2
NCL Holdings	7.3	57	2
The Pasha Group	6.5	154	2
Hapag-Lloyd	5.6	69	1
Ray Car Carriers	5.3	91	2
Matson Inc	4.6	105	1
PIL	4.4	37	1
Chevron	4.2	54	1
DHT Holdings	3.8	24	1
Disney Cruise Lines	1.5	18	1
Dole Fresh Fruit	1.3	52	1
Hyundai Motor Group	1	17	1
Wallenius Wilhelmsen	0.6	10	1

Tabla 1-23. Tabla de navieras con GT y presencia en puertos

En la tabla anterior, las navieras en color azul claro operan en puertos de Panamá.

1.3.2. Busan

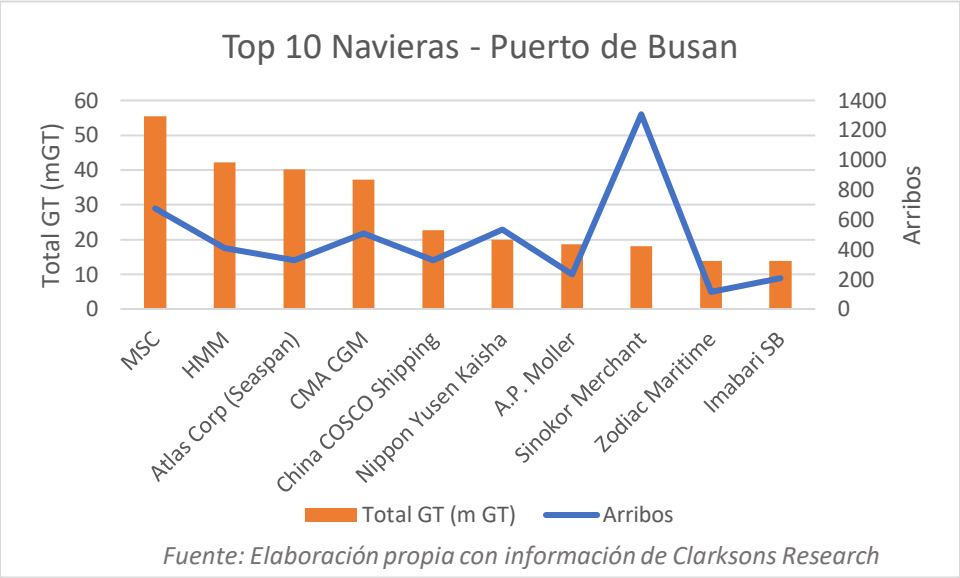


Figura 1-17. Top 10 Navieras - Puerto Busan (últimos 12 meses)

La gráfica muestra a MSC como la naviera con mayor presencia en el puerto de Busan, en términos de tonelaje total (GT). Asimismo, esta naviera mantiene operaciones en otros puertos relevantes a nivel internacional, como Manzanillo (México), Long Beach y Shanghái, lo que refleja su participación en las principales rutas del comercio marítimo de contenedores.

Se realizó una visualización en la plataforma Clarksons Research con el objetivo de identificar las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **MSC**:

Características Máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **MSC**	
GT	232,618
DWT	254,992
TEUs nominal	23,756
Eslora (m)	399.9
Manga (m)	61.51
Calado de verano (m)	19

Tabla 1-24. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera MSC

Para ver más información sobre el puerto ver anexo "1.3.1. Port Busan, South Korea".

1.3.3. Shanghái

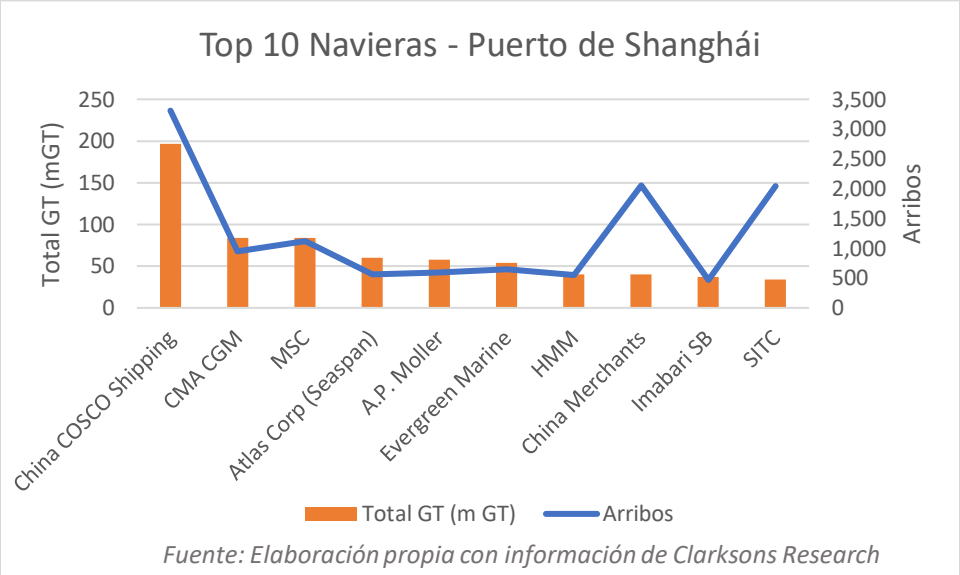


Figura 1-18. Top 10 Navieras - Puerto Shanghái (últimos 12 meses)

En el puerto de Shanghái, la naviera con mayor presencia en términos GT es China COSCO Shipping. Asimismo, esta naviera mantiene operaciones en otros puertos relevantes como Long Beach, Busan y Manzanillo, lo que refleja su presencia en puertos estratégicos del comercio transpacífico.
Se realizó una visualización en la plataforma Clarksons Research con el objetivo de identificar las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **China COSCO Shipping**:

Características Máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **China COSCO Shipping**	
GT	235,341
DWT	228,258
TEUs nominal	24,188
Eslora (m)	400
Manga (m)	61.3
Calado de verano (m)	16.5

Tabla 1-25. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera China COSCO Shipping

Para más información sobre el puerto, ver anexo "1.3.2. Port Shanghai, China P.R".

1.3.4. Long Beach

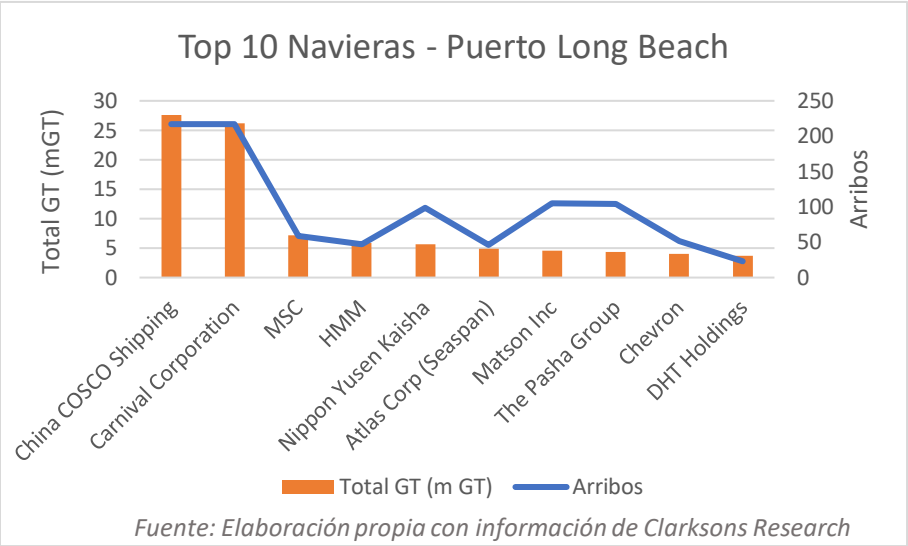


Figura 1-19. Top 10 Navieras - Puerto Long Beach (últimos 12 meses)

En el puerto de Long Beach, la naviera con mayor operación en términos de Gross Tonnage o Tonelaje de Arqueo Bruto (GT) es China COSCO Shipping.

La flota de China COSCO Shipping fue presentada en el puerto anterior, la naviera Carnival Corporation no tiene porta-contenedores, por tal motivo, se realizó una búsqueda en la plataforma Clarksons Research con el objetivo de identificar las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **HMM**:

Características Máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **HMM**	
GT	232,311
DWT	232,606
TEUs nominal	23,964
Eslora (m)	399.9
Manga (m)	61.5
Calado de verano (m)	16.53

Tabla 1-26. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera HMM

Para más información sobre el puerto, ver anexo "1.3.3. Puerto Long Beach, United States".

1.3.5. Los Ángeles

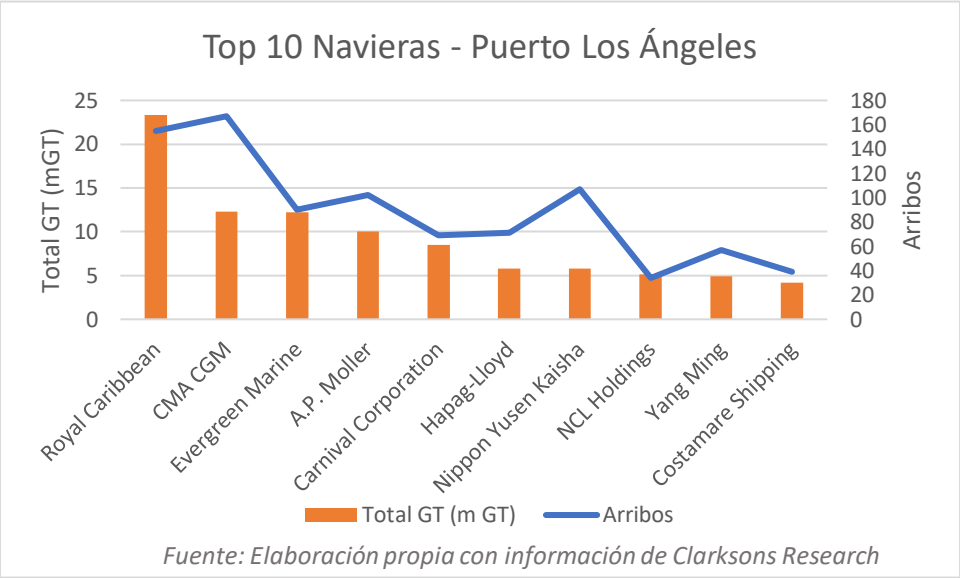


Figura 1-20. Top 10 Navieras - Puerto Los Ángeles (últimos 12 meses)

En el puerto de Los Ángeles, la naviera con mayor participación en términos de tonelaje de arqueo bruto (GT) es Royal Caribbean, sin embargo, esta naviera no posee porta-contenedores. La segunda naviera en importancia de GT, es CMA CGM. Para profundizar, se realizó una búsqueda en la plataforma Clarksons Research con el objetivo de identificar las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **CMA CGM**:

Características Máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **CMA CGM**	
GT	237,742
DWT	221,250
TEUs nominal	23,872
Eslora (m)	400
Manga (m)	61.3
Calado de verano (m)	16

Tabla 1-27. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera CMA CGM

Para más información sobre el puerto, ver anexo "1.3.3. Puerto Long Beach, United States".

Para más información sobre el puerto, ver anexo "1.3.4. Port Los Angeles, United States".

1.3.6. San Diego

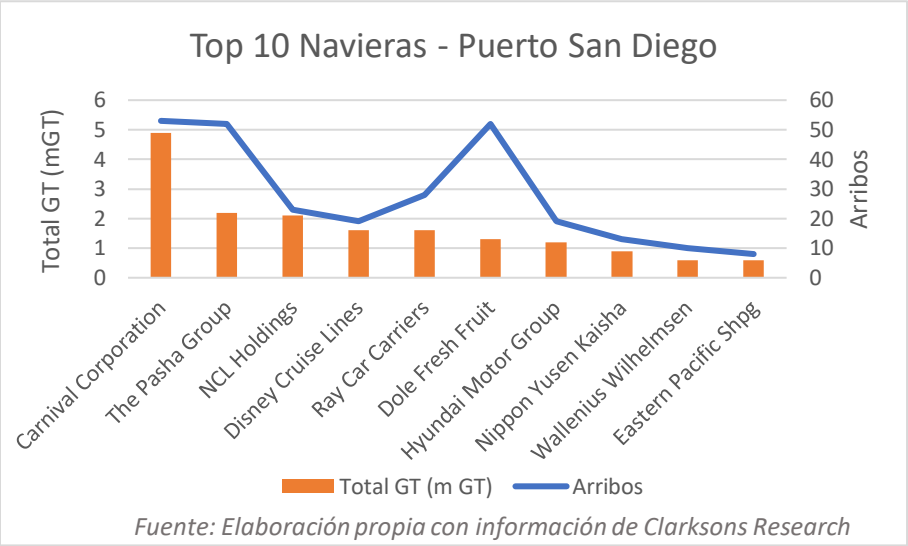


Figura 1-21. Top 10 Navieras - Puerto San Diego (últimos 12 meses)

En el puerto de San Diego, la naviera con mayor participación en términos de tonelaje de arqueo bruto (GT) durante los últimos 12 meses es Carnival Corporation, Como ya mencionamos, esta naviera no posee porta-contenedores. La segunda naviera en importancia de GT es The Pasha Group. Se realizó una búsqueda en la plataforma Clarksons Research con el objetivo de identificar las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **The Pasha Group**:

Características Máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **The Pasha Group**	
GT	42,600
DWT	46,154
TEUs nominal	2,653
Eslora (m)	272.3
Manga (m)	36
Calado de verano (m)	12.44

Tabla 1-28. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera The Pasha Group

Esta naviera posee la flota más pequeña de las analizadas hasta el momento.

Para más información sobre el puerto, ver anexo "1.3.5. Port San Diego, United States".

1.3.7. Manzanillo

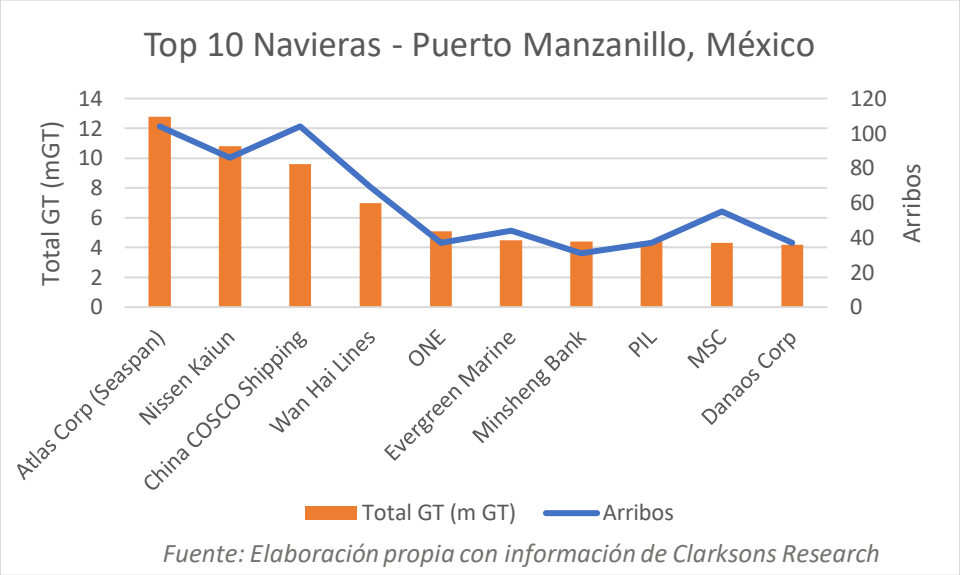


Figura 1-22. Top 10 Navieras - Puerto Manzanillo, México (últimos 12 meses)

De acuerdo con los reportes de Clarksons Research, la naviera con mayor operación en términos de tonelaje de arqueo bruto (GT) en el puerto de Manzanillo es Atlas Corp (Seaspan), cuya flota de buques porta-contenedores presenta las siguientes características máximas:

Características Máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera **Atlas Corp (Seaspan)**	
GT	233,328
DWT	240,931
TEUs nominal	24,346
Eslora (m)	399.9
Manga (m)	61.3
Calado de verano (m)	17

Tabla 1-29. Tabla de las características máximas de la flota de porta-contenedores de la naviera The Pasha Group

Para más información reportada en Clarksons sobre el puerto, ver anexo "1.3.6. Port Manzanillo, México".

1.3.8. Top 10 Navieras por mGT, arribos, presencia en puertos y relevancia operativa

Las navieras fueron organizadas en función de su presencia en términos de tonelaje de arqueo bruto (mGT), número de arribos y número de puertos del Pacífico en los que operan, obteniéndose los siguientes resultados:

Las 10 navieras con más presencia en mGT son:

1. China COSCO Shipping
2. MSC
3. CMA CGM
4. Atlas Corp (Seaspan)
5. Nissen Kaiun
6. A.P. Moller
7. Evergreen Marine
8. HMM
9. Imabari SB
10. Nipon Yusen Kaisha

Las 10 navieras con mayor cantidad de arribos son:

1. China COSCO Shipping
2. MSC
3. SITC
4. China Merchants
5. CMA CGM
6. Sinokor Merchant
7. A.P. Moller
8. Atlas Corp (Seaspan)
9. Nippon Yusen Kaisha
10. Evergreen Marine

Las 10 navieras que operan en más puertos son:

1. MSC
2. Atlas Corp (Seaspan)
3. Nippon Yusen Kaisha
4. Evergreen Marine
5. CMA CGM
6. China COSCO Shipping
7. A.P. Moller
8. Imabari SB
9. Zodiac Maritime
10. HMM

Con el objetivo de identificar a las navieras con mayor relevancia operativa en los puertos analizados, se desarrolló un modelo de evaluación basado en tres criterios:

tonelaje de arqueo bruto (mGT), número de puertos donde operan y número de arribos.

Para cada criterio, se asignó un puntaje relativo del 1 al 10, donde 10 corresponde al mayor valor observado dentro del conjunto analizado y 1 al menor valor dentro del Top 10 de cada categoría.

Posteriormente, estos puntajes fueron ponderados en función de su importancia relativa dentro del análisis, otorgando mayor peso al mGT, seguido por la presencia en puertos y, finalmente, el número de arribos. A partir de esta ponderación, se obtuvo un puntaje global para cada naviera, permitiendo establecer un ranking de relevancia operativa en el corredor del Pacífico.

Top 10 navieras con mayor relevancia operativa:

1. MSC
2. China COSCO Shipping
3. Atlas Corp (Seaspan)
4. CMA CGM
5. A.P. Moller
6. Evergreen Marine
7. Nippon Yusen Kaisha
8. Nissen Kaiun
9. Imabari SB
10. HMM

1.3.9. Observación del análisis de las flotas de las líneas navieras

Actualmente, el puerto de Manzanillo opera con las tres navieras de mayor relevancia operativa en el Pacífico, identificadas como MSC, China COSCO Shipping y Atlas Corp (Seaspan).

1.4. Buque máximo teórico

Con el objetivo de definir un escenario límite para el diseño y evaluación de la infraestructura portuaria, se considera como buque máximo teórico aquel buque porta-contenedores que presenta las mayores dimensiones registradas en la base de datos de Clarksons Research. Este enfoque permite establecer condiciones conservadoras de diseño, tomando como referencia las características más exigentes en términos de eslora, manga, calado y capacidad de carga, a fin de evaluar la compatibilidad operativa del proyecto frente a la flota mundial actual.

Cabe señalar que este buque de dimensiones máximas fue presentado previamente en el tema "1.2. Flota mundial de buques porta-contenedores compatibles con el proyecto portuario de Cuyutlán"; no obstante, a continuación, se presentan nuevamente sus principales características.

Buque porta-contenedor máximo teórico reportado en Clarksons al 14-abril-2026	
GT:	237,742
TPM	254,992
Calado de verano (m):	19
Eslora (m):	400
Manga (m):	61.51
TEUs nominales:	24,346

Fuente: Elaboración propia con información de Clarksons Research

Tabla 1-30. Buque porta-contenedor máximo teórico reportado en Clarksons al 14 de abril del 2026 para la flota de buques iguales o mayores a 300 m de eslora.

1.5. Parámetros de seguridad operativos que se deben de respetar de acuerdo con las recomendaciones del PIANC

1.5.1. Determinación de UKC

De acuerdo con PIANC, el UKCNet está destinado principalmente a la etapa determinística de diseño conceptual (Concept Design, CD). ICORELS (1980) definió el UKCNet como el margen mínimo remanente entre la quilla del buque y el nivel nominal del fondo del canal, considerando que el buque se desplaza a la velocidad de diseño bajo la influencia de las condiciones más severas de viento y oleaje previstas para los límites operativos.
g

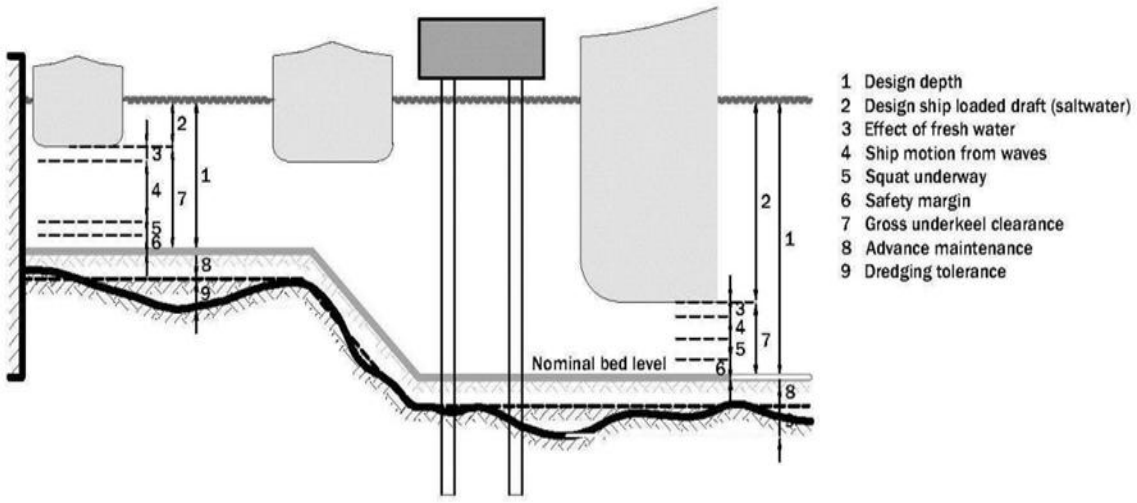


Figura 1-23. Parámetros típicos de profundidad

1. Profundidad del canal
2. Calado de diseño con el buque cargado (en agua salada)
3. Efecto de agua dulce
4. Movimientos del buque debido al oleaje
5. Efecto "Squat" durante la aproximación
6. Margen de seguridad
7. Espacio grueso libre bajo la quilla (UKC)

Por lo tanto, el UKCNet requerido corresponde al margen de "seguridad" que queda disponible para el buque después de descontar otros factores asociados a la embarcación (movimientos verticales inducidos por el oleaje, squat del buque y escora dinámica) de la profundidad o nivel nominal del fondo del canal.

Para la determinación del UKC mínimo requerido, se consideró la suma de los principales factores que incrementan el calado efectivo del buque durante la maniobra de aproximación, incluyendo el efecto de agua dulce, los movimientos del buque inducidos por el oleaje, el efecto squat y un margen de seguridad dándonos como resultado un **UKC de 1.28 m.**

Cálculo para Under Keel Clearance (UKC)

Parámetro	Valor	Unidad	Comentario
Profundidad del Canal	20.5	m	
Calado	19	m	Calado de diseño del buque en agua salada
Efecto de agua dulce	0.197916	m	
Movimientos del buque debido al oleaje	0.3048	m	
Coeficiente de block	0.75		
Velocidad de aproximación	5		
Efecto Squat durante la aproximación	0.375	m	
Margen de seguridad	0.4	m	
UKC	*1.277717*	*m*	

1.5.1.1. Efecto squat (incremento de calado por asiento)

Para calcular el espacio libre bajo la quilla es necesario sumarle al calado del barco el incremento de calado por efectos del fenómeno conocido como squat mediante la siguiente fórmula:

$S\ (\text{metros}) = (Cb \times V^2 / 100) \times 2$

Siendo:
S = sinkage (incremento de calado)
Cb = Coeficiente de block 0.75
V = Velocidad del buque en nudos (5 nudos en este caso, ya que es la mínima velocidad en la que es funcional el timón)
Por lo tanto, la fórmula en este caso queda de la siguiente manera:
$S = (0.75 \times 5^2 / 100) \times 2 = 0.375$ m

El coeficiente de block se tomó de acuerdo con el "*Annex C.1 Typical Ship Dimensions from ROM 3.1*" del "Report n° 121 – 2014. Harbour Approach Channels Design Guidelines". Para los contenedores, el coeficiente de block máximo es de 0.71, sin embargo, se tomó 0.75 como un promedio general mundial.

DWT (t)	Δ_m (t)	L_{oa} (m)	L_{pp} (m)	B (m)	T (m)	C_B (-)	Min. Lateral Windage: Fully Loaded (m^2)		Max. Lateral Windage: In Ballast (m^2)	Approx. Capacity: TEU / CEU
Container Ships (Post-Panamax)										TEU
245,000	340,000	470.0	446.0	60.0	18.0	0.69	11,000		12,500	22,000
200,000	260,000	400.0	385.0	59.0	16.5	0.68	10,700		12,000	18,000
195,000	250,000	418.0	395.0	56.4	16.0	0.68	10,100		11,300	14,500
165,000	215,000	398.0	376.0	56.4	15.0	0.66	9,500		10,500	12,200
125,000	174,000	370.0	351.0	45.8	15.0	0.70	8,700		9,500	10,000
120,000	158,000	352.0	335.0	45.6	14.8	0.68	8,000		8,700	9,000
110,000	145,000	340.0	323.0	43.2	14.5	0.70	7,200		7,800	8,000
100,000	140,000	326.0	310.0	42.8	14.5	0.71	6,900		7,500	7,500
90,000	126,000	313.0	298.0	42.8	14.5	0.66	6,500		7,000	7,000
80,000	112,000	300.0	284.0	40.3	14.5	0.66	6,100		6,500	6,500
70,000	100,000	280.0	266.0	41.8	13.8	0.64	5,800		6,100	6,000
65,000	92,000	274.0	260.0	41.2	13.5	0.62	5,500		5,800	5,600
60,000	84,000	268.0	255.0	39.8	13.2	0.61	5,400		5,700	5,200
55,000	76,500	261.0	248.0	38.3	12.8	0.61	5,200		5,500	4,800

Tabla 1-31. Typical Ship Dimensions from ROM 3.1

1.5.2. Determinación de longitud de muelle, ángulos de atraque PIANC

De acuerdo con PIANC, en los muelles tipo "marginal" (quay wall), los ángulos que deben de guardar los cabos "largos" (head lines) deben conservar un ángulo de 45° ± 15° con respecto al muelle.
Los cabos de través deben conservar un ángulo de 90° (perpendicular al muelle) ± 30°.
Los ángulos para los cabos springs deben conservar un ángulo de entre 5° y 10°.

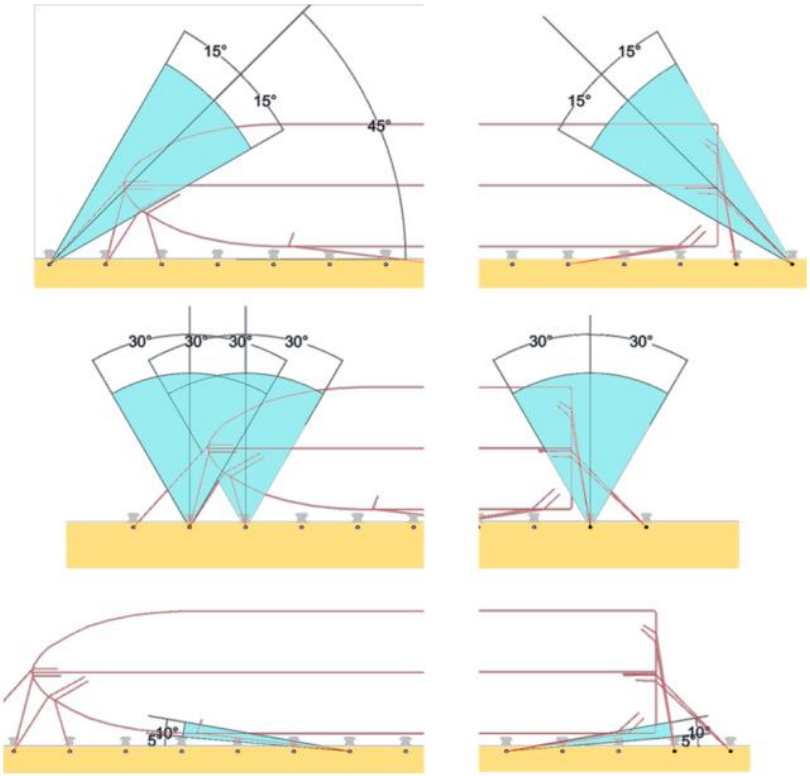


Figure 2.13: Guidelines for mooring line angles
(Top: head and stern lines ; Middle: breast lines ; Bottom: spring lines)

1.3 Disposición del Amarre

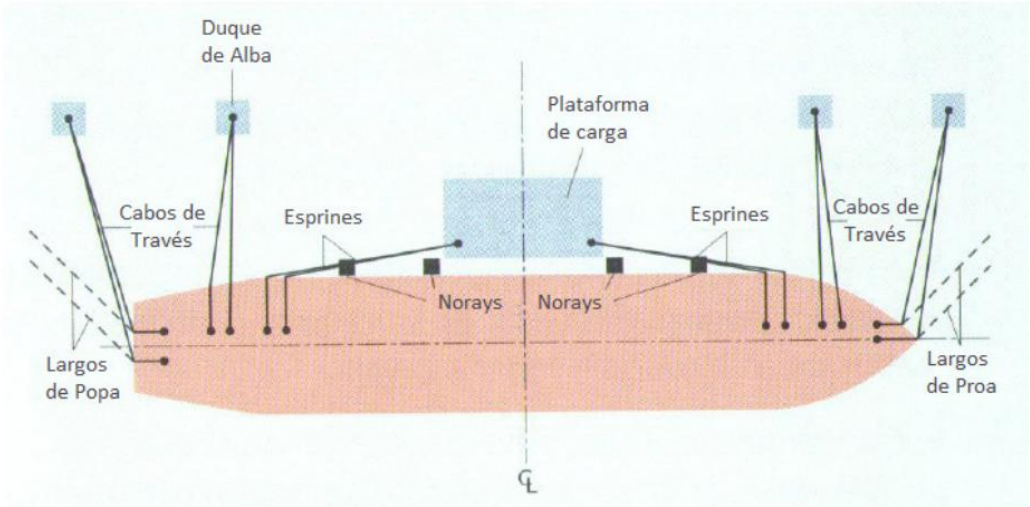


Fig. 2 Disposición de Amarre Típica

1.5.2.1. Requerimientos de longitud de muelle para buques de 400 m de eslora



1.5.2.2. Requerimientos de longitud de muelle para buques de 300 m de eslora



2. Condiciones de tráfico

2.1. Análisis comparativo entre los puertos de Busan, Shanghái, Long Beach, Los Ángeles y el puerto proyectado de Cuyutlán, respecto a sus capacidades máximas, tiempos en tránsito desde boya de recalada al muelle/muelles

Mediante una visualización en la plataforma MarineTraffic, se identificaron los países de origen y destino de los buques porta-contenedores que arribaron a los puertos de Busan, Shanghái, Long Beach y Los Ángeles durante el periodo comprendido entre el 30 de abril de 2025 y el 28 de abril de 2026. Asimismo, se determinó el buque porta-contenedor de mayores dimensiones que ingresó a cada uno de estos puertos durante dicho periodo.

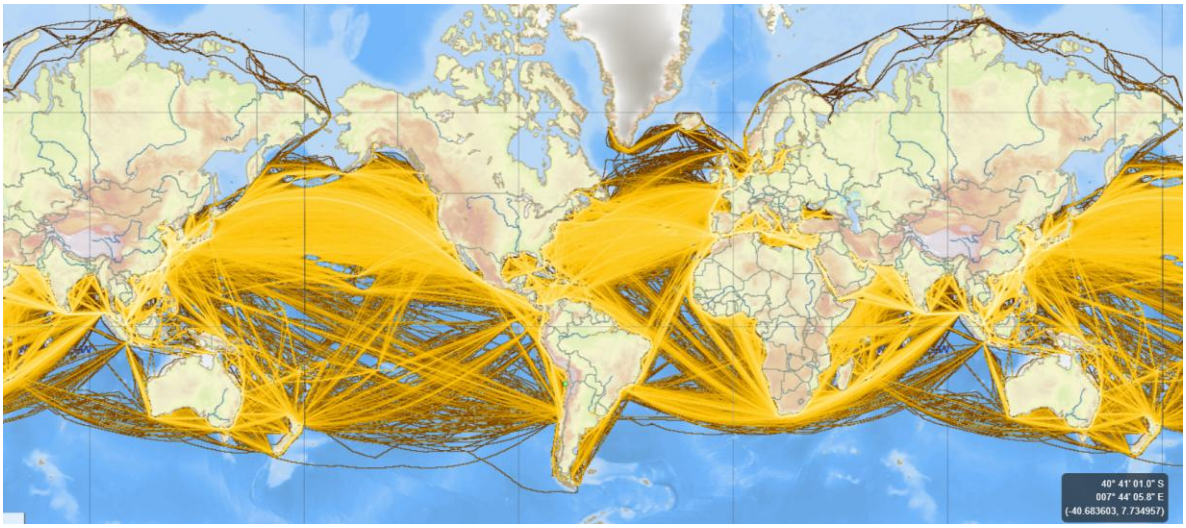
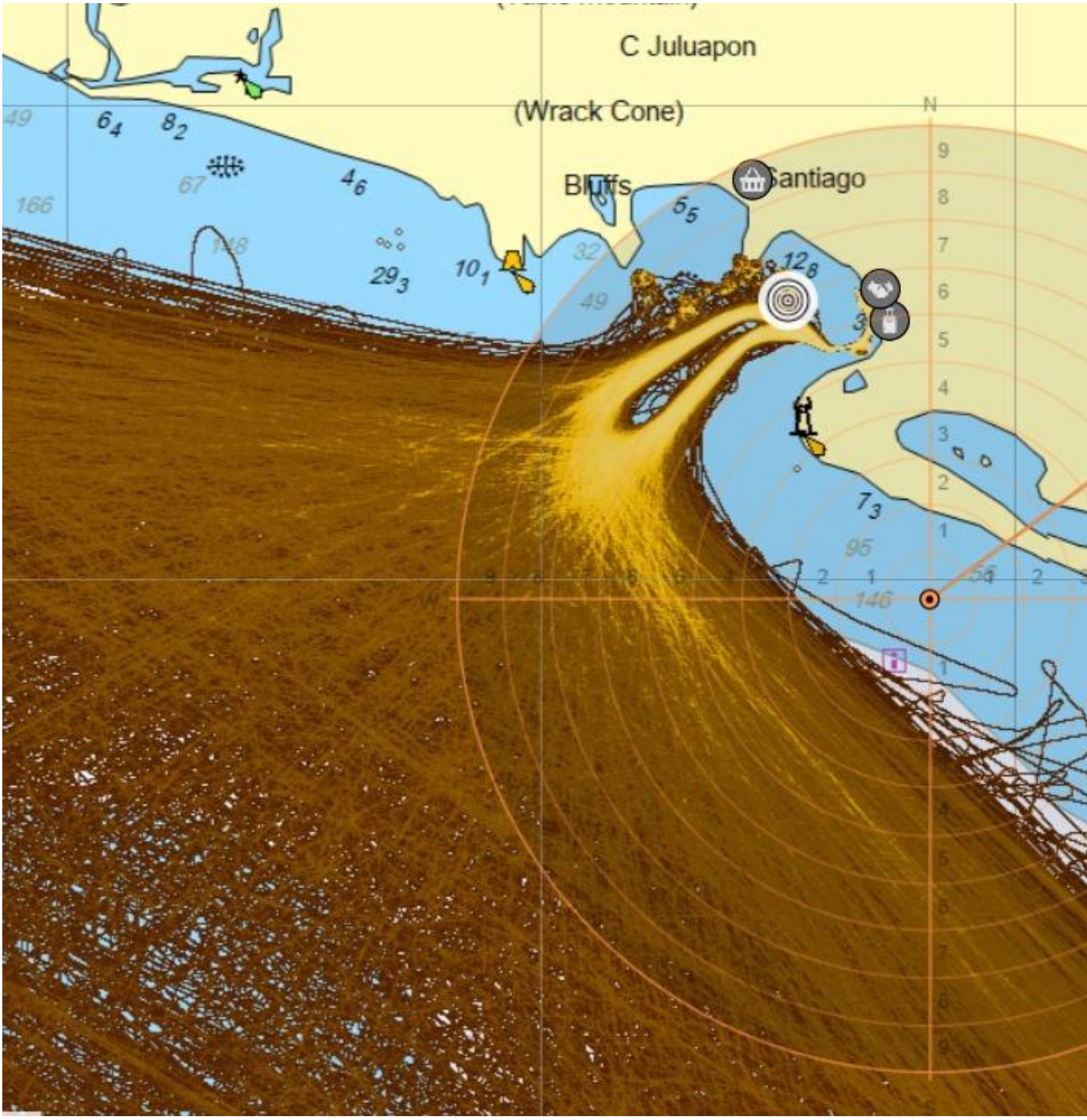


Figura 2-1. Tráfico mundial de Porta-contenedores


C Juluapon
(Wrack Cone)
Bluffs
Santiago
N

2.1.1. Busan, República de Korea

Destinos de los buques porta-contenedores que arribaron al Puerto de Busan, registrados en MarineTraffic del 30 de abril de 2025 al 28 de abril de 2026

BUSAN		
DPC	Destination Port Country	Registros
KR	REPUBLIC OF KOREA	2,173
CN	CHINA	1,491
JP	JAPAN	895
RU	RUSSIA	142
VN	VIETNAM	105
HK	HONG KONG	98
MX	MEXICO	34
US	UNITED STATES OF AMERICA	1

Tabla 2-1. Destinos de porta-contenedores de Busan 30-abr-2025 al 28-abr-2026

BUSAN		
VOPC	Origin Port Country	Registros
KR	REPUBLIC OF KOREA	1,997
JP	JAPAN	1,848
CN	CHINA	1,821
RU	RUSSIA	265
VN	VIETNAM	69
PH	PHILIPPINES	48
TW	TAIWAN	36
HK	HONG KONG	32
SG	SINGAPORE	23
CA	CANADA	17
MY	MALAYSIA	13
US	UNITED STATES OF AI	8
TH	THAILAND	5
ID	INDONESIA	1
MX	MEXICO	1

Tabla 2-2. Orígenes de porta-contenedores de Busan 30-abr-2025 al 28-abr-2026

Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de BUSAN					
DWT	GT	Eslora	Manga	Calado	TEUs
110,875	95,514	336	48.2	18.2	9,400

Tabla 2-3. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de BUSAN

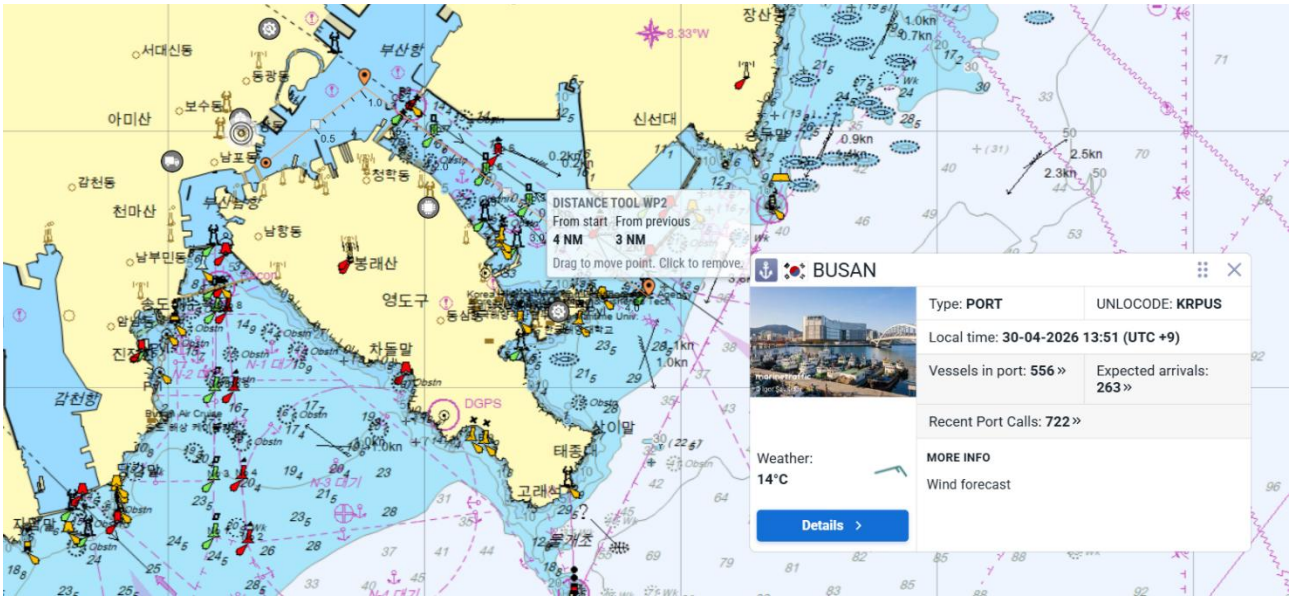


Figura 2-2. Distancia de la boya de recalada al muelle de Busan

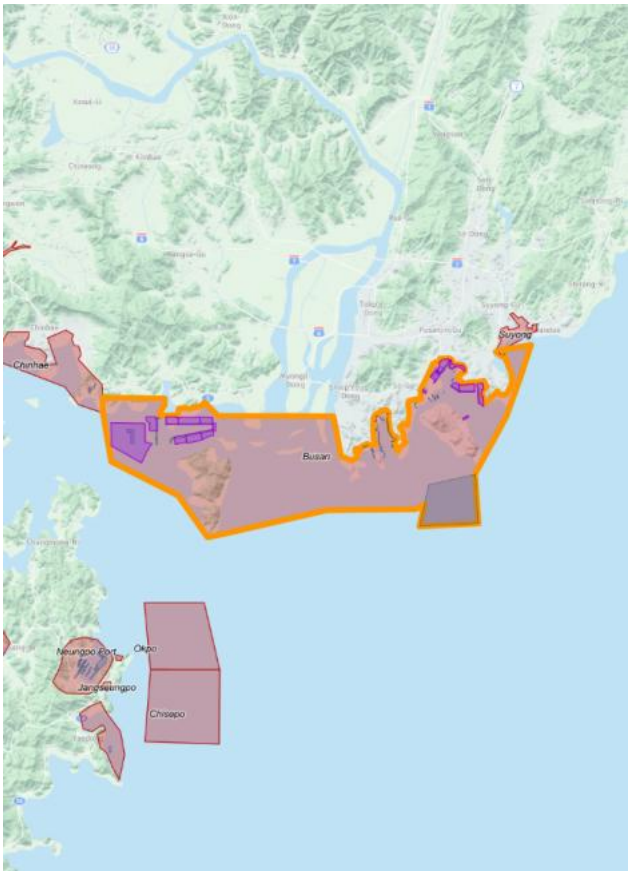


Figura 2-3. Portulano de navegación del puerto Busan

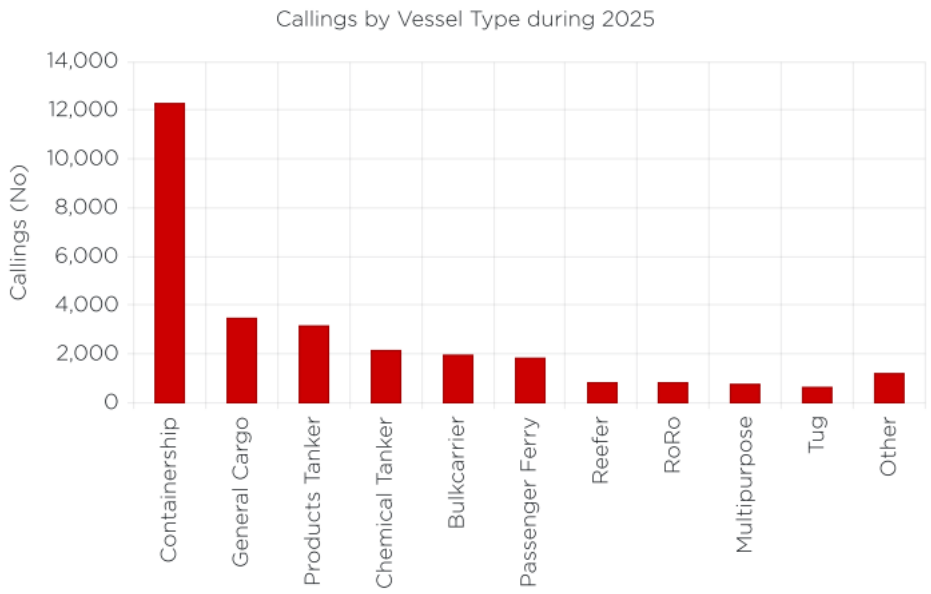


Figura 2-4. Arribos por tipo de buque durante el 2025. Puerto de Busan

12,260 arribos de porta-contendores de Busan.

2.1.2. Shanghái

Destinos de los porta-contenedores que han entrado a Shanghai registrados en Marine Traffic del 30-abr-2025 al 28-abr-2026.

SHANGHAI		
DPC SHANGHAI	**Destination Port Country**	**Registros**
CN	CHINA	7,653
KR	REPUBLIC OF KOREA	958
MY	MALAYSIA	182
SG	SINGAPORE	135
TW	TAIWAN	40
VN	VIETNAM	11
PA	PANAMA	8

Tabla 2-4. Destinos de porta-contenedores de Shanghai 30-abr-2025 al 28-abr-2026

SHANGHAI		
VOPC SHANGHA	Origin Port Country	Registros
CN	CHINA	10,000
JP	JAPAN	2,299
KR	REPUBLIC OF KOREA	1,966
TW	TAIWAN	810
SG	SINGAPORE	704
VN	VIETNAM	618
HK	HONG KONG	493
PH	PHILIPPINES	427
MY	MALAYSIA	339
US	UNITED STATES OF AMERICA	205
TH	THAILAND	202
RU	RUSSIA	127
MX	MEXICO	110
ID	INDONESIA	100
PA	PANAMA	73
AE	UNITED ARAB EMIRATES	61
NZ	NEW ZEALAND	50
IN	INDIA	43
AU	AUSTRALIA	42
BE	BELGIUM	38
CL	CHILE	38
LK	SRI LANKA	36
PE	PERU	29
SA	SAUDI ARABIA	25
OM	OMAN	12
EG	EGYPT	12
KE	KENYA	12
EC	ECUADOR	11
DJ	DJIBOUTI	10
PK	PAKISTAN	10
CA	CANADA	9
PG	PAPUA NEW GUINEA	9
CO	COLOMBIA	6
MM	MYANMAR	6
DE	GERMANY	4
GR	GREECE	4
JO	JORDAN	4
BR	BRAZIL	4
GT	GUATEMALA	4
YE	YEMEN	4
KH	CAMBODIA	4
NG	NIGERIA	3
TR	TURKIYE	3
GH	GHANA	2
ZA	SOUTH AFRICA	2
TZ	TANZANIA	2
QA	QATAR	2
BD	BANGLADESH	2
ES	SPAIN	1
MT	MALTA	1
GB	UNITED KINGDOM	1
BS	BAHAMAS	1
TG	TOGO	1
IQ	IRAQ	1
NC	NEW CALEDONIA	1
WS	SAMOA	1
HN	HONDURAS	1
VU	VANUATU	1

Tabla 2-5. Orígenes de porta-contenedores de Shanghai 30-abr-2025 al 28-abr-2026

Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de SHANGHAI

DWT	GT	Eslora	Manga	Calado	TEUs
281,456	237,742	400	61.5	20.6	24,232

Tabla 2-6. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de Shanghai

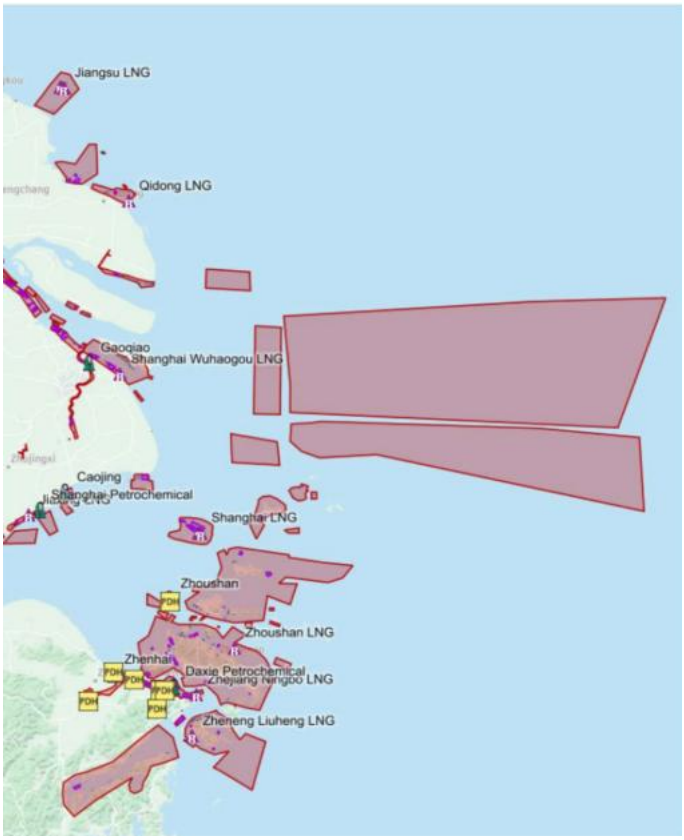


Figura 2-5. Portulano de arribo del puerto de Shanghai

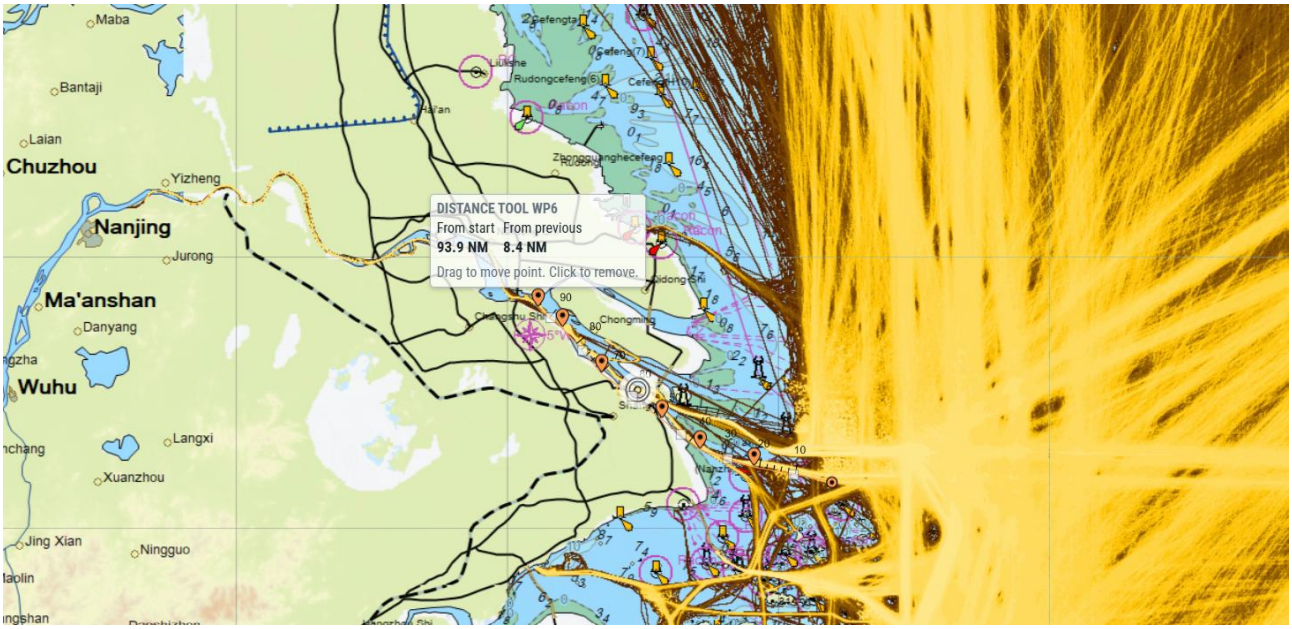


Figura 2-6. Estimación de distancias promedio de la boya de recalada al área de muelles de Shanghai

En el año 2025 hubo 25,664 arribos de buques porta-contenedores de acuerdo con las estadísticas de Clarksons.

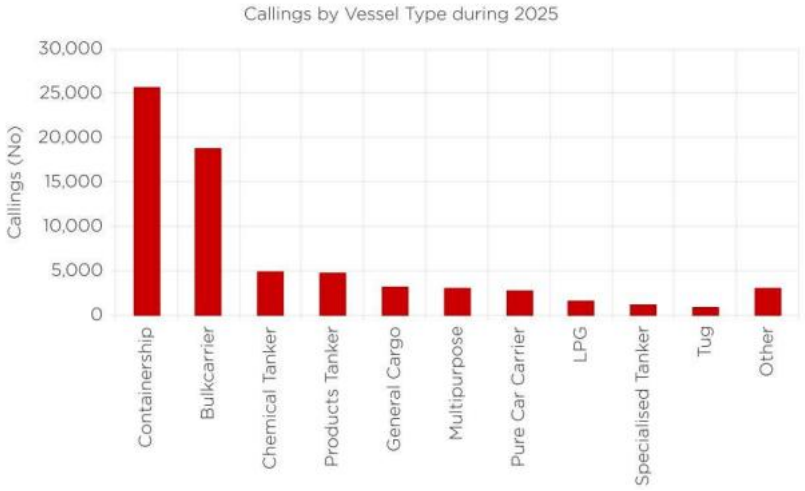


Figura 2-7. Arribos por tipo de buque durante el 2025. Puerto Shanghai

2.1.3. Long Beach

LONG BEACH		
DPC	**Destination Port Country**	**Registros**
US	UNITED STATES OF AMERICA	285
CN	CHINA	89
KR	REPUBLIC OF KOREA	44
VN	VIETNAM	43
TW	TAIWAN	42
CA	CANADA	34
MX	MEXICO	24
PA	PANAMA	12

Tabla 2-7. Destinos de porta-contenedores de Long Beach 30-abr-2025 al 28-abr-2026

LONG BEACH		
VOPC	Origin Port Country	Registros
CN	CHINA	334
US	UNITED STATES OF AMERICA	293
KR	REPUBLIC OF KOREA	242
TW	TAIWAN	49
AS	AMERICAN SAMOA	15
MX	MEXICO	7
PA	PANAMA	5
WS	SAMOA	4
PE	PERU	1
VN	VIETNAM	1
CA	CANADA	1
JP	JAPAN	1
HK	HONG KONG	1

Tabla 2-8. Tabla 2 4. Orígenes de porta-contenedores de Long Beach 30-abr-2025 al 28-abr-2026

Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de LONG BEACH

DWT	GT	Eslora	Manga	Calado	TEUs
224,983	228,741	400	61.0	15.7	22,000

Tabla 2-9. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de Long Beach

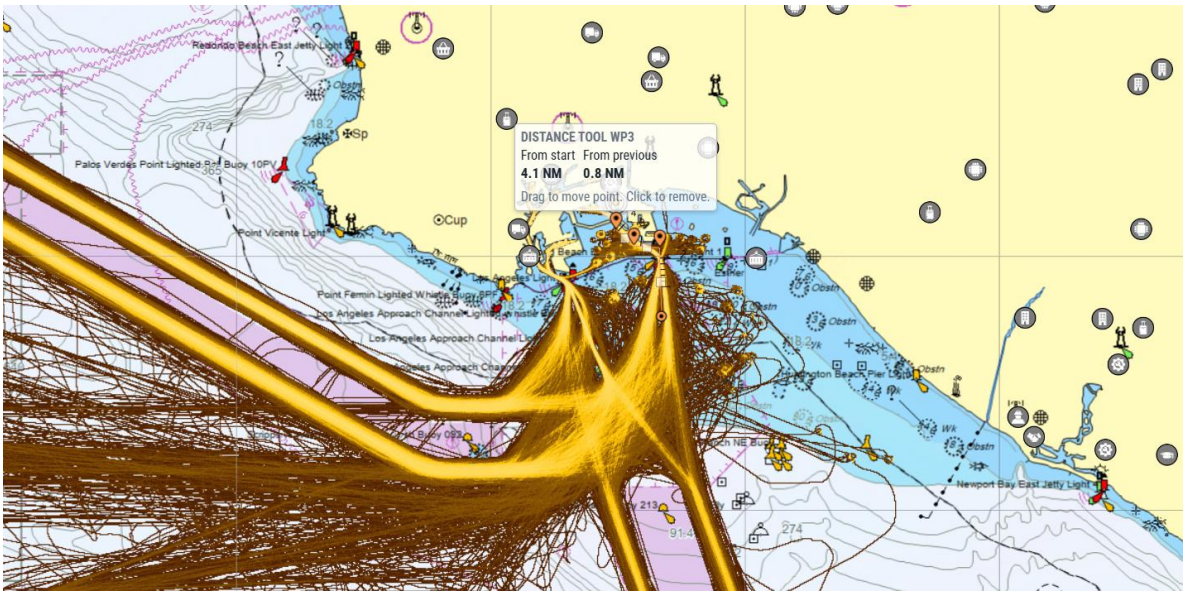


Figura 2-8. Distancia promedio de la boya de recalada a los muelles. Puerto Long Beach



Figura 2-9. Portulano de navegación en el puerto de Long Beach

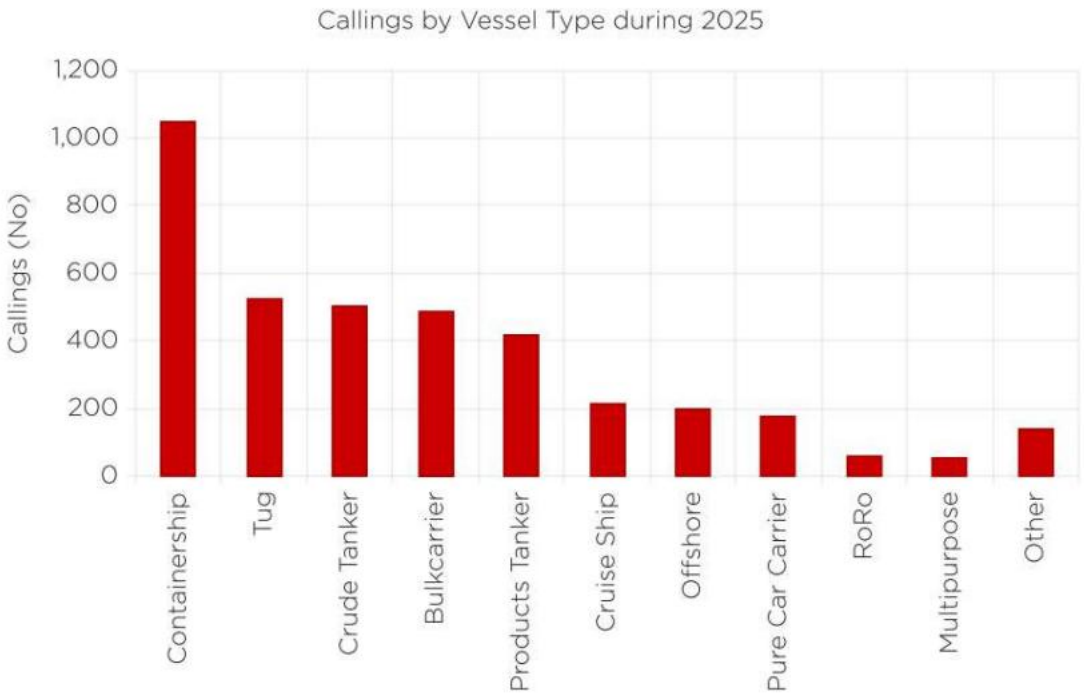


Figura 2-10. Arribos por tipo de buque durante del 2025. Puerto Long Beach. Fuente Clarksons.

1,049 arribos de porta-contenedores al puerto de Long Beach durante el año 2025.

2.1.4. Los Ángeles

LOS ANGELES		
DPC	Destination Port Country	Registros
US	UNITED STATES OF AMERICA	589
CN	CHINA	100
MX	MEXICO	36
TW	TAIWAN	14
PA	PANAMA	14
VN	VIETNAM	3
CA	CANADA	5

Tabla 2-10. Destinos de porta-contenedores de Los Ángeles 30-abr-2025 al 28-abr-2026

LOS ANGELES		
VOPC	Origin Port Country	Registros
CN	CHINA	593
MX	MEXICO	91
KR	REPUBLIC OF KOREA	88
TW	TAIWAN	65
US	UNITED STATES OF AMERICA	61
JP	JAPAN	50
CO	COLOMBIA	49
PA	PANAMA	43
VN	VIETNAM	7

Tabla 2-11. Orígenes de porta-contenedores de Los Ángeles 30-abr-2025 al 28-abr-2026

Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de LOS ANGELES					
DWT	GT	Eslora	Manga	Calado	TEUs
180,000	165,350	366	51.2	15.6	15,000

Tabla 2-12. Características máximas de porta-contenedores que han entrado al puerto de Los Ángeles

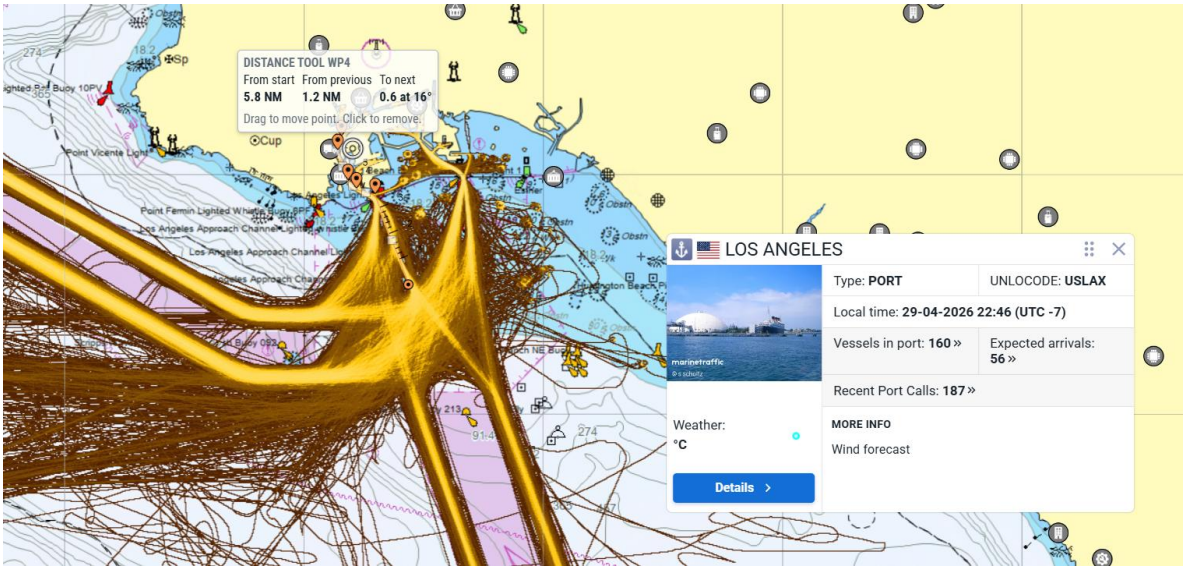


Figura 2-11. Distancia promedio de la booya de recalada a los muelles. Puerto Los Angeles. Marine Traffic. 5.8 MN

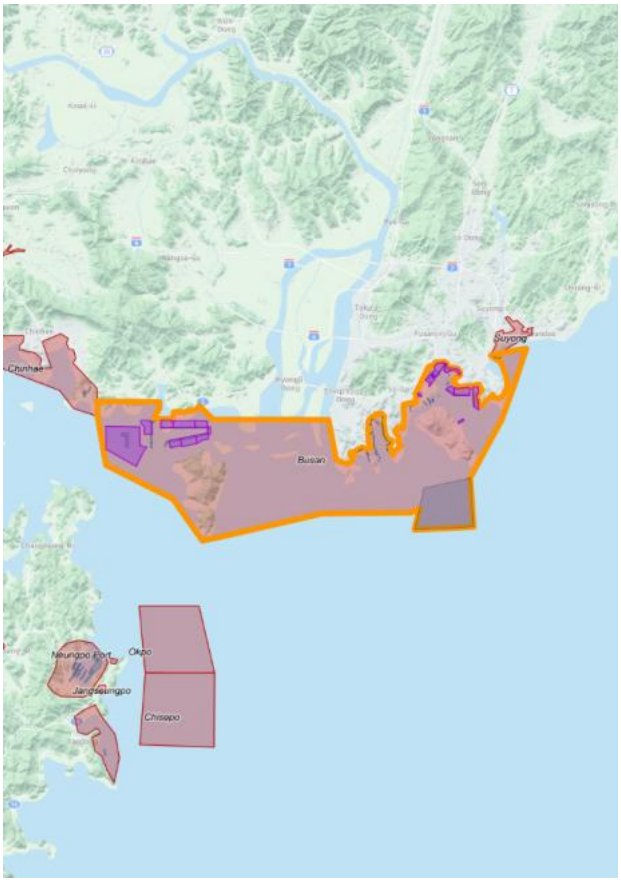


Figura 2-12. Portulano de navegación. Puerto Los Angeles

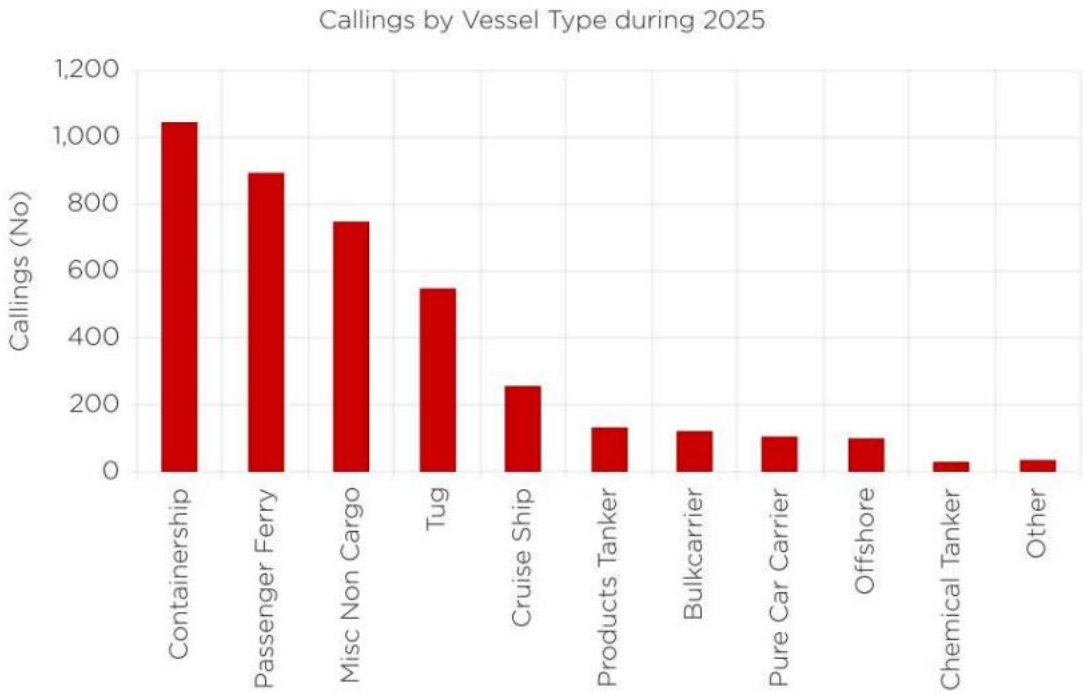


Figura 2-13. Arribos por tipo de buques durante el 2025. Puerto Los Angeles, US.

1,041 arribos de buques porta-contenedores durante el 2025, de acuerdo con Clarksons.

2.1.5. Puerto proyectado de Cuyutlán

La distancia desde la boya de recalada al muelle de porta-contenedores de Cuyutlán es de 4.1 MN.

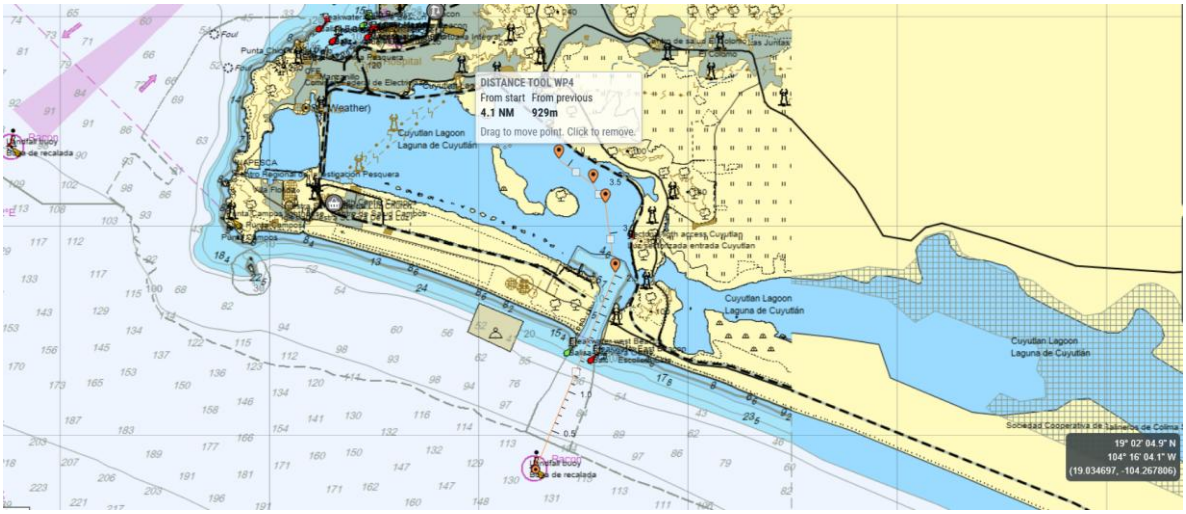


Figura 2-14. Distancia desde la boya de recalada al muelle de Cuyutlán

De acuerdo a la "INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA" del CAPÍTULO II "MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL DESARROLLO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO, EN EL VASO II DE LA LAGUNA CUYUTLÁN, COL", en la "Figura II. 1. Localización general del puerto nuevo de Manzanillo, en el vaso II de la laguna Cuyutlán, Colima" las terminales se van a construir en 2 etapas, la 1ª etapa 2 muelles y en la 2ª etapa 3 muelles.

La eslora promedio que se prevee que va a entrar a Cuyutlán en la 1ª etapa de 2 muelles es una eslora máxima promedio de 333 m, con un calado promedio de 14.4 m y manga promedio de 44.1 m.

En cuanto al tráfico, se estima que va a haber 101 entradas y 101 salidas mensuales, equivalentes a maniobras diarias de 3 entradas y 3 salidas y toda vez que la distancia de la boya de recalada promedio a los muelles es de 4.1 MN y la velocidad va a ser de 5 nudos promedio, entonces el tránsito en el canal de navegación va a ser de 1 hora promedio dando una ocupación del canal de navegación de 6 horas, tiempo suficiente para una maniobra segura.

Para la 2ª etapa va a haber 5 muelles en el Vaso II.

A pesar de que ha bajado el número de arribos, vamos a tomar de referencia el crecimiento del año 2022 al 2023 para calcular el nivel de crecimiento en esta 2ª etapa.
De acuerdo con lo anterior, se proyectan en la 1ª Etapa 1,228 arribos anuales, 102 arribos mensuales, 3 arribos diarios.
En la 2ª Etapa, se proyectan 1,295 arribos anuales, 107 arribos mensuales y 3 arribos diarios.

2.2. Condiciones de tráfico actual del puerto de Manzanillo

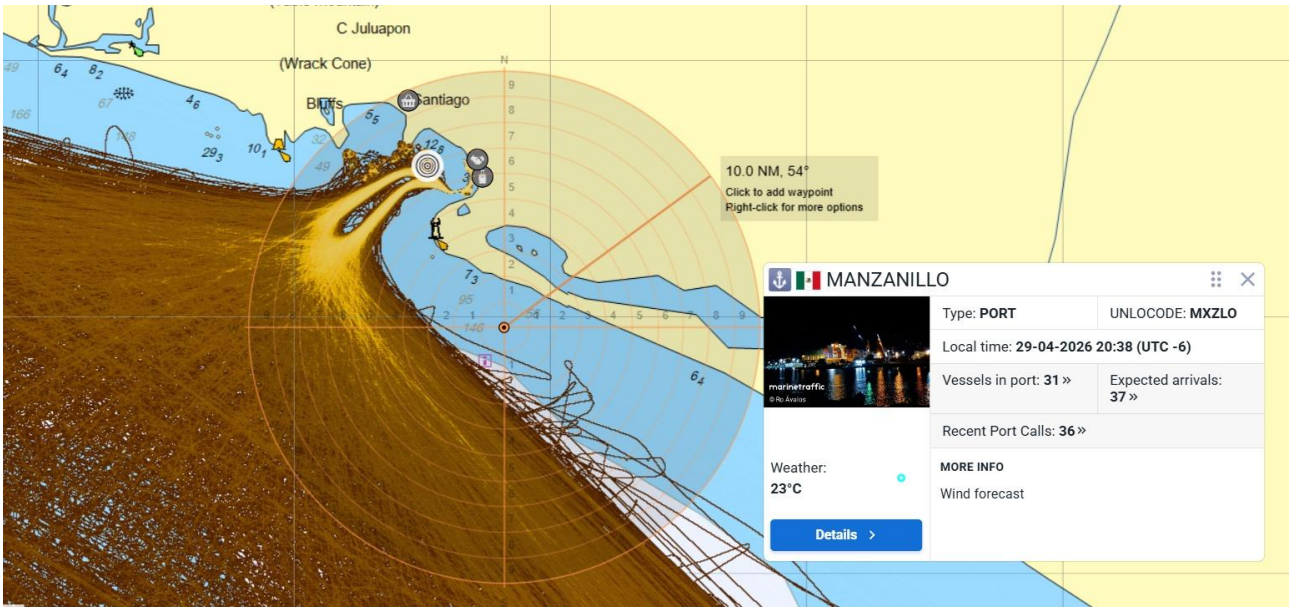


Figura 2-15. Densidad del tráfico de buques porta-contenedores en el actual puerto de Manzanillo

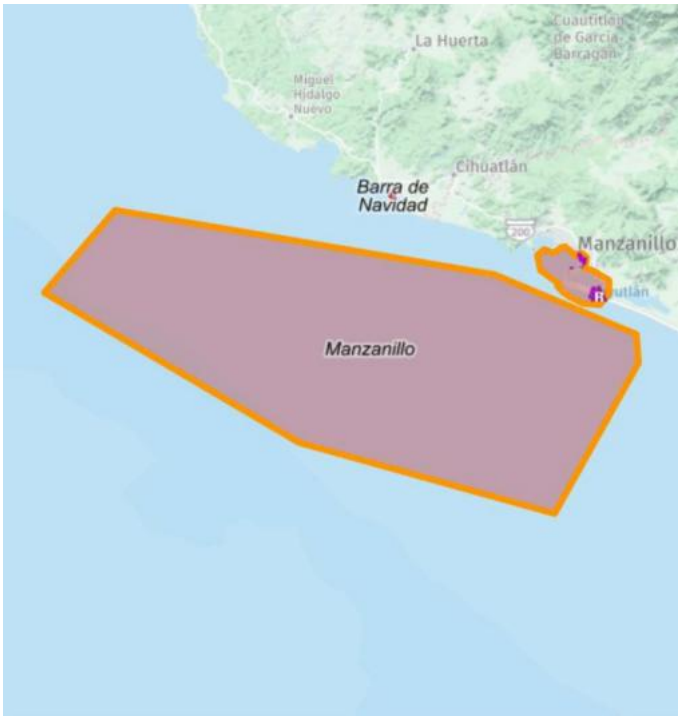


Figura 2-16. Portulano de Navegación. Puerto actual de Manzanillo

Manzanillo recibió 1,165 arribos de buques porta-contenedores en el 2025 (fuente: Clarksons).

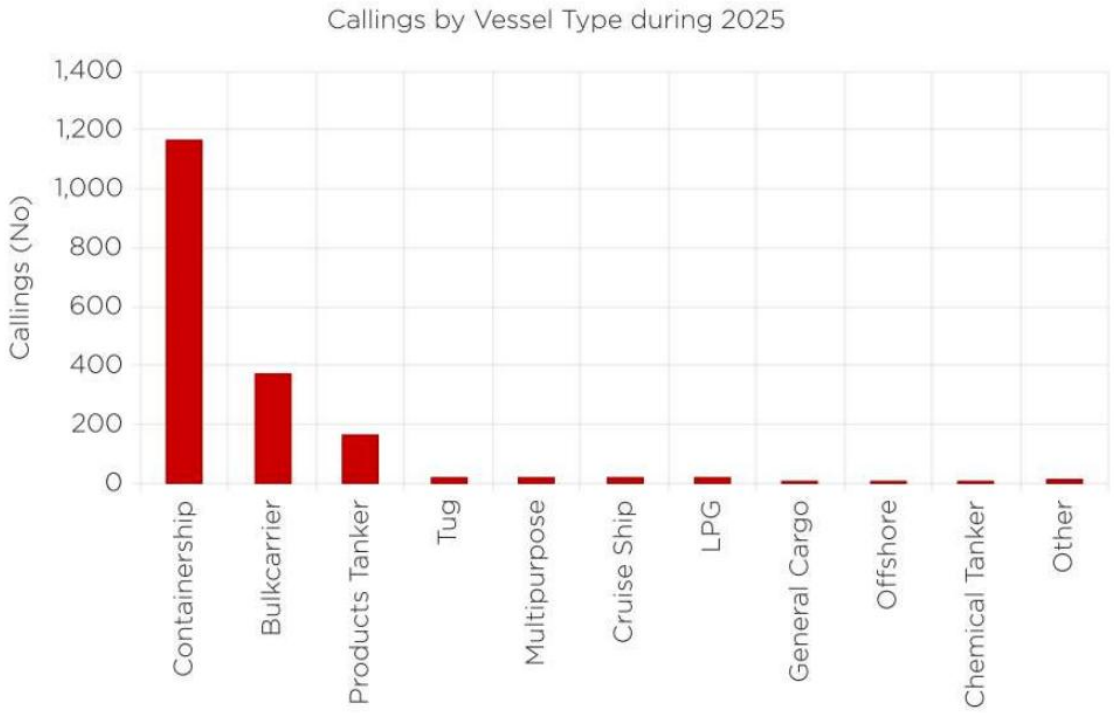


Figura 2-17. Arribos por tipos de buques durante el 2025. Puerto Manzanillo, México

Buque máximo recibido en el actual puerto de Manzanillo, México						
	Capacity - Dwt	**Capacity - Gt**	**Capacity - Teu**	**Draught - m**	**Length Overall - m**	**Breadth Extreme - m**
Máximo	204,748	155,955	16,616	16	367	51
Promedio	105,917	94,280	9,092	12	302	42
mínimo	12,306	9,743	880	6	141	23

Figura 2-18. Buque máximo recibido en el actual puerto de Manzanillo, México

2.3. Condiciones de tráfico a futuro de Cuyutlán

De acuerdo con la página del puerto de Manzanillo (https://www.puertomanzanillo.com.mx/esps/0020303/terminales-e-instalaciones.html#:~:text=Manzanillo%20cuenta%20con%20muchas%20terminales%20para%20el,manejo%20de%20clinker**%20Capacidad%20de%2050.000%20toneladas) la Terminal Especializada en el manejo de contenedores (TEC), con capacidad de operación de hasta tres buques simultáneamente, y rendimientos de hasta 120 cajas por hora buque. Esto nos da una estadía promedio aproximada por barco de 1 día por muelle.

En base a lo anterior, en la 1ª etapa se incrementará la capacidad diaria de recepción de buques de 3 a 7, y en la 2ª etapa de 7 a 10 buques diarios.

2.4. Rutas de tránsito por tipo de buque (AIS histórico – MarineTraffic)

En este apartado se presentan las principales rutas de tránsito asociadas al Puerto de Manzanillo, identificadas a partir de los puertos de origen y destino de las embarcaciones. Dichas rutas se analizan y clasifican en función del tipo de buque.

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Todos		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
PORTLAND, AU, AU	301	LAZARO CARDENAS, MX	283
FERNDALE, US	175	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	166
ENSENADA, MX	155	LAZARO CARDENAS ANCH, MX	152
TAMPA, US	132	MANZANILLO ANCH, MX	135
KAOHSIUNG, TW	112	LOS ANGELES, US	73
TIANJIN, CN	75	PUERTO QUETZAL, GT	69
SINGAPORE, SG	50	PUERTO QUETZAL ANCH, GT	57
YOKOHAMA, JP	48	SHANGHAI, CN	50
VANCOUVER, CA	45	YOKOHAMA, JP	49
PORTLAND OR, US	45	HUENEME, US	43
CEUTA, ES	44	CHANCAY, PE	35
LIVERPOOL, GB	44	LONG BEACH ANCH, US	32
ST PETERSBURG, RU	43	MAZATLAN ANCH, MX	32
BUSAN, KR	38	ENSENADA, MX	29
TUAPSE, RU	29	MAZATLAN, MX	28
CASABLANCA, MA	28	CALLAO ANCH, PE	24
BURGAS, BG	28	CJK, CN	24
VILA DO CONDE, BR	25	KAOHSIUNG, TW	23
BALBOA, PA	24	TOPOLOBAMPO ANCH, MX	23
MANZANILLO, PA	19	VANCOUVER, CA	22
HOUSTON, US	14	NINGBO, CN	22
NINGBO, CN	13	TOPOLOBAMPO, MX	18
SAN ANTONIO, CL	13	PUERTO MADERO, MX	17
YANTAI, CN	12	GUAYMAS, MX	17
SAN JUAN, PR	12	BUSAN NEW PORT, KR	15
SHANGHAI, CN	9	GUAYAQUIL, EC	14
MESAIEED, QA	9	ACAPULCO, MX	13
UST-LUGA, RU	9	GUAYMAS ANCH, MX	13
ROBERTS BANK, CA	9	ACAJUTLA, SV	13
CORONEL, CL	7	KAOHSIUNG ANCH I, TW	12
KWINANA, AU	7	SAN FRANCISCO ANCH, US	11
JINGTANG, CN	7	ENSENADA ANCH, MX	11
ZHOUSHAN, CN	7	VANCOUVER ANCH, CA	10
PORT KEMBLA, AU	6	BALBOA, PA	9
ARZEW, DZ	5	CORINTO ANCH, NI	8
RODMAN, PA	4	MANZANILLO, MX	8
GUAYAQUIL, EC	4	BUENAVENTURA, CO	8
LIRQUEN, CL	4	QINGDAO, CN	7
QINGDAO, CN	4	ASTORIA ANCH, US	7
TOCOPILLA, CL	4	BUENAVENTURA ANCH, CO	6
MEJILLONES, CL	4	LA PAZ, MX	6
CARTAGENA, CO	4	ACAJUTLA ANCH, SV	6
CHERRY POINT, US	4	LA PAZ ANCH, MX	6
VANCOUVER ANCH, CA	4	SALINA CRUZ ANCH, MX	6
GLOMFJORD, NO	4	ACAPULCO ANCH, MX	6
RIO CULLEN, AR	4	LONG BEACH, US	6
NEDERLAND, US	4	PUERTO VALLARTA, MX	5
PORSGRUNN, NO	3	TIANJIN, CN	4
NANTONG, CN	3	SAN LORENZO, HN	4
PANAMA CANAL, PA	3	SALINA CRUZ, MX	4
KITIMAT, CA	3	ULSAN ANCH, KR	4
ROTTERDAM WAALHAVEN, NL	3	GUAYAQUIL ANCH, EC	4
DONGJIAKOU, CN	3	HONG KONG, HK	4
CONVENT, US	3	CALLAO, PE	4
COLON EAST, PA	3	LONGVIEW, US	3
NEW YORK, US	3	PUERTO BOLIVAR, EC	3
SALINA CRUZ, MX	2	NINGBO ANCH, CN	3
LOS ANGELES, US	2	POSORJA, EC	3
SAN FRANCISCO, US	2	SANTA ROSALIA NORTH, MX	3
SAN LORENZO, HN	2	KALAMA, US	3
CORINTO, NI	2	YANTIAN, CN	2
GEELONG, AU	2	BUSAN ANCH, KR	2
NORRKOPING, SE	2	STOCKTON, US	2
TERNEUZEN, NL	2	JINTANG, CN	2
OAKLAND, US	2	NANSHA, CN	2
GARYVILLE, US	2	YOKOHAMA ANCH, JP	2
LIMON, CR	2	PRINCE RUPERT ANCH, CA	2
POSORJA, EC	2	PISCO ANCH, PE	2
QALHAT, OM	2	MANTA ANCH, EC	2
BOSTON, US	2	ABERDEEN ANCH, US	2
ANTWERP, BE	2	ROSARITO ANCH, MX	2
LA UNION, SV	2	BARRA DE NAVIDAD, MX	2
KISARAZU, JP	2	PORTLAND OR, US	1
IQUIQUE, CL	2	GLADSTONE, AU	1
LAZARO CARDENAS, MX	1	DALIAN, CN	1
BUSAN NEW PORT, KR	1	ZHOUSHAN, CN	1
MAZATLAN, MX	1	LANSHAN, CN	1
PUERTO QUETZAL, GT	1	ANACORTES, US	1
CALLAO, PE	1	SINGAPORE ANCH, SG	1
HUENEME, US	1	TIANJIN ANCH, CN	1
MANZANILLO, MX	1	MORRO REDONDO, MX	1
MANZANILLO ANCH, MX	1	VANCOUVER, US	1
BUENAVENTURA, CO	1	RODMAN, PA	1
TOPOLOBAMPO, MX	1	SAN FRANCISCO, US	1
ACAPULCO, MX	1	PANAMA CANAL, PA	1
GUAYMAS, MX	1	MATARANI, PE	1
PRINCE RUPERT, CA	1	ONSAN, KR	1
LONG BEACH, US	1	PICHILINGUE, MX	1
CALDERA, CR	1	TOKYO BAY, JP	1
LA PAZ, MX	1	WHYALLA ANCH, AU	1
ACAJUTLA, SV	1	ONAHAMA ANCH, JP	1
PUERTO VALLARTA, MX	1	HIMEJI ANCH, JP	1
ZHANGJIAGANG, CN	1	LOWER VANCOUVER ANCH, US	1
ROSARITO, MX	1	ZHOUSHAN ANCH, CN	1
BEAUMONT, US	1	JINZHOU ANCH, CN	1
MATARANI, PE	1	CALDERA ANCH, CR	1
SANTA ROSALIA, MX	1	YEOSU ANCH, KR	1
ALBANY, AU	1	MORRO REDONDO ANCH, MX	1
PORT ARTHUR, US	1	SAN PABLO BAY ANCH, US	1
LA GUAIRA, VE	1	HUENEME ANCH, US	1
NANJING, CN	1	HUARMEY ANCH, PE	1
CAOFEIDIAN, CN	1	PUERTO MADERO ANCH, MX	1
PORT ALLEN, US	1	AUKE BAY ANCH, US	1
BARRA DE NAVIDAD, MX	1	PRINCE RUPERT, CA	1
CHARLESTON, US	1	CHIWAN, CN	1
PHU MY, VN	1	SHEKOU, CN	1
MOIN, CR	1	PUNTARENAS, CR	1
TACOATIARA, BR	1	RICHMOND, US	1
TRAFARIA, PT	1	LIANYUNGANG, CN	1
GOOD HOPE, US	1	ZHANGJIAGANG, CN	1
LANSHAN, CN	1	WEST SACRAMENTO, US	1
SAN VICENTE, CL	1		
VALPARAISO, CL	1		
OSAKA, JP	1		
MINHANG, CN	1		
PUERTO SANTO TOMAS, GT	1		
PUNTARENAS, CR	1		
GWANGYANG, KR	1		
TAICANG, CN	1		
CHAHUE, MX	1		
HIROHATA, JP	1		
DAESAN, KR	1		
MOKPO, KR	1		
AMADOR CRUISE PORT, PA	1		
PATACHE, CL	1		
PAMPA MELCHORITA, PE	1		

Tabla 2-13. Orígenes y destinos del último año. Puerto Manzanillo, México.

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Container Ship		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
LAZARO CARDENAS, MX	231	LAZARO CARDENAS, MX	236
BUSAN NEW PORT, KR	175	LAZARO CARDENAS ANCH, MX	120
ENSENADA, MX	145	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	119
PUERTO QUETZAL, GT	91	LOS ANGELES, US	73
SHANGHAI, CN	71	PUERTO QUETZAL, GT	59
NINGBO, CN	45	MANZANILLO ANCH, MX	58
RODMAN, PA	45	SHANGHAI, CN	50
CALLAO, PE	42	PUERTO QUETZAL ANCH, GT	50
GUAYAQUIL, EC	41	YOKOHAMA, JP	49
BUSAN, KR	40	HUENEME, US	43
MAZATLAN, MX	38	CHANCAY, PE	35
HUENEME, US	38	ENSENADA, MX	27
SAN ANTONIO, CL	29	KAOHSIUNG, TW	23
BALBOA, PA	27	CJK, CN	23
LOS ANGELES, US	14	NINGBO, CN	21
MANZANILLO, MX	12	PUERTO MADERO, MX	17
LIRQUEN, CL	11	BUSAN NEW PORT, KR	15
BUENAVENTURA, CO	8	CALLAO ANCH, PE	13
QINGDAO, CN	7	KAOHSIUNG ANCH I, TW	12
YOKOHAMA, JP	6	ENSENADA ANCH, MX	11
LONG BEACH, US	5	BALBOA, PA	8
CORONEL, CL	4	LONG BEACH ANCH, US	8
CARTAGENA, CO	3	BUENAVENTURA, CO	8
CALDERA, CR	2	QINGDAO, CN	7
OAKLAND, US	2	HONG KONG, HK	4
POSORJA, EC	2	LONG BEACH, US	4
LA GUAIRA, VE	2	ACAJUTLA, SV	4
BARRA DE NAVIDAD, MX	2	TIANJIN, CN	3
TIANJIN, CN	1	PUERTO BOLIVAR, EC	3
MANZANILLO ANCH, MX	1	NINGBO ANCH, CN	3
TAMPA, US	1	POSORJA, EC	3
MANZANILLO, PA	1	ACAJUTLA ANCH, SV	3
COLON EAST, PA	1	CALLAO, PE	3
NEW YORK, US	1	MANZANILLO, MX	3
BOSTON, US	1	YANTIAN, CN	2
CHARLESTON, US	1	JINTANG, CN	2
SAN VICENTE, CL	1	NANSHA, CN	2
VALPARAISO, CL	1	YOKOHAMA ANCH, JP	2
GWANGYANG, KR	1	GUAYAQUIL ANCH, EC	2
		BARRA DE NAVIDAD, MX	2
		BUSAN ANCH, KR	1
		DALIAN, CN	1
		TIANJIN ANCH, CN	1
		RODMAN, PA	1
		ZHOUSHAN ANCH, CN	1
		HUENEME ANCH, US	1
		PUERTO MADERO ANCH, MX	1
		CHIWAN, CN	1
		SHEKOU, CN	1

Tabla 2-14. Orígenes y destinos por tipo de buque. Porta-Contenedores

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	General Cargo		
Orígenes	**Registros**	**Destinos**	**Registros**
MAZATLAN, MX	5	MANZANILLO ANCH, MX	6
LAZARO CARDENAS, MX	3	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	3
TIANJIN, CN	3	LONG BEACH ANCH, US	3
CALDERA, CR	3	VANCOUVER ANCH, CA	2
ENSENADA, MX	2	CALLAO ANCH, PE	2
PUERTO QUETZAL, GT	2	LAZARO CARDENAS ANCH, MX	2
SAN LORENZO, HN	2	ENSENADA, MX	1
CORINTO, NI	2	BALBOA, PA	1
KITIMAT, CA	2	GUAYAQUIL, EC	1
GUAYAQUIL, EC	1	SALINA CRUZ, MX	1
HOUSTON, US	1	SAN FRANCISCO ANCH, US	1
MANZANILLO, MX	1	CJK, CN	1
GUAYMAS, MX	1	GUAYAQUIL ANCH, EC	1
LONG BEACH, US	1	TOPOLOBAMPO ANCH, MX	1
SANTA ROSALIA, MX	1	GUAYMAS ANCH, MX	1
CEUTA, ES	1	CALLAO, PE	1
BURGAS, BG	1	LAZARO CARDENAS, MX	1
SAN JUAN, PR	1	ACAJUTLA, SV	1
PHU MY, VN	1	GLADSTONE, AU	1
MINHANG, CN	1	VANCOUVER, US	1
		TOKYO BAY, JP	1
		YEOSU ANCH, KR	1
		LIANYUNGANG, CN	1

Tabla 2-15. Orígenes y destinos por de buques de carga general

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Special Cargo		
Orígenes	**Registros**	**Destinos**	**Registros**
ZHANGJIAGANG, CN	4	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	4
LONG BEACH, US	2	GUAYAQUIL, EC	3
PUERTO QUETZAL, GT	1	MANZANILLO ANCH, MX	2
SHANGHAI, CN	1	ENSENADA, MX	1
TOPOLOBAMPO, MX	1	NINGBO, CN	1
YOKOHAMA, JP	1	ULSAN ANCH, KR	1
PORT ARTHUR, US	1	SALINA CRUZ ANCH, MX	1
NANJING, CN	1	PUERTO QUETZAL, GT	1
IQUIQUE, CL	1		
PUERTO SANTO TOMAS, GT	1		

Tabla 2-16. Orígenes y destinos de buques de carga especial

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Bulk Carrier		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
MAZATLAN, MX	77	MANZANILLO ANCH, MX	65
TIANJIN, CN	46	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	30
LAZARO CARDENAS, MX	34	LAZARO CARDENAS, MX	30
VANCOUVER, CA	24	LAZARO CARDENAS ANCH, MX	21
PUERTO QUETZAL, GT	16	VANCOUVER, CA	19
MANZANILLO ANCH, MX	12	LONG BEACH ANCH, US	19
MANZANILLO, MX	10	TOPOLOBAMPO, MX	14
TOPOLOBAMPO, MX	9	GUAYMAS, MX	13
PRINCE RUPERT, CA	9	TOPOLOBAMPO ANCH, MX	12
ENSENADA, MX	8	GUAYMAS ANCH, MX	11
PORTLAND OR, US	7	GUAYAQUIL, EC	10
YANTAI, CN	6	SAN FRANCISCO ANCH, US	10
BUENAVENTURA, CO	5	VANCOUVER ANCH, CA	8
ACAJUTLA, SV	5	CORINTO ANCH, NI	8
GUAYMAS, MX	4	ACAJUTLA, SV	8
TOCOPILLA, CL	4	ASTORIA ANCH, US	7
MEJILLONES, CL	4	BUENAVENTURA ANCH, CO	6
PORSGRUNN, NO	4	PUERTO QUETZAL ANCH, GT	6
SHANGHAI, CN	3	CALLAO ANCH, PE	6
BUSAN, KR	3	SAN LORENZO, HN	4
KWINANA, AU	3	MANZANILLO, MX	4
NANTONG, CN	3	PUERTO QUETZAL, GT	4
GEELONG, AU	3	LONGVIEW, US	3
MATARANI, PE	3	SANTA ROSALIA NORTH, MX	3
ALBANY, AU	3	ACAJUTLA ANCH, SV	3
GUAYAQUIL, EC	2	KALAMA, US	3
CALLAO, PE	2	STOCKTON, US	2
LOS ANGELES, US	2	ULSAN ANCH, KR	2
YOKOHAMA, JP	2	PRINCE RUPERT ANCH, CA	2
CALDERA, CR	2	MANTA ANCH, EC	2
SAN LORENZO, HN	2	ABERDEEN ANCH, US	2
CORINTO, NI	2	MAZATLAN, MX	2
PANAMA CANAL, PA	2	TIANJIN, CN	1
SANTA ROSALIA, MX	2	BUSAN ANCH, KR	1
PORTLAND AU, AU	2	SALINA CRUZ, MX	1
VILA DO CONDE, BR	2	GUAYAQUIL ANCH, EC	1
MESAIEED, QA	2	MAZATLAN ANCH, MX	1
VANCOUVER ANCH, CA	2	PISCO ANCH, PE	1
NORRKOPING, SE	2	LONG BEACH, US	1
TERNEUZEN, NL	2	PORTLAND OR, US	1
LIMON, CR	2	LANSHAN, CN	1
QALHAT, OM	2	ANACORTES, US	1
CAOFEIDIAN, CN	2	SINGAPORE ANCH, SG	1
PORT ALLEN, US	2	MORRO REDONDO, MX	1
BALBOA, PA	1	MATARANI, PE	1
HOUSTON, US	1	ONSAN, KR	1
LONG BEACH, US	1	WHYALLA ANCH, AU	1
NANJING, CN	1	ONAHAMA ANCH, JP	1
KAOHSIUNG, TW	1	HIMEJI ANCH, JP	1
LIVERPOOL, GB	1	LOWER VANCOUVER ANCH, US	1
ST PETERSBURG, RU	1	JINZHOU ANCH, CN	1
TUAPSE, RU	1	CALDERA ANCH, CR	1
CASABLANCA, MA	1	MORRO REDONDO ANCH, MX	1
UST-LUGA, RU	1	HUARMEY ANCH, PE	1
JINGTANG, CN	1	AUKE BAY ANCH, US	1
ZHOUSHAN, CN	1	PRINCE RUPERT, CA	1
PORT KEMBLA, AU	1	RICHMOND, US	1
ARZEW, DZ	1	ZHANGJIAGANG, CN	1
GLOMFJORD, NO	1	WEST SACRAMENTO, US	1
RIO CULLEN, AR	1		
ROTTERDAM WAALHAVEN, NL	1		
DONGJIAKOU, CN	1		
CONVENT, US	1		
ANTWERP, BE	1		
LA UNION, SV	1		
KISARAZU, JP	1		
MOIN, CR	1		
ITACOATIARA, BR	1		
TRAFARIA, PT	1		
LANSHAN, CN	1		
OSAKA, JP	1		
TAICANG, CN	1		
HIROHATA, JP	1		
PATACHE, CL	1		

Tabla 2-17. Orígenes y destinos de buques graneleros

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Passenger Vessel		
Orígenes	**Registros**	**Destinos**	**Registros**
SAN FRANCISCO, US	4	PUERTO VALLARTA, MX	5
PUERTO VALLARTA, MX	4	MAZATLAN, MX	3
LOS ANGELES, US	2	ACAPULCO, MX	2
ACAPULCO, MX	2	VANCOUVER, CA	1
PUERTO QUETZAL, GT	1	LONG BEACH, US	1
PUNTARENAS, CR	1	PUERTO QUETZAL, GT	1
CHAHUE, MX	1	SAN FRANCISCO, US	1
AMADOR CRUISE PORT, PA	1	PICHILINGUE, MX	1
		PUNTARENAS, CR	1

Tabla 2-18. Orígenes y destinos de buques de pasajeros

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Oil/Chemical Tanker		
Orígenes	**Registros**	**Destinos**	**Registros**
SALINA CRUZ, MX	39	MAZATLAN ANCH, MX	27
LAZARO CARDENAS, MX	32	MAZATLAN, MX	20
HOUSTON, US	12	LAZARO CARDENAS, MX	13
ACAPULCO, MX	10	ACAPULCO, MX	11
MAZATLAN, MX	9	LAZARO CARDENAS ANCH, MX	9
LA PAZ, MX	6	TOPOLOBAMPO ANCH, MX	9
GUAYMAS, MX	4	MANZANILLO ANCH, MX	8
SINGAPORE, SG	4	LA PAZ, MX	5
ROSARITO, MX	4	LA PAZ ANCH, MX	5
BEAUMONT, US	4	SALINA CRUZ ANCH, MX	5
TOPOLOBAMPO, MX	3	ACAPULCO ANCH, MX	5
PORT ARTHUR, US	2	GUAYMAS, MX	4
CHERRY POINT, US	2	TOPOLOBAMPO, MX	3
GARYVILLE, US	2	VANCOUVER, CA	2
MANZANILLO, MX	1	SALINA CRUZ, MX	2
MANZANILLO ANCH, MX	1	LONG BEACH ANCH, US	2
FERNDALE, US	1	ROSARITO ANCH, MX	2
GOOD HOPE, US	1	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	1
		ULSAN ANCH, KR	1
		GUAYMAS ANCH, MX	1
		SAN PABLO BAY ANCH, US	1

Tabla 2-19. Orígenes y destinos de buque-tanques para petróleo y productos químicos

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	LPG Tanker		
Orígenes	**Registros**	**Destinos**	**Registros**
HOUSTON, US	13	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	8
PUERTO QUETZAL, GT	1	PUERTO QUETZAL, GT	4
PANAMA CANAL, PA	1	CALLAO ANCH, PE	3
NEDERLAND, US	1	PUERTO QUETZAL ANCH, GT	1

Tabla 2-20. Orígenes y destinos de buques gaseros de LPG

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Crude Oil Tanker		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
MAZATLAN, MX	2	PANAMA ANCH PACIFIC, PA	1
DAESAN, KR	1	ACAPULCO ANCH, MX	1

Tabla 2-21. Orígenes y destinos de buques petroleros de crudo

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Oil Products Tanker		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
SALINA CRUZ, MX	9	MAZATLAN ANCH, MX	4
LAZARO CARDENAS, MX	1	MAZATLAN, MX	3
MAZATLAN, MX	1	LAZARO CARDENAS, MX	2
HOUSTON, US	1	LA PAZ, MX	1
LA PAZ, MX	1	LA PAZ ANCH, MX	1
		TOPOLOBAMPO ANCH, MX	1
		TOPOLOBAMPO, MX	1

Tabla 2-22. Orígenes y destinos de buques de productos petrolíferos

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Heavy Load Carrier		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
MANZANILLO, MX	1	MANZANILLO, MX	1
ROBERTS BANK, CA	1	ZHOUSHAN, CN	1

Tabla 2-23. Orígenes y destinos de buques de carga pesada

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Ro-Ro/Vehicles Carrier		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
MOKPO, KR	1	LAZARO CARDENAS, MX	1

Tabla 2-24. Orígenes y destinos de buques Ro-Ro

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	Special Passenger Vessel		
Orígenes	Registros	Destinos	Registros
LOS ANGELES, US	1	PANAMA CANAL, PA	1

Tabla 2-25. Orígenes y destinos de buque especial de pasajeros

Orígenes y Destinos por tipo de Buque del puerto de Manzanillo

Tipo de buque	LNG Tanker		
Orígenes	Registros	Destinos	Registr
PAMPA MELCHORITA, PE	1	PISCO ANCH, PE	1

Tabla 2-26. Orígenes y destinos de buques de LNG

3. Opinión de expertos y relación con el VTS "*Vessel Traffic System*" de Manzanillo para cuestiones de impacto ambiental

3.1. Opinión técnica de expertos en pilotaje

3.1.1. Opinión del Cap. de Altura José Luis Hernández Abdalah para la proyección completa del nuevo puerto considerando 7 muelles

Con el crecimiento que se le está proyectando a Manzanillo como un Puerto HUB, el tráfico de embarcaciones va a subir exponencialmente en un 300%, por lo tanto, las reglas de operación del VTS deben ser abordadas considerando las cuestiones de:

1. Seguridad de la Vida Humana en la Mar
2. Protección del medio ambiente marino

Para esto, es importante destacar que se tienen que seguir las reglas de la IALA para tal efecto y por lo tanto se creen división de flujos de tráfico de acuerdo a las recomendaciones de la OMI. En este sentido, es necesario destacar que la capacitación a los operadores de control de tráfico marítimo se debe impartir por personal certificado de la IALA para tal efecto.

Actualmente la única entidad mexicana en este sentido, es el (FUMPM) FIDEICOMISO de Escuelas Náuticas, que en la actualidad no se da abasto para cumplir con estas funciones, y por lo tanto se deben considerar la posibilidad de que se certifiquen a otras entidades privadas para tal efecto.

Además, el Sistema de Control de Tráfico Marítimo debe participar de una manera muy concreta en la protección de la fauna marina principalmente hacia las ballenas y ballenatos donde se controle la propulsión y el sonido acústico de acuerdo a las directrices que está indicando la OMI en su guía "DIRECTRICES REVISADAS PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO RADIADO DEBIDO AL TRANSPORTE MARÍTIMO CON EL FIN DE ABORDAR"
SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA y que establece varios rubros entre los que podemos mencionar la "optimización del asiento y el calado del buque puede reducir la potencia necesaria" y" el ajuste y optimización de la ruta del buque, la velocidad y el tiempo de navegación para reducir el tiempo que esté fondeado y el ruido submarino radiado en puerto y zonas costeras", entre otras.
Es importante determinar un radio de 10 MN para que a partir de que las embarcaciones ingresen a ese radio, empiecen a navegar de acuerdo a las instrucciones que les esté dando el radarista de guardia en el Sistema de Control de Tráfico Marítimo.
Por lo tanto, la torre de control deberá de asegurarse que las embarcaciones cumplan con las reglas de operación para tal efecto.

3.1.2. Avistamientos de ballenas en inmediaciones del puerto de Manzanillo, Col.

I.- La temporada en que se tiene conocimiento de avistamientos es en invierno (diciembre a marzo)
Lugares en los que normalmente son avistadas: en la costa entre La Piedra Blanca y Melaque, y esporádicamente en las bahías de Manzanillo y Santiago.
Debido a que son animales tímidos, que se asustan fácilmente con el ruido de los grandes barcos, por lo que se recomienda salir a pasear en una embarcación con motor fuera de borda con un caballaje entre 100 y 170 HP.

A.- La Autoridad encargada de proporcionar los permisos a las embarcaciones marítimas son:
Secretaria del medio ambiente (SEMARNAT, Oficina vida silvestre), y quien vigila su cumplimiento es PROFEPA, para avistamientos en específico y en general, a los prestadores de servicios turísticos de Manzanillo, no les conviene conseguir este tipo de permisos, ya que sus servicios están diversificados a: pesca deportiva, buceo y no para avistamiento de ballenas, reconociéndose a la Secretaria de Turismo, como la autoridad que otorga citados permisos.

B.- Los prestadores de servicios se encuentran principalmente en: muelle de pescadores de Manzanillo Centro, muelle turistico de las Hadas y en la playa de la Boquita.

Rosco Man en Manzanillo
314-123-0987

Compañía Double Trouble charters en Las Hadas
314-106-1874
314-198-9819

Hugo Rodriguez pesca deportiva y paseos en Las Hadas
314-106-4170

Extreme Ray pesca tour en la Boquita.
314-352-0780

II.- Conclusiones y recomendaciones

Se recomienda la Compañía Double Trouble en Las Hadas

3.2. Responsabilidades y alcances del Centro de Control de Tráfico Marítimo.

Marco institucional: IALA

La International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities es el organismo internacional encargado de establecer estándares, recomendaciones y mejores prácticas para las ayudas a la navegación marítima y los Servicios de Tráfico Marítimo (VTS).

Su marco normativo se enfoca en:

3. Seguridad de la vida humana en el mar
4. Eficiencia del tráfico marítimo
5. Gestión de riesgos operacionales
6. Protección del medio ambiente marino

Estos lineamientos se desarrollan en concordancia con instrumentos internacionales como el International Maritime Organization, particularmente el Convenio SOLAS.

Centro de Control de Tráfico Marítimo (VTS) en Manzanillo

El puerto de Manzanillo es uno de los principales puertos del Pacífico mexicano, lo que requiere una gestión eficiente del tráfico marítimo mediante sistemas VTS.

Responsabilidades operativas

El VTS desarrolla funciones basadas en vigilancia, información y organización del tráfico:

- Supervisión del tráfico marítimo mediante radar, AIS y comunicaciones VHF
- Provisión de información sobre condiciones meteorológicas y riesgos
- Coordinación de maniobras de entrada, salida y tránsito
- Prevención de colisiones, encallamientos y congestión
- Apoyo en emergencias marítimas

Fuente:
IALA. VTS Manual (IALA V-127) https://www.iala.int/product/vts-manual/

Alcances y facultades

Conforme a estándares internacionales:

- El VTS no sustituye la autoridad del capitán
- Proporciona servicios de información, asesoramiento e instrucciones según normativa
- Puede organizar el tráfico mediante sistemas de separación y control de accesos

Estas disposiciones se encuentran respaldadas por el Convenio SOLAS.

Fuente:
International Maritime Organization. SOLAS Convention, Chapter V – Safety of Navigation
https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/SOLAS.aspx

Protección de rutas de ballenas y gestión ambiental

El área del Pacífico mexicano donde se ubica Manzanillo forma parte de rutas migratorias de cetáceos, lo que introduce un componente ambiental relevante en la gestión portuaria.

El VTS contribuye a la mitigación de impactos mediante:

- Monitoreo de zonas con presencia de fauna marina
- Emisión de avisos a embarcaciones
- Recomendación de reducción de velocidad
- Propuesta de rutas alternativas
- Coordinación con autoridades ambientales

Estas acciones responden al enfoque de protección ambiental promovido por IALA y organismos internacionales.

Fuente:
IALA. Guidelines on the Protection of the Marine Environment https://www.iala.int/

Adicionalmente:
International Maritime Organization. Guidance on ship strikes with cetaceans

https://www.imo.org/

3.3. Comparación con otros puertos ubicados en el océano Pacífico (Puerto de Prince Rupert y Puerto de Vancouver)

En el contexto actual del comercio internacional, los puertos marítimos se han convertido en elementos clave para el desarrollo económico de los países. Su crecimiento ha permitido facilitar el intercambio de mercancías a gran escala; sin embargo, también ha generado impactos significativos en los ecosistemas marinos. Uno de los más importantes es la afectación a las rutas migratorias de las ballenas, particularmente en el océano Pacífico.

Las ballenas realizan migraciones de larga distancia que abarcan miles de kilómetros. Estas rutas conectan zonas de alimentación ubicadas en aguas frías con áreas de reproducción en regiones más cálidas. Durante este proceso, los cetáceos dependen de condiciones ambientales específicas, como la disponibilidad de alimento, la temperatura del agua y la ausencia de perturbaciones externas.

Sin embargo, el crecimiento del tráfico marítimo ha provocado una superposición directa entre estas rutas naturales y las rutas de navegación comercial. Esto ha generado una interacción constante que pone en riesgo la integridad de las poblaciones de ballenas.

Importancia biológica de las rutas migratorias

Las rutas migratorias no solo representan trayectorias de desplazamiento, sino que constituyen sistemas complejos que permiten la supervivencia de las especies. A través de estas rutas, las ballenas acceden a recursos esenciales y mantienen el equilibrio de los ecosistemas marinos.

En el Pacífico norte, regiones como la Columbia Británica destacan por su alta biodiversidad y por ser puntos clave dentro de estas rutas. En estas zonas, es común encontrar diversas especies de cetáceos que utilizan estos corredores para alimentarse y reproducirse.

La alteración de estas rutas puede tener consecuencias graves, como la disminución de poblaciones, la pérdida de biodiversidad y el desequilibrio de los ecosistemas.

Uno de los principales problemas identificados en la actualidad es la coincidencia entre las rutas migratorias de las ballenas y las rutas utilizadas por los buques comerciales. Esta superposición se debe a que ambos sistemas buscan condiciones óptimas: las ballenas siguen corrientes y zonas ricas en alimento, mientras que los barcos utilizan rutas eficientes y seguras.

El resultado es una interacción constante que genera múltiples riesgos, entre los que destacan las colisiones, el ruido submarino y la alteración del comportamiento de las especies.

Impacto del ruido submarino

El ruido submarino es uno de los factores más perjudiciales para las ballenas. Este tipo de contaminación se produce por el funcionamiento de los motores de los barcos y se propaga fácilmente en el agua.

Las ballenas dependen del sonido para comunicarse, orientarse y localizar alimento. Cuando el ruido interfiere con estas funciones, se produce un fenómeno conocido como enmascaramiento acústico, que dificulta su supervivencia.

Riesgo de colisiones

Otro problema importante es el riesgo de colisiones entre embarcaciones y ballenas. Estas colisiones pueden causar lesiones graves o la muerte de los animales, especialmente en zonas de alto tráfico marítimo.

Necesidad de estrategias de protección

Ante estos problemas, se ha vuelto necesario implementar estrategias que permitan reducir el impacto del tráfico marítimo en las rutas de ballenas. En este sentido, los puertos de Vancouver y Prince Rupert han desarrollado programas innovadores que sirven como referencia a nivel internacional y que pudieran ser aplicables para el puerto de Manzanillo y la Laguna de Cuyutlán.

El Puerto de Vancouver como referente en la protección de rutas de ballenas

El Puerto de Vancouver se ha consolidado como uno de los principales referentes internacionales en la implementación de estrategias para la protección de las rutas migratorias de ballenas. Ubicado en la Columbia Británica, Canadá, este puerto opera en una región conocida por su alta biodiversidad marina, particularmente por la presencia de cetáceos como las orcas residentes del sur, ballenas jorobadas y ballenas grises.

La ubicación estratégica del puerto implica una intensa actividad marítima que coincide directamente con rutas migratorias de gran importancia ecológica. Ante esta situación, la autoridad portuaria ha desarrollado diversas iniciativas orientadas a reducir el impacto de sus operaciones sobre estas especies, destacando el programa ECHO (*Enhancing Cetacean Habitat and Observation*).

Origen y objetivos del programa ECHO

El programa ECHO fue creado como respuesta a la preocupación por el deterioro del hábitat de los cetáceos en el mar de Salish. Su objetivo principal es comprender y mitigar los efectos del tráfico marítimo sobre las ballenas, especialmente en lo relacionado con la contaminación acústica y el riesgo de colisiones.

Este programa se basa en un enfoque colaborativo que involucra a múltiples actores, incluyendo autoridades gubernamentales, empresas navieras, científicos, organizaciones ambientales y comunidades indígenas. Esta cooperación permite generar soluciones integrales y basadas en evidencia científica.

Identificación de zonas críticas en rutas de ballenas

Uno de los principales logros del programa ECHO ha sido la identificación de zonas críticas donde coinciden las rutas de navegación y las rutas migratorias de ballenas. Estas áreas representan puntos de alta vulnerabilidad, ya que concentran tanto tráfico marítimo como actividad biológica.

A través de estudios científicos y monitoreo constante, se han delimitado zonas específicas donde se aplican medidas de protección. Esta información es fundamental para orientar las decisiones operativas del puerto.

Reducción de velocidad en zonas de tránsito de cetáceos

Una de las estrategias más efectivas implementadas por el programa ECHO es la reducción voluntaria de la velocidad de los buques en áreas donde se ha detectado la presencia de ballenas.

La disminución de la velocidad tiene un doble efecto positivo:

- Reduce el riesgo de colisiones
- Disminuye el ruido submarino

Diversos estudios realizados en el marco del programa ECHO han demostrado que la reducción de la velocidad de las embarcaciones puede disminuir de manera significativa los niveles de ruido submarino, lo cual contribuye a mejorar las condiciones del hábitat de los cetáceos. En particular, estas investigaciones evidencian que la disminución de la velocidad no solo reduce la intensidad del sonido generado por los buques, sino que también atenúa los efectos del enmascaramiento acústico, favoreciendo la comunicación, orientación y comportamiento natural de las ballenas (Malinka et al., 2023; Vancouver Fraser Port Authority, s.f.). (fuente https://tethys.pnnl.gov/publications/evaluating-benefits-noise-reduction-mitigation-echo-program)

Modificación de rutas marítimas

Otra estrategia clave consiste en la modificación de rutas de navegación para evitar zonas de alta concentración de cetáceos. Aunque esta medida puede implicar ajustes logísticos, su implementación ha demostrado ser altamente efectiva en la protección de las rutas migratorias.

Estas modificaciones se realizan con base en datos científicos y en el monitoreo continuo del comportamiento de las ballenas.

Monitoreo acústico y evaluación de impacto

El programa ECHO utiliza tecnología avanzada para monitorear el ruido submarino y evaluar el impacto de las medidas implementadas. A través de sensores acústicos, es posible medir los niveles de sonido en diferentes áreas y analizar su efecto en las ballenas.

Esta información permite realizar ajustes en tiempo real y mejorar la efectividad de las estrategias de protección.

Resultados del programa ECHO en rutas de ballenas

Los resultados obtenidos han sido significativos. Se ha logrado reducir considerablemente el ruido submarino en zonas críticas, así como disminuir el riesgo de colisiones. Además, el programa ha generado información valiosa sobre el comportamiento de las ballenas, lo que contribuye a mejorar la gestión de las rutas marítimas.

El Puerto de Prince Rupert y su enfoque científico

El Puerto de Prince Rupert representa otro caso destacado en la gestión sostenible de rutas de ballenas. A diferencia de Vancouver, su enfoque se centra principalmente en la investigación científica y el monitoreo en tiempo real, a través del proyecto SWAG (Ships, Whales & Acoustics in Gitga'at Territory).

Este proyecto se desarrolla en el territorio de la comunidad Gitga'at, una región con alta presencia de cetáceos y de gran importancia ecológica.

Objetivos del proyecto SWAG

El proyecto SWAG tiene como objetivo comprender la interacción entre el tráfico marítimo y las ballenas, así como desarrollar herramientas para reducir los impactos negativos.

Entre sus metas principales se encuentran:

- Monitorear la presencia de cetáceos
- Analizar el impacto del ruido submarino
- Prevenir colisiones
- Generar información científica para la toma de decisiones

Tecnología utilizada en el monitoreo de rutas de ballenas

El proyecto SWAG utiliza diversas herramientas tecnológicas avanzadas, como:

- Hidrófonos submarinos
- Sistemas de inteligencia artificial
- Monitoreo en tiempo real
- Observación directa

Estas tecnologías permiten detectar la presencia de ballenas, identificar especies y analizar su comportamiento.

Importancia del monitoreo en tiempo real

El monitoreo en tiempo real permite anticipar riesgos y tomar decisiones inmediatas para proteger a las ballenas. Por ejemplo, si se detecta la presencia de cetáceos en una zona determinada, se pueden ajustar las rutas o velocidades de las embarcaciones.

Participación de comunidades indígenas

Uno de los aspectos más importantes del proyecto SWAG es la participación de comunidades indígenas, quienes aportan conocimientos tradicionales sobre el comportamiento de las ballenas.

Esta colaboración enriquece la investigación científica y fortalece las estrategias de conservación.

Resultados del proyecto SWAG

El proyecto ha permitido mejorar la comprensión de las rutas migratorias y ha contribuido a la implementación de medidas más efectivas para su protección.

Comparación directa entre Vancouver, Prince Rupert y Manzanillo

Al comparar los tres puertos, se observan diferencias importantes en la gestión de las rutas de ballenas.

En Vancouver, se ha adoptado un enfoque basado en la regulación y la modificación de rutas. En Prince Rupert, el enfoque se centra en la investigación y el monitoreo en tiempo real. En contraste, el Puerto de Manzanillo presenta un menor desarrollo en este ámbito.

Limitaciones del Puerto de Manzanillo

El Puerto de Manzanillo enfrenta diversos retos, entre los que destacan:

- Falta de monitoreo en tiempo real
- Ausencia de programas especializados
- Limitada integración de tecnología

Estas limitaciones dificultan la protección de las rutas migratorias.

Impacto ambiental en Manzanillo

El incremento del tráfico marítimo en Manzanillo ha generado presiones sobre el ecosistema marino. La falta de estrategias específicas para proteger las rutas de ballenas aumenta el riesgo de impactos negativos.

Oportunidades de mejora

El puerto tiene la oportunidad de adoptar estrategias similares a las implementadas en Canadá, como:

- Reducción de velocidad
- Monitoreo acústico
- Colaboración científica
- Análisis de las rutas que utilizan los operadores turísticos para el avistamiento de Ballenas en el área

Conclusión de tema 3.3

La comparación entre los puertos de Vancouver, Prince Rupert y Manzanillo evidencia la importancia de integrar la sostenibilidad en la gestión portuaria, especialmente en lo relacionado con la protección de las rutas de ballenas.

Los puertos canadienses han demostrado que es posible reducir el impacto del tráfico marítimo mediante el uso de tecnología, la colaboración interinstitucional y la implementación de medidas específicas.

Por su parte, el Puerto de Manzanillo presenta áreas de oportunidad que podrían ser aprovechadas para mejorar su desempeño ambiental.

De acuerdo al estudio de Tráfico de Marine Traffic se determinarán las principales rutas que hoy en día están utilizando las embarcaciones tanto petroleras, gaseras, de contenedores y de otras cargas para arribar tanto a la laguna de Cuyutlán como al puerto de Manzanillo, por lo que con un cruce de información con los operadores turísticos que operan el avistamiento de ballenas y algunos resultados que presente la Universidad de Colima, se redacten reglas de operación claras que se reflejen en la operación del sistema de tráfico marítimo para recomendar ya sea reducciones de velocidad y cambios de rutas si fuera el caso, mismas que se entregarán en la conclusión de este estudio.

La protección de las rutas migratorias de ballenas no solo es una cuestión ambiental, sino también un desafío global que requiere la participación de múltiples actores.

El futuro de los puertos dependerá de su capacidad para equilibrar el desarrollo económico con la conservación de los ecosistemas marinos.

Referencias bibliográficas:

- BC Whales. (s.f.). SWAG Project:
  Ships, Whales & Acoustics in Gitga'at Territory.
  https://bcwhales.org/research/swag-project/
- AIVP. (s.f.). Puerto de Vancouver:
- preservando nuestros entornos naturales para las generaciones futuras. https://www.aivp.org/es/newsroom/puerto-de-vancouver-preservando-nuestros-entornos-naturales-para-las-generaciones-futuras/
- World Ports Sustainability Program. (s.f.). Vancouver Fraser Port Authority: The ECHO Program:
- https://sustainableworldports.org/project/vancouver-fraser-port-authority-the-echo-program/
- Portal Portuario. (s.f.). Puerto de Vancouver inicia prueba de programa ECHO de protección de ballenas:
  https://portalportuario.cl/puerto-de-vancouver-inicia-prueba-de-programa-echo-de-proteccion-de-ballenas/

3.4. Integración de la NOM-131-SEMARNAT-2010 en la La gestión ambiental

La presente Norma Oficial Mexicana establece los lineamientos y especificaciones que deben seguirse en las actividades de observación de ballenas, con el objetivo de garantizar su protección, conservación y la preservación de su hábitat natural. Asimismo, es de carácter obligatorio para todas las personas físicas o morales que realicen estas actividades en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos (SEMARNAT, 2011, numeral 1).

En este sentido, la NOM-131-SEMARNAT-2010 regula el aprovechamiento no extractivo de las ballenas, es decir, aquellas actividades que permiten la interacción con estos animales sin extraerlos de su entorno, como la observación turística. Sin embargo, la norma también resulta relevante para otras actividades marítimas, ya que establece criterios que buscan minimizar el impacto humano sobre los cetáceos, incluyendo aspectos como la velocidad de las embarcaciones, la distancia de aproximación y el comportamiento de los usuarios (SEMARNAT, 2011).

La importancia de esta norma radica en que las ballenas son especies clave dentro de los ecosistemas marinos y cumplen funciones fundamentales, como el equilibrio de las cadenas alimenticias y la regulación de nutrientes en los océanos. No obstante, diversas actividades humanas, especialmente el tráfico marítimo, generan riesgos como colisiones, contaminación acústica y alteraciones en su comportamiento natural. Por esta razón, la NOM-131-SEMARNAT-2010 se basa en el principio precautorio, el cual establece que, ante la posibilidad de daño ambiental, deben adoptarse medidas preventivas aun cuando no exista certeza científica absoluta (SEMARNAT, 2011, considerandos).

El Puerto de Manzanillo, ubicado en el Océano Pacífico, es uno de los puertos más importantes del país en términos de comercio y movimiento de carga. Debido a la naturaleza de sus operaciones, en el recinto portuario no se desarrollan actividades de observación de ballenas ni es un área donde estas se encuentren de forma constante. Sin embargo, al encontrarse en una región marina donde sí habitan y transitan diversas especies de cetáceos, existe la posibilidad de que estas se encuentren en zonas cercanas a las rutas de navegación.

Por lo anterior, la integración de la NOM-131-SEMARNAT-2010 en la gestión ambiental del puerto no se enfoca en la observación turística, sino en garantizar que las operaciones portuarias se realicen sin afectar a las ballenas ni a su entorno. Actualmente, el puerto opera bajo regulaciones ambientales federales que incluyen la evaluación de impacto ambiental, el cumplimiento de la legislación ambiental vigente y la supervisión por parte de autoridades como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Estas medidas buscan prevenir la contaminación y proteger el ecosistema marino.

Sin embargo, dichas regulaciones pueden fortalecerse mediante la incorporación específica de los lineamientos de la NOM-131-SEMARNAT-2010. Por ejemplo, el numeral 4.10 establece que, en presencia de ballenas, las embarcaciones deben reducir su velocidad a menos de 5 nudos para evitar colisiones (SEMARNAT, 2011, numeral 4.10). Aunque esta situación no es común dentro del puerto, esta disposición puede aplicarse como un protocolo preventivo en las rutas de acceso y salida, donde las embarcaciones transitan hacia mar abierto.

Asimismo, el numeral 4.11 señala que no pueden coincidir más de cuatro embarcaciones alrededor de una misma ballena o grupo de ballenas (SEMARNAT, 2011, numeral 4.11). Esta medida, aunque está diseñada para actividades de observación, puede adaptarse en el puerto como una forma de evitar la concentración innecesaria de embarcaciones en caso de avistamientos ocasionales.

De igual manera, los numerales 4.12 y 4.13 establecen distancias mínimas de observación y espera entre las embarcaciones y las ballenas. En especies como la ballena jorobada, ballena gris, cachalote, ballena de minke, ballena de sei y ballena de Bryde, la distancia mínima es de 60 metros para embarcaciones menores y 80 metros para embarcaciones medianas o mayores, con una distancia de espera de 240 metros. En el caso de especies de mayor tamaño como la ballena azul y la ballena de aleta, la distancia mínima aumenta a 100 metros y 120 metros, respectivamente, manteniéndose la misma distancia de espera. Estas medidas buscan evitar la perturbación del comportamiento natural de los cetáceos.

En el contexto del Puerto de Manzanillo, estas disposiciones pueden integrarse mediante protocolos de actuación ante avistamientos, en los cuales se establezca que las embarcaciones deben respetar dichas distancias, reducir su velocidad y mantener trayectorias seguras. Esto permitiría prevenir accidentes y minimizar el impacto de las actividades portuarias sobre la fauna marina.

Por otra parte, el numeral 4.19 prohíbe acciones como arrojar residuos al mar, acosar a las ballenas o interferir en su comportamiento (SEMARNAT, 2011, numeral 4.19). Esta disposición es especialmente relevante para el Puerto de Manzanillo, ya que el manejo adecuado de residuos es un aspecto fundamental en su operación. La correcta aplicación de esta medida contribuye directamente a la conservación del ecosistema marino y a la protección de las especies que lo habitan.

Asimismo, el numeral 4.8 establece la importancia de la capacitación del personal en temas de seguridad, salud y ecología (SEMARNAT, 2011, numeral 4.8). En este sentido, el puerto puede implementar programas de capacitación dirigidos a operadores marítimos, tripulación y trabajadores portuarios, con el fin de fomentar una cultura de respeto hacia la fauna marina y promover prácticas responsables.

Además, el numeral 4.9 indica que los usuarios deben ser informados sobre el comportamiento adecuado durante las actividades relacionadas con la observación de ballenas (SEMARNAT, 2011). Aunque esta disposición está orientada al turismo, en el contexto portuario puede adaptarse mediante campañas de concientización ambiental dirigidas a trabajadores y visitantes. El comportamiento adecuado implica que los usuarios y tripulación deben:

* Mantener silencio o bajo nivel de ruido para no alterar a las ballenas.
* No realizar movimientos bruscos dentro de la embarcación.
* No arrojar objetos ni alimentos al mar.
* No intentar tocar, perseguir o acercarse directamente a las ballenas.
* Seguir en todo momento las indicaciones del capitán o guía autorizado.
* Evitar cualquier acción que interfiera con el comportamiento natural de los cetáceos.

A pesar de que el Puerto de Manzanillo ya cuenta con diversas medidas ambientales, como el cumplimiento de regulaciones federales y la supervisión de sus operaciones, aún existe la oportunidad de integrar de manera más específica los lineamientos de la NOM-131-SEMARNAT-2010. Esto permitiría no solo reforzar la protección de las ballenas que pudieran transitar en zonas cercanas, sino también fortalecer la sostenibilidad del puerto y mejorar su imagen ambiental.

En conclusión, la NOM-131-SEMARNAT-2010 representa un instrumento clave para la protección de las ballenas y su hábitat. Aunque en el Puerto de Manzanillo no se desarrollan actividades de observación de ballenas, la integración de esta norma dentro de su gestión ambiental permite adoptar un enfoque preventivo, asegurando que las operaciones portuarias se realicen sin afectar a los cetáceos. De esta manera, se contribuye a la conservación de la biodiversidad marina y al desarrollo sustentable del puerto.

Fuentes:

- SEMARNAT. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación.
- Puerto de Manzanillo. (s.f.). Información institucional.
- SEMARNAT. (s.f.). Legislación ambiental en México.
- PROFEPA. (s.f.). Supervisión y cumplimiento ambiental.

3.5. Análisis del impacto del tráfico marítimo en las rutas de avistamiento de ballenas y evaluación de medidas de mitigación

3.5.1. Las ballenas en Manzanillo: Migración, estudio del tráfico y medidas de protección



INFORMACIÓN SOBRE LA ESPECIE

Las ballenas son algunos de los animales más grandes y complejos del planeta. Estos mamíferos marinos pertenecen al orden de los cetáceos y se caracterizan por su inteligencia, su capacidad de comunicación acústica y sus impresionantes migraciones a lo largo de los océanos. Cada año recorren miles de kilómetros entre zonas de alimentación y reproducción, siguiendo rutas migratorias que conectan diferentes regiones del mundo.



MIGRACIÓN DE LAS BALLENAS

En el puerto de Manzanillo, el Centro de Control de Tráfico Marítimo, alineado con los estándares de IALA, no solo garantiza la seguridad y eficiencia del tráfico marítimo, sino que también desempeña un papel relevante en la mitigación de impactos ambientales, particularmente en la protección de especies como las ballenas dentro de sus rutas migratorias.



- Las migraciones **transoceánicas** de las ballenas están intrínsecamente ligadas a **la estacionalidad de la productividad primaria** en diferentes latitudes.

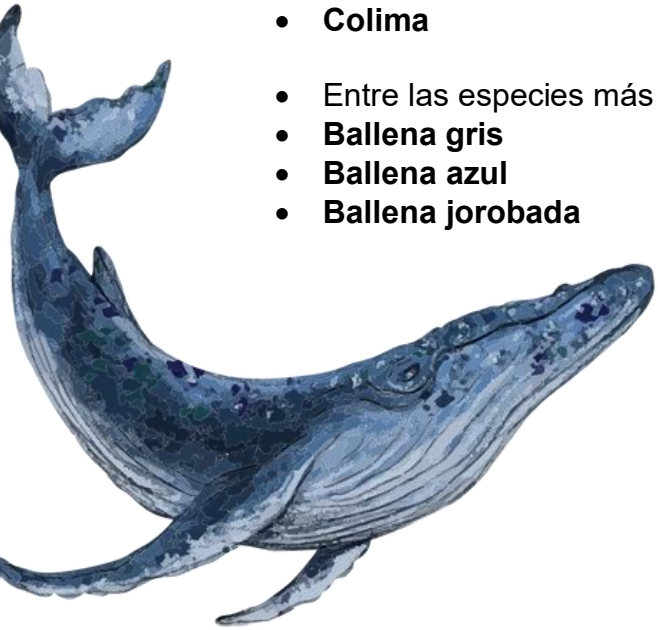
- La estrategia general consiste en desplazarse hacia **aguas frías ricas en nutrientes** durante el verano del hemisferio correspondiente, donde la abundancia de **krill, pequeños peces y zooplancton** permite la alimentación intensiva y la acumulación de reservas de grasa vitales.

- Una vez acumulada suficiente energía, las ballenas emprenden el viaje hacia aguas tropicales o subtropicales más cálidas durante el invierno, donde las temperaturas elevadas son cruciales para el **nacimiento y la supervivencia inicial de las crías.**

MIGRACIÓN DE LAS BALLENAS

- México ocupa una posición geográfica privilegiada dentro de las rutas migratorias del Pacífico. Cada año, entre **noviembre y abril**, varias especies de ballenas llegan a las costas mexicanas para reproducirse y cuidar a sus crías.
- Las principales regiones donde se concentran estos animales incluyen:
- **Baja California**
- **Golfo de California**
- **Oaxaca**
- **Jalisco**
- **Colima**

- Entre las especies más comunes que visitan el país se encuentran:
- **Ballena gris**
- **Ballena azul**
- **Ballena jorobada**



MANZANILLO COMO PUNTO IMPORTANTE EN LA MIGRACIÓN

- La costa de Colima es parte de una ruta migratoria transpacífica. Si bien la presencia de **ballenas jorobadas** es quizás la más conocida en otras zonas de México, las aguas cercanas a Manzanillo son frecuentemente visitadas por especies pelágicas de gran tamaño.
- La zona de Manzanillo, con su **plataforma continental y sus cañones submarinos**, ofrece un hábitat que puede ser utilizado tanto para el **tránsito rápido** como para el **forrajeo temporal**. La migración masiva de presas

pequeñas que acompañan a las ballenas gigantes influye en la permanencia temporal de estos mamíferos.

- A diferencia de las zonas de reproducción más protegidas, los avistamientos en Manzanillo a menudo ocurren en mar abierto, lo que requiere el uso de tecnologías avanzadas como el monitoreo acústico pasivo y el seguimiento satelital para rastrear sus movimientos sin perturbar su comportamiento natural.

MANZANILLO COMO PUNTO IMPORTANTE EN LA MIGRACIÓN

- Investigadores de la Universidad de Colima han monitoreado la presencia de ballenas jorobadas en la región desde aproximadamente 2010 para estudiar su comportamiento y ecología.
- Estas ballenas utilizan las aguas cercanas a Manzanillo principalmente para:

- Apareamiento
- Descanso durante la migración
- Cuidado de crías



- La temporada de avistamiento suele ocurrir entre octubre y abril, siendo diciembre y enero los meses con mayor presencia. Además, estudios científicos han confirmado que estas ballenas migran desde zonas de alimentación en Estados Unidos y Canadá hacia aguas mexicanas para reproducirse.

PUNTOS DE OBSERVACIÓN DE BALLENAS

- En el caso de Manzanillo, la observación de ballenas —principalmente de la especie **ballena jorobada**— ocurre de manera estacional, entre los meses de diciembre y marzo. Las **zonas más comunes de avistamiento** se localizan en:
- La bahía de Santiago
- La bahía de Manzanillo
- Áreas cercanas a Playa Miramar
- Zonas frente a Playa La Audiencia
- Corredores marinos cercanos al puerto interior y exterior

- Es importante destacar que estas áreas coinciden con rutas de navegación de embarcaciones turísticas y, en algunos casos, con tráfico portuario.

AMENAZAS PARA LAS BALLENAS EN MANZANILLO



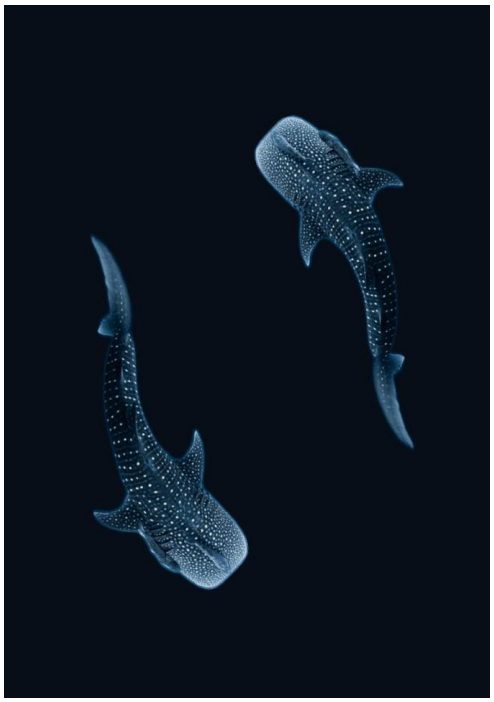
- La actividad humana en Manzanillo, dominada por una **intensa logística portuaria y pesquera**, introduce factores de riesgo significativos para las ballenas migratorias. El tráfico constante de grandes buques mercantes incrementa la probabilidad de colisiones, una de las principales causas de mortalidad no natural en grandes cetáceos a nivel mundial.

- La contaminación acústica generada por el tráfico marítimo puede interferir con la **comunicación y la ecolocalización** de las ballenas, afectando su **orientación durante la migración**. Los esfuerzos de conservación en la región han comenzado a enfocarse en la promoción de buenas prácticas para embarcaciones y la posible implementación de corredores de baja velocidad durante las temporadas pico de migración

AMENAZAS PARA LAS BALLENAS EN MANZANILLO

- Una de las amenazas más palpables y directas en un puerto concurrido como Manzanillo es el tráfico marítimo constante. Los grandes buques de carga y los ferries representan un peligro significativo debido al riesgo de **colisión**.
- La segunda amenaza importante, aunque más insidiosa, es la **contaminación**. Manzanillo genera altos niveles de **contaminación acústica debido al sonar de los barcos, las operaciones portuarias y las actividades sísmicas asociadas a la exploración o infraestructura submarina.** El ruido subacuático interfiere gravemente con **la comunicación, la navegación y la localización de alimento de las ballenas**, que dependen del sonido para interactuar en su entorno. Especies como las **ballenas jorobadas** que utilizan cantos complejos, son particularmente vulnerables a esta perturbación acústica que puede provocar estrés crónico y desorientación.

DAÑOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA



Las ballenas usan el sonido para poder comunicarse, las crías se orientan con esto ya que imitan el comportamiento de ellas, **los ballenatos dependen completamente de su madre y del sonido para sobrevivir.**

Así como también se utiliza la comunicación de vocalización para el apareamiento de las ballenas. El ruido de motores (hélices, cavitación) ocurre **en las mismas frecuencias que sus vocalizaciones**, por lo que las "tapa".

- **El ruido de lanchas turísticas**

Interfiere con su comunicación, apareamiento y afecta el comportamiento de las ballenas dañando su forma de socializar así como un aumento de estrés obligándolas a abandonar las zonas donde se encuentran, afectando su migración.

DAÑOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

- En Manzanillo se ha documentado que el tráfico de embarcaciones:
  - Causa **disturbios en cetáceos**.
  - Afecta su estancia en zonas de reproducción.
  - Las ballenas pueden **abandonar zonas críticas de crianza**.
- **Reduce el éxito reproductivo**
- El ruido crónico produce estrés fisiológico que: Disminuye la reproducción y altera el cortejo y los cantos. Esto es especialmente grave en Manzanillo, donde llegan **a reproducirse**

- **Los ballenatos son los más vulnerables porque:**
- Dependen del sonido para seguir a su madre
- Tienen menor capacidad de escape
- Se cansan más rápido ante el estrés
- Fallas en la lactancia.
- Mayor riesgo de muerte.

DAÑOS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

- **Nivel de ruido submarino**
- **Datos:**
- Lanchas turísticas: 150–170 dB
- Buques grandes: hasta 180 dB
- **Incluso pequeñas embarcaciones generan niveles de ruido extremadamente altos bajo el agua, cercanos a los de grandes buques**
- **150–180 dB bajo el agua = rango típico de embarcaciones**
- Las ballenas dependen del sonido para:
  - Comunicación
  - Navegación
  - Reproducción

NOM-131-SEMARNAT-2010

- a **NOM-131-SEMARNAT-2010**, establece los lineamientos para la protección de los mamíferos marinos frente a actividades de observación turística.
- Esta norma regula de manera específica la interacción entre embarcaciones y especies como ballenas y delfines, con el objetivo de minimizar impactos físicos, acústicos y conductuales.
- Respecto al **impacto acústico**, aunque la norma no establece un límite en decibeles específico, sí reconoce que el ruido generado por motores fuera de borda —que puede oscilar entre **150 y 170 decibeles bajo el agua**— tiene efectos significativos en los mamíferos marinos.

NOM-131-SEMARNAT-2010

- En cuanto a **distancias y maniobras**, la norma establece que:
- Las embarcaciones deben mantener una **distancia mínima de 60 metros** respecto a los mamíferos marinos.
- En el caso de crías o grupos con comportamiento sensible, esta distancia puede ampliarse hasta **80 metros o más**, dependiendo de la situación.

- Se permite un máximo de **4 embarcaciones simultáneamente** en la zona de observación.
- La velocidad de aproximación no debe exceder los **4 nudos**, y debe realizarse de forma paralela, evitando cambios bruscos de dirección.
- Está estrictamente prohibido perseguir, rodear o interceptar la trayectoria de los animales.
- Por ello, la NOM exige reducir la velocidad, evitar aceleraciones bruscas y minimizar el tiempo de permanencia en la zona de avistamiento.

SANCIONES BASADAS EN LA NOM-131-SEMARNAT-2010

- En materia de **sanciones**, el incumplimiento de esta norma se rige conforme a la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** y demás disposiciones aplicables. Las sanciones pueden incluir:
- **Multas económicas**, que pueden ir desde cientos hasta miles de Unidades de Medida y Actualización (UMA), dependiendo de la gravedad de la infracción.
- **Suspensión temporal o revocación de permisos** para la actividad turística.
- **Aseguramiento de embarcaciones** en casos de reincidencia o daño grave a la fauna.
- Posibles responsabilidades administrativas o incluso penales, si se demuestra afectación directa a especies protegidas.

MITIGACIÓN DE DAÑOS

- i bien la NOM-131-SEMARNAT-2010 establece lineamientos claros, su efectividad depende directamente de la vigilancia ejercida por PROFEPA, SEMARNAT y otras instituciones, así como de la verificación en campo. En zonas como Manzanillo, donde coexisten turismo y actividad portuaria, resulta fundamental fortalecer la inspección, el monitoreo y la participación ciudadana para asegurar su cumplimiento real.
- **Propuestas para Manzanillo:**
- Implementar **límites de velocidad en zonas de ballenas**
- Crear **zonas de exclusión acústica**
- Regular rutas de buques cercanas a áreas de avistamiento
- Monitoreo con hidrófonos **(ruido submarino)**
- Mayor vigilancia por PROFEPA

- Capacitación obligatoria a operadores turísticos

Uno de los ejemplos de protección que se pueden implementar es el programa de protección a ballenas desarrollado en el Puerto de Vancouver, Canadá.

Protección de Ballenas en el Puerto de Vancouver



- El Puerto de Vancouver implementa medidas para proteger a las ballenas, enfocándose en **la reducción del ruido submarino y la prevención de colisiones con embarcaciones.**

- 🐋 **Acciones Principales**

- **Programa ECHO (Enhancing Cetacean Habitat and Observation)**

  - Reducción voluntaria de velocidad de buques

  - Aplicado en zonas clave como el estrecho de Haro y el paso Boundary

  - Disminuye el ruido submarino y el riesgo de impacto

- **Avistamiento Responsable**

  - Empresas turísticas siguen normas estrictas

  - Presencia de guías naturalistas

  - Enfoque en educación ambiental y conservación

Programa ECHO – Protección de Ballenas en Vancouver

- **¿Qué es el Programa ECHO?**

El programa **ECHO (Enhancing Cetacean Habitat and Observation)** fue creado en 2014 por la Autoridad Portuaria de Vancouver para **reducir el impacto del tráfico marítimo en las ballenas**, especialmente las orcas residentes del sur.

- **Objetivos principales**
- Reducir el **ruido submarino** generado por los barcos
- Disminuir el **riesgo de colisiones** con cetáceos
- Proteger zonas clave de **alimentación y tránsito**

Generar **investigación científica** sobre el comportamiento de las ballenas

Programa ECHO – Protección de Ballenas en Vancouver

- **Medidas implementadas**

- **Reducción voluntaria de velocidad**
- Aplicada en áreas críticas del Mar de Salish
- Puede reducir significativamente el ruido submarino
- **Desvío de rutas marítimas:** Evita zonas donde se concentran las ballenas
- **Monitoreo acústico:** Uso de hidrófonos para medir el ruido bajo el agua
- **Colaboración internacional:**Participan científicos, navieras, gobiernos y comunidades

- **Resultados del Programa ECHO**

- Más de **6,000 barcos participantes** en iniciativas voluntarias
- Reducción de hasta **50% del ruido submarino** en zonas clave
- Alta participación: hasta **87% de buques reduciendo velocidad** en algunos periodos

Implementación del programa ECHO en Manzanillo

- El modelo del Programa ECHO demuestra que es posible **equilibrar turismo, economía y conservación**, y puede adaptarse a Manzanillo mediante regulación, tecnología y colaboración.

- **Identificación de zonas críticas**

- Realizar estudios con universidades para ubicar:
  - Rutas de migración
  - Áreas de alimentación y avistamiento
  - Definir **polígonos de protección** en la bahía de Manzanillo

- **Regulación de velocidad (medida clave)**

- Establecer límites de velocidad:
- **<10 nudos** en zonas con presencia de ballenas
- Aplicación:
- Temporada alta (Octubre-Abril)
- Supervisión por Capitanía de Puerto

Implementación del programa ECHO en Manzanillo

- **Control del turismo de avistamiento**

  Crear un **sistema de permisos oficiales** para lanchas

- **Reglas obligatorias:**

  - Distancia mínima (ej. 60–100 m)
  - Máximo de embarcaciones por grupo de ballenas
  - Capacitación certificada para guías

- **Monitoreo en tiempo real**

  Instalar:

  - **Hidrófonos** (ruido submarino)

- Drones o vigilancia costera
- Crear un sistema de alertas para embarcaciones

Implementación del programa ECHO en Manzanillo

- **Incentivos a navieras**

  Descuentos en tarifas portuarias a barcos que:

  - Reduzcan velocidad
  - Cumplan rutas ecológicas
  - Reconocimiento a empresas responsables

- **Coordinación institucional**

  Participación de:

  - SEMARNAT
  - CONANP
  - ASIPONA Manzanillo
  - Sector turístico

Implementación del programa ECHO en Manzanillo

- **Cronograma sugerido**

  Corto plazo (1 año): Regulación de velocidad + normas de avistamiento

  Mediano plazo (2–3 años): Monitoreo acústico + zonas protegidas

  Largo plazo (5 años): Sistema completo tipo ECHO con incentivos y tecnología

  Resultado esperado

- Menos ruido y estrés en ballenas
- Reducción de colisiones

- Turismo más ordenado y sostenible
- Modelo replicable en otros destinos de México

Conclusión: No se trata de copiar ECHO exactamente, sino de **adaptarlo a la realidad local** de Manzanillo con medidas progresivas y colaboración entre sectores.

BIBLIOGRAFÍA

- **Port Metro Vancouver lanza estación de escucha submarina de ruidos riesgosos para ballenas. 16 Septiembre, 2015. (https://portalportuario.cl/port-metro-vancouver-lanza-estacion-de-escucha-submarina-de-ruidos-riesgosos-para-ballenas/)**
- **Puerto de Vancouver: preservando nuestros entornos naturales para las generaciones futuras. Sánchez, José, 23 Noviembre, 2021. (https://www.aivp.org/es/newsroom/puerto-de-vancouver-preservando-nuestros-entornos-naturales-para-las-generaciones-futuras/)**
- **ECHO Program. (https://www.portvancouver.com/environment/healthy-ecosystem/echo)**
- **Shen, J. (26 de Noviembre de 2025). Threats Posed by Ocean Noise to Marine Mammals and Implications for Management. Shanghai Ocean University, págs. (pp. 165-182).**
- **Ortiz, C. (10 de Febrero de 2025). Universidad de Colima. Obtenido de Realizan universitarios expedición y monitoreo de mamíferos marinos en costas de Colima: https://www.ucol.mx/noticias/nota_13606.htm**
- **Ortega, C. (9 de Mayo de 2023). *Universidad de Colima*. Obtenido de Analizan expertos cómo los puertos y barcos afectan vida de los mamíferos marinos: https://www.ucol.mx/noticias/nota_11296.htm**
- **Esquivel, D. ,. (2019). Cetáceos del Pacífico mexicano: Avistamientos y patrones de uso de hábitat en zonas portuarias. . *Revista de Biología Marina y Oceanografía, 54(2),*, 201-215.**
- ***Autoridad Portuaria Integral de Manzanillo.* (s.f.). Obtenido de Datos de gestión de tráfico marítimo: https://www.puertomanzanillo.com.mx/espi/0000001/inicio.php**
- **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-131-SEMARNAT-2010 (https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-131-semarnat-2010)**

3.5.2. Directrices revisadas para reducir el ruido submarino radiado debido al transporte marítimo con el fin de abordar sus efectos adversos en la fauna marina de la OMI

Las directrices de la Organización Marítima Internacional (OMI) sobre la reducción del ruido submarino radiado (URN) parten del reconocimiento de que el transporte marítimo constituye una fuente relevante de emisión acústica en el medio marino, particularmente en frecuencias que coinciden con los rangos de comunicación de diversas especies. Este ruido es generado principalmente por la interacción hidrodinámica del buque con el agua, siendo la cavitación de la hélice el mecanismo dominante, así como por la transmisión de vibraciones de la maquinaria hacia el casco y de éste al medio acuático.

El enfoque adoptado por la OMI no establece límites obligatorios, sino que propone un esquema de gestión progresiva del ruido basado en el entendimiento de sus fuentes y en la implementación de medidas de mitigación a lo largo del ciclo de vida del buque. En este sentido, se reconoce que la reducción del ruido es más efectiva cuando se aborda desde la etapa de diseño, mediante la optimización de la forma del casco, la mejora del campo de estela y el diseño de hélices que operen con menor propensión a la cavitación. Estas decisiones permiten reducir de manera significativa la generación de ruido desde su origen, evitando depender exclusivamente de medidas correctivas en operación.

No obstante, las directrices también consideran la realidad de la flota existente, por lo que plantean acciones operativas y de mantenimiento como herramientas clave de mitigación. Entre ellas, destaca la reducción de la velocidad del buque, dado que existe una relación directa entre la velocidad, la carga de la hélice y la intensidad de la cavitación. De igual forma, el mantenimiento adecuado del casco y la hélice, mediante limpieza y control de incrustaciones, contribuye a mejorar las condiciones hidrodinámicas y, por tanto, a disminuir la generación de ruido. La transmisión de vibraciones desde la maquinaria puede reducirse mediante aislamiento adecuado, lo que limita la radiación acústica estructural.

Las directrices también enfatizan que el ruido submarino debe analizarse en función de las condiciones ambientales locales, ya que su propagación depende de factores como la profundidad, la batimetría y las propiedades físicas del agua. Por ello, se propone que la gestión del ruido incluya procesos de evaluación y monitoreo, ya sea mediante medición directa o modelación, con el fin de establecer condiciones base y evaluar la efectividad de las medidas implementadas.

Finalmente, la OMI reconoce que la reducción del ruido submarino no debe considerarse de manera aislada, sino como parte de una estrategia más amplia de sostenibilidad marítima. Existe una sinergia importante con la eficiencia energética, ya que muchas de las medidas que reducen la resistencia hidrodinámica y el

consumo de combustible también disminuyen la generación de ruido. En este contexto, las directrices buscan promover una transición gradual hacia prácticas operativas y de diseño más eficientes y ambientalmente responsables, sin comprometer la seguridad ni la viabilidad económica de las operaciones marítimas.

En este caso específico de Manzanillo se está proponiendo reducir el régimen de máquinas a poca avante, lo cual equivale en promedio a la mitad de la propulsión total del buque.

Las DIRECTRICES REVISADAS PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO RADIADO DEBIDO AL TRANSPORTE MARÍTIMO CON EL FIN DE ABORDAR SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA se encuentran en el anexo “3.5 OMI - Revised Guidelines For The Reduction Of Underwater Radiated Noise” en inglés y en el anexo “3.5 OMI - Directrices Revisadas Para Reducir El Ruido Submarino Radiado Debido al Transporte Marítimo” en español.

4. Informe de recomendaciones para la modificación de las reglas de operación de la ASIPONA Manzanillo orientadas a la mitigación del impacto acústico en ballenas

Medidas de mitigación de ballenas y ballenatos en la laguna de Cuyutlán que deben ser incluidas en las reglas de operación, que se elaboren en general para el puerto de Manzanillo, pero específicamente para las embarcaciones que transiten hacia la laguna de Cuyutlán, es decir, el nuevo puerto de Manzanillo:

1. En términos generales: Queda prohibida toda actividad sísmica asociada a la exploración o infraestructura submarina, a menos que sea autorizada por la Comisión Nacional de Energía, CONAPESCA, y SEMARNAT en sus respectivos ámbitos de regulación.
2. Regla 42: Que las diferentes velocidades en las diferentes zonas de tráfico, la velocidad máxima será la ahí expresada, sin embargo, se debe de considerar que el régimen de máquina máximo será el de poca avante, lo que normalmente equivale a la mitad del régimen máximo de propulsión del buque.
   De acuerdo a la recomendación 6.23 Ship Speed de las recomendaciones de la OMI en las DIRECTRICES REVISADAS PARA REDUCIR EL RUIDO SUBMARINO RADIADO DEBIDO AL TRANSPORTE MARÍTIMO CON EL FIN DE ABORDAR SUS EFECTOS ADVERSOS EN LA FAUNA MARINA. Toda embarcación mayor de 500 Unidades de Arqueo Bruto de Registro, cuyo destino sea ya sea el antiguo de Manzanillo o la Laguna de Cuyutlán, al encontrarse a una distancia de 10 millas de las respectivas boyas de recalada, deberán de reducir su régimen de máquinas a poca avante con la finalidad de disminuir ruido del sistema de máquinas de la embarcación y evitar posibles colisiones con los mamíferos. Esto se debe discutir con el cuerpo de pilotos del puerto de Manzanillo.

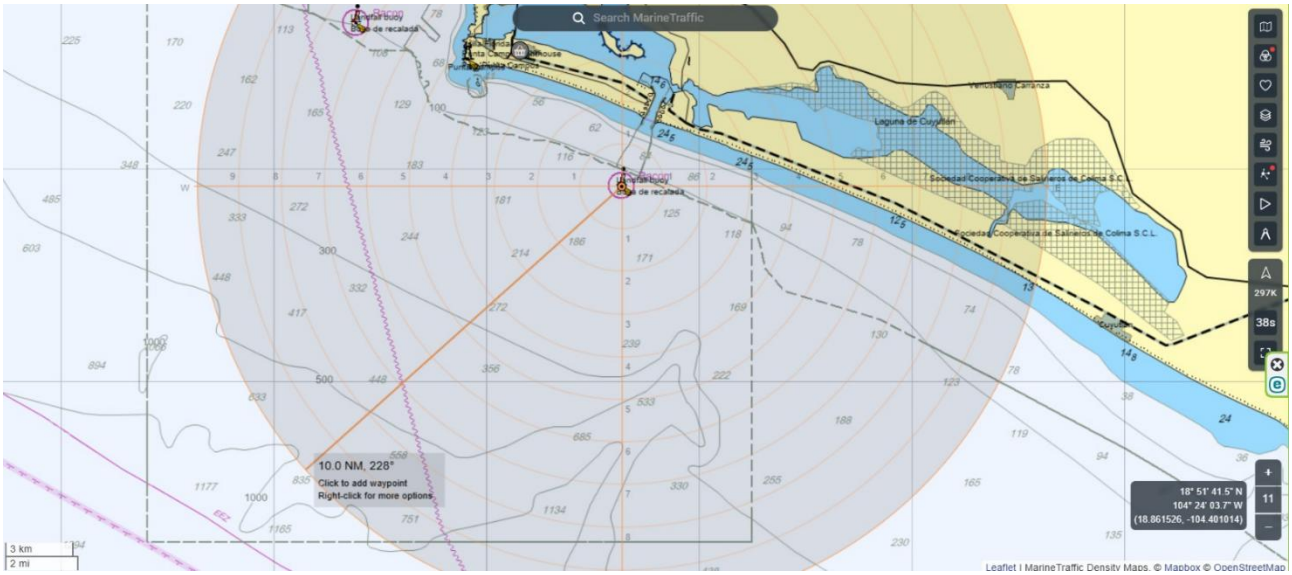


Figura 4-1. Zona de reducción de régimen de máquina

3. Una vez que se entre al radio de las 10 MN deberá haber un vigía con prismáticos para captar el avistamiento de ballenas en riesgo de colisión con la embarcación.
4. Notificación de accidentes: Toda embarcación mayor a 100 Unidades de Arqueo Bruto, en caso de haber tenido una colisión con ballenas, deberá reportarlo inmediatamente a la Capitanía de Puerto donde informe las condiciones de la colisión y las medidas de mitigación y maniobra de evasión para evitar la misma.
5. Optimización del asiento y el calado del buque puede reducir la potencia necesaria y, por tanto, el ruido de cavitación de la hélice. Deberá de hacerse un cálculo para que el asiento tenga un promedio de un diferencial de 2 pies entre el calado de proa y el calado de popa para embarcaciones tipo MR de 180 m y de 1.5 pies por lo menos para embarcaciones mayores de 200 m de eslora.
6. Ajustar y optimizar la ruta del buque, la velocidad y el tiempo de navegación para reducir el tiempo que esté fondeado y el ruido submarino radiado en puerto y zonas costeras.

5. Conclusiones

Con base en el análisis de tráfico marino y las condiciones operativas proyectadas para la Laguna del Vaso II en el Nuevo Puerto Laguna de Cuyutlán, se concluye lo siguiente:

1. **Aplicación en reglas de operación**
   El estudio constituye un insumo técnico fundamental para la elaboración y/o actualización de las reglas de operación de las terminales ubicadas en la Laguna de Cuyutlán, permitiendo establecer criterios que optimicen la gestión del tráfico marítimo bajo condiciones seguras y eficientes.
2. **Sustento para la evaluación ambiental (MIA)**
   Los resultados obtenidos permiten estimar los volúmenes de dragado requeridos para garantizar condiciones operativas óptimas, así como identificar medidas de prevención y mitigación ambiental alineadas con los Anexos I a VI del Convenio MARPOL, contribuyendo al desarrollo de la Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente.
3. **Apoyo al análisis de maniobrabilidad**
4. El estudio proporciona información relevante para la evaluación de maniobrabilidad de embarcaciones de gran porte, particularmente en lo relativo al dimensionamiento de las áreas de navegación y la determinación del claro bajo quilla (UKC), elementos clave para garantizar la seguridad de la navegación.
5. **Insumo para análisis estratégicos**
6. La información generada podrá ser utilizada como base parcial en la elaboración de análisis FODA y otros estudios estratégicos asociados al desarrollo portuario.
7. **Determinación de requerimientos de dragado**
   Se establece la necesidad de desarrollar un canal de navegación con una plantilla de:
   - **250 m en la zona de acceso**, y
   - **200 m en las áreas correspondientes a las terminales TEC 2 y 3 y TEC 4,5 y 6.** con una **profundidad de proyecto de 18.5 m**.
     A partir de la comparación entre la batimetría actual y la sección de diseño propuesta, se deberá determinar el volumen total de material a dragar, expresado en metros cúbicos (m^3), así como definir las zonas de disposición final del material (zonas de tiro) o su posible aprovechamiento en zonas de relleno, conforme a criterios técnicos y ambientales aplicables.
8. **Integración en la planeación portuaria**
   En conjunto, los resultados del estudio contribuyen a la planeación integral del Nuevo Puerto Laguna de Cuyutlán, al vincular la operación marítima, el diseño de infraestructura y la gestión ambiental bajo un enfoque de seguridad, eficiencia y sostenibilidad.

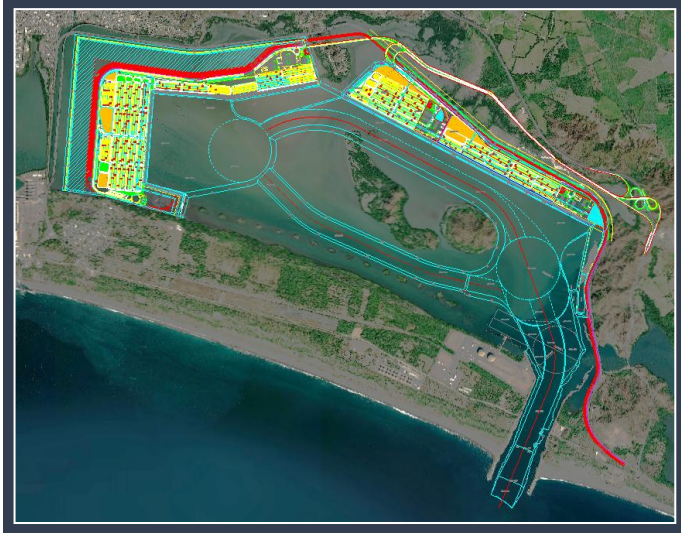
9. Dada la conformación de la flota mundial, y los movimientos históricos del puerto en las condiciones actuales, nos lleva a la conclusión de que el puerto tiene la posibilidad de crecer un 300% lo que implica que el puerto de Manzanillo pudiese considerarse como un puerto HUB en América que le de servicio tanto para la navegación inter-Pacífica como el movimiento intra-regional o navegación de corta distancia, en este sentido, el puerto de Manzanillo pudiese estar apoyando el desarrollo de trans-oceánico, es decir, una navegación de corta distancia de Manzanillo a Salina Cruz para así enviar contenedores de Salina Cruz a Coatzacoalcos y posteriormente a puertos del Golfo tanto en cabotaje como en corta distancia entre puertos de México y Estados Unidos. Y por otro lado se puede fortalecer la distribución intra-regional entre el Puerto de Manzanillo combinado con puertos de Estados Unidos en el Pacífico como son Los Ángeles y San Diego, Centro América en puertos como son Guatemala, Panamá, Puerto Rico, entre otros y Sud-América como son Colombia, Perú y Ecuador.

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL







PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

INFORME PARCIAL
ASPECTOS FÍSICOS

ENERO 2026

Preparado por:

RHG INGENIERIA

PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN.

I N F O R M E P A R C I A L
A S P E C T O S F Í S I C O S

ENERO 2026

INDICE GENERAL

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo Principal. 2
2.2 Objetivos Particulares. 2
3.0 CONDICIONANTES FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES. 3
3.1 Clima. 3
3.2 Temperatura. 4
3.3 Precipitación. 4
3.4 Vientos. 5
3.4.1 Probabilidad de Excedencia. 5
3.4.2 Rosa de viento. 5
3.4.3 Análisis Extremal de Viento. 8
3.5 Oleaje Normal. 9
3.6 Corrientes. 12
3.6.1 Corriente Exterior a la Laguna. 12
3.6.2 Corriente Interior de la Laguna. 15
3.7 Marea Astronómica. 17
3.8 Procesos Físicos Extremos. 18
3.8.1 Huracanes. 18
3.8.2 Registro Estadístico de Huracanes. 40
3.8.3 Oleaje Asociado a Eventos Extremos. 50
3.8.4 Marea de Tormenta. 54
3.9 TSUNAMIS. 57
3.9.1 Introducción. 57
3.9.2 Características de los Tsunamis. 58
3.9.3 Tipos de Tsunamis. 59
3.9.4 Propagación y tiempo de desplazamiento de los Tsunamis. 61
3.9.5 Arribo, evolución y efectos de los tsunamis. 63
3.9.6 Sistemas de Alerta. 64

3.9.7 Tsunamis Acontecidos en México..... 66
3.9.8 Vulnerabilidad de las Costas de México a los Tsunamis..... 70
3.9.9 Tsunamis Ocurridos en Manzanillo..... 71
3.9.10 Posibles Escenarios para Futuros Tsunamis en Manzanillo..... 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Clima en la Zona de Proyecto. 3
Figura 3.2 Clima en la Zona de Proyecto. 6
Figura 3.3 Rosa de Vientos Anual (1949-2018). 7
Figura 3.4 Análisis Extremal de Viento Papel Probabilístico de Weibull. 9
Figura 3.5 Localización del Nodo de Oleaje ERA5-02. 10
Figura 3.6 Estados de Mar (Oleaje y Viento) de las Series de Datos Contenida en el Nodo de Información ERA5-02. 11
Figura 3.7 Rosa de Oleaje Anual. 12
Figura 3.8 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (12-17 de Febrero). 13
Figura 3.9 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo). 13
Figura 3.10 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo). 14
Figura 3.11 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo). 15
Figura 3.12 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo). 16
Figura 3.13 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo). 17
Figura 3.14 Localización de las Zonas de Huracanes, Ciclones y Tifones. 19
Figura 3.15 Esquema de Formación de los Huracanes. 20
Figura 3.16 Número Promedio de Tormentas Tropicales (amarillo) y Huracanes (rojo) que han Ocurrido en la Cuenca del Atlántico y al Este del Océano Pacífico Durante 100 Años. 22
Figura 3.17 Trayectoria de las Tormentas que han Tocado Tierra Cercana a la Zona de Estudio. 23
Figura 3.18 Trayectoria de las Tormentas que han Tocado Tierra Cercana a la Zona de Estudio. 24
Figura 3.19 Trayectoria del Huracán Lily de 1971. 25
Figura 3.20 Trayectoria del Huracán Eugene de 1987. 26
Figura 3.21 Trayectoria del Huracán Eugene de 1987. 27
Figura 3.22 Intensidad de Lluvia por el Huracán Calvin de 1993. 28
Figura 3.23 Trayectoria del Huracán Jova del 2011. 29
Figura 3.24 Imagen Satelital del Huracán Jova del 2011. 31
Figura 3.25 Trayectoria del Huracán Olaf del 2003. 32
Figura 3.26 Mapa de Lluvia Acumulada del Día 6 al 7 de Octubre del 2003. 34
Figura 3.27 Trayectoria del Huracán Jova del 2011. 35
Figura 3.28 Trayectoria del Huracán Patricia del 2015. 38
Figura 3.29 Trayectoria de la Tormenta Tropical Ileana del 2018. 39
Figura 3.30 Trayectoria del Huracán Tara del 2018. 40
Figura 3.31 Trayectorias de los Huracanes que han Pasado por el Océano Pacífico (1949-2019). 42

Figura 3.32 Distribución del Número de Tormentas Tropicales y Huracanes para el Océano Pacífico (1949-2019). 43
Figura 3.33 Incidencia de Huracanes en las Costas Mexicanas del Océano Pacífico por Estados (1949-2019). 44
Figura 3.34 Delimitación de la Zona de Estudio. 45
Figura 3.35 Eventos Ciclónicos en la Zona de Estudio (1949-2019). 47
Figura 3.36 Delimitación de la Zona de Estudio. 46
Figura 3.37 Distribución Frecuencial del Total de Ciclones en la Zona de Estudio. 49
Figura 3.38 Análisis Probabilístico en el Papel de Weilbull de Altura de Ola Anual (Zona de Generación). 52
Figura 3.39 Análisis Probabilístico de Eventos Extremos (Condiciones Aguas Someras). 53
Figura 3.40 Rosa de Oleaje de Eventos Extremos. 54
Figura 3.41 Análisis Probabilístico de Marea de Tormenta. 55
Figura 3.42 Generación de Tsunamis. 58
Figura 3.43 Generación de Tsunamis. 61
Figura 3.44 Mecanismos Focales Asociados a Fallas de Fractura. 62
Figura 3.45 Estimación de Horas de Arribo en la Hipótesis de un Tsunami en México. 62
Figura 3.46 Ejemplo del Envío de Señal Desde el Mar. 65
Figura 3.47 Ubicación Aproximada del Sismo Ocurrido en Oaxaca en 1787. 66
Figura 3.48 Mapa de Intensidad del Sismo de 1995 y Localización del Plano de Falla. 67
Figura 3.49 Tectónica de placas en México. 70
Figura 3.50 Vulnerabilidad de Tsunamis en México. 71
Figura 3.51 Zona de Inundación por una Ola de 10 m. 74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Normales Climatológicas de Temperatura para el Puerto de Manzanillo. 4
Tabla 3.2 Promedios Mensuales de Precipitación Máxima y Máxima en 24 horas para el Puerto de Manzanillo. 5
Tabla 3.3 Frecuencia de Vientos Máximos 6
Tabla 3.4 Velocidades Sostenidas Asociadas a una Probabilidad de Excedencia. 7
Tabla 3.5 Velocidades Sostenidas de Viento Asociadas a Periodos de Retorno. 8
Tabla 3.6 Valores de Altura de Ola con Probabilidades de Excedencia y sus Periodos Asociados. 11
Tabla 3.7 Planos de Marea para Manzanillo. 18
Tabla 3.8 Escala Saffir - Simpson. 20
Tabla 3.9 Eventos Ciclónicos Evaluados para la Zona de Estudio. 48
Tabla 3.10 Eventos Ciclónicos Evaluados para la Zona de Estudio. 51
Tabla 3.11 Condiciones Extremales Asociadas a Periodos de Retorno 53
Tabla 3.12 Análisis de Marea de Tormenta a Partir de la Base de Datos de Huracanes de la Zona de Estudio. 56
Tabla 3.13 Análisis de Marea de Tormenta a Partir de la Base de Datos de Huracanes de la Zona de Estudio. 68
Tabla 3.14 Eventos sísmicos registrados en la zona de proyecto de magnitud superior a 6.5. 73
Tabla 3.15 Sismos Locales y Regionales Generadores de Tsunamis en Manzanillo. 73
Tabla 3.16 Sismos Lejanos Generadores de Tsunamis en Manzanillo. 74

1.0 INTRODUCCIÓN

El Proyecto Arquitectónico de Redimensionamiento, Actualización y Optimización Conceptual del Puerto Nuevo Manzanillo–Cuyutlán se inscribe en el proceso de transformación estructural del sistema portuario mexicano ante el crecimiento sostenido del comercio marítimo internacional y la consolidación de Manzanillo como principal nodo contenerizado del país.

La ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán representa una intervención de alta complejidad técnica, dada la naturaleza lagunar del entorno, la exposición a fenómenos meteorológicos extremos del Pacífico oriental y la interacción dinámica entre procesos oceánicos, mareales y sedimentológicos. En este contexto, el conocimiento detallado de las condicionantes físicas y ambientales no constituye un insumo accesorio del proyecto, sino la base estructural sobre la cual deben definirse los criterios de diseño, seguridad y operación de la nueva infraestructura.

El presente informe tiene por objeto caracterizar y analizar de manera integral los factores climáticos, oceanográficos, hidrodinámicos y sísmicos que inciden en la zona de proyecto, estableciendo los parámetros técnicos necesarios para el dimensionamiento seguro y eficiente de las futuras terminales, estructuras de contención y obras marítimas asociadas. El entendimiento de estos procesos es indispensable para garantizar la resiliencia del sistema ante eventos extremos, optimizar el comportamiento hidráulico de la laguna y asegurar la viabilidad técnica de la expansión portuaria.

2.0 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Principal.

El objetivo principal de los servicios descritos en el presente documento es:

- Desarrollar el análisis técnico de las condicionantes físicas y medioambientales que inciden en la zona de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán, con el propósito de establecer los parámetros de diseño y operación que aseguren la funcionalidad, seguridad estructural y sostenibilidad de la infraestructura proyectada..

2.2 Objetivos Particulares.

Los objetivos particulares de los servicios descritos en el presente documento son:

- El estudio busca caracterizar el régimen climático regional, incluyendo temperatura, precipitación y vientos dominantes, así como realizar el análisis probabilístico de eventos extremos asociados a huracanes y tormentas tropicales. Asimismo, se propone evaluar el comportamiento del oleaje normal y extremal, la dinámica de corrientes exteriores e interiores de la laguna, la marea astronómica y la posible incidencia de tsunamis en la zona de influencia del proyecto.

- De manera complementaria, el informe tiene como finalidad definir las solicitaciones físicas que deberán considerarse en el diseño de estructuras marítimas y de contención de rellenos, garantizando que el proyecto ejecutivo incorpore criterios de seguridad compatibles con periodos de retorno adecuados y estándares internacionales de ingeniería portuaria.

3.0 CONDICIONANTES FÍSICAS Y MEDIOAMBIENTALES.

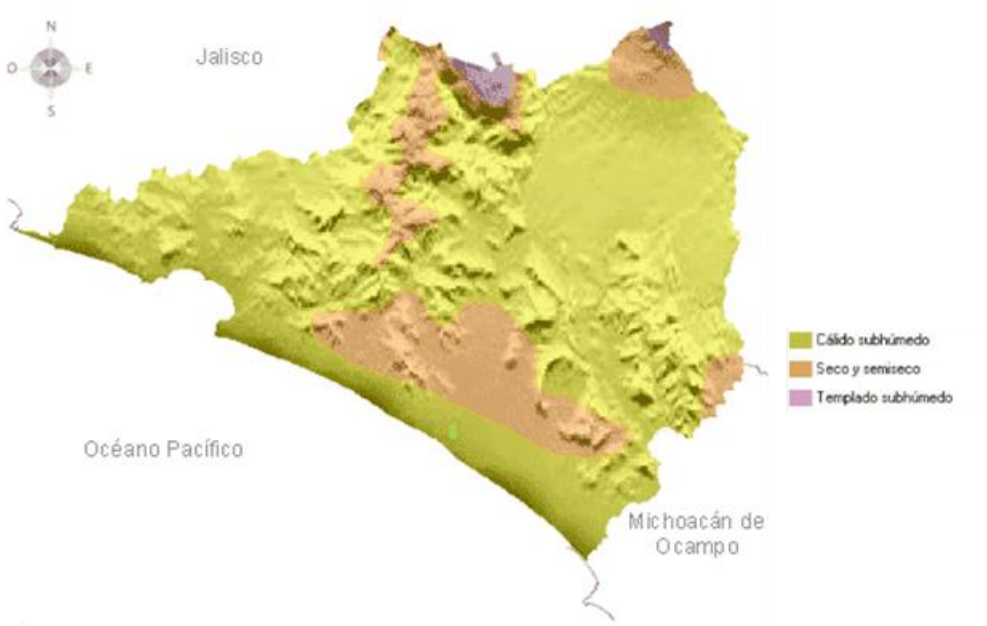
El conocimiento y comprensión del comportamiento de los aspectos físicos en la zona de estudio es esencial para el desarrollo del presente proyecto.

3.1 Clima.

El clima que impera en la región es tropical lluvioso; se considera que la temporada de lluvias corresponde a los meses de junio a octubre; siendo septiembre el mes más lluvioso debido a los frecuentes ciclones durante este mes (Rzendowski, 1978). Como resultado de los procesos climáticos, el número de días despejados es en promedio de 137 al año, y el promedio de días nublados de 116 según los reportes meteorológicos del Instituto Oceanográfico de Manzanillo. El promedio anual de humedad relativa es del 75%, siendo el mes de septiembre, el que alcanza mayor humedad, con un promedio de 82% (semar, 1989).

Esta región se caracteriza según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1964), como del tipo Awo(w)i, que corresponde a un clima tropical cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos por presentar una precipitación en el mes más seco menor de 60 mm, correspondiendo en promedio a cinco milímetros para el caso de Manzanillo (Carta de Climas del INEGI, 1980).

Figura 3.1 Clima en la Zona de Proyecto**.**



Fuente: Elaboración con base en INEGI, Carta de Climas 1:1,000,000**.**

3.2 Temperatura.

La temperatura media mensual para el sistema ambiental regional en los meses más cálidos son julio y agosto con 28.5°C y de diciembre a abril, los meses más fríos, con 25°C; en el mes más frío se ha registrado una temperatura media de 20°C (Cruz et al., 1988); la temperatura anual promedio es de 25°C con una oscilación de 10°C (Cruz et al., 1992). La Carta de Temperaturas Medias Anuales del INEGI (1980), reporta un rango de temperatura de 26°C a 28°C.

Los registros de las Normales Climatológicas de Temperatura para el Puerto de Manzanillo en la serie 1981-2000 se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Normales Climatológicas de Temperatura para el Puerto de Manzanillo.

Registro	Mes (°C)											
	Ene	Feb	Mzo	Abr	Myo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
M.E.	34.30	34.10	33.40	33.50	36.90	39.10	37.20	39.00	37.30	39.00	34.40	33.70
P.M.	29.40	28.90	29.00	29.20	30.00	31.60	31.80	32.10	31.30	31.50	30.90	30.10
M.	25.10	24.60	24.60	25.00	26.30	28.40	28.50	28.70	28.10	28.10	27.20	26.00
P.m.	20.70	20.40	20.20	20.80	22.60	25.10	25.20	25.20	24.90	24.80	23.50	21.90
m.E.	14.50	14.40	15.30	16.20	17.40	18.80	17.60	20.20	21.20	19.30	18.50	14.50

Fuente: CONAGUA, 2019

3.3 Precipitación.

La evaluación de la lluvia en su comportamiento como fenómeno extraordinario se ha realizado a partir del cálculo de probabilidades de ocurrencia, con base en datos de lluvia máxima en 24 h registrados en estaciones meteorológicas.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos llevó a cabo un estudio a nivel nacional regional, del cual resultó publicado un boletín donde se muestra gráficamente la distribución de isoyetas, basada en la ocurrencia de tormentas máximas observadas y probables en 24 h (SARH, 1976). En dicho trabajo se consideraron ocho diferentes períodos de retorno, desde 2 hasta 10,000 años. Se utilizó el método Hershfiel para la estimación de las frecuencias de las tormentas máximas probables (en 24 h), en los períodos de retorno mencionados, con base en datos de 2,600 estaciones (Hershfield, 1963).

El promedio anual de la precipitación máxima para el Puerto de Manzanillo es de 766.4 mm en la serie de 1981 a 2000. Los valores de los promedios mensuales de la precipitación

máxima y máxima en 24 horas para el Puerto de Manzanillo de acuerdo a las Normales Climatológicas de la serie de tiempo de 1981 a 2000 del Observatorio Sinóptico del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se presentan en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Promedios Mensuales de Precipitación Máxima y Máxima en 24 horas para el Puerto de Manzanillo.

Registro	Mes											
	Ene	Feb	Mzo	Abr	Myo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máx	390	57	3.8	1.4	153	321	406	710	766	311	209	93
Máx 24 h	104	42	3.8	1.4	85.9	105	121	138	151	141	135	84

Fuente: CONAGUA, 2019

3.4 Vientos.

Como parte importante de este estudio está la recopilación y análisis de datos de viento. Se puede afirmar que el régimen de vientos de la República Mexicana está influido por las masas de aire del Océano Atlántico, Océano Pacífico y las de alta atmósfera, siendo estas dos últimas, las que afectan de manera importante el área de proyecto. El viento es el factor meteorológico más importante en el interior del canal de acceso y en las dársenas de ciaboga y operativa del muelle.

La información utilizada procede de una base de datos de viento correspondiente a las medidas de viento de la Estación de Manzanillo, en el periodo del 2 de septiembre de 2008 al 11 de enero de 2012, de la cual se extrae la tabla de distribución de dirección y velocidad del viento (ver Tabla 3.3).

3.4.1 Probabilidad de Excedencia.

En la Figura 3.2 se muestra la probabilidad anual de excedencia de velocidades de viento sostenidas. Estos valores se encuentran resumidos en la Tabla 3.4. Las velocidades con un 90% de ser excedidas es de 5.0 m/s, con 75 % la velocidad es 4.5 m/s, con un 50% de ser excedidas un 4.0 m/s con un 25% de ser excedidas de 1.5 m/s.

3.4.2 Rosa de viento.

Considerando como base la información de vientos citada, fue realizado el análisis y acondicionamiento de la información de viento. El procesamiento de dicha información permite identificar las direcciones y magnitudes con las que actúa el viento anualmente en la zona del proyecto, quedando ilustradas en frecuencia, magnitud y dirección, en la Rosa de Vientos (ver

Figura 3.3). Asimismo, se presentan los histogramas de números de eventos por rachas de vientos por magnitud de velocidad sostenidos y dirección.

Tabla 3.3 Frecuencia de Vientos Máximos.

Dirección	0.1 a 15 km/h (%)	15.10 a 30 km/h (%)	Mayor de 30 km/h (%)	Total (%)
Calmas				5.26
N	6.25	0.30	0.01	6.56
NNE	11.26	0.49	0.00	11.75
NE	6.44	0.34	0.01	6.80
ENE	4.90	0.14	0.01	5.05
E	5.19	0.28	0.03	5.50
ESE	2.69	0.53	0.07	3.29
SE	3.45	1.07	0.31	4.82
SSE	1.26	0.58	0.17	2.01
S	2.11	2.90	0.21	5.22
SSW	2.59	2.16	0.09	4.83
SW	2.98	2.81	0.07	5.86
WSW	3.06	6.02	0.25	9.33
W	3.93	5.53	0.69	10.16
WNW	4.22	2.07	0.32	6.72
NW	3.18	0.66	0.07	3.91
NNW	2.64	0.28	0.01	2.93
Total				**100**

Figura 3.2 Clima en la Zona de Proyecto.

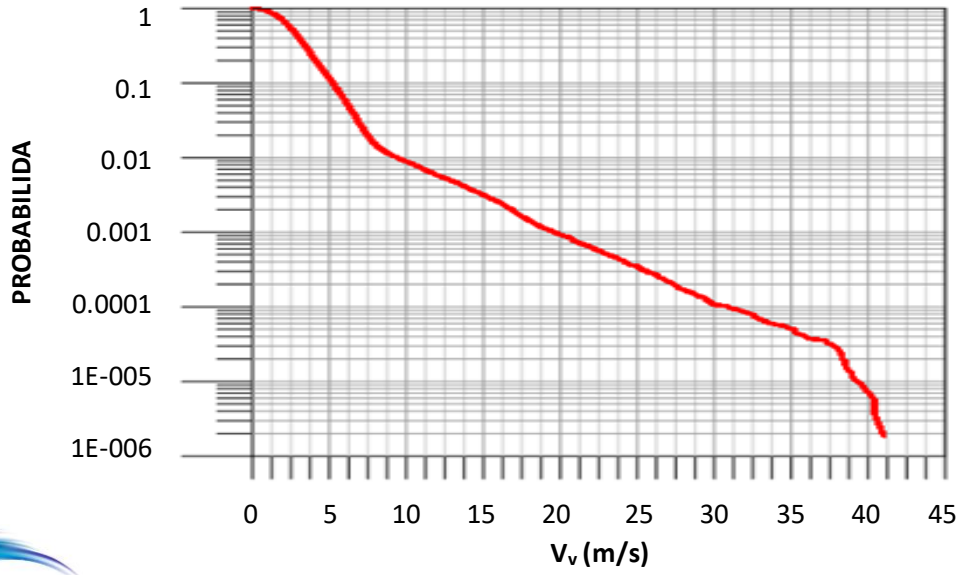
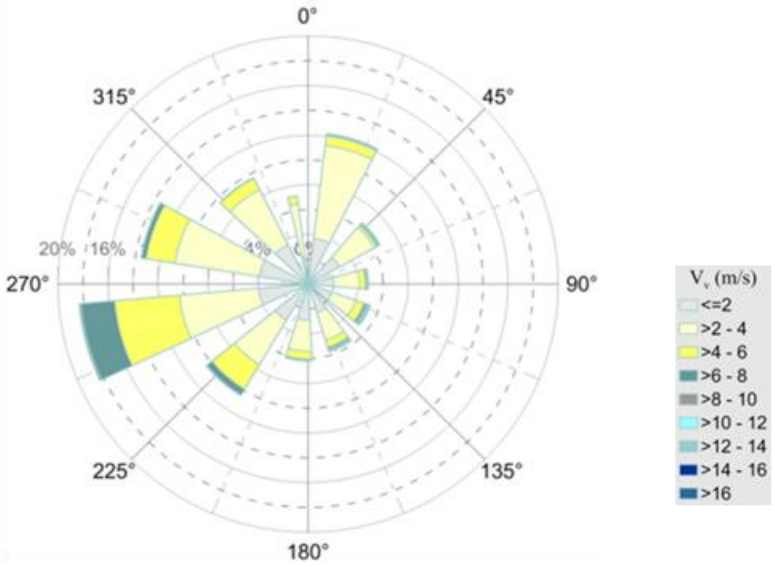
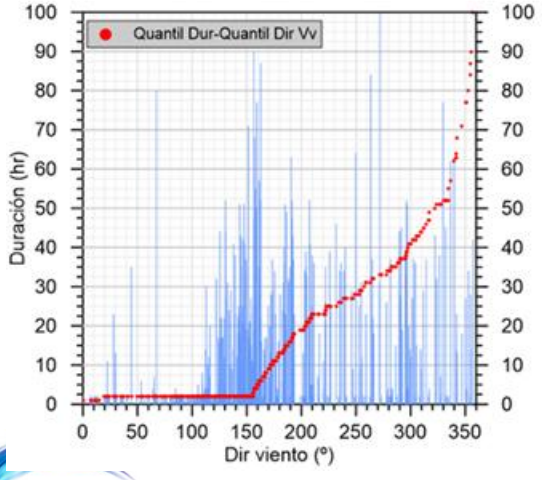


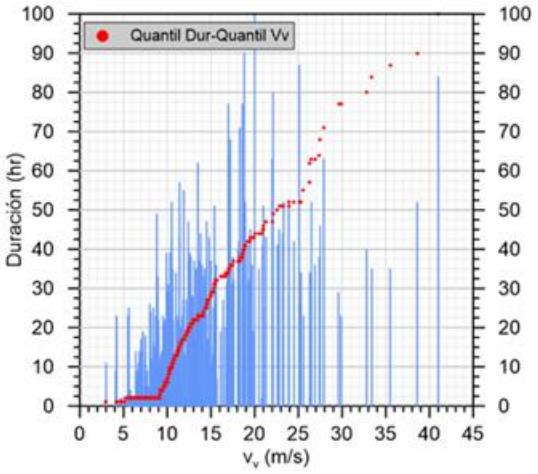
Tabla 3.4 Velocidades Sostenidas Asociadas a una Probabilidad de Excedencia.

Probabilidad de Excedencia (%)	V (m/s)	Denominación
90	5.0	Flojo (brisa débil)
75	4.5	Flojo (brisa débil)
50	4.0	Flojo (brisa débil)
25	1.5	Ventolina

Figura 3.3 Rosa de Vientos Anual (1949-2018).







Las direcciones anuales que se presentan en la rosa de vientos, se muestra la rosa de velocidad sostenida de viento anual, en dicha figura este apartado se presentan las rosas de vientos (hacia donde van). Todas las direcciones tienen probabilidad de ocurrencia, sin embargo, las gobernantes son WNW, WSW y NNE, las velocidades mayores se presentan provenientes del WSW.

La velocidad media anual de los vientos es de 5 m/s. Los vientos dominantes en condiciones normales proceden del Nor-Noreste, con velocidad promedio de 1.5 m/s y del Oeste al Oeste – Suroeste, con velocidad promedio de 5.0 m/s.

3.4.3 Análisis Extremal de Viento.

En esta sección se presenta el análisis extremal realizado con el papel probabilístico de Weibull (ver Figura 3.4) para extremos de velocidades sostenidas del viento. Este análisis nos permite obtener las velocidades de viento asociadas a un periodo de retorno, que se relaciona con una probabilidad de ocurrencia.

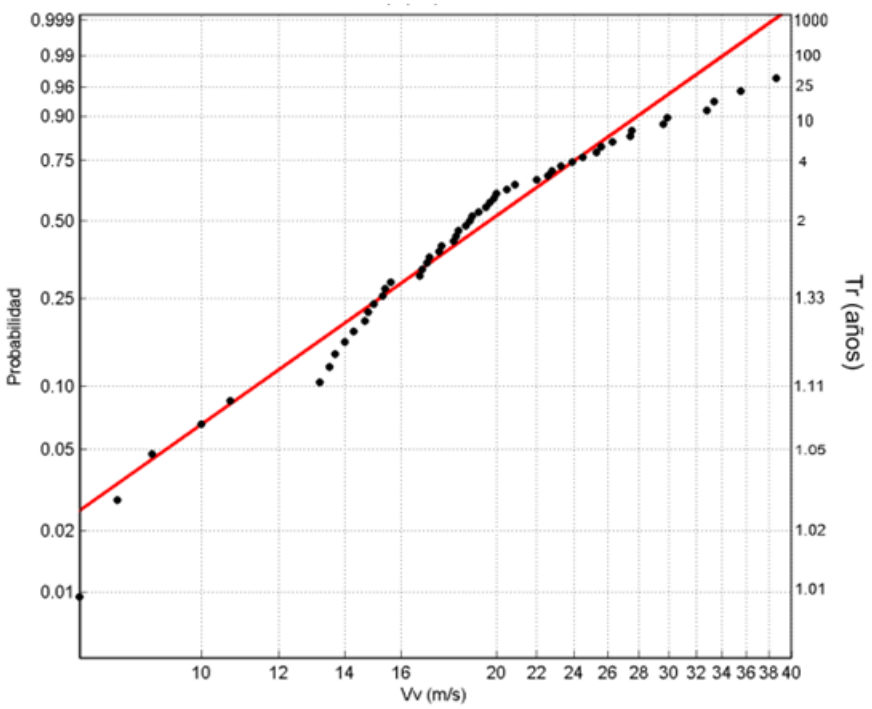
Para realizarlo se seleccionan de cada año la velocidad sostenida mayor presentada, es decir, se tienen 60 velocidades de máximas anuales y con ellas se representan el papel probabilístico. Los puntos negros son los datos reales de la serie de datos y la línea roja representa el ajuste de Weibull. En el eje e izquierdo se presenta la probabilidad de ocurrencia y en el eje y derecho el periodo de retorno en años. El eje x representa los valores de velocidades sostenidas de viento en m/s.

Tabla 3.5 Velocidades Sostenidas de Viento Asociadas a Periodos de Retorno.

Tr (años)	Vv (m/s)	Régimen de viento
2	20.0	Temporal
5	25.0	Temporal duro
10	28.0	Temporal duro
25	28.5	Temporal muy duro
50	33.0	Temporal huracanado
100	34.0	Temporal huracanado

De acuerdo con el análisis desarrollado se observa que, para un período de retorno de 50 años, la velocidad de viento sostenido corresponde a 33 m/s.

Figura 3.4 Análisis Extremal de Viento Papel Probabilístico de Weibull**.**



3.5 Oleaje Normal.

El oleaje es una de las condiciones marítimas de mayor influencia en la zona litoral, por tal motivo, se establece la necesidad de conocer cuál es el comportamiento del oleaje en condiciones ordinarias (oleaje normal) y extraordinarias (oleaje ciclónico).

El oleaje frecuente o normal es aquel que incide periódicamente y bajo condiciones normales en la zona de interés. Para este caso, también deben identificarse dos fuentes generadoras de oleaje normal: el oleaje completamente desarrollado en alta mar (swell), generado por vientos lejanos que soplan sobre la superficie del mar, y al oleaje asociado a vientos locales, desarrollado dentro de un campo de generación limitado por distancia y como consecuencia de la existencia de barreras naturales contra el oleaje distante.

La fuente de datos de oleaje utilizada proviene de los reanálisis climáticos realizados por The Copernicus Climate Change Service (C3S) el cual proporciona información autorizada sobre el clima pasado, presente y futuro en Europa y el resto del mundo a partir de un reanálisis climático

que combina observaciones pasadas con modelos para generar series temporales consistentes de múltiples variables climáticas que proporcionan una descripción completa del clima observado a medida que ha evolucionado durante las últimas décadas, en cuadrículas 3D a intervalos sub-diarios.

El nodo utilizado en el presente apartado corresponde a:

- ERA5-02 (18.5° N, 104.5° W)

Se cuenta con 187,704 estados de mar con datos en formato ASCII para un periodo de 21 años, con datos que abarcan desde el 1 de enero de 1998 hasta el 31 de mayo del año 2019, ver Figura 3.5.

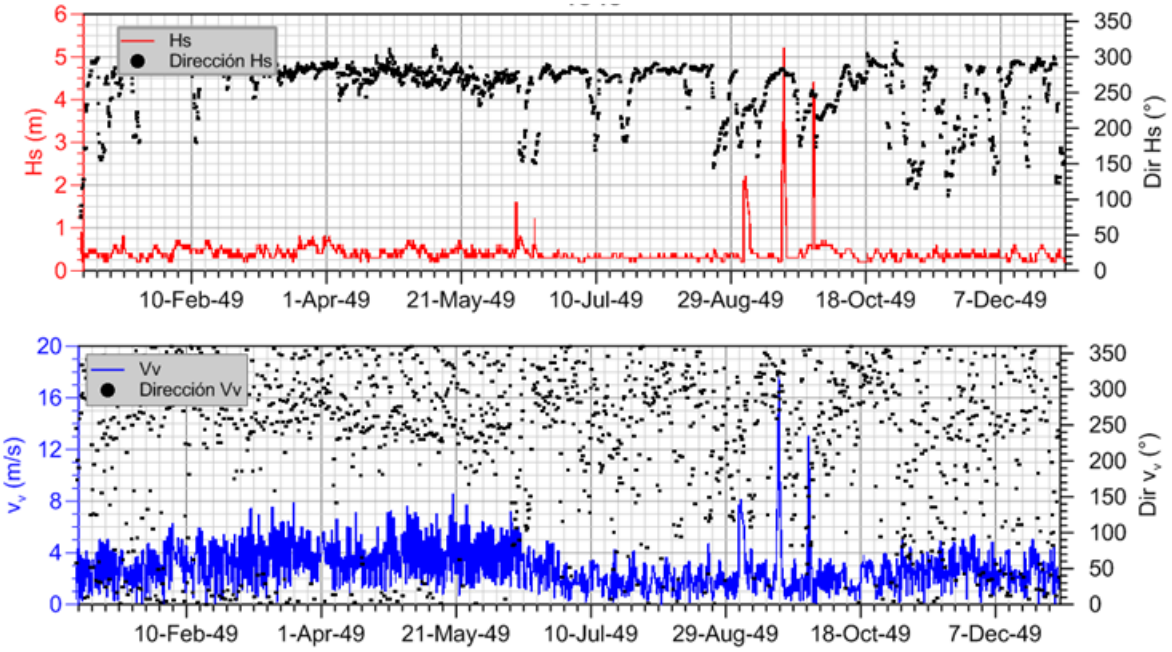
Figura 3.5 Localización del Nodo de Oleaje ERA5-02**.**



Considerando como base la información de oleaje y siguiendo las actividades particulares del presente estudio se realizó una revisión grafica de la información contenida en las bases de datos. Dicha información consiste en la graficación de los estados de mar para revisar año con año que la información contenida no contenga picos o anomalías o irregularidades que representen alguna variabilidad no común y que durante el procesamiento de la información resulte en la generación estadística y probabilística poco confiable o no representativa de las condiciones de los procesos físicos que ocurren en la zona de interés.

A manera de ejemplo se presenta el grafico de la revisión de los estados de mar (oleaje y viento) de las series de datos contenida en la información recopilada, Figura 3.6.

Figura 3.6 Estados de Mar (Oleaje y Viento) de las Series de Datos Contenida en el Nodo de Información ERA5-02**.**



En la rosa de oleaje anual, para los nodo de información con 21 años de registro, en la Figura 3.7 se presentan las direcciones (de dónde viene) el oleaje. Presenta una dirección gobernante SSW con un 45% de probabilidad de ocurrencia con alturas de ola asociadas entre 1.0 y 2.5 m. Seguida por las direcciones SW y WSW con un 24 y 15% de probabilidad de ocurrencia.

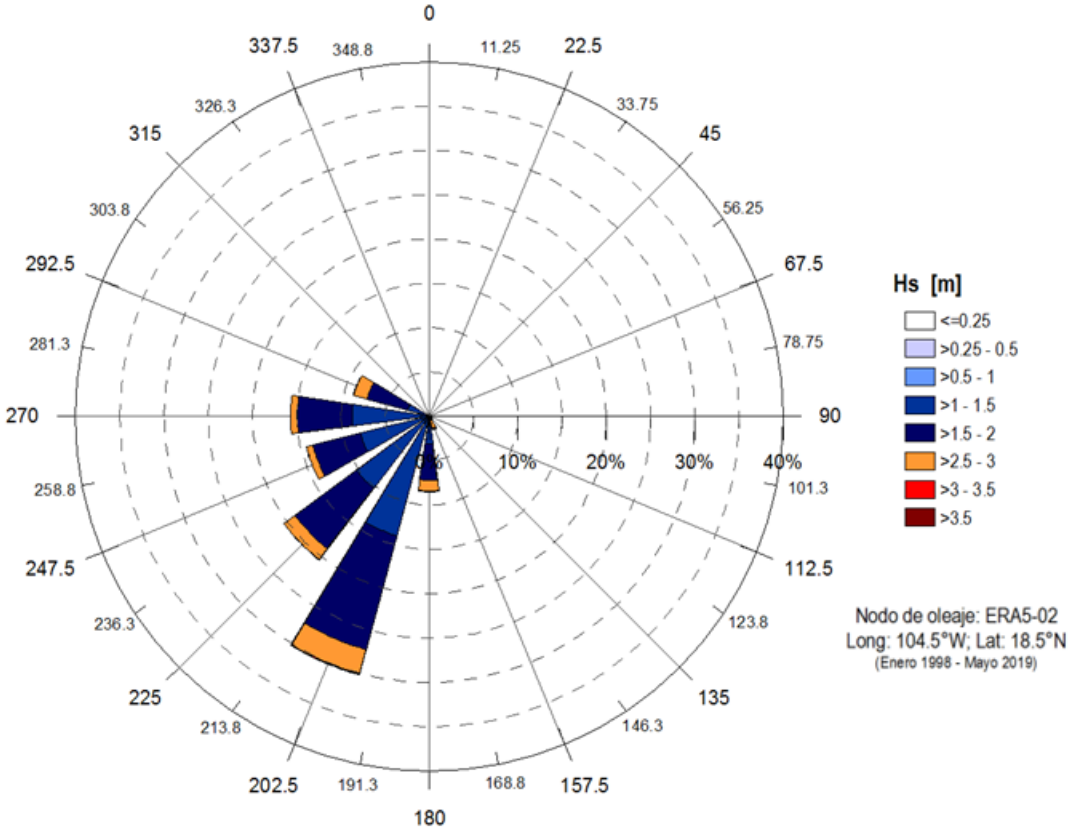
Los valores de probabilidad asociados a cada dirección y alturas de ola significantes se presentan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Valores de Altura de Ola con Probabilidades de Excedencia y sus Periodos Asociados.

Probabilidad de Ocurrencia (%)	Direcciones	Alturas de Ola Asociada (m)
44	SSW	1.0 - 2.5
24	SW	1.0 - 2.5
15	WSW	1.0 - 2.5
10	W Y WWN	1.0 - 2.5

7	S	1.0 - 2.5

Figura 3.7 Rosa de Oleaje Anual**.**



Fuente: Elaboración propia; con base en la serie de datos del ERA5.

3.6 Corrientes.

3.6.1 Corriente Exterior a la Laguna.

Las corrientes superficiales en invierno mostraron una tendencia hacia el Noroeste y Oeste así como dos convergencias frente a los Ríos Marabasco y Río Armería generalmente. El valor promedio de la velocidad fue de 0.60 nudos, ver Figura 3.8.

La circulación superficial en primavera se dirigió hacia el Noroeste y Oeste así como un flujo perpendicular a la costa frente a las Bahías de Manzanillo, los Ríos Armería y Coahuayana. El valor promedio de la velocidad fue de 0.53 nudos, ver Figura 3.9.

Figura 3.8 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (12-17 de Febrero)**.**

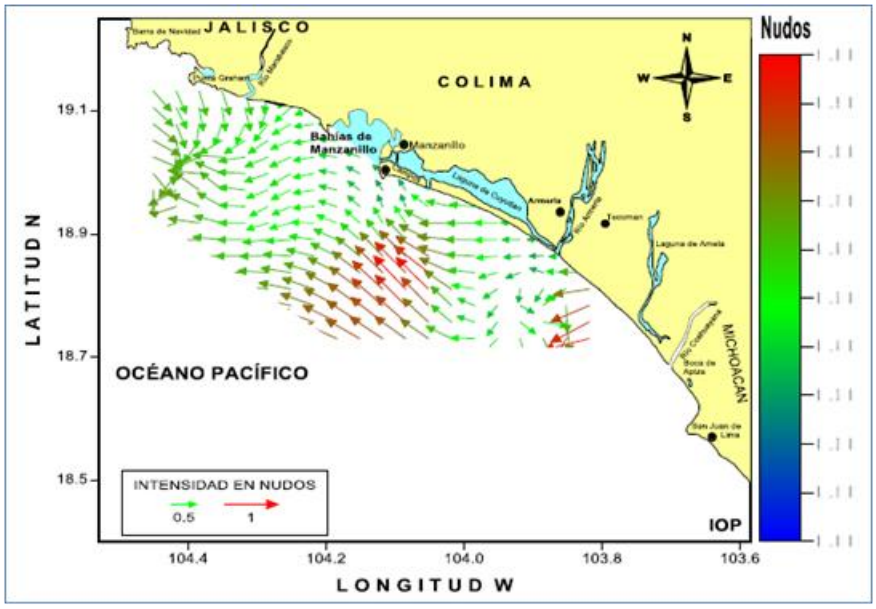
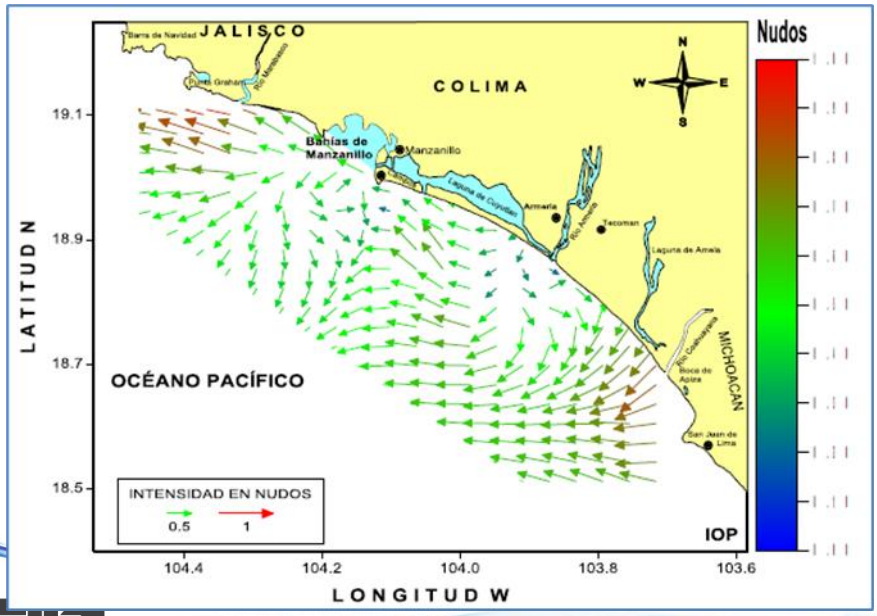
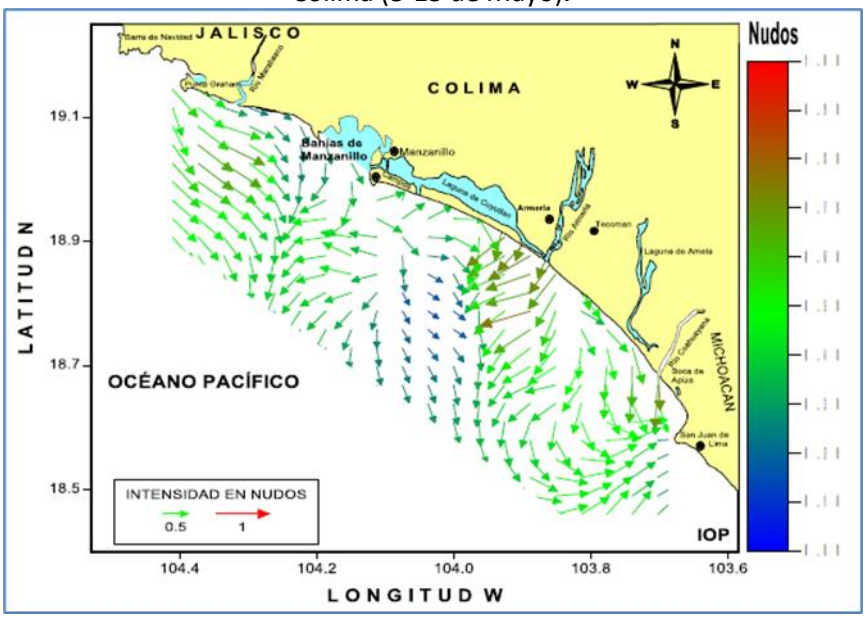


Figura 3.9 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo)**.**



La dinámica superficial en verano presento dos zonas de convergencia hacia mar adentro: una frente a las Bahías de Manzanillo y otra frente a la Laguna de Cuyutlán. También la existencia de un flujo hacia la costa de San Juan de Alima, Michoacán. El valor promedio de la velocidad fue de 0.43 nudos, ver Figura 3.10.

Figura 3.10 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo)**.**



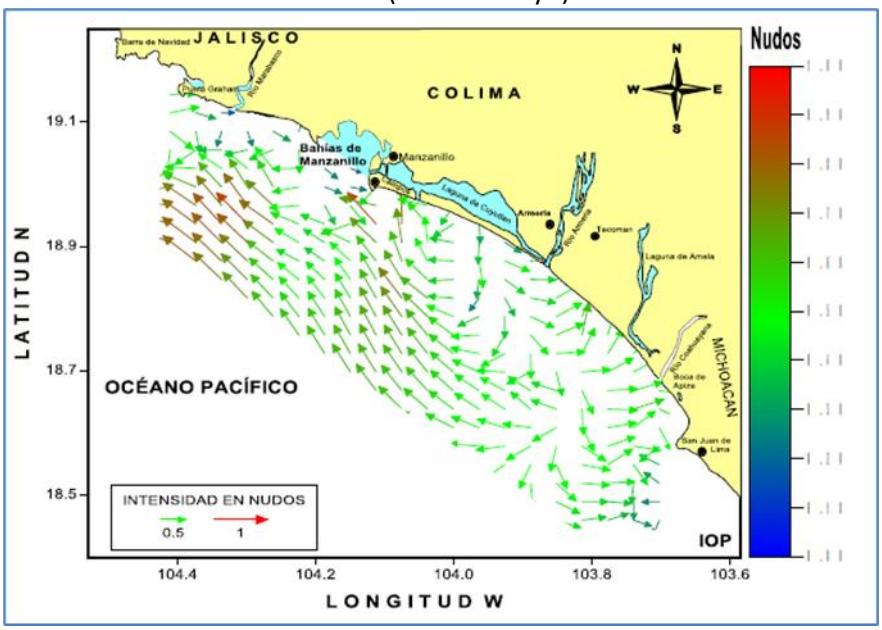
La dirección del movimiento de las aguas superficiales en otoño es muy irregular para las estaciones cercanas a la costa. El flujo en las estaciones más alejadas de la costa (oceánicas), se dirigen hacia el Noroeste (paralelas a la costa) generalmente. El valor promedio de la velocidad fue de 0.48 nudos, ver Figura 3.11.

De acuerdo con lo anterior, las corrientes son paralelas a la costa, en los dos sentidos, y completamente transversales al canal de acceso. La intensidad máxima de la corriente observada[1]

[1] De acuerdo con la conversación con los Pilotos de Puerto se ha confirmado la presencia de la corriente longitudinal a la costa. Asimismo, se comentó que en ocasiones la dirección de la corriente varía significativamente entre la recalada y el canal de acceso. Para conocer la corriente cerca del canal de acceso emplean una embarcación menor para determinar la corriente al dejar la misma a la deriva, ya que no se dispone de mayor información ni elementos de medida de la corriente

es de 2.50 nudos, y esta se presenta tras un fuerte temporal, y la mínima de unos 0.20 nudos. La velocidad de corriente, de forma general, suele encontrarse en valores entre 0.50 nudos a 1.50 nudos.

Figura 3.11 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo)**.**



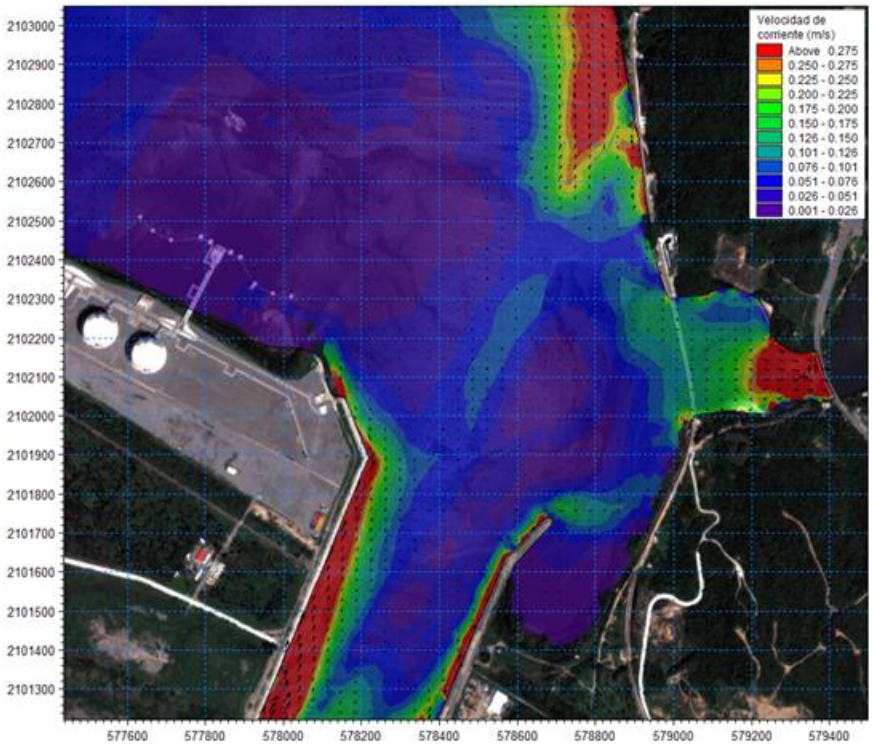
3.6.2 Corriente Interior de la Laguna.

La corriente en el interior de la Laguna contigua a la zona de proyecto se da en la zona de comunicación entre el Vaso II y el Vaso III, en la zona del Puente Malecón de la autopista, la cual se deriva de los efectos de flujo y reflujo de los ciclos de marea. El reflujo es más intenso y de mayor duración que el flujo, mayores velocidades de corriente, durante mareas vivas, mientras que durante mareas muertas es más intenso y de igual o menor duración que el flujo. Lo anterior indica que durante mareas vivas la marea a través del Puente malecón hace la función de exportador neto de aguas y sedimento del Vaso II al Vaso III, mientras que en mareas muertas importa sedimento del Vaso II al Vaso III.

Las corrientes en la zona del NE de la dársena de ciaboga están directamente influenciadas por las corrientes de marea generadas en la sección entre los Vasos II y III, bajo el Puente Malecón (PM), las magnitudes registradas para clima medio superan 0.3 m/s en flujo, y las direcciones predominantes NO es vaciante y ENE en llenante, las corrientes se aceleran entre los Vasos II y III. Dichas corrientes de marea disminuyen al centro de la dársena, mientras que presentan

velocidades de 0.30 m/s a ambos lados de las protecciones marginales, lo que indica un potencial acarreo de sedimento del Canal Tepalcates a la dársena de ciaboga, Figura 3.12.

Figura 3.12 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo)**.**

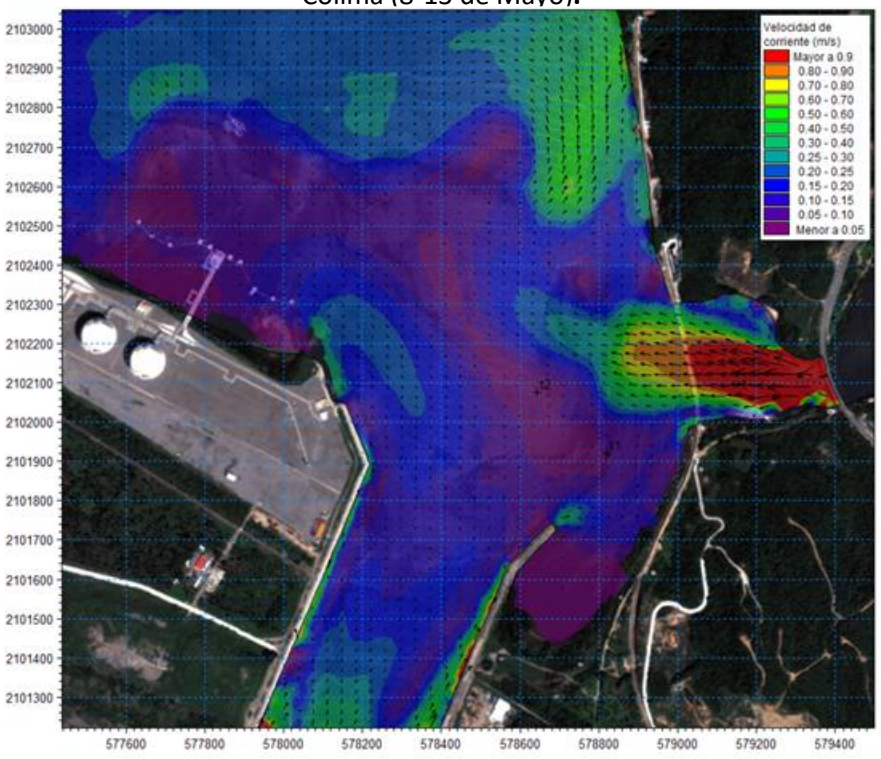


Los gastos aproximados a través de la sección transversal de Puente Malecón alcanzan una magnitud superior a 200 m3/s en mareas vivas, y de 100 m3/s en mareas muertas en el clima medio, mientras que en Puente del ferrocarril disminuyen a 28 m3/s y 14 m3/s, respectivamente. En el Canal Tepalcates la cantidad de agua que entra de manera gruesa es aproximadamente entre 700 m3/s y 1,100 m3/s, en marea vivas y muertas, respectivamente, lo que significa que aproximadamente el 20% del agua que entra por el Canal Tepalcates se dirige a los Vasos III y IV, mientras que el 80% a los Vasos I y II.

Las corrientes que se llegan a generar por efectos de las tormentas en la zona de proyecto alcanzan magnitudes que superan 1.5 m/s en el Puente Malecón, la zona de influencia de las corrientes que cruzan Puente Malecón sobre la dársena llega al centro de la dársena de ciaboga, donde el flujo de agua alcanza velocidades de 0.8 m/s a los 550 m del Puente malecón hacia la

dársena, y 0.30 m /s a los 600 m (cota de -14 m). Dichas corrientes de marea disminuyen al centro de la dársena, mientras que presentan velocidades de 0.15 m/s en el Sur de esta, en el seno de la escollera Este, y centro del Canal Tepalcates. Se muestran también velocidades de 0.40 m/s al oriente de la Terminal de Gas a 350 m al SE del muelle, NE de El Chipote, ver Figura 3.13.

Figura 3.13 Corrientes Superficiales en el Mar Territorial del Estado de Colima (8-13 de Mayo).



3.7 Marea Astronómica.

Uno de los procesos costeros que interviene en la zona lo constituyen las mareas astronómicas, definidas como la variación que experimenta la superficie del mar. Dichas variaciones de nivel diarias observadas en el mar, son debidas principalmente a las fuerzas de atracción de la tierra y la luna, la fuerza centrífuga debida a la órbita de la tierra, el efecto de la fuerza de Coriolis, las fuerzas de fricción del movimiento del agua con el fondo del mar y las fronteras irregulares de la costa sobre la que se desplaza. Debido a las complicaciones asociadas al considerar las fuerzas de carácter general, así como la configuración costera local, la mayoría de la información útil de mareas está basada en mediciones in situ.

Los datos para obtener las características de las mareas fueron obtenidos a partir de las Tablas Numéricas de Predicción de Mareas del 2019, correspondientes al Océano Pacífico, editadas por la Dirección General de Oceanografía Naval de la Secretaría de Marina.

Estas tablas contienen los niveles de pleamares y bajamares diarias, asociadas al tiempo de su ocurrencia para todos los días del año, en diferentes localidades a lo largo de los litorales de nuestro país.

Asimismo, las tablas contienen los niveles de los diferentes planos de mareas, resultado del análisis estadístico y armónico de todos los datos de marea registrados en el pasado en las diversas estaciones contenidas en dichas tablas.

La amplitud de la marea de la zona en estudio fue determinada con base a los planos de marea correspondientes al puerto de Manzanillo, Colima. Los datos de marea se presentan en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Planos de Marea para Manzanillo.

Planos de Mareas	Elevación	
	[m]	[ft]
Pleamar Máxima Registrada	1.295	4.249
Nivel De Pleamar Media Superior	0.750	2.459
Nivel De Pleamar Media	0.676	2.219
Nivel Medio Del Mar	0.414	1.359
Nivel De Bajamar Media	0.165	0.542
Nivel De Bajamar Media Inferior	0.000	0.000
Bajamar Mínima Inferior	-0.880	-2.887

Fuente: Elaboración propia con base en la información de las Tablas de Predicción de Mareas de la Secretaría de Marina, 2024

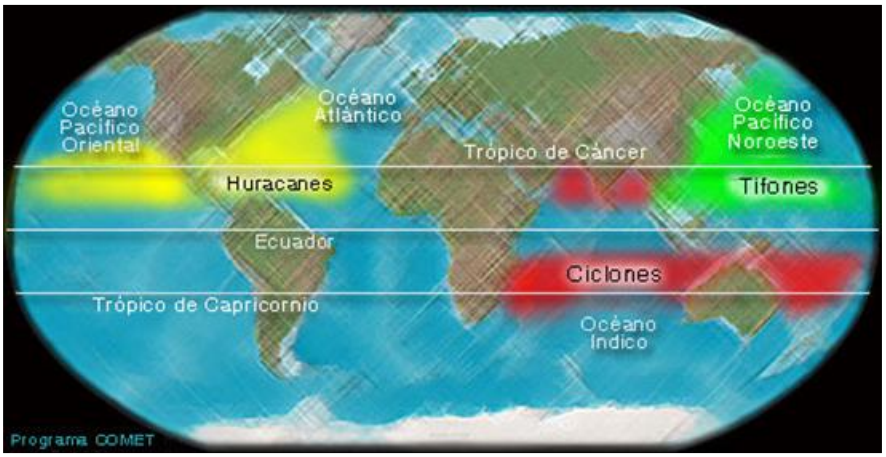
El tipo de marea que se presenta en la zona es mixta semidiurna, ya que de acuerdo con la forma que adopta la curva que representa la variación del nivel del mar, presenta dos pleamares y dos bajamares de diferente magnitud y semidiurna por la ocurrencia de un ciclo completo de marea en un periodo de 12 horas.

3.8 Procesos Físicos Extremos.

3.8.1 Huracanes.

El término "huracán" tiene su origen en el nombre que los indios mayas y caribes daban al dios de las tormentas, pero este mismo fenómeno meteorológico es conocido en la India con el nombre de "ciclón", en las Filipinas se le denomina "baguio", en el oeste del Pacífico norte se le llama "tifón", y en Australia "Willy-Willies", ver Figura 3.14. Estos términos identifican un mismo fenómeno meteorológico.

Figura 3.14 Localización de las Zonas de Huracanes, Ciclones y Tifones**.**



Nota: Mapa del mundo que muestra donde se localizan los huracanes (Océano Atlántico y este del Océano Pacífico), tifones (noroeste del Océano Pacífico) y ciclones (Océanos Índico y Pacífico Sur).

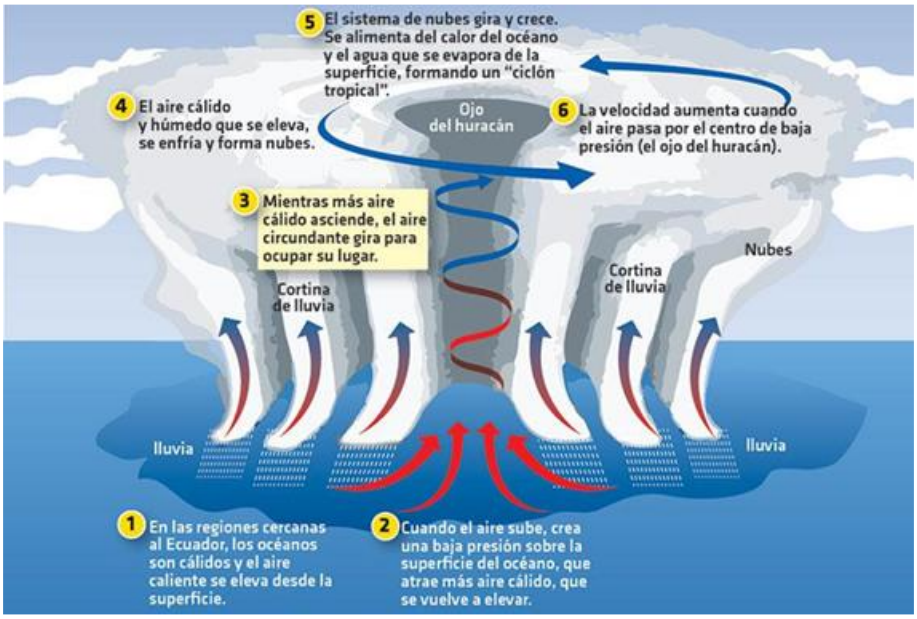
Los huracanes se forman sólo sobre océanos de agua templada, es decir, cerca del ecuador. El aire cálido y húmedo sobre la superficie de los océanos se eleva dejando un área de menor presión cerca del océano. El aire de las áreas circundantes, que tiene mayor presión, gira para llenar el área de baja presión hasta que se vuelve a tornar cálido para seguir elevándose. Cuando se enfría el aire cálido y húmedo que se elevó, se forman nubes. Todo el sistema de nubes y aire gira y va creciendo conforme se alimenta del calor del océano y el agua que se evapora de la superficie. Al girar el sistema de tormenta cada vez más rápido, se forma un ojo en el centro donde todo es tranquilo y claro, con una presión de aire muy baja. Lo anterior se desglosa en una serie de pasos, descritos en la Figura 3.15.

En forma sencilla, un huracán es un viento muy fuerte que se origina en el mar, remolino que se desplaza sobre la superficie terrestre girando en forma de espiral o acarreando humedad en enormes cantidades, y que, al tocar áreas pobladas generalmente causa daños importantes o incluso desastres.

3.8.1.1 Clasificación.

Los huracanes se clasifican en tres tipos de acuerdo con la velocidad de sus vientos máximos, mientras los vientos no rebasen los 63 km/h, se llamará depresión tropical; cuando los vientos tengan una velocidad de entre 63 y 118 km/h se considerará como tormenta tropical, y finalmente cuando rebasen los 118 km/h se convertirá en un huracán.

Figura 3.15 Esquema de Formación de los Huracanes**.**



Existen varias escalas para clasificar los huracanes, en el Pacífico Este y Atlántico se utiliza la escala de Saffir-Simpson (ver Tabla 3.8) para clasificar los huracanes en categorías, según su intensidad de viento.

Tabla 3.8 Escala Saffir - Simpson.

FENÓMENO	VELOCIDAD DE VIENTO [km/h]	MAREA DE TORMENTA [m]	DAÑOS
Depresión Tropical	Menor a 63		Mínimo
Tormenta Tropical	63 - 118		Mínimo
Huracán Categoría 1	119 - 153	1.2 - 1.5	Mínimo
Huracán Categoría 2	154 - 177	1.8 - 2.4	Moderado
Huracán Categoría 3	178 - 209	2.7 - 3.7	Extensivo
Huracán Categoría 4	210 - 249	3.9 - 5.5	Extremo

Huracán Categoría 5	Mayor a 250	Mayor a 5.5	Catastrófico

Por lo general, se debilitan cuando tocan tierra, porque ya no se pueden "alimentar" de la energía proveniente de los océanos templados. Sin embargo, a menudo avanzan bastante tierra adentro causando mucho daño por la lluvia y el viento antes de desaparecer por completo.

En las zonas costeras pueden producir lluvias torrenciales de hasta 9 billones de litros al día, que a su vez pueden ocasionar inundaciones y deslizamientos de tierra. También sobre elevan el nivel del mar con la denominada marea de tormenta, que puede alcanzar los 6 m de altura y se extiende por cientos de kilómetros.

Aunque sus efectos en las poblaciones y embarcaciones pueden ser catastróficos, los huracanes también tienen beneficios ya que transportan el calor de los trópicos a latitudes más templadas, lo que hace que sean un importante mecanismo de la circulación atmosférica global que mantiene en equilibrio la troposfera y mantiene relativamente estable y cálida la temperatura terrestre.

Además, las lluvias que generan pueden traer consigo varios beneficios, como recargar los mantos acuíferos y reducir los efectos de una sequía.

La mejor defensa contra un huracán es un pronóstico exacto que da a la gente tiempo para salir de su camino.

3.8.1.2 Temporada de Huracanes.

Existe un patrón general más o menos constante, pero que puede variar según las condiciones meteorológicas.

A nivel mundial, la actividad ciclónica alcanza su punto máximo al final del verano, cuando la temperatura superficial de los océanos es más cálida. Sin embargo, cada zona en particular tiene diferentes patrones de actividad.

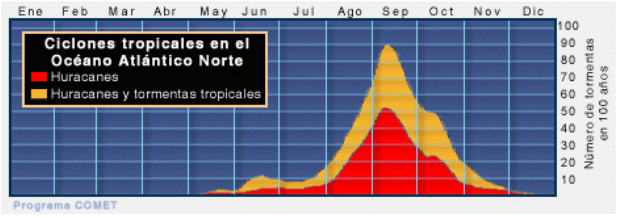
En el Atlántico norte, una temporada de huracanes comienza el día 1 de junio y termina el 30 de noviembre, siendo el mes más activo septiembre. El noreste del Pacífico suele tener un período más largo de actividad, iniciando el 15 de mayo y terminando el 30 de noviembre (ver Figura 3.16).

3.8.1.3 Historia de los Huracanes en la Zona de Estudio

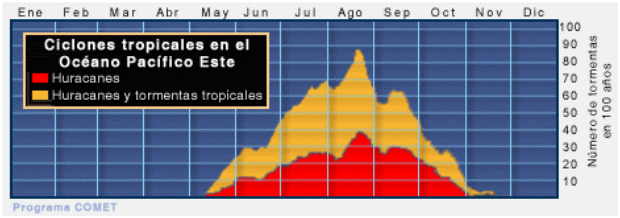
La zona de estudio está expuesta a los huracanes y tormentas tropicales, algunos de ellos peligrosos, basta señalar que a lo largo de la historia se tiene registro de tres huracanes de gran

intensidad, siendo estos el huracán de 1959, huracán Lili de 1971, huracán Eugene de 1987, huracán Calvin 1993 y el huracán Jova del 2011, así como el huracán Olaf en el 2003 (aunque este último toco tierra siendo una tormenta tropical), ver Figura 3.17.

Figura 3.16 Número Promedio de Tormentas Tropicales (amarillo) y Huracanes (rojo) que han Ocurrido en la Cuenca del Atlántico y al Este del Océano Pacífico Durante 100 Años**.**



En el gráfico que muestra el número de tormentas tropicales y huracanes que se producen en el Atlántico Norte en los diferentes meses del año. Hay un pico de actividad a inicios de septiembre, durante un periodo de tiempo que va de junio a finales de noviembre.



En el gráfico se muestra el número de tormentas tropicales y huracanes que ocurren al este del Océano Pacífico durante los diferentes meses del año. El gráfico señala que la temporada de ciclones tropicales va de junio a octubre, con un pico de actividad en agosto.

a) Huracán de 1959.

El huracán México fue un devastador ciclón tropical que afectó la costa del Pacífico mexicano en octubre de 1959, siendo uno de los más fuertes conocidos de la zona del Pacífico Oriental (ver Figura 3.18). Mató a más de 1,000 personas, aunque otras fuentes afirman que llegó a los 1,500 o 1,800, convirtiéndose en uno de los peores huracanes de la década de los cincuenta y el más mortal registrado por un huracán del océano Pacífico.

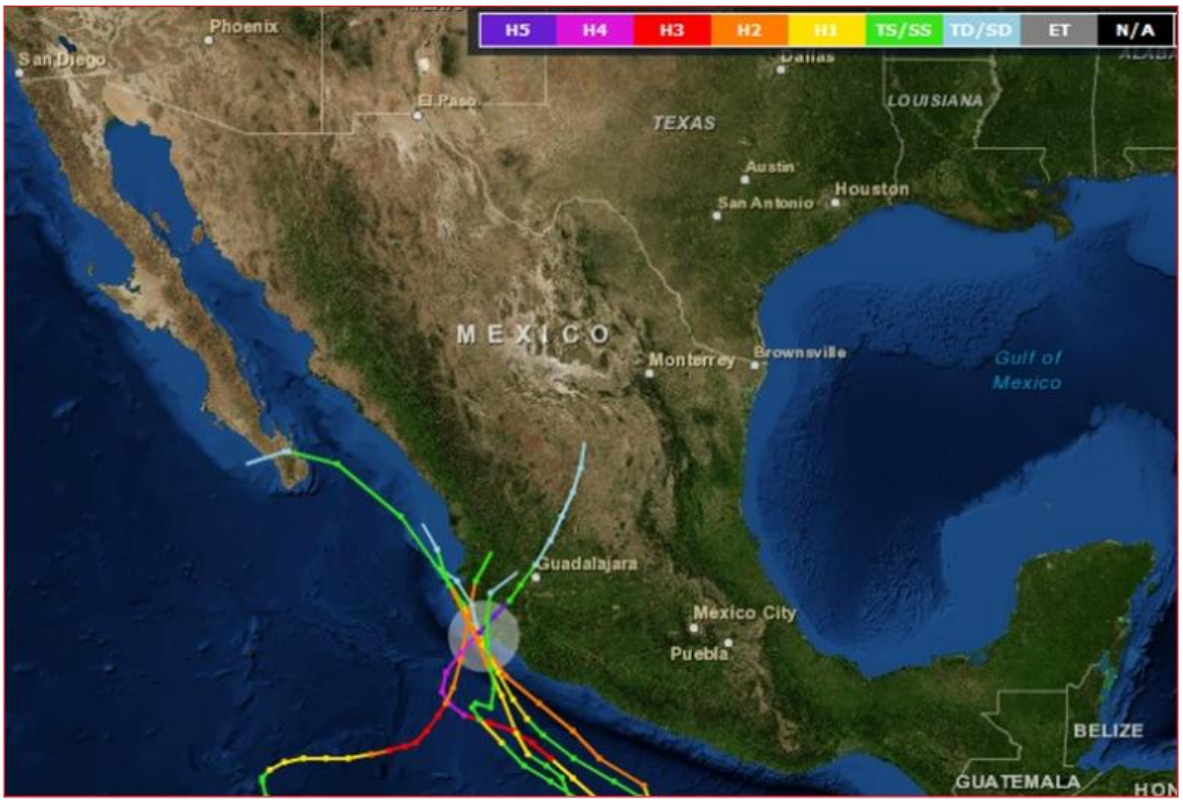
El decimoquinto ciclón tropical conocido en la temporada de 1959 fue observado el 23 de octubre al sur de México. Como ya era un huracán categoría 1, se concluyó que su formación era probablemente de poco antes de esta fecha. Siguió la vía habitual del noroeste de los huracanes en el Pacífico oriental.

El estado de este se intensificó de manera constante, convirtiéndose en un importante huracán el 25 de octubre, alcanzando la categoría 4 en la Escala de Huracanes de Saffir-Simpson al día siguiente. Esto fue seguido por un giro al noreste. Se siguió intensificando, y se convirtió en Categoría 5 el 27 de octubre. Finalmente tocó tierra cerca de Manzanillo, Colima, debilitándose rápidamente por tierra y despareciendo en el centro de México el 29 de octubre.

La presión central más baja que alcanzó fue de 958 hPa. Su máxima de viento fue de 140 nudos (160 mph, 260 km/h). El "best track" indicó que esta velocidad se logró después de tocar tierra. Sin embargo, una revisión menor corrige este error, dejando claro que el huracán fue reforzado por el agua y confirmó que el huracán llegó a tierra con fuertes vientos según un documento que marca el dato por encima de los 135 nudos (155 mph) en Manzanillo. La revisión

también indicó que el huracán pudo haber tenido vientos más altos que los registrados oficialmente.

Figura 3.17 Trayectoria de las Tormentas que han Tocado Tierra Cercana a la Zona de Estudio**.**



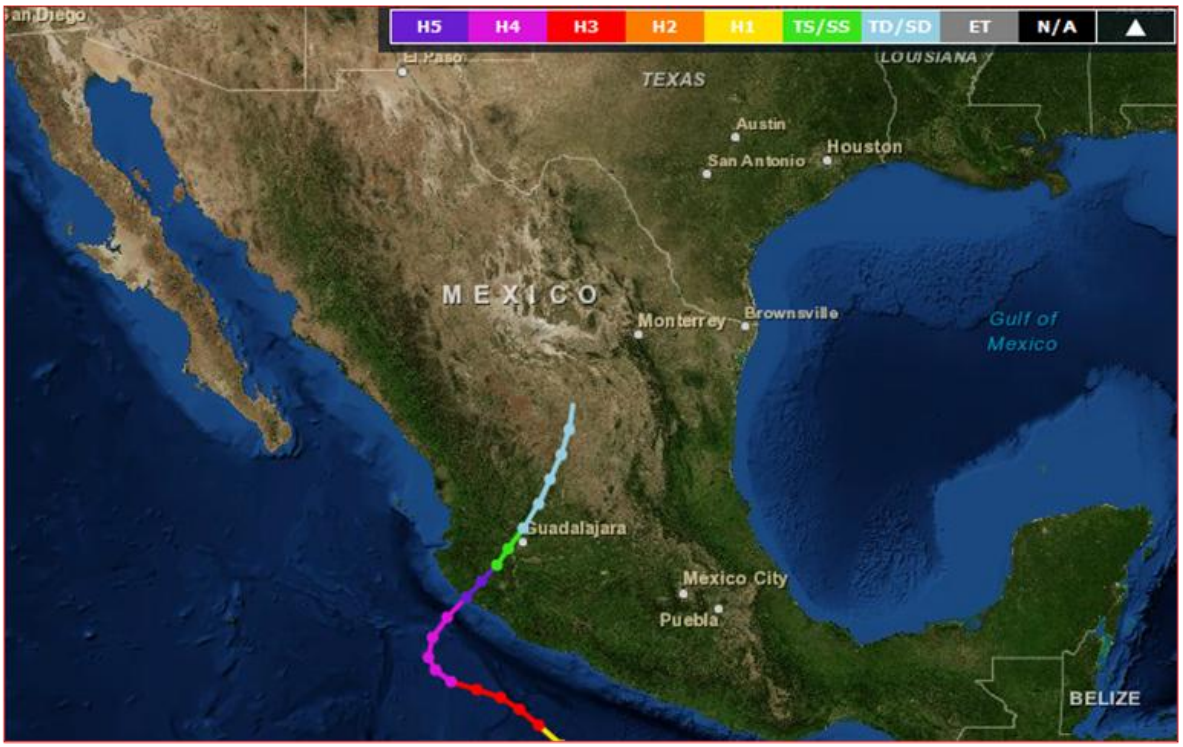
Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

b) Huracán Lily de 1971.

El huracán Lily fue un huracán de categoría 1, que devastó la ciudad de Puerto Vallarta. La formación de un área de nubosidad asociada a una tormenta tropical, que se intensificó lentamente hasta convertirse en un huracán categoría 1, presentando su mayor intensidad justo antes de tocar tierra al noroeste de Manzanillo, Colima el 31 de agosto, ver Figura 3.19.

El huracán se debilitó rápidamente y se convirtió en una depresión tropical. Después de salir de la tierra, los restos de la tormenta Lily se disipan el 1 de septiembre. El movimiento de la tormenta cerca de la costa presentó un número elevado de afectados debido a una advertencia limitada, debido parcialmente a las dificultades que se tuvo para identificar la posición del huracán en el radar de los aviones de reconocimiento.

Figura 3.18 Trayectoria de las Tormentas que han Tocado Tierra Cercana a la Zona de Estudio**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

Este había sido el peor huracán que ha tocado tierra en la zona de Puerto Vallarta en dos décadas y el segundo huracán de la temporada en impactar fuertemente las costas mexicanas tras el paso del huracán Bridget.

La tormenta causó el desbordamiento del río Cuale, inundando la sección del centro de Puerto Vallarta con una altura de agua de 2.40 m. Dado que los caminos fueron inundados o bloqueados con derrumbes, el ejército mexicano prestó ayuda vía aérea.

El huracán también pasó por la localidad de Barra de Navidad, donde existe una leyenda local, los residentes cuentan que durante el huracán Lily llegó a las costas de Jalisco afectando a las comunidades costeras de la región, principalmente Barra de Navidad, sus habitantes se refugiaron en la iglesia de la comunidad por ser la construcción más sólida. Y la historia cuenta que durante la tormenta uno de los brazos de la imagen en el altar se trozo parcialmente y cayó a un costado, enseguida sucedió lo mismo con el otro brazo; así cuando el Cristo bajo los brazos de la

cruz de donde los tenía clavados, la tormenta cesó y el fuerte viento bajo su intensidad. El resto del cuerpo del Cristo no sufrió ningún otro daño. Actualmente los brazos continúan colgados, de la misma manera como continúa el agradecimiento de la población por el milagro y la imagen se conoce como el Cristo del ciclón o Cristo de los brazos caídos.

Figura 3.19 Trayectoria del Huracán Lily de 1971**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

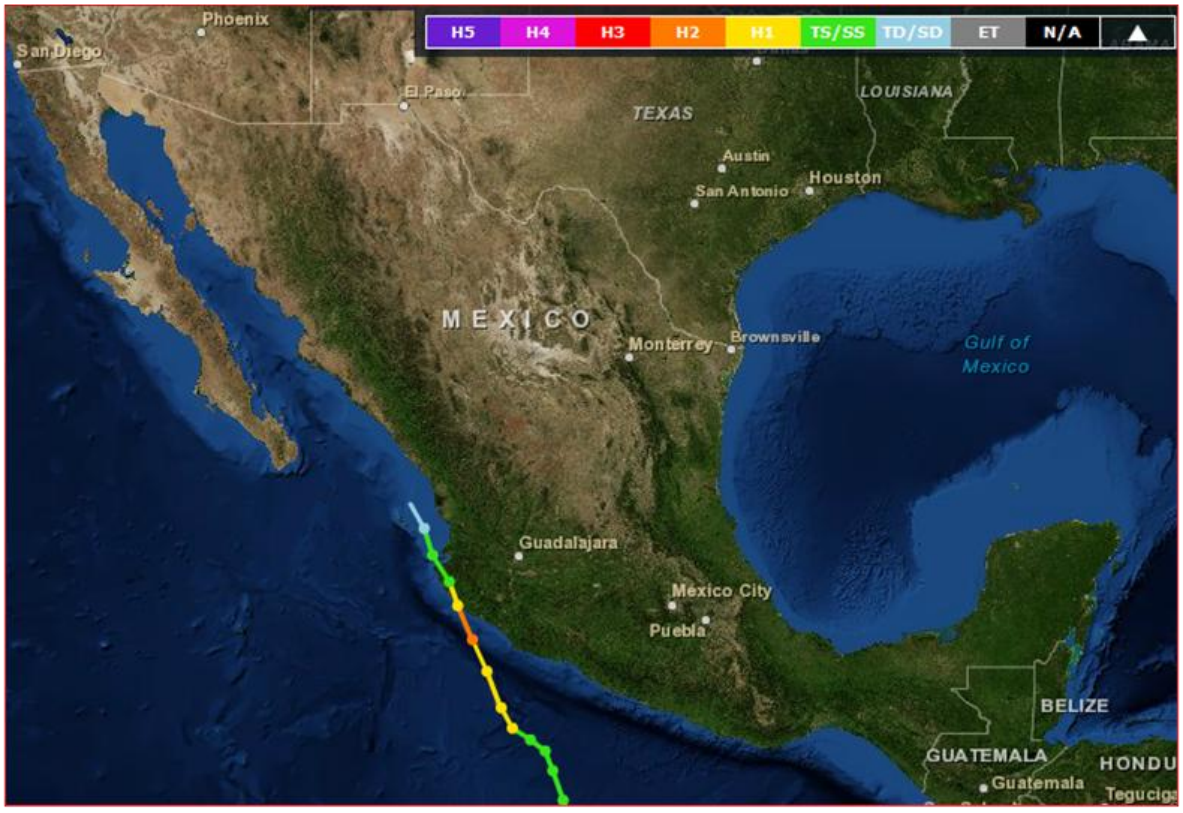
El huracán se llevó tres vidas en el continente y nueve vidas cuando un barco se hundió.

c) Huracán Eugene de 1987.

El huracán Eugene fue el único ciclón tropical que tocó tierra en México durante la temporada de huracanes del Pacífico de 1987. Eugene fue octavo ciclón tropical, la quinta tormenta con nombre, y el primer huracán de la temporada.

Eugene se desarrolló el 22 de julio a partir de una perturbación tropical localizada lejos de costas de México. Más tarde ese mismo día, el sistema se intensificó a tormenta tropical mientras se movía hacia el noroeste. Eugene alcanzó la categoría de huracán el 24 de julio, y fue clasificado brevemente como un huracán de categoría 2, dos días después, ver Figura 3.20.

Figura 3.20 Trayectoria del Huracán Eugene de 1987**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

Posteriormente el huracán Eugene se debilitó a un huracán de categoría 1, una vez que tocó tierra cerca de las costas de Barra de Navidad. Poco después de tocar tierra, Eugene se debilitó rápidamente, pasando a ser una tormenta tropical, y cuando volvió a surgir en aguas abiertas se disipó rápidamente.

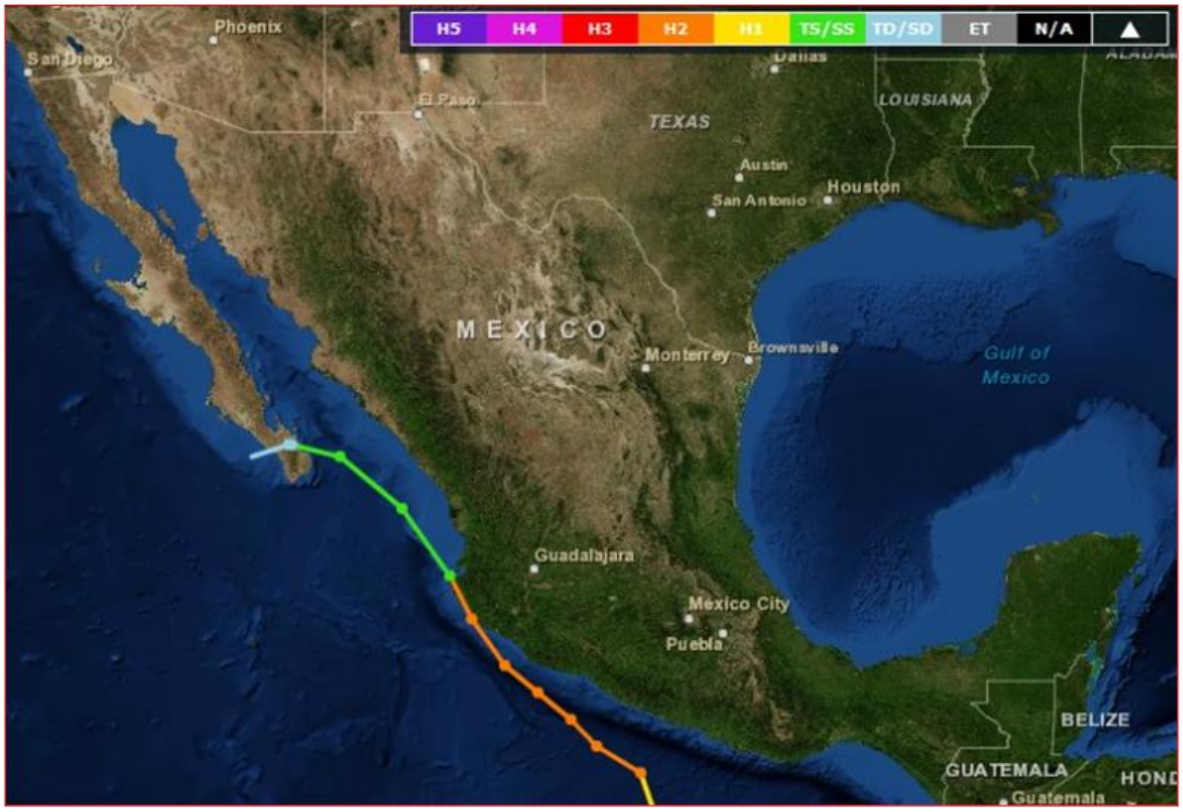
A lo largo de México, la tormenta produjo fuertes vientos, especialmente en la parte suroeste del país. El huracán inundó la costa suroeste de México, dando lugar a las lluvias más intensas en cinco estados mexicanos asociadas a un huracán. Más de 5,000 personas se quedaron sin hogar. El aeropuerto de Manzanillo fue cerrado por los daños que sufrió la torre de control. Por

otra parte, entre 200 y 300 casas fueron destruidas en Colima. En total, Eugene lesionó a 18 personas y causó tres muertes y dejo daños estimados en $142,120,000 de dólares (costos estimados en 1987).

d) Huracán Calvin de 1993.

El huracán Calvin fue uno de los huracanes que se registraron en el océano Pacífico y que tocaron tierra en costas mexicanas durante el mes de julio. Fue el cuarto ciclón tropical, la tercera tormenta con nombre y segundo huracán de la temporada de huracanes del Pacífico de 1993, ver Figura 3.21.

Figura 3.21 Trayectoria del Huracán Eugene de 1987**.**

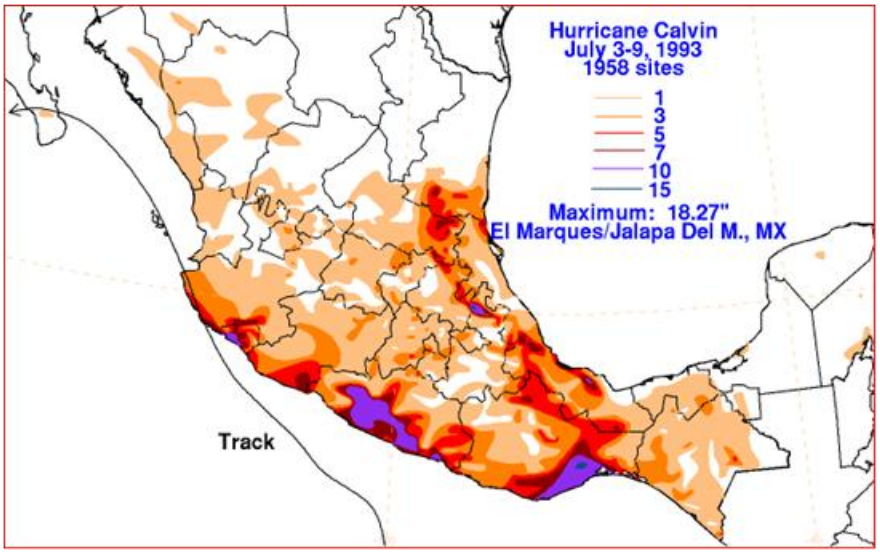


Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

Cuando Calvin volvió a tocar tierra mexicana, cerca de la punta sur de la Península de Baja California la noche del 08 de julio, se debilitó a depresión tropical y para la mañana del día 9 de julio, la depresión se disipó poco después de entrar en el Océano Pacífico por tercera vez.

Por su paso a lo largo de las costas de México, Calvin dejó fuertes lluvias, sobre todo en la parte suroeste del país (ver Figura 3.22). Las fuertes lluvias produjeron inundaciones, que, a su vez, causaron deslizamientos de tierra en varios estados.

Figura 3.22 Intensidad de Lluvia por el Huracán Calvin de 1993**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

Calvin se desarrolló el 4 de julio a partir de un área de convección en el sur de México. Al día siguiente, el sistema se intensificó en una tormenta tropical, que fue nombrado Calvin. La tormenta continúo fortaleciéndose y pasó a ser un huracán el 06 de julio, clasificándose como un huracán de categoría 2 en la escala Saffir-Simpson.

Para el 07 de julio, el huracán Calvin tocó tierra cerca de las costas de Barra de Navidad con su fuerza máxima. Sin embargo, Calvin se debilitó rápidamente tras tocar tierra, y cuando reapareció en el Océano Pacífico sobre la primera el 8 de julio ya era una tormenta tropical. El huracán siguió debilitándose mientras se dirigía rápidamente hacia el noroeste.

A raíz de Calvin, se reportaron 37 muertes. La mayoría de las muertes se debieron a inundaciones o accidentes automovilísticos. En el estado de Michoacán, se destruyeron 700 hogares. Además, se informó de marejada de 4.6 m. Muchos barcos y las estructuras de la costa de Acapulco a Barra de Navidad fueron dañados. La marejada cerca de Lázaro Cárdenas en el oeste de México causó una fuga de un barco que contenía ácido sulfúrico.

Las actividades de limpieza se llevaron a cabo en un mes. En total, 30,000 personas fueron desplazadas por la tormenta y el monto de los daños ascendió a $32 millones dólares (costos de 1993).

e) Huracán Jova del 2011.

El día 5 de octubre por la noche se formó la depresión tropical No. 10-E de la temporada 2011 en el Pacífico Nororiental, la cual se inició a partir de una baja presión originada dentro de la vaguada monzónica al Sur del estado de Guerrero, donde se dieron las condiciones favorables que permitieron la formación de la DT-10 a 1,005 km al Sur de Manzanillo, Col. con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y desplazamiento hacia el Oeste a 15 km/h, ver Figura 3.23.

Figura 3.23 Trayectoria del Huracán Jova del 2011**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

La depresión tropical No. 10 continuó su desplazamiento hacia el Noroeste y el día 6 por la tarde, se ubicó a una distancia de 800 km al Sursuroeste de Manzanillo, Col., con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h, es decir, fuerza de tormenta tropical, por lo que se le asignó el nombre de “Jova”.

La tormenta tropical “Jova” seguía ganando fuerza mientras cambiaba gradualmente el rumbo de su trayectoria. El día 7 de octubre por la tarde se ubicó a 815 km al Suroeste de Manzanillo, Col., con vientos máximos sostenidos de 100 km/h, rachas de 120 km/h y desplazamiento hacia el Nor-Noroeste a 13 km/h.

El día 8 por la tarde, se ubicó a 710 km al Oeste-Suroeste de Manzanillo, Col., ya como huracán, con vientos máximos sostenidos de 120 km/h, rachas de 150 km/h y desplazamiento hacia el Este-Noreste a 6 km/h.

Mientras avanzaba hacia el Este el huracán “Jova” siguió ganando fuerza y mayor velocidad en su desplazamiento y así, el día 9 de octubre por la noche, se encontraba a 420 km al Suroeste de Manzanillo, Col. con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h como huracán de categoría II y en la madrugada del día 10, alcanzó la categoría III, con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h cuando se encontraba a 430 km al Suroeste de Manzanillo, Col.

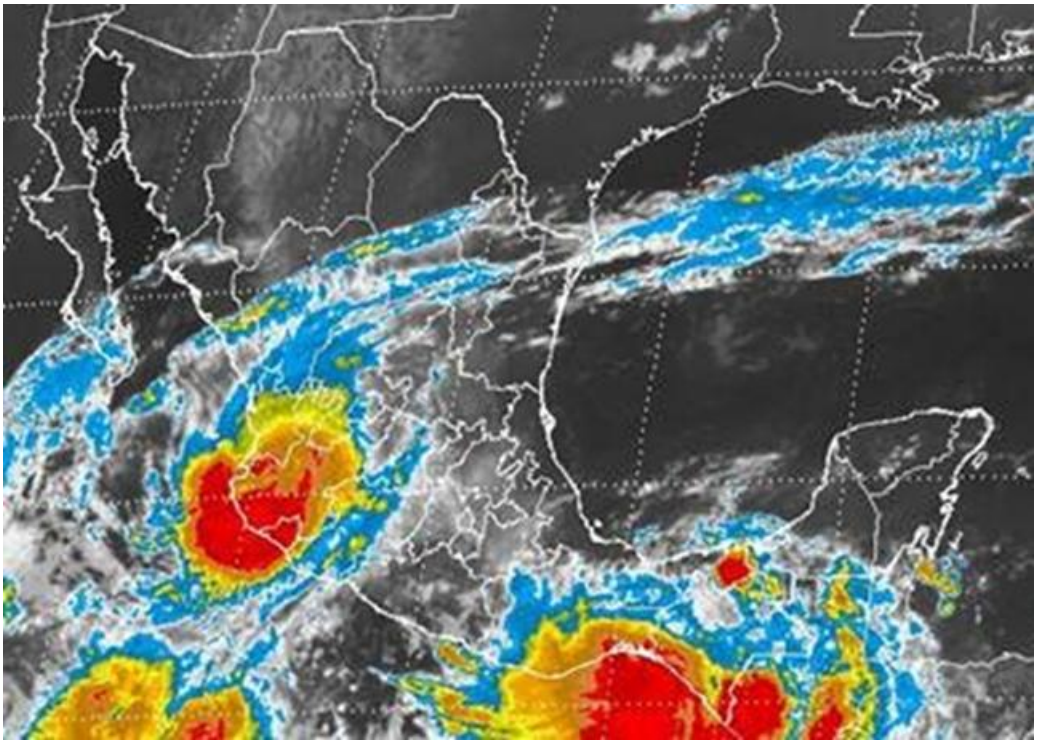
El día 10 de octubre por la mañana, “Jova” alcanzó su mayor intensidad con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de 250 km/h dentro de la categoría III de la escala Saffir-Simpson, a 400 km al Suroeste de Manzanillo, Col., misma fuerza que mantuvo hasta el anochecer de este día, cuando empezó a debilitarse como resultado del contacto de sus bandas nubosas con la costa occidental de México, pero manteniéndose dentro de la categoría III, con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h, a una distancia de 255 km al Suroeste de Manzanillo, Col.

Mientras se desplazaba lentamente hacia el Nor-Noreste acercándose a la costa de Jalisco, “Jova” siguió perdiendo fuerza, por lo que el día 11 poco después del mediodía, se debilitó a huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h a una distancia de 175 km al Suroeste de Manzanillo, Col., fuerza con la que se mantuvo hasta las 01:00 horas local del día 12, cuando el centro del sistema se encontraba en la línea de costa, a 8 km al Sur de La Fortuna, Jal., pues a partir de ese momento, debido a la fricción con el terreno, “Jova” siguió debilitándose rápidamente, por lo que a las 4:00 horas, ya se encontraba en tierra, en las cercanías de la población de Puentecillas, del municipio de Tomatlán, Jal., con vientos máximos sostenidos de 140 km/h, rachas de 165 km/h y desplazamiento hacia el Norte a 15 km/h, ver Figura 3.24.

Mientras avanzaba hacia el Norte sobre territorio del Occidente del estado de Jalisco, “Jova” siguió debilitándose por lo que a las 10:00 horas del día 12, cuando se encontraba a 16 km

al Oeste-Noroeste de la población de Atajo, Jal., se degradó a tormenta tropical con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 130 km/h.

Figura 3.24 Imagen Satelital del Huracán Jova del 2011**.**



Fuente: CONAGUA, 2019.

La tormenta tropical “Jova” continuó su trayectoria hacia el Norte sobre el Occidente del país, debilitándose rápidamente por el efecto de fricción sobre el terreno y así, por la tarde del día 12, se degradó a depresión tropical presentando vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h a una distancia de 35 km al Este-Sureste de Tepic, Nay.

Finalmente, a las 22:00 horas del día 12, la depresión tropical “Jova” se ubicó a 75 km al Este-Noreste de Tepic, Nay., con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, muy próxima a debilitarse a una baja presión remanente.

Jova dejó un saldo de nueve personas muertas y seis personas resultaron heridas. En el estado de Jalisco, el huracán provocó un deslizamiento de tierra en el municipio de Cihuatlán, asimismo, varias carreteras fueron dañadas por la tormenta.

A lo largo del estado de Jalisco, las pérdidas por Jova sumaron 1.3 mil millones de pesos ($ 96,1 millones dólares EE. UU.) y aproximadamente 46.280 personas se vieron afectadas. En Colima, las pérdidas preliminares para la industria del turismo se estimaron en 170 millones de pesos (12.700.000 dólares USD), los daños a la infraestructura de Colima alcanzaron 1,283 millones de pesos (94.870.000 dólares USD).

f) Huracán Olaf del 2003.

El día 3 de octubre del año 2003, por la mañana, se formó la depresión tropical No. 15-E de la temporada en el Océano Pacífico Nororiental; se inició a 500 km al Sursuroeste de Puerto Escondido, Oax., con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y presión mínima de 1005 hPa. Mientras se desplazaba hacia el Noroeste en forma paralela a las costas nacionales, la DT-15 adquiría mayor fuerza, por lo que, en la tarde de este día, cuando se encontraba a 446 km al Suroeste de Puerto Escondido, Oax., se desarrolló a la tormenta tropical “Olaf” con vientos máximos sostenidos de 75 km/h y rachas de 95 km/h, alcanzando al final del día, vientos máximos sostenidos de 85 km/h con rachas de 100 km/h, ver Figura 3.25.

Figura 3.25 Trayectoria del Huracán Olaf del 2003**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

Durante el día 4, “Olaf” siguió su trayectoria con desplazamiento predominante hacia el Noroeste, mientras seguía intensificándose, por lo que al final de este día, cuando se encontraba a 280 km al Suroeste de Lázaro Cárdenas, Mich., ya tenía vientos máximos sostenidos de 110 km/h con rachas de 140 km/h.

El día 5 por la mañana, cuando se encontraba a 215 km al Sur de Manzanillo, Col., con rumbo hacia el Noroeste, “Olaf” se intensificó a huracán alcanzando vientos máximos sostenidos de 120 km/h con rachas de 150 km/h, misma fuerza con la que se mantuvo durante el resto de este día.

Aunque se había mantenido muy cerca del litoral central del Pacífico mexicano, fue hasta el día 6 por la mañana, cuando con el empleo de las imágenes del radar meteorológico de Cuyutlán, Colima, se detectó que “Olaf” adoptaba un desplazamiento franco con rumbo hacia el Norte debido a que se ubicaba en el borde Suroeste de una cuña de alta presión en la corriente de arrastre en la capa media de 850-250 hPa, convirtiéndose en una seria amenaza para las costas de Jalisco y Colima. La cercanía a la costa y la rotación del sistema, golpeando con sus bandas nubosas sobre el litoral central del Pacífico, originó su pérdida de fuerza y así, poco después del mediodía, cuando se encontraba a 140 km al Sur de Manzanillo, Col., el huracán “Olaf” se debilitó a tormenta tropical, con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h. Durante el resto del día “Olaf” estuvo recuperando fuerza mientras se acercaba lentamente a las costas de Colima y Jalisco, por lo que al final del día, a una distancia de 35 km al Sursuroeste de Manzanillo, Col., presentó vientos máximos sostenidos de 95 km/h con rachas de 110 km/h.

En las primeras horas del día 7, el centro de la tormenta tropical “Olaf” se localizó a 30 km al Oeste de Manzanillo, Col., y a 25 km al Sur de Cihuatlán, Jal., con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 120 km/h, misma fuerza con la que poco después, alrededor de las 2:00 de la mañana, hora local, la tormenta tropical “Olaf” tocó tierra en los límites entre Colima y Jalisco, a 8 km al Sursuroeste de Cihuatlán, Jal. A las 4:00 horas locales, “Olaf” se localizó en tierra, 10 km al Norte de Cihuatlán, Jal., con vientos máximos sostenidos de 95 km/h con rachas de 110 km/h.

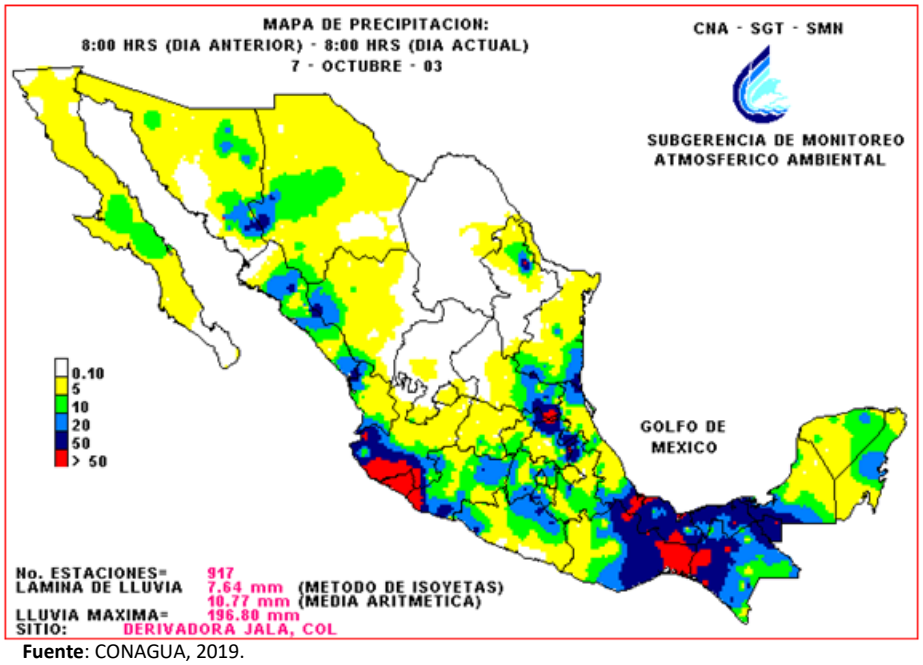
“Olaf” siguió su trayecto sobre el Occidente del estado de Jalisco, mientras se debilitaba rápidamente al encontrarse con la Sierra de Cacoma y así, poco después del mediodía, cuando se encontraba a unos 100 km al Este-Sureste de Puerto Vallarta, Jal., se degradó a depresión tropical con vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h. Por la tarde del día 7, la depresión tropical “Olaf” pasó a unos 85 km al Este de Puerto Vallarta, y a 40 km al Oeste de Ameca, Jal., con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, misma fuerza con la que entró a territorio de Nayarit en las primeras horas de la noche, localizándose a 80 km al Sursureste de Tepic, Nay., y a 15 km al Suroeste de Ixtlán del Río, Nay.

Finalmente, después de mantenerse con desplazamiento hacia el Norte por varias horas, al final del día 7, “Olaf” entró nuevamente a territorio de Jalisco, esta vez, por la parte que se

extiende hacia el Norte, localizándose a 30 km al Norte de Tequila, Jal., con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, ya en proceso de disipación.

Los registros de lluvia máxima puntual en 24 horas, originados durante el recorrido de "Olaf" fueron de 196.8 mm en Derivadora Jala, Col. y 87.0 mm en Cihuatlán, Jal., el día 6 de octubre, y de 87.0 mm en Gaviotas, Nay., 72.2 mm en Colima, Col., y 71.0 mm en Basilio Badillo, Jal., el día 7 del mismo mes (ver Figura 3.26).

Figura 3.26 Mapa de Lluvia Acumulada del Día 6 al 7 de Octubre del 2003**.**



Fuente: CONAGUA, 2019.

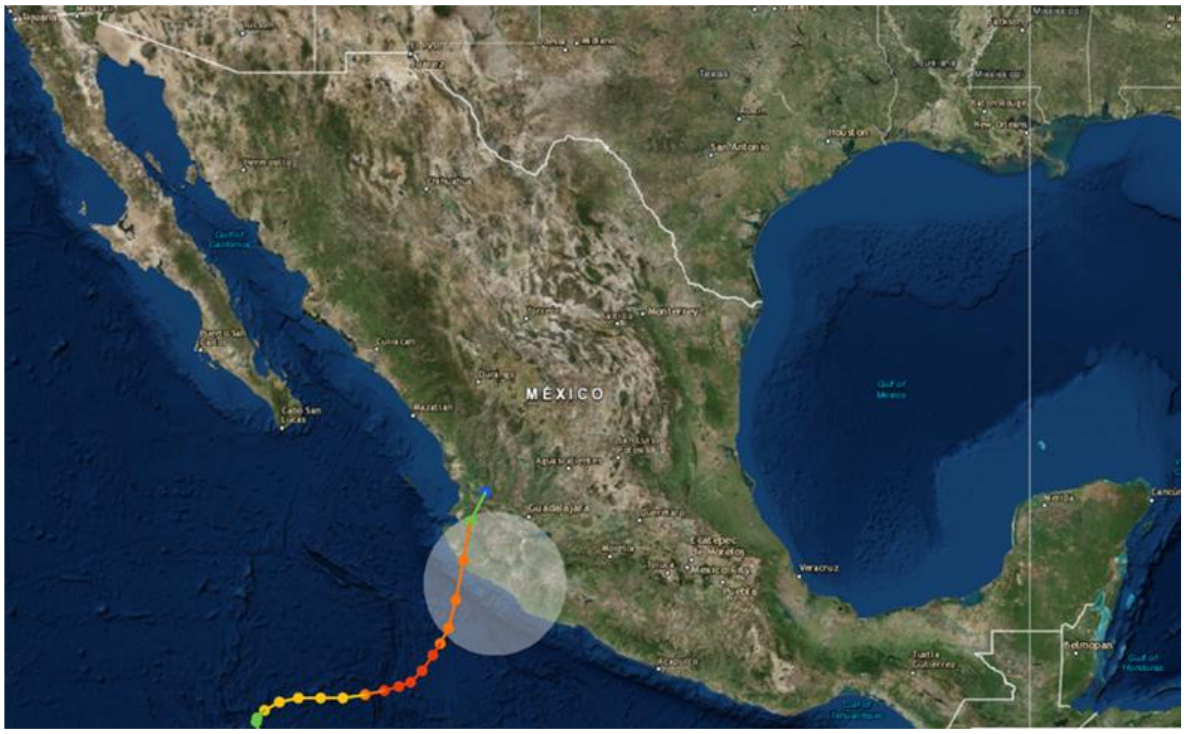
El huracán "Olaf" afectó varios estados de la costa Sur y Occidente del país, aunque los efectos más importantes se dieron en Colima y Jalisco, en donde dio lugar a inundaciones con importantes daños materiales en viviendas, carreteras, zonas agrícolas y servicios de energía eléctrica y telefonía, entre otros.

El desarrollo de las diferentes etapas del ciclón "Olaf" tuvo una duración de 108 horas, tiempo en el que recorrió un total de 1,975 km, a una velocidad promedio de 18 km/h.

g) Huracán Jova de 2011

El día 5 de octubre por la noche se formó la depresión tropical No. 10-E de la temporada 2011 en el Pacífico Nororiental, la cual se inició a partir de una baja presión originada dentro de la vaguada monzónica al Sur del estado de Guerrero, donde se dieron las condiciones favorables que permitieron la formación de la DT-10 a 1,005 km al Sur de Manzanillo, Col. con vientos máximos sostenidos de 55 km/h, rachas de 75 km/h y desplazamiento hacia el Oeste a 15 km/h, ver Figura 3.27.

Figura 3.27 Trayectoria del Huracán Jova del 2011**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

La depresión tropical No. 10 continuó su desplazamiento hacia el Noroeste y el día 6 por la tarde, se ubicó a una distancia de 800 km al Sur-Suroeste de Manzanillo, Colima, con vientos máximos sostenidos de 65 km/h y rachas de 85 km/h, es decir, fuerza de tormenta tropical, por lo que se le asignó el nombre de “Jova”.

La tormenta tropical “Jova” seguía ganando fuerza mientras cambiaba gradualmente el rumbo de su trayectoria. El día 7 de octubre por la tarde se ubicó a 815 km al Suroeste de

Manzanillo, Colima, con vientos máximos sostenidos de 100 km/h, rachas de 120 km/h y desplazamiento hacia el Nor-Noroeste a 13 km/h.

El día 8 por la tarde, se ubicó a 710 km al Oeste-Suroeste de Manzanillo, Colima, ya como huracán, con vientos máximos sostenidos de 120 km/h, rachas de 150 km/h y desplazamiento hacia el Este-Noreste a 6 km/h.

Mientras avanzaba hacia el Este el huracán “Jova” siguió ganando fuerza y mayor velocidad en su desplazamiento y así, el día 9 de octubre por la noche, se encontraba a 420 km al Suroeste de Manzanillo, Col. con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h como huracán de categoría II y en la madrugada del día 10, alcanzó la categoría III, con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h cuando se encontraba a 430 km al Suroeste de Manzanillo, Colima.

El día 10 de octubre por la mañana, “Jova” alcanzó su mayor intensidad con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de 250 km/h dentro de la categoría III de la escala Saffir-Simpson, a 400 km al Suroeste de Manzanillo, Colima, misma fuerza que mantuvo hasta el anochecer de este día, cuando empezó a debilitarse como resultado del contacto de sus bandas nubosas con la costa occidental de México, pero manteniéndose dentro de la categoría III, con vientos máximos sostenidos de 195 km/h y rachas de 240 km/h, a una distancia de 255 km al Suroeste de Manzanillo, Colima.

Mientras se desplazaba lentamente hacia el Nor-Noreste acercándose a la costa de Jalisco, “Jova” siguió perdiendo fuerza, por lo que el día 11 poco después del mediodía, se debilitó a huracán de categoría II, con vientos máximos sostenidos de 160 km/h y rachas de 195 km/h a una distancia de 175 km al Suroeste de Manzanillo, Colima, fuerza con la que se mantuvo hasta las 01:00 horas local del día 12, cuando el centro del sistema se encontraba en la línea de costa, a 8 km al Sur de La Fortuna, Jalisco, pues a partir de ese momento, debido a la fricción con el terreno, “Jova” siguió debilitándose rápidamente, por lo que a las 4:00 horas, ya se encontraba en tierra, en las cercanías de la población de Puentecillas, del municipio de Tomatlán, Jalisco, con vientos máximos sostenidos de 140 km/h, rachas de 165 km/h y desplazamiento hacia el Norte a 15 km/h.

Mientras avanzaba hacia el Norte sobre territorio del Occidente del estado de Jalisco, “Jova” siguió debilitándose por lo que a las 10:00 horas del día 12, cuando se encontraba a 16 km al Oeste-Noroeste de la población de Atajo, Jal., se degradó a tormenta tropical con vientos máximos sostenidos de 100 km/h y rachas de 130 km/h.

La tormenta tropical “Jova” continuó su trayectoria hacia el Norte sobre el Occidente del país, debilitándose rápidamente por el efecto de fricción sobre el terreno y así, por la tarde del día 12, se degradó a depresión tropical presentando vientos máximos sostenidos de 55 km/h y rachas de 75 km/h a una distancia de 35 km al Este-Sureste de Tepic, Nayarit.

Finalmente, a las 22:00 horas del día 12, la depresión tropical “Jova” se ubicó a 75 km al Este-Noreste de Tepic, Nayarit, con vientos máximos sostenidos de 45 km/h y rachas de 65 km/h, muy próxima a debilitarse a una baja presión remanente.

Jova dejó un saldo de nueve personas muertas y seis personas resultaron heridas. En el estado de Jalisco, el huracán provocó un deslizamiento de tierra en el municipio de Cihuatlán, asimismo, varias carreteras fueron dañadas por la tormenta.

A lo largo del estado de Jalisco, las pérdidas por Jova sumaron 1.3 mil millones de pesos y aproximadamente 46,280 personas se vieron afectadas. En Colima, las pérdidas preliminares para la industria del turismo se estimaron en 170 millones de pesos, mientras que los daños a la infraestructura alcanzaron 1,283 millones de pesos.

h) Huracán Patricia del 2015

El seguimiento de este sistema inició el 17 de octubre al observarse un centro de baja presión de 1006 milibares, localizado al Sursureste del Golfo de Tehuantepec, a 240 km de Puerto Chiapas. Fue desplazándose al Oeste con una velocidad de 4 m/s y vientos máximos sostenidos de 56 km/h. La noche del 20 de octubre se convirtió en Tormenta Tropical y recibió el nombre de Patricia.

A pesar de su rápida intensificación, la tormenta se desplazaba lentamente. El día 22 de octubre a primera hora, Patricia se convirtió en huracán de categoría 1, a 363 km al Sursuroeste de Acapulco, con una presión mínima de 987 milibares y vientos sostenidos de 120 km/h. Por su proximidad a la costa, sus bandas nubosas afectaron la región occidental de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (ver Figura 3.28).

A lo largo de ese mismo día, 22 de octubre, patricia pasó de categoría 1 a 4, y las primeras horas del 23 de octubre por fin alcanzó la máxima categoría de la escala Saffir-Simpson, la categoría 5; situado a 330 km al Sur de Manzanillo.

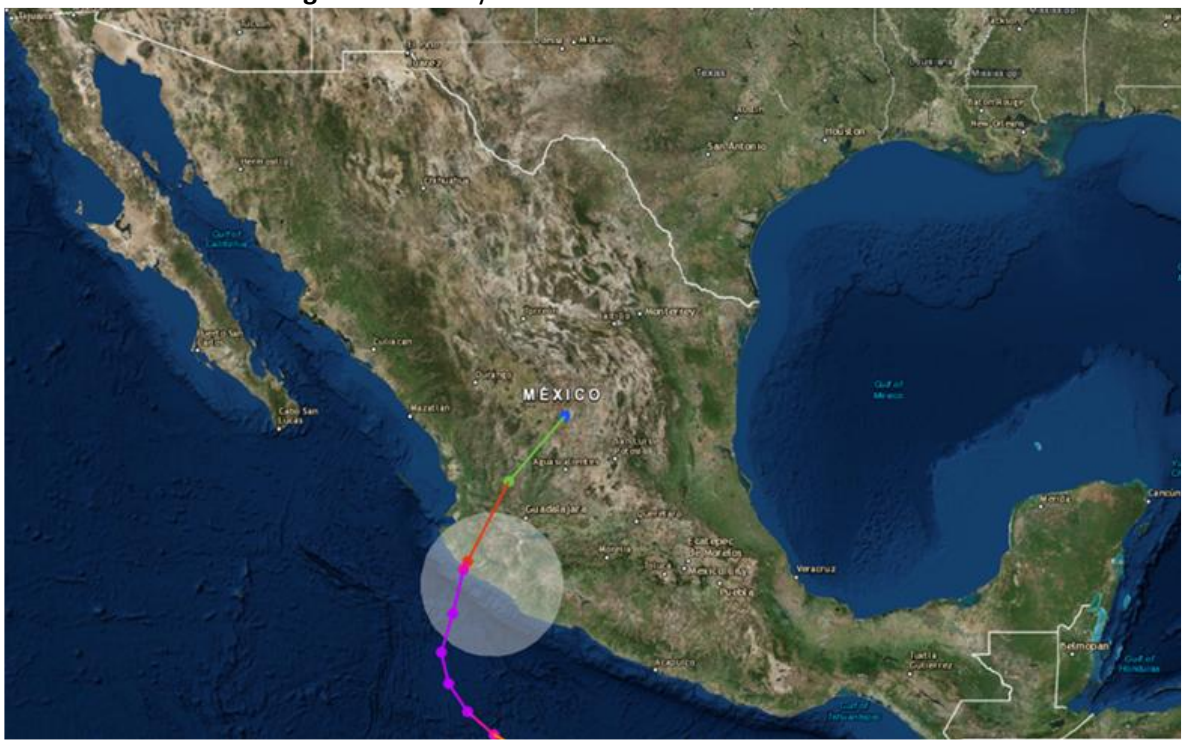
Fue hasta las primeras horas del 24 de octubre que Patricia se observó sobre tierra, a 75 km al Este de Puerto Vallarta, Jalisco, mientras mantenía la categoría 4. En las inmediaciones de bahía Chamela se fue debilitando hasta que bajó a categoría 1.

Avanzó tierra adentro, degradándose cada vez más, y pasó por los estados de Jalisco, Nayarit, Zacatecas y Nuevo León, hasta disiparse totalmente la noche del 24 de octubre.

Si bien el huracán Patricia fue catalogado por la Comisión Nacional del Agua y el Centro Nacional de Huracanes como el “más poderoso que haya existido en el planeta en toda la historia”, afortunadamente para la población no causó daños tan graves como se hubieran esperado. Esto gracias a varios factores, entre ellos destacan que la ruta de Patricia fue por zonas

montañosas (Sierra Madre Occidental y Sierra Volcánica Transversal), escasamente pobladas y alejadas de las grandes ciudades, lo cual dificultó su circulación mientras se iba disipando; además, las bandas de viento del huracán Patricia eran muy angostas.

Figura 3.28 Trayectoria del Huracán Patricia del 2015**.**



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

No se reportaron pérdidas humanas, lo cual refleja un buen manejo de medidas de seguridad por parte de las autoridades. En cuanto a la infraestructura, se reportaron en Colima muchas afectaciones a las vialidades, daños a viviendas, caídas de muchos árboles e inundaciones en muchas zonas aledañas a la costa que a su vez afectaron miles de hectáreas de zonas agrícolas.

El Puerto de Manzanillo cerró sus instalaciones durante el paso del huracán Patricia, sufrió pequeños daños en su infraestructura como techos y ventanas, pero nada que pusiera en riesgos sus operaciones por lo que reanudaron rápidamente sus actividades.

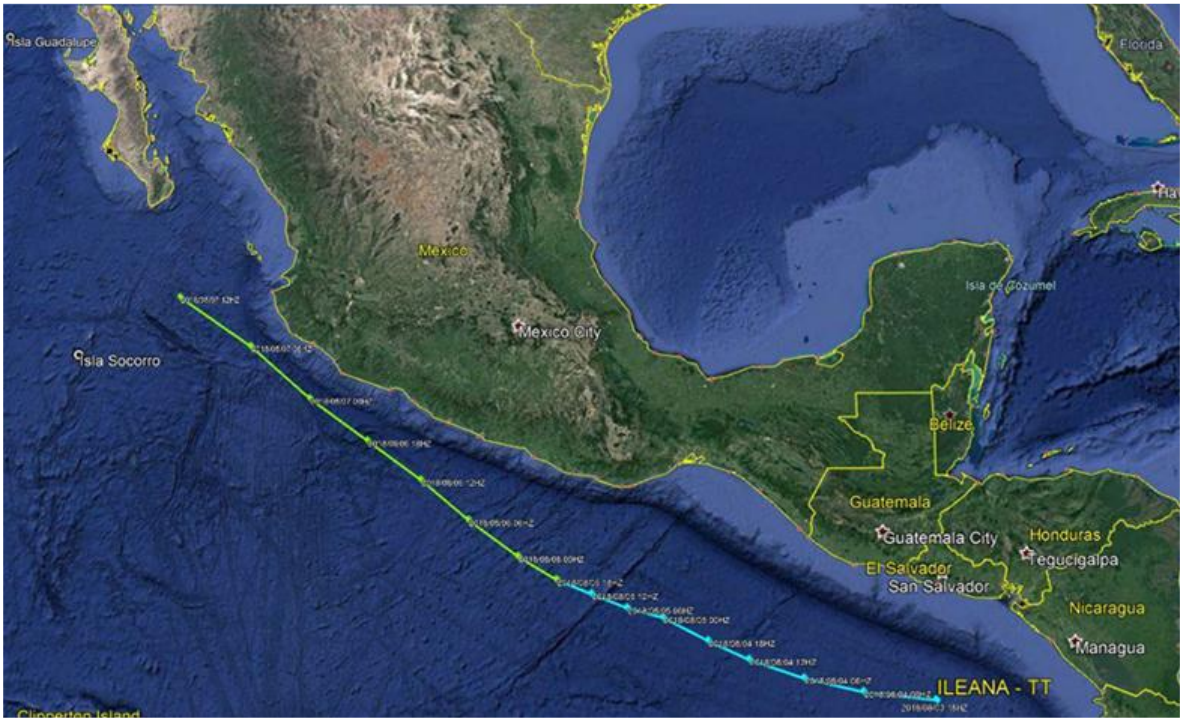
El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) reportó un total de 4,008.70 millones de pesos en pérdidas ocasionadas por el huracán Patricia, de los cuales el estado de Colima sufrió 1,744.1 millones de pesos. De primera instancia parece una enorme cantidad, pero

comparada con los 10,000 millones de pesos que había pronosticado el consultor de desastres naturales para la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), sólo se perdió el 40% de lo pronosticado.

i) Tormenta Tropical Ileana del 2018

A las 16:00 horas del 4 de agosto se formó la depresión tropical “Once-E” al sur del Golfo de Tehuantepec; un día después se convirtió en tormenta tropical, al Sur de las costas de Guerrero y Oaxaca, y se le nombró Ileana (ver Figura 3.29).

Figura 3.29 Trayectoria de la Tormenta Tropical Ileana del 2018**.**



Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2019.

El mayor acercamiento de la tormenta a las costas fue a el día 6 de agosto a las 22:00 horas cuando se ubicó 130 km al Sur-Suroeste de Manzanillo con vientos máximos sostenidos de 95 km/h. El martes 7 de agosto a las 10:00 horas la tormenta Ileana fue absorbida por las bandas nubosas del huracán John frente a las costas de Jalisco y Nayarit, habiendo recorrido un total de 2,300 km y durado 66 horas.

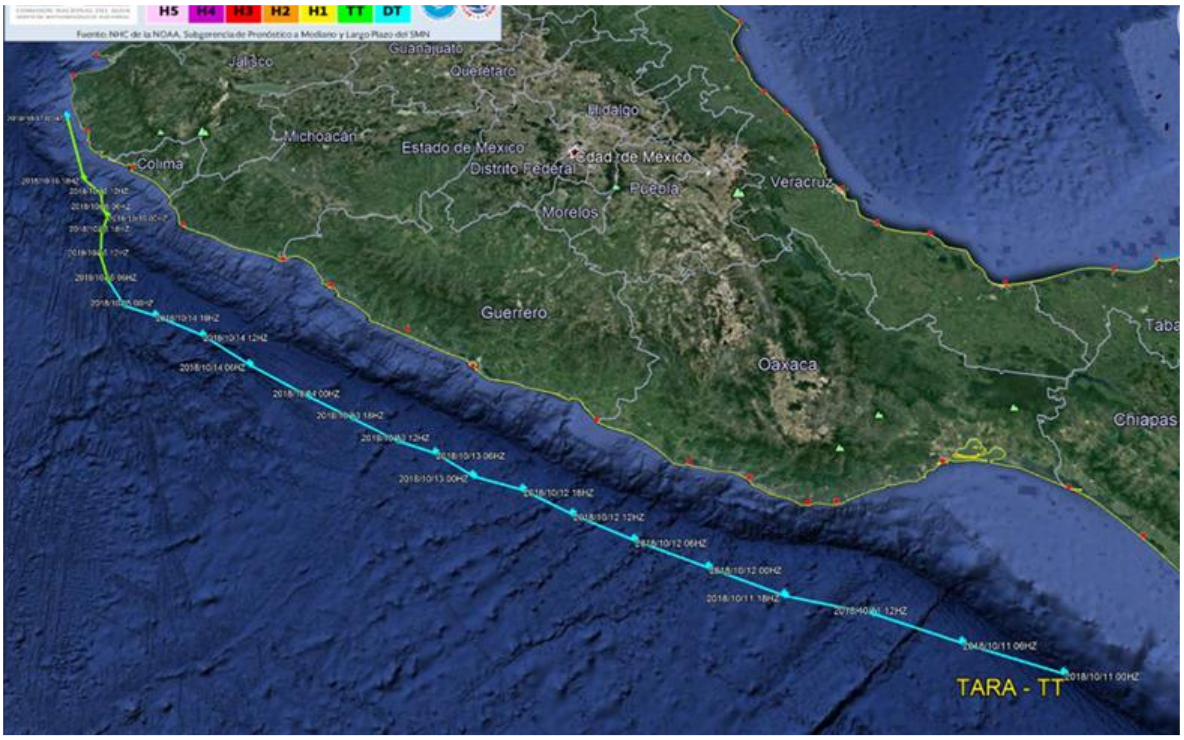
Si bien John fue de mayor categoría que Ileana, quien ni siquiera alcanzó la categoría 1 de huracán, fue Ileana quien provocó mayor precipitación en nuestra zona de estudio, pues pasó

mucho más cerca de Colima que John, acumulando una precipitación total de 50 mm. El periódico "El Universal" reportó 4 muertes debidas al huracán Ileana; 3 de ellas ahogadas por inundaciones y desbordes de ríos en Chilpancingo, Guerrero, y la cuarta ahogada en la playa por el fuerte oleaje.

j) Tormenta Tropical Tara del 2018

El 14 de octubre se formó la depresión tropical 22-E a 125 km al Sursuroeste de Lázaro Cárdenas, con desplazamiento hacia el Oeste-Noroeste a 9 km/h (ver Figura 3.30).

Figura 3.30 Trayectoria del Huracán Tara del 2018**.**



Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2019.

3.8.2 Registro Estadístico de Huracanes.

México es un país vulnerable a la influencia de los ciclones tropicales que se generan tanto en el Océano Atlántico como en el Pacífico. La fuerza destructiva de algunos de ellos en los últimos años ha provocado que se crea que estos meteoros se han incrementado en frecuencia y/o intensidad como consecuencia del cambio climático global.

En el Pacífico se genera la mayor densidad de ciclones tropicales, aunque por las circunstancias oceánicas y atmosféricas la mayoría de ellos tienden a alejarse de las costas mientras que en un porcentaje menor llegan a tocar tierra, no ocurriendo así para el Atlántico. El estudio de un periodo mayor de 50 años muestra que no existe una tendencia clara hacia el aumento en intensidad o frecuencia de los ciclones y que Jalisco es uno de los estados con mayor impacto de estas tormentas en el Océano Pacífico.

3.8.2.1 Incidencia de Huracanes.

Al revisar las estadísticas se encuentra que lo mismo ha habido años y épocas de mínima actividad ciclónica, que otros con numerosos huracanes y tormentas. Desde luego, mientras más tormentas se formen en una temporada, mayor será el número de ellos que puedan convertirse en huracán y mayores también las probabilidades de que algunos alcancen gran intensidad.

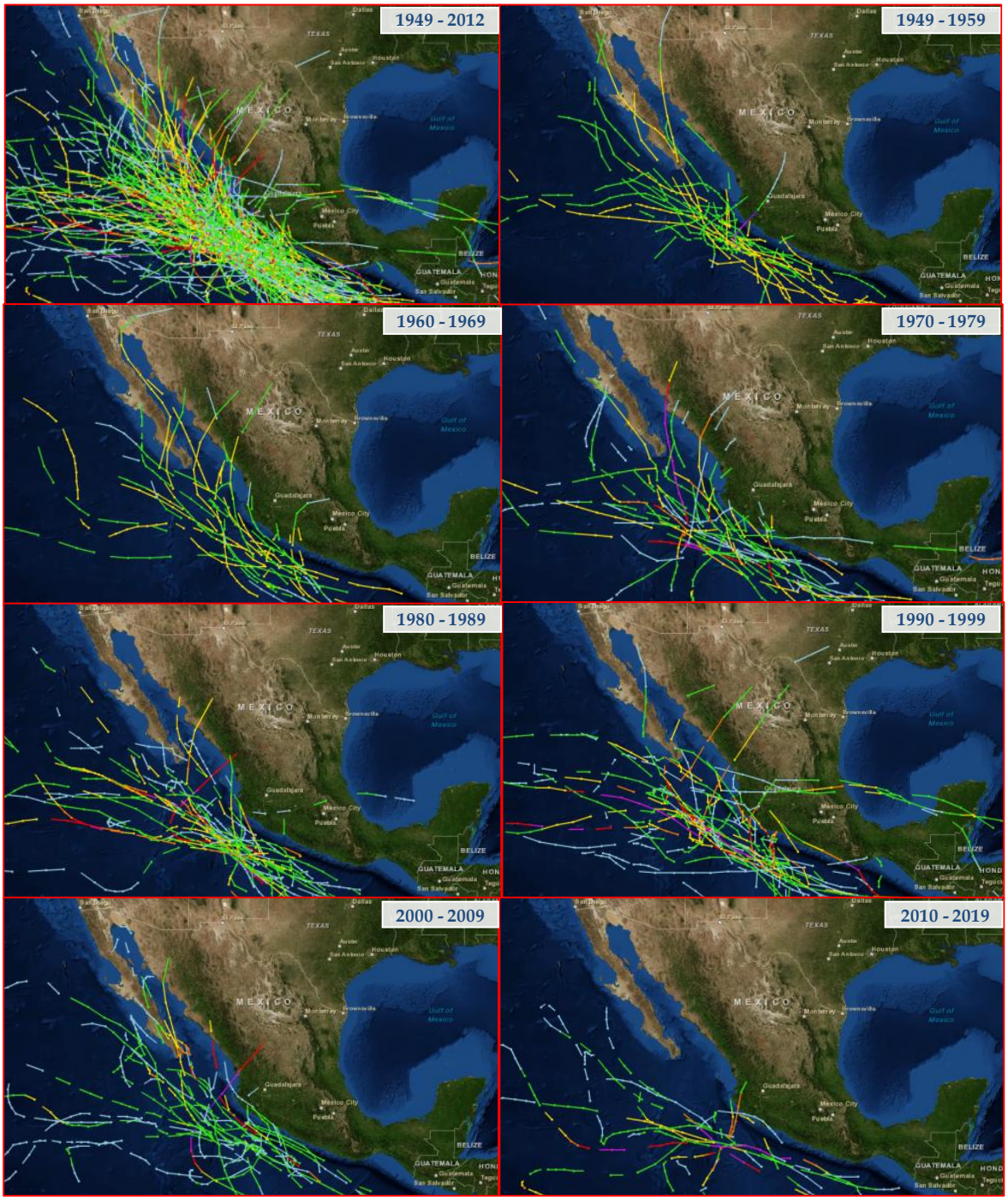
En la Figura 3.31 se muestran las trayectorias de los ciclones tropicales que han ocurrido en el Océano Pacífico, década por década, desde 1949 al 2012. Se observa que desde la década de los 60's a la fecha, las trayectorias muestran mayor densidad que en la primera (1950-1959). Lo anterior puede deberse, muy probablemente, a que en dicha década aún no operaban los satélites ambientales y por ello un número significativo de ciclones tropicales pudieron haber pasado inadvertidos. Esto significa, que probablemente no es un cambio real en el número de ciclones tropicales.

En contraste con el Océano Atlántico, en el Pacífico se observa un ligero aumento en el número de trayectorias en la década de 1980 a 1989. Por lo demás, los patrones de trayectorias son bastante consistentes entre década y década.

Por otra parte, se observa que, históricamente, México se ve afectado por ciclones tropicales desde el inicio de la temporada, la cual inicia el 15 de mayo y termina el 30 de noviembre. Los meses de julio, agosto y septiembre son los que presentan un mayor número de ciclones tropicales, y de ellos, el de septiembre es el que presenta un mayor número de ciclones que afectan directamente nuestras costas. En noviembre son ya muy pocos los ciclones que pueden presentarse, pero todavía existe una probabilidad de que haya afectaciones por estos fenómenos en nuestro país.

Las trayectorias menos climatológicas, es decir, las que menos siguen un patrón histórico, se dan al principio y al final de la temporada. Conforme avanza la temporada de junio a octubre la probabilidad de recurve e incidencia en México aumenta. Lo anterior produce que la mínima probabilidad de incidencia en México ocurra en julio.

Figura 3.31 Trayectorias de los Huracanes que han Pasado por el Océano Pacífico (1949-2019).

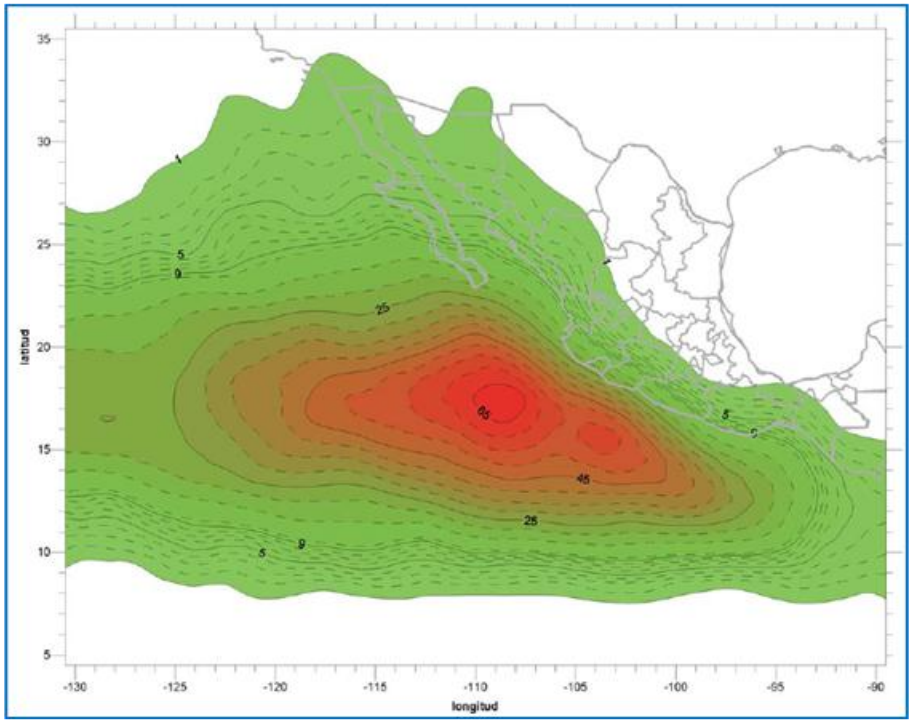


Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2019.

En el mes de junio se observa que la mayoría de los ciclones tropicales que recurvan a tierra afectan principalmente las costas centrales, y muy pocos llegan al noreste del país. En cambio, en julio la tendencia de las trayectorias es hacia el noroeste, con la posibilidad de que los ciclones se adentren a tierra en aquella zona del país. En el mes de agosto se observa que las trayectorias se definen más hacia el norte, afectando los estados de Sonora, Baja California, Baja California Sur y el norte de Sinaloa, principalmente.

De acuerdo con el registro de ciclones tropicales, es posible identificar una zona con mayor densidad de ciclones tropicales que se localiza en las coordenadas 109° oeste y 16° norte, ver Figura 3.32. Asimismo, se observa claramente la disminución de estos valores en los sitios donde se ubican zonas montañosas. Cabe resaltar que la isolínea de 10 ciclones tropicales va por la costa del Pacífico mexicano hasta cruzar el sur de la península de Baja California Sur, es decir que cerca de la zona de proyecto se tienen fácilmente frecuencias de hasta 10 ciclones tropicales en 60 años.

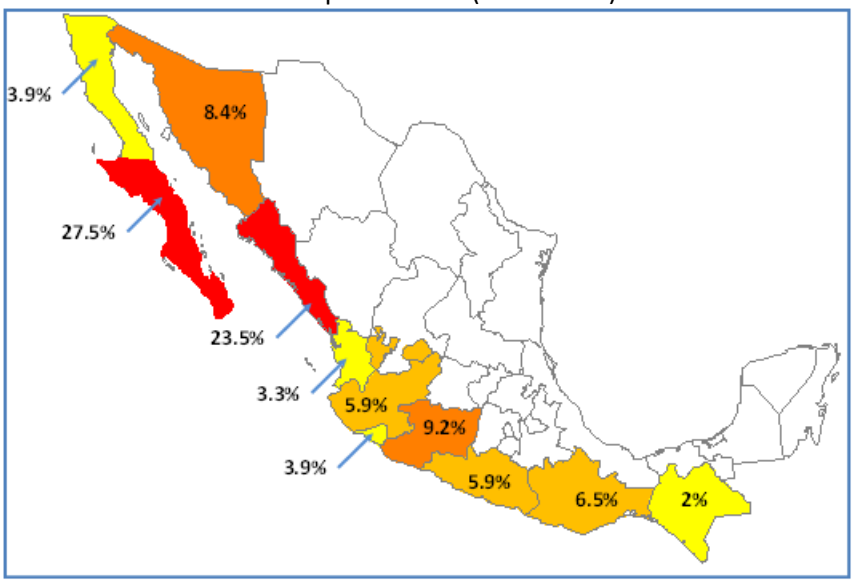
Figura 3.32 Distribución del Número de Tormentas Tropicales y Huracanes para el Océano Pacífico (1949-2019)**.**



Del análisis desarrollado, se observa que hay alternancia de periodos con mayor incidencia de ciclones tropicales de 1982 a 1994, mientras que en 1993 a 2004 predominó un menor número de ellos, asimismo, no se observa una tendencia al incremento de la intensidad de los huracanes.

Sin embargo, se puede apreciar que los huracanes categoría 5 son menos frecuentes. Al revisar la frecuencia de los ciclones que inciden sobre la costa, se observó que en 1981 y 2006 se dan las mayores frecuencias. Por otra parte, de acuerdo con el período estudiado, se observaron 755 ciclones tropicales, de los cuales 153 han tocado las costas del Pacífico mexicano, observándose que el Estado de Colima presenta un 3.9% de frecuencia relativa (ver Figura 3.33).

Figura 3.33 Incidencia de Huracanes en las Costas Mexicanas del Océano Pacífico por Estados (1949-2019)**.**



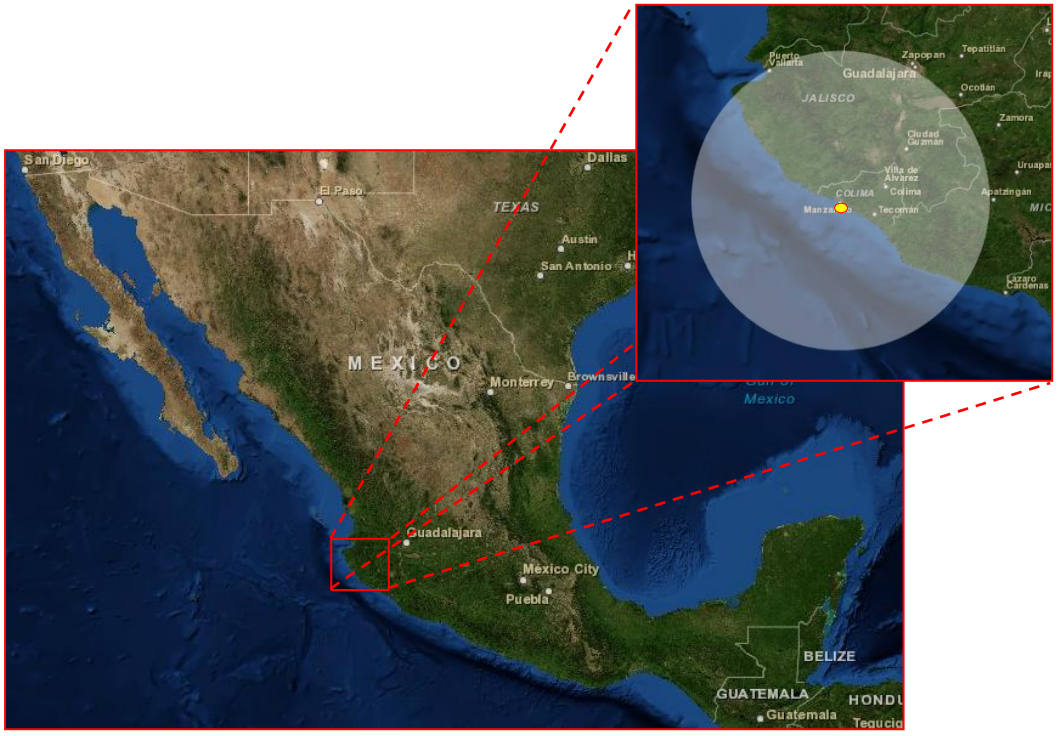
3.8.2.2 Eventos Climáticos Extremos en la Zona de Estudio.

Tal como se ha descrito en los párrafos anteriores, la zona de estudio es una región que se azotada por perturbaciones atmosféricas de gran magnitud, principalmente durante los meses de julio a septiembre, con los efectos consiguientes, tales como oleajes de gran magnitud, mayores a los normales y sobreelevaciones temporales del nivel medio del mar generados por el empuje del viento ciclónico sobre la superficie del agua.

Para determinar los efectos de estos ciclones en la zona de proyecto, fue realizado un análisis de eventos extremos actuando sobre el lugar a partir de los registros de los meteoros más significantes históricamente, que van desde las depresiones tropicales hasta los huracanes

categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, para tal caso fue delimitada una zona de 200 km (108 millas náuticas aproximadamente, ver Figura 3.34), con el objeto de identificar las principales tormentas que han pasado o tocado tierra en la cercanía de las costas de Manzanillo.

Figura 3.34 Delimitación de la Zona de Estudio**.**



Fuente: Elaboración propia, 2019

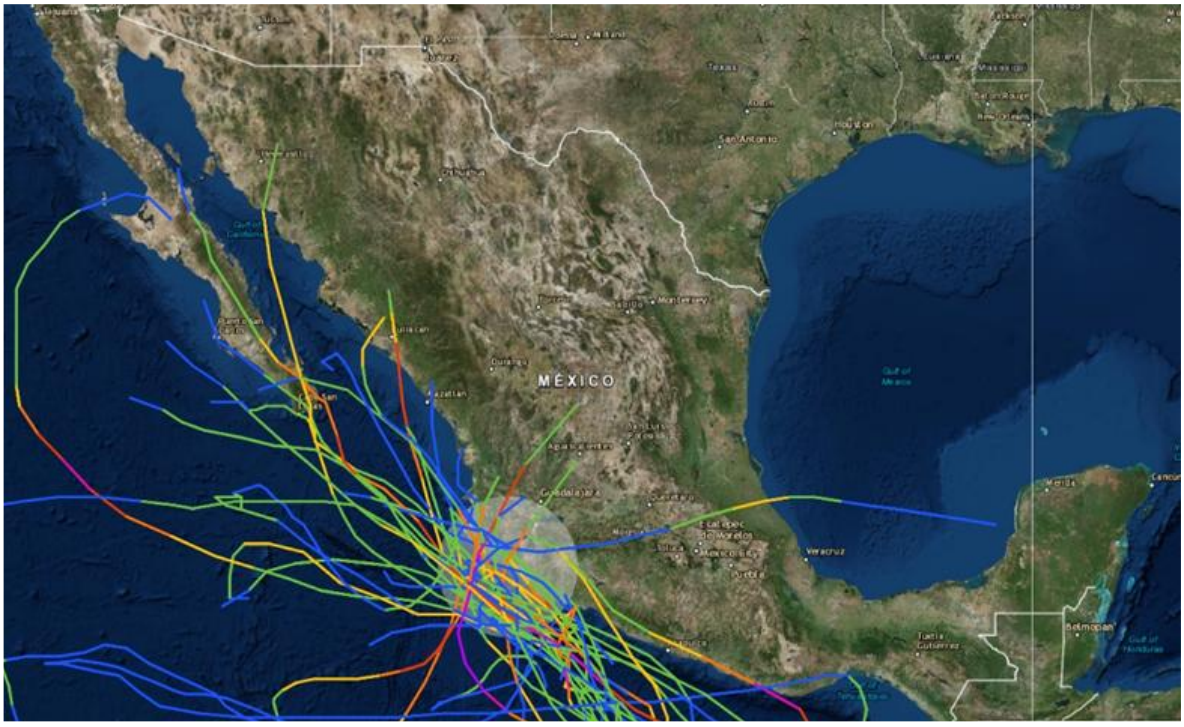
De acuerdo con los registros del National Hurricane Center, en el lapso de 1949 a 2018, se identificaron un total de 94 eventos ciclónicos que se presentaron en la zona de estudio, ver Figura 3.33. Del total de ciclones que se han presentado en la zona de estudio, el 44% corresponden a tormentas tropicales, mientras que los huracanes categoría 1 representan el 33% y 13% corresponde a huracanes categoría 2, el restante 9% se encuentra integrado por huracanes categoría 3 a 5 y el restante 2% corresponde a depresiones tropicales.

Es importante comentar, que las tormentas identificadas corresponden a la clasificación del tipo de ciclón tropical con el que fueron identificadas, más no implica necesariamente, que se hayan presentado con esa categoría en la zona de estudio. De acuerdo con el análisis desarrollado, se identificó el estado de cada tormenta en su posición más cercana a la zona de estudio, el 69%

corresponde a tormentas y depresiones tropicales, los huracanes categoría 1 disminuyen hasta el 25% y el restante 7% se encuentra integrado por huracanes categoría 2 a 5, ver Figura 3.35.

Ahora bien, como se ha comentado anteriormente, el monitoreo y registro de los ciclones tropicales en el Océano Pacífico es reciente, por lo cual de los 94 ciclones identificados no todos cuentan con los datos suficientes de mediciones de sus características (viento, presión y velocidad) para desarrollar su análisis y determinar su influencia sobre la zona de estudio, por tal motivo, de los 94 eventos se identificaron 43 ciclones con datos suficientes para ser evaluados, ver Tabla 3.9 y Figura 3.36. Con los datos de esos 43 eventos, se realizará el análisis extremal.

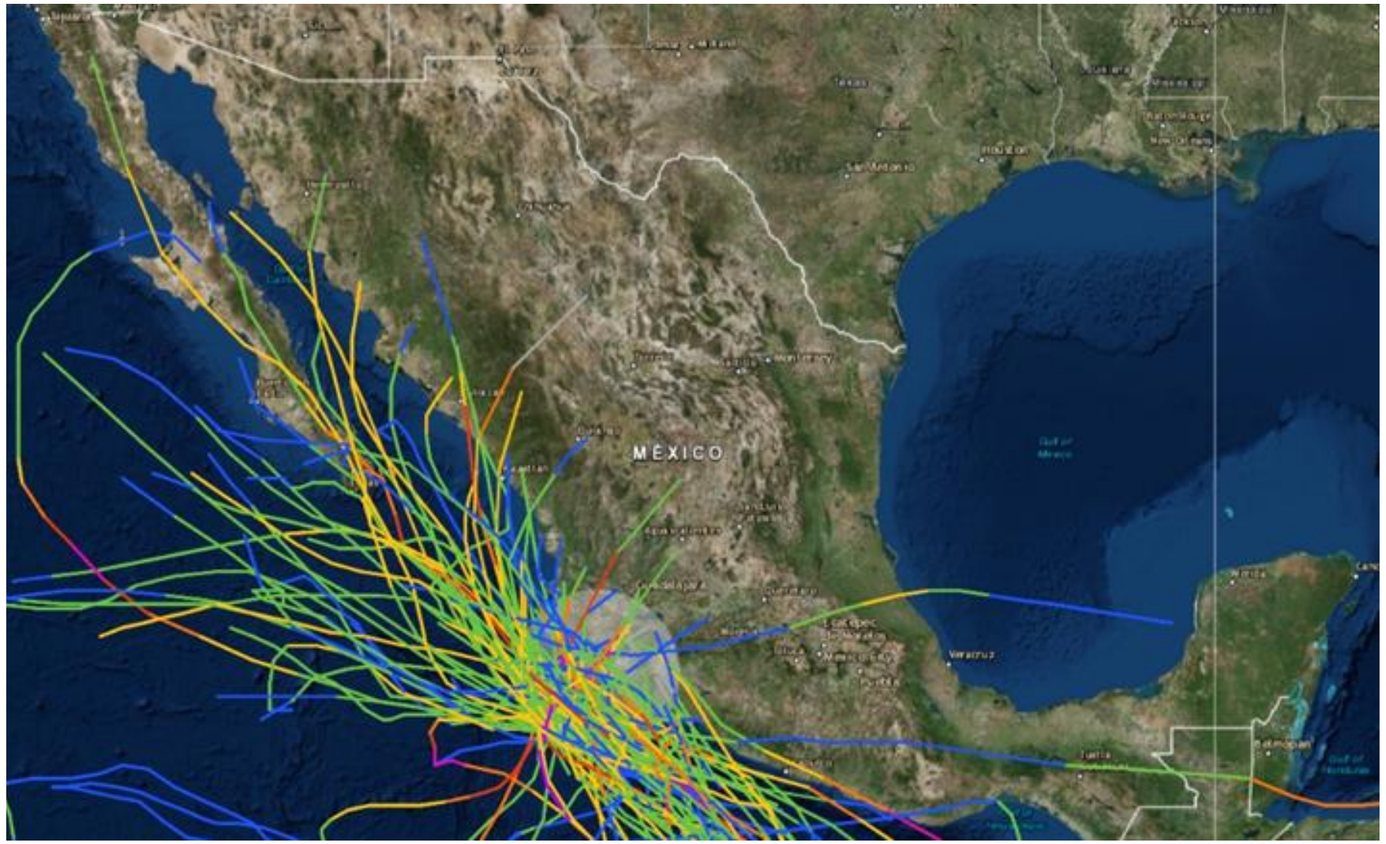
Figura 3.36 Delimitación de la Zona de Estudio**.**

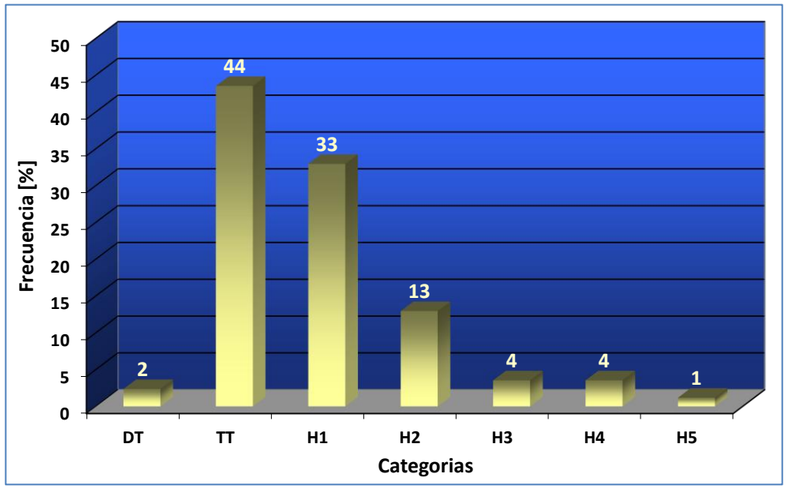


Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

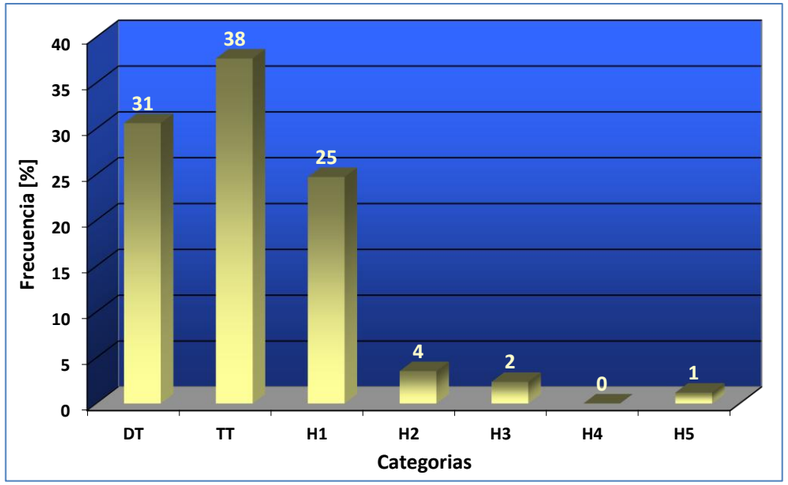
Del total de ciclones presentados en la zona de estudio desde 1949 a la actualidad, la mayor parte de eventos corresponde a depresiones y tormentas tropicales, solo la cuarta parte alcanza la categoría de huracán entre 1 y 5. De acuerdo con esta valoración, se observa que en la zona ha visto afectada por un huracán de categoría 5 en los últimos 24 años, por otra parte, los huracanes categoría 2 a 4 en conjunto representan el 6% de los eventos extremos.

Figura 3.35 Eventos Ciclónicos en la Zona de Estudio (1949-2019).





A) Total de eventos ciclónicos que se presentaron en la zona de estudio, clasificados de acuerdo a su desarrollo general.



B) Total de eventos ciclónicos que se presentaron en la zona de estudio, clasificados de acuerdo a su desarrollo particular en la zona de

Tabla 3.9 Eventos Ciclónicos Evaluados para la Zona de Estudio.

No.	Tormenta	Fecha		U [knots]	Po [mb]	Clasificación		Distancia Total a la Zona de Estudio [km]	Velocidad de Desplazamiento [km/hr]	R [km]
		Mes	Año			General	Zona de Estudio			
1	Huracán Debby	SEP	1988	30	1001	H1	DT	53.73	15.82	126.21
2	Tormenta Tropical Aletta	JUN	1988	25	1006	TT	DT	182.22	10.60	137.34
3	Tormenta Tropical Priscilla	SEP	1989	30	1004	TT	DT	127.37	16.84	132.76
4	Tormenta Tropical Manuel	AUG	1989	25	1008	TT	DT	214.28	21.32	142.09
5	Tormenta Tropical Douglas	JUN	1990	55	993	TT	TT	80.05	11.62	110.43
6	Huracán Dolores	JUN	1991	70	982	H1	H1	202.96	19.14	92.20
7	Huracán Winifred	OCT	1992	85	975	H3	H2	14.83	28.27	82.36
8	Huracán Virgil	OCT	1992	30	1007	H4	DT	71.71	9.07	139.69
9	Huracán Gert	SEP	1993	20	1004	H2	DT	204.08	38.09	132.76
10	Huracán Irwin	AGO	1993	60	999	TT	TT	266.15	20.51	122.04
11	Huracán Calvin	JUL	1993	85	973	H2	H2	95.54	27.25	79.77
12	Huracán Herman	OCT	1996	65	985	H1	H1	46.54	14.34	96.82
13	Huracán Alma	JUN	1996	25	1009	H2	TT	111.28	11.50	144.54
14	Huracán Boris	JUN	1996	30	1005	H1	DT	62.12	0.12	135.03
15	Tormenta Tropical Olaf	OCT	1997	25	1009	TT	DT	3.94	6.57	144.54
16	Tormenta Tropical Javier	SEP	1998	30	1001	TT	DT	162.93	10.64	126.21
17	Huracán Greg	SEP	1999	40	1005	H1	TT	129.77	12.29	135.03
18	Tormenta Tropical Irwin	OCT	1999	40	1000	TT	TT	157.04	8.20	124.11
19	Tormenta Tropical Ileana	AGO	2000	35	1003	TT	TT	165.34	20.47	130.54
20	Tormenta Tropical Norman	SEP	2000	30	1004	TT	DT	52.27	20.69	132.76
21	Tormenta Tropical Julio	SEP	2002	25	1005	TT	DT	43.01	21.78	135.03
22	Huracán Olaf	OCT	2003	50	997	H1	TT	48.07	3.70	118.03
23	Tormenta Tropical Dora	JUL	2005	30	1008	TT	DT	95.80	18.44	142.09
24	Huracán John	SEP	2006	110	950	H4	H3	119.50	19.36	55.70
25	Huracán Lane	SEP	2006	55	994	H3	TT	160.91	14.04	112.28
26	Tormenta Tropical Norman	OCT	2006	30	1000	TT	DT	51.10	14.16	124.11
27	Huracán Henriette	SEP	2007	50	996	H1	TT	137.05	15.16	116.08
28	Tormenta Tropical Odile	OCT	2008	25	1007	TT	DT	58.49	6.57	139.69
29	Huracán Andres	JUN	2009	65	988	H1	H1	95.80	19.35	101.69
30	Huracán Beatriz	JUN	2001	60	987	H1	TT	86.41	22.29	100.04
31	Huracán Jova	OCT	2011	85	975	H1	H1	115.59	18.85	82.36
32	Depresión Tropical Eight	SEP	2011	25	1006	DT	DT	55.29	14.49	137.34
33	Huracán Bud	MAY	2012	70	990	H1	H1	139.78	13.08	105.09
34	Huracán Erick	JUL	2013	70	984	H1		124.39	16.59	95.25
35	Huracán Manuel	SEP	2013	45	996	TT		29.03	19.11	116.08

Nomenclatura: U, velocidad del viento. Po, Presión barométrica atmosférica. R, radio del huracán.
Fuente: Elaboración propia con datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

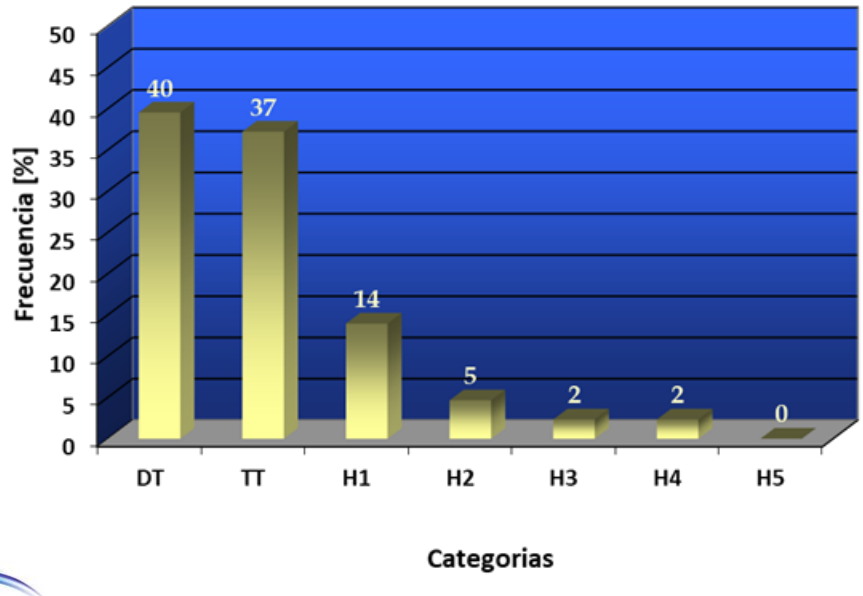
Tabla 3.9 Eventos Ciclónicos Evaluados para la Zona de Estudio.
(Continuación)

No.	Tormenta	Fecha		U [knots]	Po [mb]	Clasificación		Distancia Total a la Zona de Estudio [km]	Velocidad de Desplazamiento [km/hr]	R [km]
		Mes	Año			General	Zona de Estudio			
36	Tormenta Tropical Elida	JUL	2014	45	1003	TT		167.87	1.77	130.54
37	Huracán Simón	OCT	2014	30	1003	DT		177.59	15.79	130.54
38	Huracán Carlos	JUN	2015	55	995	TT		52.85	11.65	114.16
39	Huracán Patricia	OCT	2015	130	932	H4		90.00	25.25	42.49
40	Tormenta Tropical Javier	AGO	2016	30	1002	DT		62.50	19.88	128.35
41	Tormenta Tropical Pilar	SEP	2017	35	1003	TT		129.52	8.20	130.54
42	Tormenta Tropical Ileana	AGO	2018	50	999	TT		145.66	33.82	122.04
43	Tormenta Tropical Tara	OCT	2018	50	998	TT		58.84	2.55	120.02

Nomenclatura: U, velocidad del viento. Po, Presión barométrica atmosférica. R, radio del huracán.
Fuente: Elaboración propia con datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

Es importante comentar que la clasificación de las tormentas para este proyecto corresponde a la clasificación del tipo de ciclón tropical con el que se haya presentado en su posición más cercana a nuestra zona de estudio. De acuerdo con el análisis desarrollado se identificó el estado de cada tormenta; el 40% está conformado por las depresiones tropicales, mientras que el 37% son tormentas tropicales; de la cuarta parte restante de eventos, el 14% son huracanes categoría 1, el 5% huracanes de categoría 2, y el 4% restante está repartido entre huracanes de categoría 3 a la 5, ver Figura 3.37.

Figura 3.37 Distribución Frecuencial del Total de Ciclones en la Zona de Estudio**.**



3.8.3 Oleaje Asociado a Eventos Extremos.

Parte fundamental en cualquier trabajo de ingeniería de costas consiste en determinar las características de oleaje que un evento extraordinario -concretamente un huracán-, puede generar en la zona en estudio. La importancia de conocer estas características radica en que de ellas se derivan las condiciones máximas extremas a las cuales estará sujeto un proyecto costero y que generalmente, representan los extremos climáticos más significativos.

Sobre esta base, fue realizado un análisis de oleaje extremal a partir de la base de datos de huracanes con que se cuenta. Para determinar las características del oleaje que potencialmente pudo haber generado cada evento meteorológico, se analizó su trayectoria y mediante la implementación del método del Huracán Standard (con registros de presión central, posición del meteoro, velocidad de viento y fecha de ocurrencia), se determinaron las características del oleaje en la zona de generación y de decaimiento, ver Tabla 3.10.

Para definir la relación entre la altura de ola asociada a huracanes y su distribución en el tiempo, al conjunto de resultados mayores le fue aplicada la metodología para correlacionar el período de retorno, asociándolo a los valores máximos registrados. La serie de datos (altura de ola-período de retorno) fue procesada empleando las curvas de ajuste a una distribución de probabilidad tipo Weibull, dado que este modelo matemático representa el mejor ajuste en función de la menor desviación estándar de la muestra.

Para el análisis, se han seleccionado de cada evento la altura de ola mayor presentada, es decir, se tienen alturas de ola máximas anuales y con ellas se representan el papel probabilístico de Weibull. Los puntos negros son los datos reales de la serie de datos y la línea roja representa el ajuste de Weibull. En el eje y izquierdo se presenta la probabilidad de ocurrencia y en el eje y derecho el periodo de retorno en años. El eje x representa la altura de ola significante.

En la Figura 3.38 se presentan la probabilidad conjunta de las alturas de ola superiores a 2.0 m a periodos picos. Se extraen los valores representativos para los diferentes periodos de retorno de altura de ola y periodo en la zona de generación que se presentan en la Tabla 3.11.

De esta manera, se tiene un gráfico de ajuste probabilístico en el cual se asocia la altura de ola para un evento extremo correlacionándolo con un periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia. Dado que estas alturas de ola extremal se presentan en la zona de generación, resulta adecuado conocer la altura de ola de decaimiento, ver Figura 3.39

Tabla 3.10 Eventos Ciclónicos Evaluados para la Zona de Estudio.

No.	Tormenta	Fecha		U [knots]	Po [mb]	Oleaje			
		Mes	Año			Crítico		Somero	
						Hs [m]	Ts [s]	Hsm [m]	Tsm [s]
1	Huracán Debby	SEP	1988	30	1001	8.46	11.25	1.65	5.26
2	Tormenta Tropical Aletta	JUN	1988	25	1006	7.37	10.47	1.47	4.96
3	Tormenta Tropical Priscilla	SEP	1989	30	1004	8.31	11.18	1.67	5.30
4	Tormenta Tropical Manuel	AUG	1989	25	1008	8.58	11.47	1.48	4.98
5	Tormenta Tropical Douglas	JUN	1990	55	993	8.65	11.33	2.40	6.37
6	Huracán Dolores	JUN	1991	70	982	10.30	12.41	2.73	6.69
7	Huracán Winifred	OCT	1992	85	975	11.66	13.28	3.03	6.97
8	Huracán Virgil	OCT	1992	30	1007	7.09	10.26	1.68	5.34
9	Huracán Gert	SEP	1993	20	1004	10.63	12.98	1.23	4.50
10	Huracán Irwin	AGO	1993	60	999	9.18	11.77	2.55	6.65
11	Huracán Calvin	JUL	1993	85	973	11.61	13.24	3.02	6.93
12	Huracán Herman	OCT	1996	65	985	9.56	11.92	2.62	6.58
13	Huracán Alma	JUN	1996	25	1009	7.30	10.46	1.48	4.99
14	Huracán Boris	JUN	1996	30	1005	6.03	9.42	1.67	5.31
15	Tormenta Tropical Olaf	OCT	1997	25	1009	6.59	9.88	1.48	4.99
16	Tormenta Tropical Javier	SEP	1998	30	1001	7.83	10.78	1.65	5.26
17	Huracán Greg	SEP	1999	40	1005	7.67	10.70	2.02	5.89
18	Tormenta Tropical Irwin	OCT	1999	40	1000	7.62	10.61	2.00	5.82
19	Tormenta Tropical Ileana	AGO	2000	35	1003	8.82	11.56	1.84	5.59
20	Tormenta Tropical Norman	SEP	2000	30	1004	8.76	11.53	1.67	5.30
21	Tormenta Tropical Julio	SEP	2002	25	1005	8.81	11.59	1.47	4.95
22	Huracán Olaf	OCT	2003	50	997	7.32	10.38	2.28	6.23
23	Tormenta Tropical Dora	JUL	2005	30	1008	8.23	11.19	1.68	5.35
24	Huracán John	SEP	2006	110	950	11.00	12.80	3.41	7.03
25	Huracán Lane	SEP	2006	55	994	8.86	11.49	2.41	6.38
26	Tormenta Tropical Norman	OCT	2006	30	1000	8.35	11.16	1.65	5.25
27	Huracán Henriette	SEP	2007	50	996	8.83	11.48	2.28	6.22
28	Tormenta Tropical Odile	OCT	2008	25	1007	6.75	9.99	1.47	4.97
29	Huracán Andres	JUN	2009	65	988	9.95	12.20	2.63	6.63
30	Huracán Beatriz	JUN	2001	60	987	10.35	12.48	2.51	6.45
31	Huracán Jova	OCT	2011	85	975	10.59	12.57	3.03	6.97
32	Depresión Tropical Eight	SEP	2011	25	1006	7.87	10.87	1.47	4.96
33	Huracán Bud	MAY	2012	70	990	9.06	11.60	2.75	6.83
34	Huracán Erick	JUL	2013	70	984	9.88	12.14	2.74	6.72

Nomenclatura: U, velocidad del viento. Po, Presión barométrica atmosférica. R, radio del huracán.
Fuente: Elaboración propia con datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

Tabla 3.10 Eventos Ciclónicos Evaluados para la Zona de Estudio.
(Continuación)

No.	Tormenta	Fecha		U [knots]	Po [mb]	Oleaje			
		Mes	Año			Crítico		Somero	
						Hs [m]	Ts [s]	Hsm [m]	Tsm [s]
35	Huracán Manuel	SEP	2013	45	996	9.29	11.81	2.14	6.00
36	Tormenta Tropical Elida	JUL	2014	45	1003	6.48	9.76	2.16	6.11
37	Huracán Simon	OCT	2014	30	1003	8.30	11.16	1.66	5.29
38	Huracán Carlos	JUN	2015	55	995	8.49	11.22	2.41	6.40
39	Huracán Patricia	OCT	2015	130	932	11.33	13.02	3.67	7.02
40	Tormenta Tropical Javier	AGO	2016	30	1002	8.84	11.56	1.66	5.27
41	Tormenta Tropical Pilar	SEP	2017	35	1003	7.33	10.42	1.84	5.59
42	Tormenta Tropical Ileana	AGO	2018	50	999	10.64	12.85	2.29	6.27
43	Tormenta Tropical Tara	OCT	2018	50	998	7.08	10.21	2.29	6.25

Nomenclatura: U, velocidad del viento. Po, Presión barométrica atmosférica. R, radio del huracán.
Fuente: Elaboración propia con datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

Figura 3.38 Análisis Probabilístico en el Papel de Weilbull de Altura de Ola Anual (Zona de Generación).

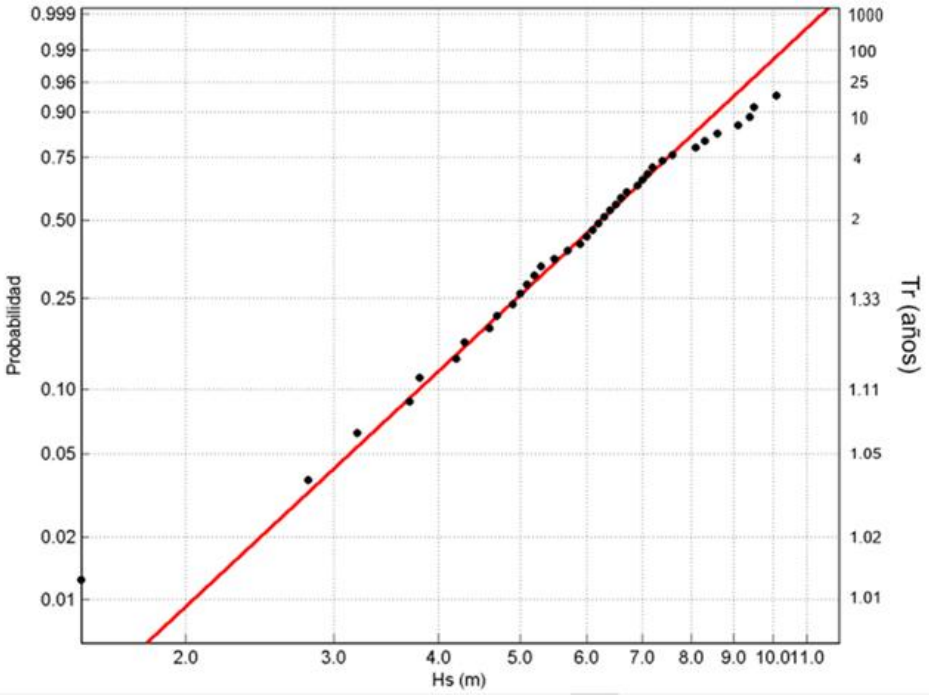
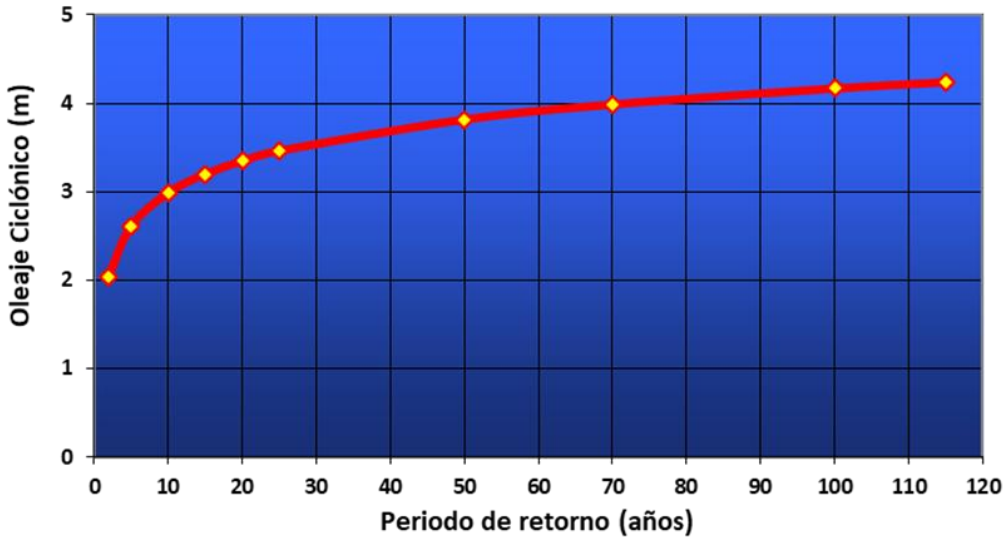


Tabla 3.11 Condiciones Extremales Asociadas a Periodos de Retorno.

Tr (años)	Hs (m)	Tp asociado (s)
2	6.2	5-8
5	7.7	5-10
10	8.6	9-10
25	9.5	10-11
50	9.8	11-12
100	10.2	11-12
1000	11.5	13-14

Figura 3.39 Análisis Probabilístico de Eventos Extremos (Condiciones Aguas Someras).

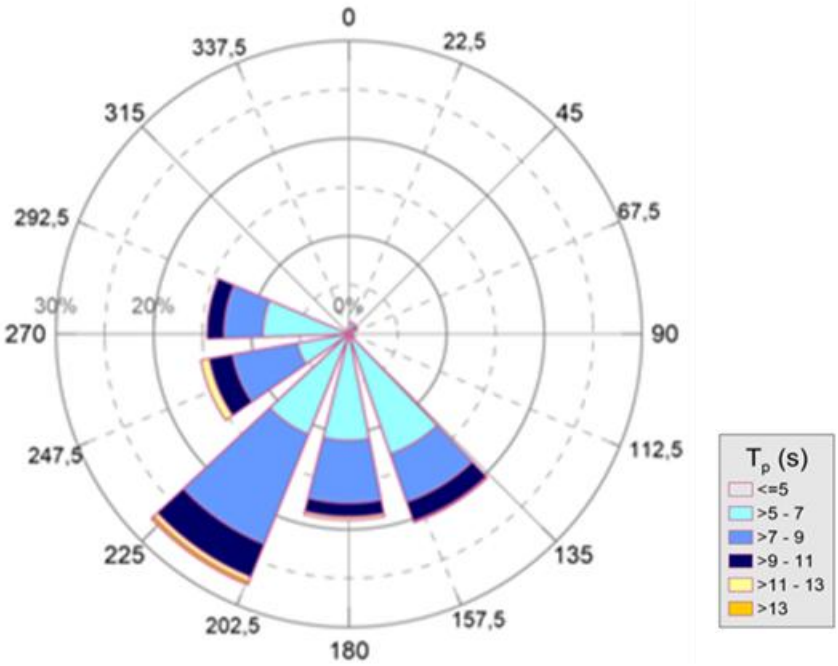


Fuente: Elaboración propia, 2025.

3.8.3.1 Rosa de Altura de Oleaje Extremal.

Las direcciones son muy importantes en como incida el frente de olas sobre la bocana de la laguna de Cuyutlán, por ende, en los procesos de refracción y difracción. Por ello se presentan de la selección de eventos considerados tormentas con los criterios ya mencionados, la rosa de oleaje anual Figura 3.40.

Figura 3.40 Rosa de Oleaje de Eventos Extremos**.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En comparación con las condiciones de régimen medio, las direcciones más frecuentes están dentro del cuadrante SW. Por lo que se asocia que los eventos más energéticos provienen de este cuadrante.

3.8.4 Marea de Tormenta.

Otro fenómeno por considerar es el efecto de marea o variación del nivel del mar asociado a los huracanes. Dicho fenómeno se presenta de manera importante según los testimoniales en la zona.

La marejada de tormenta es el incremento en el nivel medio del mar provocado por la fuerza cortante que sobre la masa de agua ejercen vientos de velocidades altas, generalmente asociados a huracanes (y, sólo de manera secundaria, por la reducción de la presión barométrica a nivel del mar entre el ojo de la tormenta y la región externa), provocando una acumulación de masa en profundidades someras próximas a la línea de costa.

Se estima que la elevación temporal del nivel del mar es que por cada 100 milibares (mb) que baje en la presión barométrica, se espera una elevación de un 1 m del nivel del mar. La magnitud de la marea en un determinado lugar también es función del radio de los vientos máximos del huracán, la velocidad de avance del sistema y la batimetría frente a la costa. Es aquí

donde surge la dificultad para pronosticar los niveles de mareas de tormenta. Por otra parte, los registros históricos indican que un aumento del nivel promedio del mar puede ser insignificante o puede ser hasta de unos 7.5 metros (24.60 pies).

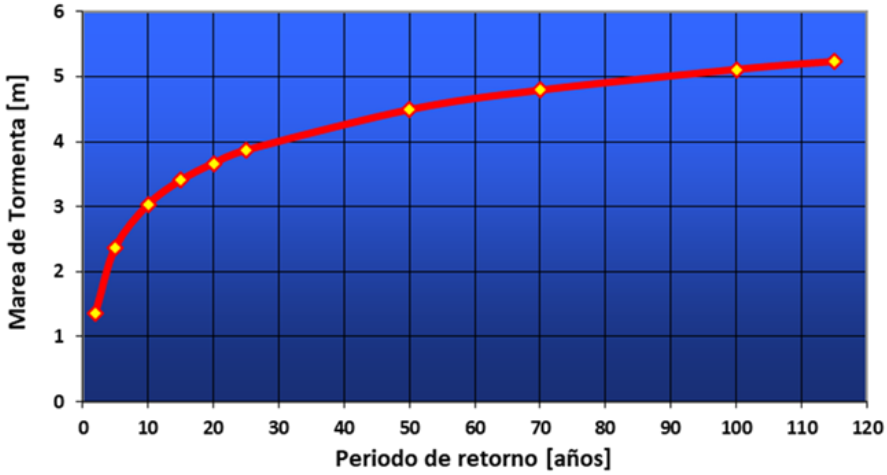
Esta sobreelevación del nivel del mar puede provocar, por un lado, la generación de inundaciones en el área de tierra próxima a la costa, sobre todo en lugares donde la pendiente de la playa y la placa continental son muy suaves y por otra parte, ocasionar el incremento y acercamiento de la franja de rompientes de las olas a la costa por el aumento de profundidad.

Para determinar las características de la marejada de tormenta que potencialmente se puede generar cada evento meteorológico, se analizó su trayectoria y mediante la implementación del método del Huracán Standard (con registros de presión central, posición del meteoro, velocidad de viento y fecha de ocurrencia), y los métodos de Per Brunn y Keulegan-Per Brunn para determinar la magnitud del ascenso del nivel del mar a causa de la marea de tormenta; asociada a viento y presión de los fenómenos extremos.

Con estos métodos se toma en cuenta la diferencia de presiones presentada por el huracán, el radio del huracán, el movimiento y velocidad de desplazamiento de la tormenta y las características de profundidad de la playa en la zona de estudio, ver Tabla 3.12.

Posteriormente, se aplicó el método de Gumbel para asociar las variables de interés con su periodo de retorno. Al ser una consecuencia de un evento extremo al que puede relacionársele un período de retorno, la marea de tormenta también está asociada con un período de retorno o una probabilidad de excedencia, ver Figura 3.41.

Figura 3.41 Análisis Probabilístico de Marea de Tormenta**.**



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Tabla 3.12 Análisis de Marea de Tormenta a Partir de la Base de Datos de Huracanes de la Zona de Estudio.

No.	Tormenta	Fecha		U [knots]	Po [mb]	R [km]	Marea de Tormenta [m]
		Mes	Año				
1	Huracán Debby	SEP	1988	30	1001	126.21	1.46
2	Tormenta Tropical Aletta	JUN	1988	25	1006	137.34	0.51
3	Tormenta Tropical Priscilla	SEP	1989	30	1004	132.76	0.79
4	Tormenta Tropical Manuel	AUG	1989	25	1008	142.09	0.34
5	Tormenta Tropical Douglas	JUN	1990	55	993	110.43	2.00
6	Huracán Dolores	JUN	1991	70	982	92.20	1.53
7	Huracán Winifred	OCT	1992	85	975	82.36	5.01
8	Huracán Virgil	OCT	1992	30	1007	139.69	0.71
9	Huracán Gert	SEP	1993	20	1004	132.76	0.59
10	Huracán Irwin	AGO	1993	60	999	122.04	0.70
11	Huracán Calvin	JUL	1993	85	973	79.77	3.02
12	Huracán Herman	OCT	1996	65	985	96.82	3.26
13	Huracán Alma	JUN	1996	25	1009	144.54	0.41
14	Huracán Boris	JUN	1996	30	1005	135.03	0.96
15	Tormenta Tropical Olaf	OCT	1997	25	1009	144.54	0.56
16	Tormenta Tropical Javier	SEP	1998	30	1001	126.21	0.88
17	Huracán Greg	SEP	1999	40	1005	135.03	0.71
18	Tormenta Tropical Irwin	OCT	1999	40	1000	124.11	0.96
19	Tormenta Tropical Ileana	AGO	2000	35	1003	130.54	0.74
20	Tormenta Tropical Norman	SEP	2000	30	1004	132.76	1.12
21	Tormenta Tropical Julio	SEP	2002	25	1005	135.03	1.04
22	Huracán Olaf	OCT	2003	50	997	118.03	1.96
23	Tormenta Tropical Dora	JUL	2005	30	1008	142.09	0.54
24	Huracán John	SEP	2006	110	950	55.70	3.16
25	Huracán Lane	SEP	2006	55	994	112.28	1.29
26	Tormenta Tropical Norman	OCT	2006	30	1000	124.11	1.59
27	Huracán Henriette	SEP	2007	50	996	116.08	1.31
28	Tormenta Tropical Odile	OCT	2008	25	1007	139.69	0.75
29	Huracán Andres	JUN	2009	65	988	101.69	2.18
30	Huracán Beatriz	JUN	2001	60	987	100.04	2.38
31	Huracán Jova	OCT	2011	85	975	82.36	2.59
32	Depresión Tropical Eight	SEP	2011	25	1006	137.34	0.88
33	Huracán Bud	MAY	2012	70	990	105.09	1.63
34	Huracán Erick	JUL	2013	70	984	95.25	2.07

Nomenclatura: U, velocidad del viento. Po, Presión barométrica atmosférica. R, radio del huracán.
Fuente: Elaboración propia con datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

Tabla 3.12 Análisis de Marea de Tormenta a Partir de la Base de Datos de Huracanes de la Zona de Estudio.
(Continuación)

No.	Tormenta	Fecha		U [knots]	Po [mb]	R [km]	Marea de Tormenta [m]
		Mes	Año				
35	Huracán Manuel	SEP	2013	45	996	116.08	2.22
36	Tormenta Tropical Elida	JUL	2014	45	1003	130.54	0.73
37	Huracán Simon	OCT	2014	30	1003	130.54	0.71
38	Huracán Carlos	JUN	2015	55	995	114.16	2.12
39	Huracán Patricia	OCT	2015	130	932	42.49	4.07
40	Tormenta Tropical Javier	AGO	2016	30	1002	128.35	1.29
41	Tormenta Tropical Pilar	SEP	2017	35	1003	130.54	0.86
42	Tormenta Tropical Ileana	AGO	2018	50	999	122.04	1.07
43	Tormenta Tropical Tara	OCT	2018	50	998	120.02	1.74

Nomenclatura: U, velocidad del viento. Po, Presión barométrica atmosférica. R, radio del huracán.
Fuente: Elaboración propia con datos del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2018.

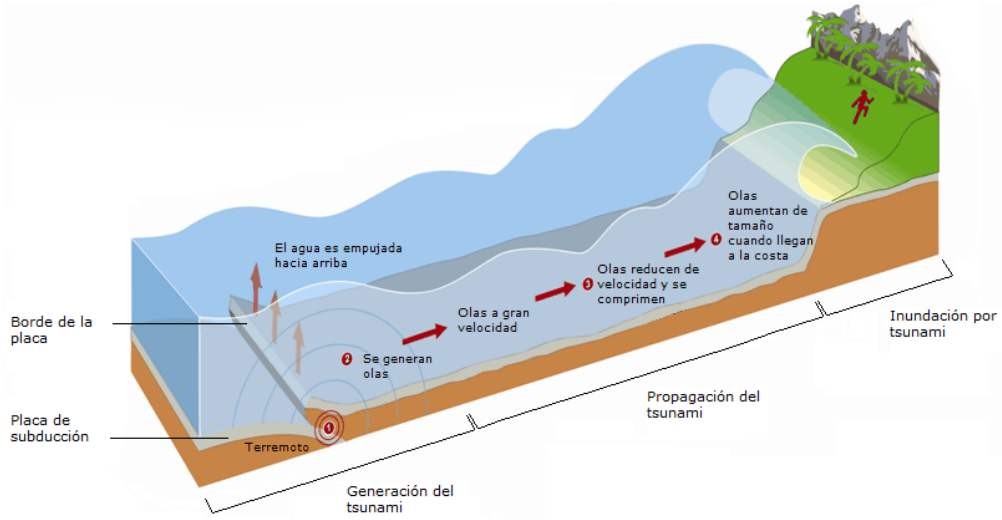
3.9 TSUNAMIS.

3.9.1 Introducción.

El término tsunami es japonés y se utiliza para designar el fenómeno que en español se denomina maremoto. Es una serie de ondas largas gravitacionales (Longitud de onda mayor que su altura) que se forman en el océano al ocurrir alguna alteración de corta duración, pero gran extensión en su superficie libre. Los sismos grandes con profundidad focal relativamente superficial son los causantes de la mayoría de estas ondas, aunque también pueden ser causadas por erupciones de volcanes sumergidos, impacto de meteoritos, deslizamientos submarinos o explosiones nucleares.

En su zona de generación, mientras se desplazan por aguas profundas mar afuera, las olas de los tsunamis son de gran longitud (cientos de kilómetros) y altura pequeña (centímetros). Debido a la gran velocidad a la que se propagan (cientos de kilómetros/hora) son visualmente indetectables desde embarcaciones y aviones. Sus periodos (lapso entre el paso de dos olas sucesivas) son de 15 a 60 minutos, en la Figura 3.42 se muestra gráficamente la generación de un Tsunami; es importante no confundir con las olas cortas de tormentas generadas por el viento que comúnmente llegan a las costas, ni con las ondas mucho más extensas de las mareas que de una a dos veces arriban todos los días.

Figura 3.42 Generación de Tsunamis**.**



Fuente: http://www.prsn.uprm.edu/

A medida que las ondas del tsunami entran a las aguas superficiales de la plataforma continental, su velocidad disminuye, pero su altura aumenta considerablemente (del orden de decenas de metros) y pueden ocasionar inundaciones repentinas o una retirada de la mar seguida por una inundación. La inundación se manifiesta como una marea que sube rápidamente y en ocasiones como una pared de agua que avanza sobre la costa, pudiendo penetrar varios kilómetros tierra adentro alcanzando alturas de hasta 30 metros, como fue el caso de Sumatra en el 2004 y de Japón en el 2011. No siempre la primera ola es la más alta, en ocasiones es la tercera o cuarta ola, mismas que se suceden en intervalos de 30 minutos y continúan llegando con menor altura durante al menos 24 horas.

3.9.2 Características de los Tsunamis.

Para que un sismo genere un tsunami, es necesario que:

a. El hipocentro (punto de origen del sismo, en el interior de la Tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla) del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino a una profundidad menor a 60 km (sismo superficial).

b. Ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas; es decir, que la falla tenga movimiento vertical: que no sea solamente de desgarre, con movimiento lateral.

c. En cierto lapso, el sismo libere suficiente energía y que ésta se transmita eficientemente. Aún no existe algún modelo teórico ni método operacional totalmente satisfactorio que permita determinar si un sismo es tsunami-génico (generador de tsunami) ni de que tamaño (magnitud, intensidad o altura de ola) será el tsunami generado.

Por tratarse de trenes de ondas marinas, los tsunamis se pueden caracterizar por su período, altura de onda, longitud de onda y velocidad de propagación, que son atributos comunes a ellas.

- Período: T, se define como el tiempo que transcurre entre el paso de dos ondas sucesivas por un mismo punto de observación. Para tsunamis de origen cercano, el período es de unos 7 a 30 minutos; y para los de origen lejano, entre 30 a 70 minutos.

- Altura de onda: H, es la distancia vertical entre el seno o valle y la cresta, mientras el tsunami se dirige a tierra.

- Longitud de onda: L, es la distancia que separa a dos crestas sucesivas. Se estima que la longitud de onda inicial es aproximadamente igual a la dimensión mayor del área dislocada.

- Velocidad de propagación: v, La velocidad de propagación del tsunami está determinada por la profundidad del agua que está directamente sobre el sismo y la gravedad terrestre.

Puede observarse que la velocidad de propagación del tsunami es función solamente de la profundidad del sector del océano por el cual viaja. Por ejemplo, un tsunami que atraviesa una parte del océano donde la profundidad es de 4,000 m, tendrá una velocidad de 200 m/s o 720 Km/h. Si asumimos como profundidad promedio del océano Pacífico la mitad de la profundidad máxima que es 11,022 m, es decir, 5,511 m, el tsunami viajaría a 837 Km/h; velocidad similar a la de un avión jet.

Como la velocidad del tsunami es mayor en un mar profundo que en un mar superficial, cuando el tsunami viaja en un mar de profundidad variable, la dirección de propagación gira gradualmente hacia la zona menos profundidad. Este fenómeno se denomina «Refracción de ondas», y en su tratamiento se aplica la Ley de Snell, de la Óptica.

3.9.3 Tipos de Tsunamis.

Los tsunamis se clasifican en el lugar de arribo a la costa, según la distancia (o en el tiempo de desplazamiento) desde su lugar de origen, en:

a. Tsunamis locales. El lugar de arribo a la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del maremoto; por tiempo de desplazamiento: a menos de una hora. La inundación queda confinada a lo largo de la costa en el área del terremoto y a distancias de 100 km aledañas al área del terremoto. Ejemplo: el generado por un sismo en la Fosa Mesoamericana frente a Michoacán el 19 de septiembre de 1985, que tardó sólo 30 segundos para llegar a Lázaro Cárdenas, y 23 minutos a Acapulco.

b. Tsunamis regionales. El litoral invadido está a no más de 1,000 km o a pocas horas de viaje de la zona de generación (lapso de 2 a 4 horas desde su origen). Ejemplo: el provocado por un sismo en las costas de Colombia el 12 de diciembre de 1979, que tardó 4 horas para llegar a Acapulco.

c. Tsunamis lejanos (Remotos o transpacíficos). El sitio de arribo está muy alejado, en el Océano Pacífico, a más de 1,000 km de distancia de la zona de generación, a aproximadamente medio día o más de viaje. Ejemplos: el ocurrido tras un sismo en Chile el 22 de mayo de 1960; tardó unas 13 horas en llegar a Ensenada (México), y el maremoto generado en Japón el 16 de mayo de 1968; demoró 14 horas en arriba a Manzanillo (México).

El proceso de transformación de la onda larga del tsunami es el mismo que el de la onda corta, está sometido a los mismos procesos de refracción, difracción y someramiento. Este último se produce cuando la onda siente el fondo se acorta, y reduce su velocidad a la vez que se peralta y aumenta su altura de ola.

Existen 3 tipos de fallas que pueden producir terremotos:

- Normal: uno de sus bloques cae bajo la acción de la gravedad y de las fuerzas de extensión que actúan en la corteza. Las fuerzas tectónicas actúan dilatando o expandiendo el medio en forma perpendicular a la falla.

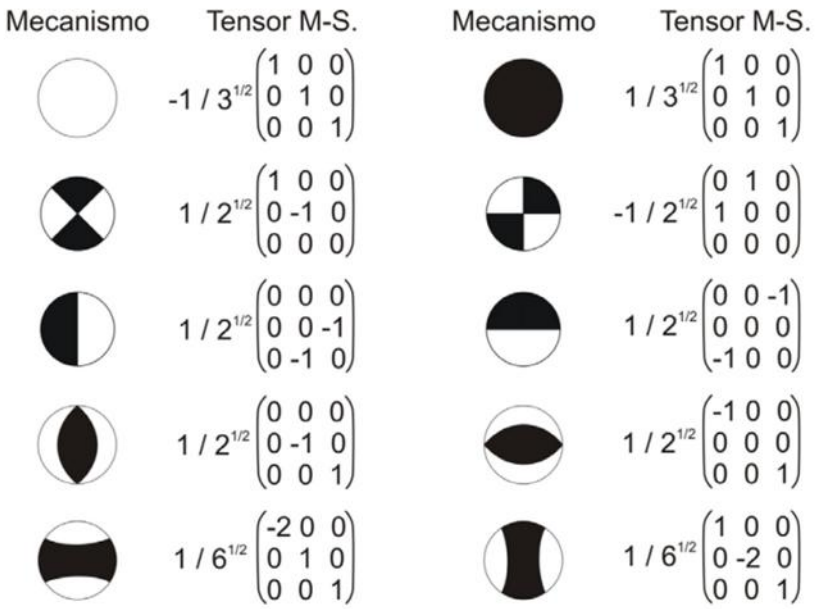
- Inversa: Uno de su bloque es empujado hacia arriba producto de las fuerzas que actúan en la corteza. Las fuerzas tectónicas actúan comprimiendo el medio y en forma perpendicular a la falla.

- Longitudinal: Este es el tipo de falla que se produce cuando las fuerzas tectónicas actúan en dirección opuesta a ambos lados de la falla, pero en forma paralela a ésta. Como consecuencia los bloques son desplazados horizontalmente.

Se denomina lo que es mecanismo focal de un sismo. Este es el resultado del análisis de las ondas sísmicas generadas por un terremoto, a través de éste se puede determinar las características de la falla que ha producido el sismo. Una manera para calcular el mecanismo

producido puede ser el cálculo del tensor de momento focal (MF). En la Figura 3.43 se muestra algunos mecanismos asociados a su tensor.

Figura 3.43 Generación de Tsunamis**.**



Fuente: Reduca (Geología). Serie Tectónica. 2 (6): 1-91, 2010. ISSN: 1989-6557

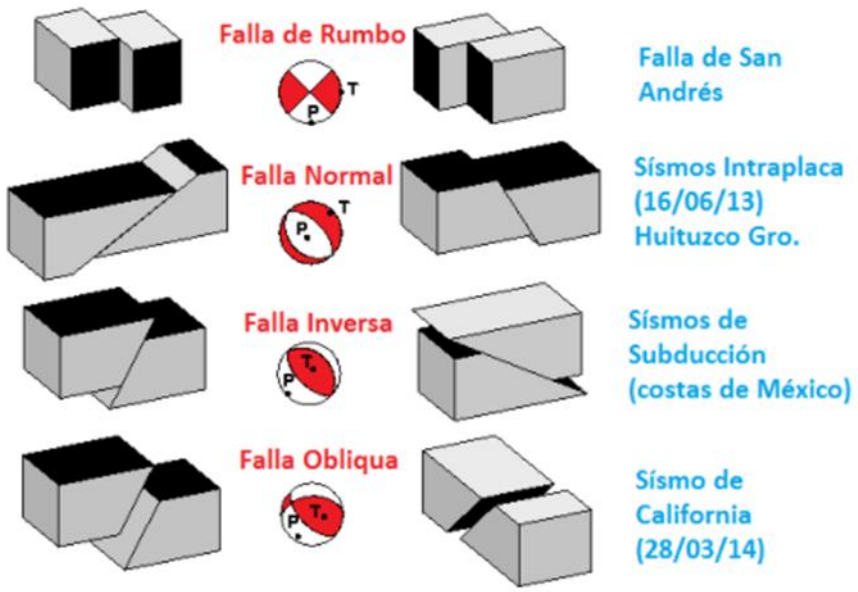
En la Figura 3.44 se ejemplifican los tipos de mecanismos que se producen asociados a la Falla de San Andrés, o al sismo de subducción de las costas de México.

3.9.4 Propagación y tiempo de desplazamiento de los Tsunamis.

La longitud de las olas de los maremotos (varios cientos de kilómetros) es mucho mayor que la profundidad de las aguas oceánicas por las que se desplazan. Esta propiedad (denominada de onda superficial) hace que, en primera aproximación, su velocidad de propagación dependa exclusivamente de la profundidad. Esto permite determinar la velocidad de propagación correspondiente a todos los puntos oceánicos de los que se tengan datos batimétricos, y asimismo a cuantificar el tiempo de desplazamiento del tsunami entre dos lugares (en particular el de origen y el de arribo a la costa), a lo largo de una trayectoria que una esos puntos. La más cercana a la realidad es el arco de círculo máximo común a ambos puntos, ver Figura 3.45.

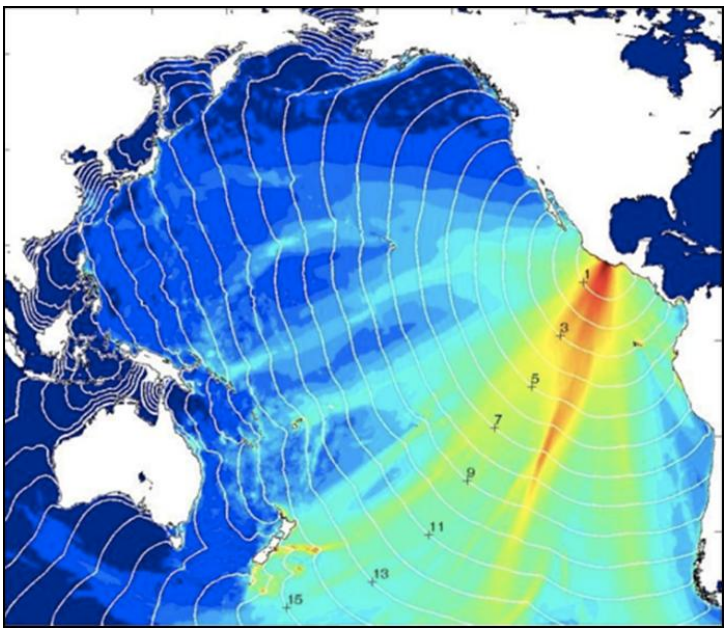
En un sistema de alerta, para poder avisar a tiempo a la población de la llegada de un tsunami cuya generación ya se haya confirmado, estas cartas constituyen un recurso muy útil.

Figura 3.44 Mecanismos Focales Asociados a Fallas de Fractura**.**



Fuente: http://skyalertblog.blogspot.mx/2014_03_01_archive.html?view=sidebar

Figura 3.45 Estimación de Horas de Arribo en la Hipótesis de un Tsunami en México**.**



Fuente: http://skyalertblog.blogspot.com/

En 1965 la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO estableció el Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (Pacific Tsunami Warning Center, PTWC) con sede en Honolulu, Hawái. Opera las 24 horas del día durante los 365 días del año y sus funciones son monitorear la actividad sísmica y las fluctuaciones excesivas y rápidas del nivel del mar registradas mediante una red extensa de instrumentos detectores, evaluar la existencia o la potencialidad de generación de un tsunami, y diseminar esta información por medio de mensajes de observación y de alerta a los países miembros.

Actualmente integran este grupo los siguientes países: Australia, Canadá, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos de América, Federación Rusa, Fiji, Filipinas, Francia, Guatemala, Reino Unido, Indonesia, Islas Cook, Japón, México, Nicaragua, Nueva Zelanda, Perú, República Democrática Popular de Corea, Samoa Occidental, Singapur y Tailandia.

3.9.5 Arribo, evolución y efectos de los tsunamis.

En la costa la altura de los tsunamis depende de:

a. Las características de las olas en mar abierto.
b. La batimetría
c. La pendiente del fondo marino
d. La configuración del contorno de la costa
e. La refracción
f. La reflexión
g. El atrapamiento de sus olas en las diversas formaciones fisiográficas costeras: bahías, golfos, penínsulas, islas, cabos, deltas fluviales, lagunas costeras, etc.).

La multiplicidad de los factores anteriores hace que la evaluación del comportamiento local del arribo de un tsunami sea un problema complejo y que, aun en distancias cortas, la altura máxima de sus olas varíe considerablemente a lo largo de la costa.

Actualmente el método más confiable y riguroso para evaluar y pronosticar con detalle las alturas máximas que alcanzarían las olas de un maremoto a lo largo de una franja costera (por ejemplo, una bahía) es la simulación numérica de la generación, la propagación y su arribo. En México se está efectuando este trabajo para los puertos ubicados en la costa del Pacífico, como es el caso del puerto de Manzanillo.

Al llegar el tsunami a la costa, su incremento de altura por asomeramiento provoca retiro del agua ante el frente de la ola y grandes extensiones del fondo marino quedan al descubierto (secas). Es un aviso de que pocos minutos después llegará una ola a gran velocidad.

En bahías semicerradas (con forma semejante a una herradura) las olas del tsunami experimentan en el interior reflexiones múltiples sucesivas en las costas opuestas, amplificándose su oscilación y la altura con que invaden las costas. Este fenómeno se denomina amplificación resonante por formación de ondas estacionarias; se genera en olas de tsunami cuya longitud sea igual o múltiplo de las dimensiones horizontales (longitud y anchura) de la bahía. Es semejante al derrame que en un plato de sopa o en una taza de café sucede cuando el líquido se excita por oscilación.

Por análisis de los registros oceanográficos, se ha inferido la ocurrencia de amplificación resonante de olas de tsunamis en bahías semicerradas, como es el caso de Manzanillo. Debido a este fenómeno, al arribo de los maremotos provenientes de Chile en 1960 y de Alaska en 1964, las alturas máximas de ola registradas en el mareógrafo de Ensenada, B.C., fueron aproximadamente el triple de las ocurridas en la costa abierta de la vecina localidad de La Jolla, California (USA), y mayores a las de otros puertos mexicanos.

3.9.6 Sistemas de Alerta.

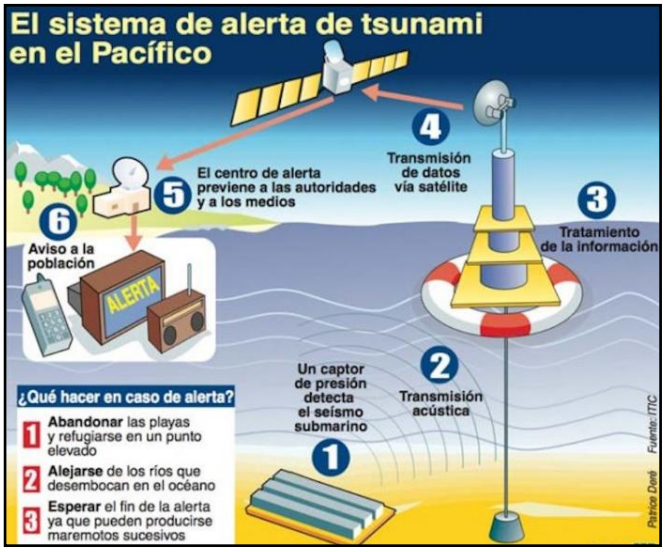
El objetivo operacional del Centro de Alerta de Tsunamis en el Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés) es detectar y ubicar los terremotos ocurridos en la Región del Pacífico, determinar si ellos han generado Tsunami y difundir mensajes de alerta proporcionando información en forma oportuna y efectiva. Es un programa internacional que requiere de la participación de los observatorios sismológicos y mareográficos; entidades responsables de comunicaciones y de difusión (Municipios, Defensa Civil, Ministerios, etc.) operadas en su mayor parte por las naciones localizadas alrededor del Océano Pacífico. Estas naciones participantes están organizadas bajo la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) dentro del Grupo Intergubernamental de Coordinación para el Sistema de Alarma de Tsunami del Pacífico (GIC/ITSU).

Al ocurrir un sismo de magnitud superior a 6.5 en el Océano Pacífico, el PTWC determina su epicentro, la potencialidad de que genere un tsunami, los posibles tiempos de arribo a localidades costeras vecinas, y emite un mensaje de observación. La primera confirmación proviene de las estaciones oceanográficas cercanas a la zona del epicentro. Al recibirla, el PTWC envía un mensaje de alerta con datos de altura máxima de las olas y de tiempos de arribo a otras localidades, cercanas y lejanas, ver Figura 3.46. Esta información se actualiza con mensajes de alerta subsiguientes, a medida que se monitorea el avance de las olas y su arribo a nuevas localidades, o en caso contrario, se emite un mensaje de cancelación.

3.9.6.1 Sistemas de Alerta en México.

En México, el encargado de recibir, evaluar y difundir mensajes e información provenientes del centro de operaciones en Hawái es el Centro de Alertas de Tsunamis (CAT), quien además se encarga de:

Figura 3.46 Ejemplo del Envío de Señal Desde el Mar**.**



Fuente: https://www.nauticalnewstoday.com

- Difundir información oportuna sobre la generación de tsunamis lejanos, regionales y locales que afecten el territorio nacional, que permita salvar y reducir la pérdida de vidas y bienes.

- Mantener durante las 24 horas del día, los 365 días del año, el monitoreo y análisis de la información sísmica y del nivel del mar.

- Obtener, analizar y almacenar la información sísmica y de nivel del mar que sirva de base para la emisión de boletines de alertamiento de tsunamis.

- Vigilar y alertar sobre la ocurrencia de tsunamis generados en cualquier parte del mundo que puedan afectar las costas del territorio nacional.

- Generar y difundir boletines de alertamiento de tsunamis, tomando como base los umbrales de emisión establecidos, en función de la magnitud del sismo, en coordinación con instituciones nacionales y extranjeras.

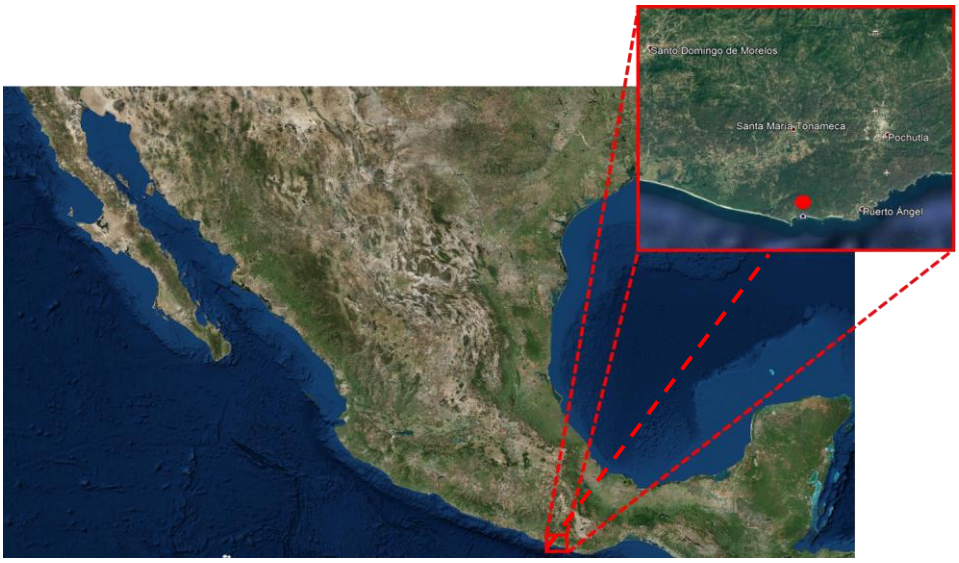
- Proponer con las instituciones académicas y/o gubernamentales el enlace técnico para llevar a cabo transferencia de tecnología, así como el desarrollo conjunto de proyectos de investigación sobre tsunamis.

- Diseñar y establecer cursos de capacitación para el personal del Centro de Alerta de Tsunamis, así como para el personal que recibe los boletines de alerta, a fin de que implemente las medidas de protección civil adecuadas.

3.9.7 Tsunamis Acontecidos en México.

En la historia reciente no se tiene conocimiento de que en México hayan ocurrido tsunamis tan destructivos como los de Chile de 1960 y del 2010; el de Alaska de 1964; el de Sumatra en 2004 y el de Japón en 2011. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que tsunamis como estos puedan ocurrir en la costa del Pacífico Mexicano. De hecho, existen evidencias de que en 1787 ocurrió un gran terremoto de magnitud 8.4 en San Sixto, Oaxaca, que generó un tsunami local sumamente destructivo (Núñez, Ortiz y Sánchez, 2008), ver Figura 3.47.

Figura 3.47 Ubicación Aproximada del Sismo Ocurrido en Oaxaca en 1787**.**



Fuente: Elaboración propia, Google Earth 2019.

La estadística de maremotos ocurridos en la costa occidental de México se dificulta porque:

- Excepto algunos lugares como Acapulco, antes del siglo XIX permaneció casi deshabilitada.

- La operación de la red de mareógrafos, lugar en el que tradicionalmente se registran los tsunamis, comenzó en 1952 y contiene vacíos notorios de datos.

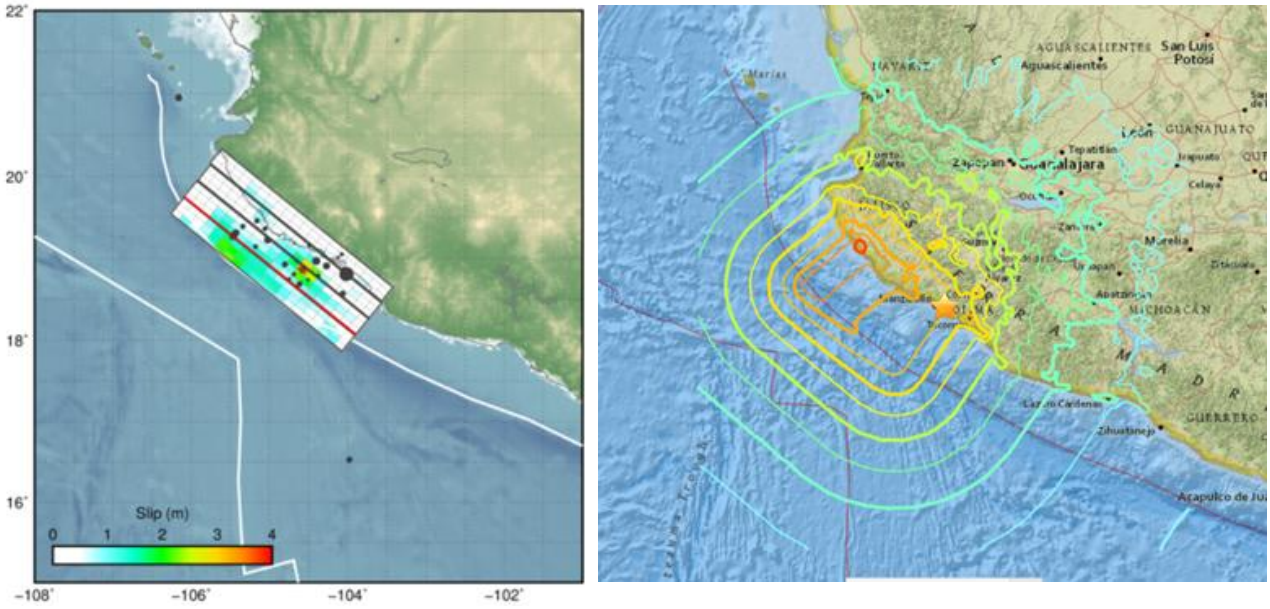
Los tsunamis en la costa del Pacífico mexicano son habituales y su registro se ha dado en diferentes localidades de la Republica. Se tiene el registro realizado por CENAPRED (2005) en donde se indican el sismo que origina el tsunami, tipo de tsunami en función de la localización y la misma. La magnitud del sismo y el lugar del registro del tsunami, El valor N/D significa que no hay datos del registro.

De 1986 a 1991, en México no hubo registros; tal vez porque ninguno llegó, o por operación deficiente de los mareógrafos. En la Tabla 3.13 se muestran los tsunamis de origen local registrados en México desde 1770 hasta 1990.

En negrillas se destacan los que se han producido en la localidad de Manzanillo, en total se registran 9 tsunamis que han alcanzado las costas de Manzanillo en CENAPRED (2005), también se conoce que el tsunami de 2010 que tuvo lugar en Japón se propagó y arribó al Puerto.

De los 10 tsunamis, incluyendo este último mencionado, 7 han sido locales, 1 regional y 2 lejanos. De ellos los que mayores olas han producido en la costa de Manzanillo son los sismos locales generados en los años 1932 y 1995 (ver Figura 3.48).

Figura 3.48 Mapa de Intensidad del Sismo de 1995 y Localización del Plano de Falla**.**



Fuente: https://earthquake.usgs.gov/

Tabla 3.13 Análisis de Marea de Tormenta a Partir de la Base de Datos de Huracanes de la Zona de Estudio.

Fecha	Epicentro del Sismo (°N. °O)	Zona del sismo	Magnitud del sismo	Lugar Registrado del Tsunami	Altura máxima de olas (m)
25, Feb. 1732	No Definido	Guerrero		Acapulco	4.0
01, Sept.1754	No Definido	Guerrero		Acapulco	5.0
28, Mar.1787	No Definido	Guerrero	>8.0	Acapulco San Sixto	3.0 – 8.0
03, Abr. 1787	No Definido	Oaxaca	>8.0	Pochutla	4.0
04, May. 1820	17.2°, 99.6°	Guerrero	7.6	Acapulco	4.0
10, Mar. 1833	No Definido	Guerrero		Acapulco	N/D
11, Mar. 1834	No Definido	Guerrero	7.9	Acapulco	N/D
07, Abr. 1845	16.6°, 99.2°	Guerrero		Acapulco	N/D
29, Nov. 1852	No Definido	Baja California		Río Colorado	3.0
11, May. 1870	No Definido	Guerrero		Acapulco	N/D
23, Feb. 1875	15.8°, 96.7°	Oaxaca	7.9	Puerto Ángel	N/D
14, Abr. 1907	No Definido	Colima	-	Manzanillo	N/D
30, Jul. 1909	16.7°, 99.2°	Guerrero	76	Acapulco	2.0
16, Nov. 1925	16.8°, 99.9°	Guerrero	7.2	Acapulco	N/D
22, Mar. 1928	18.0°, 107°	Guerrero	7.0	Zihuatanejo	7.0 – 11.0
16, Jun. 1928	15.67°, 96.10°	Oaxaca	7.5	Puerto Ángel	N/D
03, Jun. 1932	16.33°,96.70°	Oaxaca	7.6	Puerto Ángel	N/D
18, Jun. 1932	19.57°, 104.42°	Jalisco	8.2	Manzanillo San Pedrito Cuyutlán San Blas	2.0 3.0 N/D N/D
22, Jun. 1932	19.5°, 103.5°	Jalisco	7.8	Manzanillo	1.0
29, Jun. 1932	18.74°, 104.68°	Jalisco	7.7	Cuyutlán Manzanillo	9.0 – 10.0 N/D
29, Jun. 1932	No Definido	Jalisco		Cuyutlán	N/D
03, Dic. 1948	22.0°, 106.5°	Nayarit	6.9	-	-
14, Dic. 1950	17.22°, 98.12°	Guerrero	7.2	Islas Marías	2.0 – 2.5
28, Jul. 1957	17.11°, 99.10°	Guerrero	7.8	Acapulco	0.3
11, May. 1962	17.25°, 99.58°	Guerrero	7.2	Acapulco Salina Cruz	2.6 0.3
19, May. 1962	17.12°, 99.57°	Guerrero	7.1	Acapulco	0.8
23, Ago. 1965	16.17°, 95.87°	Oaxaca	7.3	Acapulco	0.3

Fuente: Serie de Fascículos: Tsunamis, https://www.gob.mx

Tabla 3.13 Análisis de Marea de Tormenta a Partir de la Base de Datos de Huracanes de la Zona de Estudio.
(Continuación)

Fecha	Epicentro del Sismo (°N. °O)	Zona del sismo	Magnitud del sismo	Lugar Registrado del Tsunami	Altura máxima de olas (m)
30, Ene. 1973	No Definido	Colima	7.6	Acapulco Manzanillo Salina Cruz La Paz Mazatlán	0.4 1.1 0.2 0.2 0.1
29, Nov. 1978	16.01°, 96.58°	Oaxaca	7.6	Puerto Escondido	1.5
14, Mar. 1979	17.75°, 101.26°	Guerrero	7.4	Acapulco Manzanillo	1.3 0.4
19, Sept. 1985	18.41°, 102.46°	Michoacán	8.1	Lázaro Cárdenas Ixtapa – Zihuatanejo Playa Azul Acapulco Manzanillo	2.5 3.0 2.5 1.1 1.0
21, Sept. 1985	17.82°, 101.68°	Michoacán	7.6	Acapulco Zihuatanejo	1.2 2.5
1, Sep. 1992	11.8°N 87.4°W	Regional (Nicaragua)	7.2	Isla Socorro Cabo San Lucas	0.29 0.28
30, Jul. 1995	24.2°S 70.7°W	Lejano (Chile)	7.8	Isla Socorro Cabo San Lucas	0.23 0.10
9, Oct. 1995	18.9°, 104.1°	México (Local)	7.6	Manzanillo Cabo San Lucas Isla Socorro Barra de Navidad Melaque Cuastecomate La Manzanilla Boca de Iguanas El Tecuán Punta Careyes Chamela San Mateo Péru La Punta - Chalacatepec	2.0 0.50 0.20 5.10 4.50 4.40 0.40 5.10 3.80 3.50 3.20 4.90 3.40 2.90
21, Feb. 1996	9.6°S 80.2°W	Perú (lejano)	7.8	Isla Socorro	0.25
22, Ene. 2003	18.8°, 103.9°	Colima	7.8	Manzanillo Lázaro Cárdenas Zihuatanejo	1.22 0.24 0.60
06, Dic. 2004	3.3°N 95.8°E	Indonesia (lejano)	9.0	Manzanillo El Sauzal Cabo San Lucas	0.80 0.20 0.20

Fuente: Serie de Fascículos: Tsunamis, https://www.gob.mx

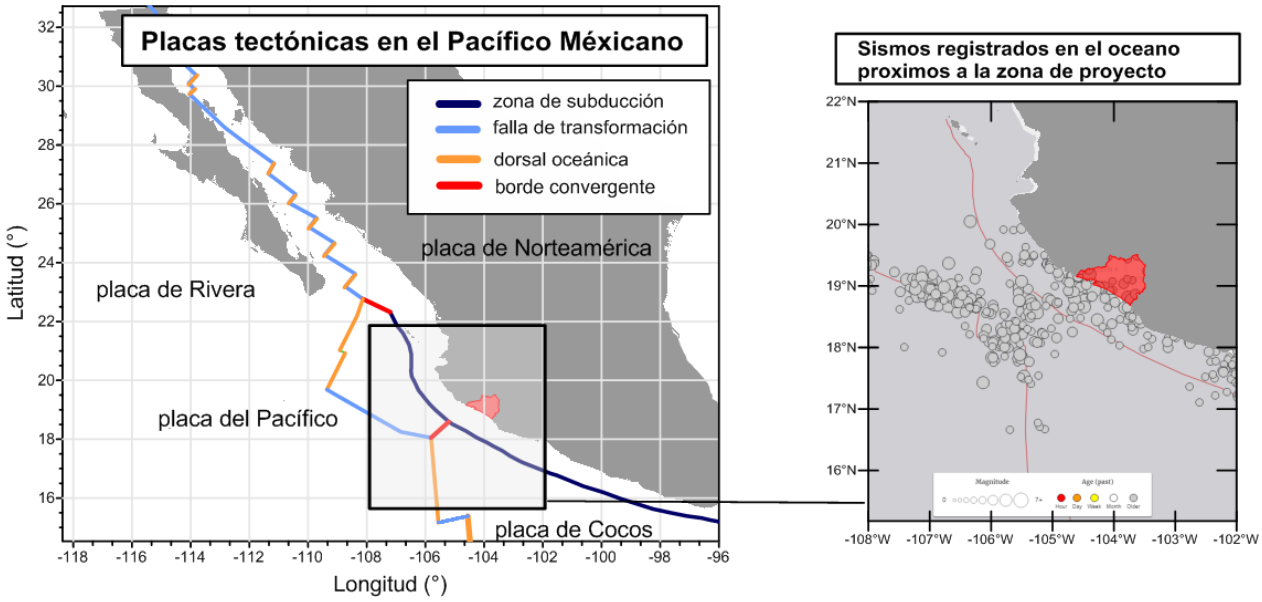
3.9.8 Vulnerabilidad de las Costas de México a los Tsunamis.

Para que un sismo genere un tsunami es necesario que ocurra una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas; es decir: que la falla tenga movimiento vertical y no sea solamente de desgarre, con movimiento lateral. En la costa del Pacífico de México, esta condición permite diferenciar 2 zonas:

- Al norte de la Placa Rivera, donde la Placa del Pacífico se desliza hacia el norte con respecto a la Placa de Norteamérica, a lo largo de la falla de desgarre del Golfo de California. Esto propicia que las costas de Baja California, Sonora y Sinaloa no sean fuentes de tsunamis locales, sino únicamente receptoras de los lejanos, con alturas máximas de ola esperables de 3 metros, ver Figuras 3.49 y 3.50.

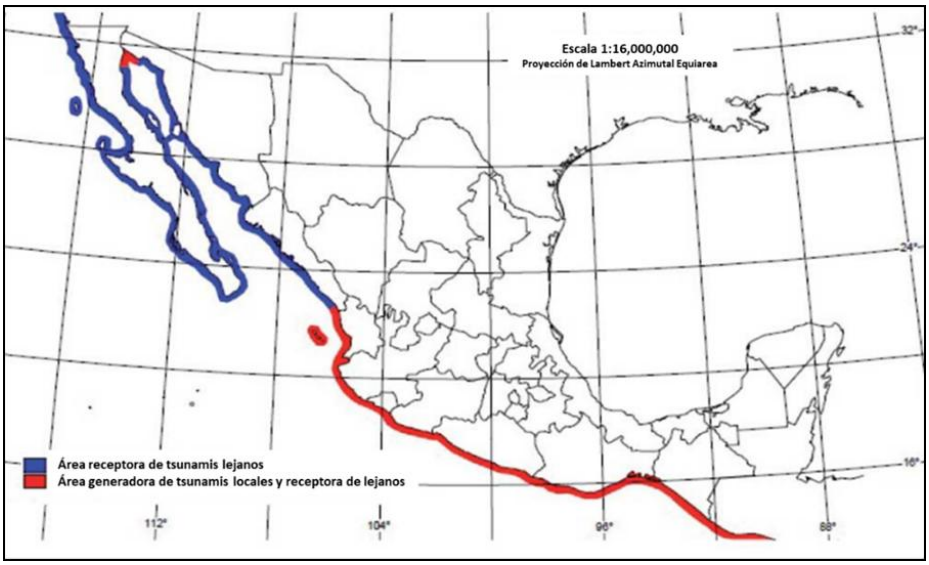
- En el Sur, la Placa de Rivera gira y la de Cocos se hunde bajo la Placa de Norteamérica a lo largo de la Fosa Mesoamericana; constituye una frontera de colisión con hundimiento, generadora de tsunamis locales, algunos de los cuales han demostrado destructividad en las costas de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, con alturas de 10 metros. Esta zona también es receptora de tsunamis lejanos y regionales, con alturas esperables menores, ver Figuras 3.49 y 3.50.

Figura 3.49 Tectónica de placas en México**.**



Fuente: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/.

Figura 3.50 Vulnerabilidad de Tsunamis en México**.**



Fuente: https://digaohm.semar.gob.mx/

La zona de proyecto se ubica en lo que se denomina el Bloque tectónico de Jalisco. La ubicación de las placas tectónicas que lo conforman se observa en la Figura 4.6. También se presentan los sismos registrados hasta la fecha con magnitud superior a 6.5.

La dinámica del bloque está relacionada con la placa de Rivera. En este bloque se ubican los límites de las placas oceánicas: Cocos, Rivera y la placa del Pacífico. El movimiento relativo de la placa Rivera respecto a Norte América controlan de alguna manera el movimiento del bloque. La velocidad media de su movimiento en los 3 últimos millones de años es de 20 mm/año en el SE y va disminuyendo hacia el NW.

La geometría de la placa de subducción de las placas Cocos y Rivera es muy relevante en la zona en la tectónica regional, ya que controla el grado de acoplamiento o transmisión de esfuerzos tectónicas entre las placas. La placa de Cocos tiene una inclinación de 20° en Oaxaca (Suarez et al. 1992) con mayor inclinación al NW.

3.9.9 Tsunamis Ocurridos en Manzanillo.

Por su ubicación geográfica, el municipio de Manzanillo se encuentra sobre una de las zonas de mayor incidencia de fenómenos perturbadores de origen natural tanto geológicos como hidrometeorológicos, por lo tanto, está catalogado como un municipio de muy alto riesgo para este tipo de fenómenos dentro de la identificación de SEDESOL en el Programa de Riesgos en Asentamientos Humanos (PRAH) 2012.

A esta situación se suman los niveles de riesgo debidos a la poca planeación que históricamente se han presentado en el uso del suelo dentro del contexto urbano y el crecimiento de algunas áreas urbanas sobre suelos no aptos para los asentamientos humanos, incrementando así, el factor de riesgo y vulnerabilidad ante la presencia de fenómenos que pueden generar daños severos que incluyen: la pérdida de vidas humanas, cuantiosos daños a los bienes de la población, la infraestructura pública y privada, y en general a la economía en su conjunto.

Manzanillo se localiza sobre la zona generadora de tsunamis locales de origen sísmico (Muy cercanos de 0 a 100 Km de la costa) y tiempo de desplazamiento menor a una hora de arribo a la zona costera, y regionales (De 100 a 1,000 Km) de una a pocas horas de desplazamiento de arribo a la costa, y receptora de lejanos del Pacífico (Mayores a 1,000 Km), tiempo promedio de aproximadamente 12 horas en arribar a la costa.

Históricamente el municipio ha sido receptor de estas tres categorías de fenómenos, por lo cual, el nivel de peligro es muy alto, pues la cercanía a la zona de subducción y al desplazamiento de las placas de Rivera y Cocos con relación a la de Norteamérica, que es una zona donde se pueden generar desplazamientos verticales de importancia, generan sismos de gran magnitud, ver Tablas 3.14, 3.15 y 3.16. Otro factor detonante de este tipo de sismos, son las zonas de fracturas de Tamayo y de Rivera junto con el Dorsal del Pacifico.

3.9.10 Posibles Escenarios para Futuros Tsunamis en Manzanillo.

Los escenarios ante un tsunami en la zona de estudio están relacionados, por un lado, a la densidad de la propia población originaria del municipio y que habita en las diversas áreas susceptibles al impacto de tsunamis y, por otro lado, a la ubicación de zonas estratégicas susceptibles de gran importancia, así como la zona portuaria, por donde ingresan y salen gran cantidad de productos y mercancías para el comercio y la industria nacional e internacional.

Los factores topográficos, tales como la configuración costera (la línea de costa y la topografía del interior), así como la topografía del lecho marino, tienen gran influencia en los daños causados por un tsunami. Por ejemplo, si una bahía tiene forma de V, la concentración de la energía del tsunami tiende a amplificarse y el nivel de agua en toda la bahía tiende a ser más alto.

Una vez que el tsunami ha abierto una brecha en las defensas naturales o las construidas por el hombre, el área de inundación aumentará en las tierras bajas y llanas, que se encuentran detrás de la línea de costa. Así, aun los acantilados de fácil acceso y las zonas altas, que normalmente servirían como sitios útiles de evacuación durante una emergencia de tsunami, pueden ser difíciles de alcanzar si el terreno llano o las colinas bajas se encuentran inmediatamente detrás de la línea costera. Por consiguiente, las rutas de escape no deben seguir un camino paralelo a la costa.

Tabla 3.14 Eventos sísmicos registrados en la zona de proyecto de magnitud superior a 6.5.

Fecha y hora	Latitud (º)	Longitud (º)	Profundidad (km)	Maginitud	Tipo de Magnitud
2016-01-21T18:06:57.650Z	18.8239	-106.9337	10	6.6	mww
2012-04-11T22:55:10.250Z	18.229	-102.689	20	6.5	mwb
2003-01-22T02:06:34.610Z	18.77	-104.104	24	7.6	mwb
2000-08-09T11:41:47.900Z	18.198	-102.48	45.8	6.5	mwc
1997-05-22T07:50:53.520Z	18.684	-101.604	70	6.5	mwc
1997-05-01T11:37:36.150Z	18.993	-107.35	33	6.9	mwc
1997-01-11T20:28:26.020Z	18.219	-102.756	33	7.2	mwb
1995-10-09T15:35:53.910Z	19.055	-104.205	33	8	mw
1994-12-10T16:17:38.510Z	18.136	-101.384	48.1	6.5	mwb
1989-08-29T04:16:23.020Z	18.039	-105.667	21.4	6.5	mw
1986-04-30T07:07:18.120Z	18.404	-102.973	26.5	7	mw
1985-09-21T01:37:13.470Z	17.802	-101.647	30.8	7.6	mw
1985-09-19T13:17:47.350Z	18.19	-102.533	27.9	8	mw
1981-10-25T03:22:15.570Z	18.048	-102.084	33	7.3	ms
1979-03-14T11:07:16.300Z	17.813	-101.276	49	7.6	ms
1973-01-30T21:01:12.500Z	18.481	-102.996	43	7.5	ms
1972-10-20T08:17:49.000Z	18.827	-106.788	20	6.7	mw
1965-12-06T11:34:55.000Z	18.919	-107.176	25	6.7	mw

Fuente: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/.

Tabla 3.15 Sismos Locales y Regionales Generadores de Tsunamis en Manzanillo.

Fecha	Magnitud del Sismo	Altura Máxima de Olas (m)
23 de febrero 1875	No Definido	No Definido
03 de junio 1932	8.2	2.0
18 de junio 1932	7.8	1.0
22 de junio 1932	7.7	10.0
30 de enero 1973	7.5	1.1
14 de marzo 1979	7.4	0.4
19 de septiembre 1985	8.1	1.0
09 de octubre 1995	8.0	5.0
21 de enero 2003	7.6	1.2

Fuente: Serie de Fascículos: Tsunamis, https://www.gob.mx

Tabla 3.16 Sismos Lejanos Generadores de Tsunamis en Manzanillo.

Fecha	Magnitud del Sismo	Altura Máxima de Olas (m)
9 de marzo 1957	8.3	0.6
28 de marzo de 1964	8.4	1.2
4 de febrero 1965	8.2	0.3
16 de mayo 1968	8.0	0.4
29 de noviembre 1975	7.2	0.3
14 de enero 1976	73	0.2
26 de diciembre de 2004	9.0	0.8
11 de marzo de 2011	9.0	0.8

Fuente: Serie de Fascículos: Tsunamis, https://www.gob.mx

De acuerdo con el análisis de la información disponible, es posible en la zona se presenten dos posibles escenarios: tsunami con una altura máxima de ola de 2 metros, siendo esta la más común, y un tsunami con una altura máxima de ola de 10 metros.

Figura 3.51 Zona de Inundación por una Ola de 10 m**.**



Fuente: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

3.9.10.1 Análisis para una Ola con Altura de 10 metros.

Se han realizado simulaciones numéricas de generación, propagación y arribo de tsunamis para varios puertos, zonas turísticas y comunidades costeras del Pacífico de México y como resultado de este trabajo se elaboraron los mapas de inundación. Para la ubicación del proyecto en cuestión, es posible encontrar dichos mapas en el Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana (Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México) editado por el CENAPRED.

Gracias al Atlas Nacional de Riesgos, fue posible obtener la imagen de la mancha de inundación para una ola generada por un Tsunami y con una altura de 10 metros. Es posible observar el alcance que dicha ola tendría en la laguna de Cuyutlán y en zonas aledañas a ésta.

De acuerdo con el modelo de inundación del CENAPRED, la zona de proyecto se encuentra comprometida de presentarse un tsunami con una altura de 10 m. Dada la magnitud de la inundación si se desea preparar la infraestructura para tal evento, el monto de inversión se incrementaría dejando fuera de todo contexto el desarrollo de esta, ya que no solo se trata del muelle y obras asociadas, si no, a toda la terminal.

En consecuencia, lo más adecuado es el preparar un plan de emergencia con los elementos básicos de preparación que comprenden la planificación anticipada y el establecimiento de áreas de evacuación, planteamiento de las rutas de evacuación, los sistemas de comunicación y la rápida divulgación de información precisa ya que cuando se genera un tsunami local, hay poco o nada de tiempo de alerta antes de que el mismo azote las costas.

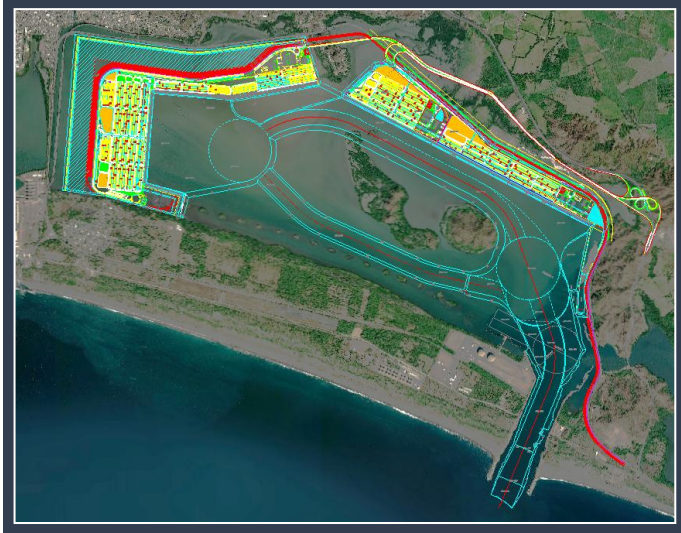
La preparación ante la eventualidad de un tsunami constituye sólo parte de un plan integral que abarca un amplio abanico de potenciales daños locales, incluidos aquellos causados por terremotos, vientos y lluvias, tormentas intensas.

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL







PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

INFORME PARCIAL
ESTUDIO DE MERCADO

ENERO 2026

Preparado por:

RHG INGENIERIA

PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN.

I N F O R M E P A R C I A L
E S T U D I O D E M E R C A D O

ENERO 2026

INDICE GENERAL

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo Principal. 2
2.2 Objetivos Particulares. 2
3.0 COMERCIO MARÍTIMO GLOBAL. 3
3.1 El Sector Marítimo en América Latina y el Caribe. 5
3.2 Conexión Asia – México. 7
3.3 El Transporte Marítimo y el Comercio Globalizado. 7
3.3.1 Los Fletes de Transporte de Contenedores. 12
3.3.2 La Capacidad de la Flota Naviera. 14
3.4 Expectativas del Transporte Marítimo para el 2025. 16
3.5 Recomendaciones. 18
4.0 ESTUDIO DE MERCADO. 20
4.1 Manejo de Carga Total del Puerto de Manzanillo: Situación Actual y Perfil Operativo... 20
4.1.1 Predominio del tráfico contenerizado. 20
4.1.2 Granel mineral y granel agrícola. 21
4.1.3 Carga general. 21
4.1.4 Energéticos y derivados del petróleo 21
4.1.5 Síntesis del perfil actual 22
4.2 Evolución Histórica del Manejo de Carga en el Puerto de Manzanillo (1992–2024). 22
4.2.1 Evolución del volumen total de carga 22
4.2.2 Transformación estructural: ascenso de la carga contenerizada 23
4.2.3 Carga general fraccionada: pérdida relativa de protagonismo 31
4.2.4 Granel mineral: crecimiento con alta variabilidad 32
4.2.5 Granel agrícola: consolidación como tráfico estratégico 32
4.2.6 Energéticos y otros tráficos 34
4.2.7 Lectura integrada de la evolución histórica 35
4.3 Expectativas de desarrollo portuario para 2026. 35
4.3.1 Contexto general. 35

4.3.2 Expectativas internacionales de desarrollo portuario en 2026. 35
4.3.3 Expectativas nacionales de desarrollo portuario en México para 2026 37
4.3.4 Puerto de Manzanillo: expectativas de desarrollo hacia 2026 38
4.3.5 Consideraciones finales 40
4.4 Mercado: Crecimiento “Frágil” y Elevada Volatilidad. 40
4.5 Productividad y Megabuques: Menos Llamadas, Mayor Concentración de Picos Operativos. 42
4.5.1 Implicaciones para la planificación e inversión portuaria 44
4.6 Descarbonización y “puertos energéticos” 45
4.7 Desarrollo “Port-led”: Más Logística e Industria Alrededor del Puerto. 47
5.0 PROYECCIONES DE CARGA. 49
5.1 Fundamentos Técnicos, Económicos y de Mercado de los Escenarios de Proyección de Carga al Horizonte 2050. 49
5.1.1 Marco metodológico para la construcción de escenarios. 49
5.1.2 Escenario Conservador. 50
5.1.3 Escenario Base. 50
5.1.4 Escenario Optimista. 51
5.1.5 Interpretación estratégica. 52
5.2 Proyección de Carga al Horizonte 2050. 53
5.3 Implicaciones de Infraestructura Derivadas de la Proyección de Carga al 2050. 54
6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS 57
6.1 Conclusiones 57
6.2 Recomendaciones estratégicas 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Crecimiento del Comercio Marítimo. 3
Figura 3.2 El Comercio Marítimo Internacional y el Producto Interno Bruto Mundial. 5
Figura 3.3 Perturbaciones en el Comercio Marítimo Internacional. 8
Figura 3.4 Canal de Panamá y Canal de Suez. 9
Figura 3.5 Comercio Marítimo Internacional. 10
Figura 3.6 Canal de Panamá y Canal de Suez, Número de Tránsitos de Buques por Mes. 10
Figura 3.7 Tarifas al contado del Índice de Fletes de Contenedores de Shanghái. 13
Figura 3.8 Índice de Fletes en Contenedores de China y Desglose. 14
Figura 3.9 Tendencias en el Crecimiento Anual de la Flota Mundial. 15
Figura 4.1 Movimiento de Carga en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024). 23
Figura 4.2 Movimiento de Carga Contenerizada en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024). 24
Figura 4.3 Participación de las terminales de contenedores en el total de TEU's del Puerto de Manzanillo. 29
Figura 4.4 Movimiento de Carga Suelta o Fraccionada en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024). 32
Figura 4.5 Movimiento de Carga de Granel Mineral en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024). 33
Figura 4.6 Movimiento de Carga de Granel Agrícola en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024) 33
Figura 4.7 Movimiento de Carga Petrolera y Gas en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024). 34
Figura 4.8 Puerto de Manzanillo. 38
Figura 4.9 Megabuque Portacontenedores en el Puerto de Manzanillo. 42
Figura 4.10 Transporte Marítimo y Descarbonización. 46
Figura 5.1 Proyección de Carga Contenerizada en el Puerto de Manzanillo (2025 – 2050). 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Participación Promedio de las Terminales de Contenedores del Puerto de Manzanillo – Periodo de Referencia 2016–2025 en el Manejo total de TEU's. 27

Tabla 5.1 Comparación estructural de escenarios. 52

1.0 INTRODUCCIÓN

El crecimiento del Puerto de Manzanillo no puede analizarse de forma aislada del contexto del comercio marítimo global, caracterizado por una creciente concentración de carga, volatilidad en los fletes, reconfiguración de rutas estratégicas y transición energética del transporte marítimo. En este escenario, la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán responde tanto a presiones internas de capacidad como a oportunidades estructurales derivadas de la evolución de las cadenas globales de suministro.

Manzanillo se ha consolidado como el principal puerto contenerizado de México y uno de los nodos más dinámicos del Pacífico latinoamericano. Su papel en la conexión Asia–México y su articulación con los corredores industriales del centro y occidente del país lo posicionan como infraestructura estratégica para la competitividad nacional.

El presente Estudio de Mercado tiene como propósito analizar la evolución histórica del manejo de carga del puerto, identificar las tendencias estructurales del comercio marítimo internacional, evaluar la dinámica regional y construir escenarios de proyección al horizonte 2050 que permitan sustentar técnicamente las decisiones de inversión asociadas a la ampliación.

2.0 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Principal.

El objetivo principal de los servicios descritos en el presente documento es:

- Analizar el entorno comercial, logístico y competitivo del Puerto de Manzanillo, con el fin de sustentar técnicamente la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán y definir escenarios de crecimiento consistentes con las tendencias del comercio marítimo global y nacional.

2.2 Objetivos Particulares.

Los objetivos particulares de los servicios descritos en el presente documento son:

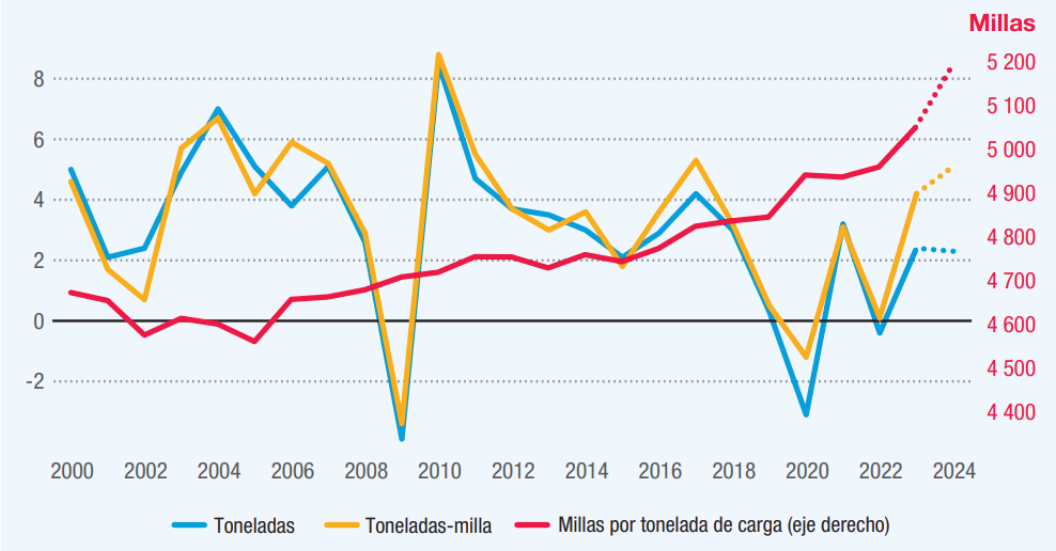
- El estudio busca examinar la evolución histórica del manejo de carga total y contenerizada del puerto, evaluar la participación de sus terminales en el sistema nacional, analizar la dinámica del comercio Asia–México y las implicaciones de la concentración naviera y los megabuques sobre la operación portuaria.

- Adicionalmente, se propone construir escenarios de proyección de carga al horizonte 2050, fundamentados en variables económicas, comerciales y operativas, así como identificar las implicaciones de infraestructura derivadas de dichos escenarios, permitiendo alinear la planeación física del puerto con una trayectoria de crecimiento sostenible y resiliente.

3.0 COMERCIO MARÍTIMO GLOBAL.

El comercio marítimo global repuntó en 2023, después de la contracción marginal del año anterior. Los volúmenes alcanzaron 12,292 millones de toneladas en 2023, lo que representó un aumento interanual del 2.4 %. El comercio en toneladas-milla[1] creció a un ritmo más rápido que el comercio en toneladas. El total estimado de toneladas-milla alcanzó 62,037 millones en 2023, lo que supone un aumento del 4.2 % respecto a 2022 (ver Figura 3.1). El crecimiento se debió a la recuperación de la economía mundial, así como al aumento de la demanda provocado por el cambio de ruta de los buques.

Figura 3.1 Crecimiento del Comercio Marítimo.
(Variación Porcentual Interanual)



Nota: Las cifras relativas a 2024 son previsiones.
Fuente: Cálculos de la UNCTAD basados en Clarksons Research Shipping Intelligence Network (serie cronológica, julio de 2024).

En conjunto, la guerra en Ucrania, las perturbaciones en el mar Rojo y la reducción del nivel del agua en el canal de Panamá han provocado que el transporte marítimo y el comercio se desplacen hacia rutas más largas. Las distancias medias recorridas por tonelada de carga siguieron aumentando en 2023, parte de una tendencia que comenzó unas dos décadas antes, con distancias que pasaron de un promedio de 4.675 millas en 2000 a 5.186 millas en 2024.

[1] Una medida de los envíos marítimos ajustados a la distancia.

Según las previsiones de la UNCTAD, el comercio marítimo total crecerá un 2% en 2024, gracias a la fuerte demanda de grandes graneles como el mineral de hierro, el carbón, los cereales, el petróleo y las mercancías transportadas en contenedores. La UNCTAD también prevé que el comercio en contenedores repunte un 3.5 %, después del crecimiento del 0.3 % en 2023. El crecimiento previsto se ve respaldado por las tendencias de la economía mundial, cierta relajación de los vientos económicos en contra, como la inflación, y un aumento moderado de las exportaciones de una serie de proveedores de gas natural licuado, entre ellos la Federación de Rusia y los Estados Unidos de América.

Más allá de 2024, la UNCTAD espera que el comercio marítimo aumente en un promedio anual del 2.4 % entre 2025 y 2029, mientras que el comercio en contenedores se prevé que aumente un 2.7 %. Este crecimiento se verá además respaldado por los avances tecnológicos, la transición a energías más limpias y el desarrollo de las infraestructuras. El crecimiento previsto a mediano plazo dependerá de la evolución de los riesgos a la baja. Entre ellos figuran la guerra en Ucrania, el aumento de las tensiones geopolíticas y las incertidumbres económicas actuales.

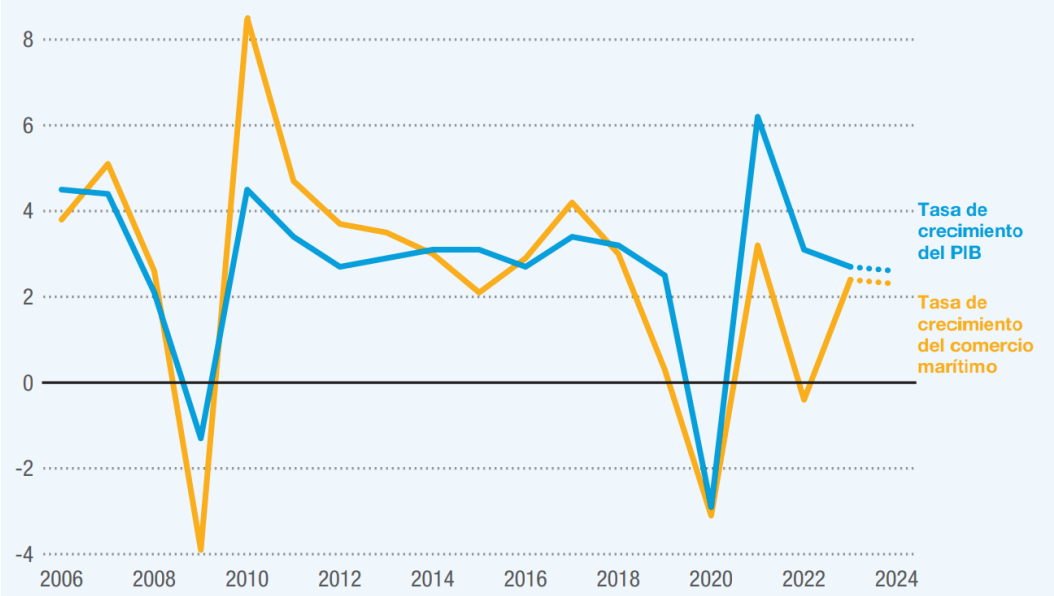
En el lado positivo, se prevé que continúe la recuperación del comercio mundial de mercancías, impulsada por las exportaciones de las principales economías asiáticas, especialmente en el sector tecnológico. Sectores como la energía verde y los productos relacionados con la inteligencia artificial están en expansión, al tiempo que apoyan el crecimiento del comercio. Las posibles bajadas de los tipos de interés en los Estados Unidos y la depreciación del dólar podrían aumentar la competitividad de las exportaciones estadounidenses, mientras que una moderación gradual de la inflación mundial y la mejora de las previsiones económicas podrían contribuir a un entorno más estable.

Es necesario vigilar la evolución de la relación entre la producción económica mundial y el comercio marítimo. En 2023 los volúmenes de comercio marítimo crecieron a un ritmo más lento que el producto interno bruto (PIB), tendencia diferente a la observada desde 2006 (Ver Figura 3.2). En esta relación influyen factores tanto estructurales como cíclicos, lo que plantea la cuestión de si podría producirse una disociación entre el comercio marítimo y el PIB.

En 2010 se observó por primera vez un cambio en la relación entre el comercio de mercancías y el PIB, con un crecimiento del comercio a un ritmo relativamente más lento que el del PIB. Desde 2018 se ha hecho más evidente el debilitamiento de la relación entre el comercio marítimo y el PIB. También influyen las presiones inflacionistas (que afectaron negativamente el consumo de bienes intensivos en comercio), la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19), las recientes perturbaciones de las cadenas mundiales de suministro y un ritmo más lento de globalización del comercio de bienes en comparación con el de servicios. La agenda climática también está impulsando una reducción de las industrias intensivas en transporte marítimo, como las de combustibles fósiles. El creciente proteccionismo comercial y la mayor localización de las cadenas de suministro podrían limitar el crecimiento del comercio marítimo. Sin embargo, algunas estrategias de reducción de riesgos en la cadena de suministro podrían implicar distancias más

largas, mientras que el aumento del comercio de bienes (vinculado a la transición hacia una energía más limpia) podría ser un factor compensatorio.

Figura 3.2 El Comercio Marítimo Internacional y el Producto Interno Bruto Mundial.
(Variación Porcentual Interanual)



Fuente: Cálculos de la UNCTAD. Cifras del comercio marítimo basadas en datos de Clarksons Research Shipping Intelligence Network (serie cronológica, julio de 2024). Proyecciones de cifras del PIB basadas en datos de UNCTADstat y, para 2023 y 2024, en el cuadro I (crecimiento de la producción mundial, 1991-2024) de UNCTAD Trade and Development Report Update, abril de 2024.

3.1 El Sector Marítimo en América Latina y el Caribe.

El Informe del Transporte Marítimo 2024 de la UNCTAD revela los graves retos a los que se enfrenta el sector marítimo en América Latina y el Caribe. Las perturbaciones climáticas, las crisis geopolíticas comerciales han afectado significativamente a la región, con interrupciones en el Canal de Panamá que sirven como un claro ejemplo de los problemas más amplios, entre ellos los siguientes:

- Las perturbaciones climáticas afectan al comercio.

  La grave sequía de 2023 y principios de 2024 redujo el nivel de agua del Canal de Panamá, obligando a los barcos a tomar rutas más largas y costosas. Esto afectó especialmente al comercio entre América y Asia.

El cambio provocó un aumento del 31% en las distancias de navegación y una reducción de los volúmenes de carga, dejando al descubierto la vulnerabilidad del Canal de Panamá como ruta marítima vital. Aunque la mejora de la gestión del agua ayudó a mediados de 2024, los tránsitos siguieron disminuyendo en torno a un 20% en comparación con 2023. El informe de la UNCTAD pone de relieve la necesidad de infraestructuras portuarias resistentes al cambio climático en toda la región.

- Fluctuaciones de los fletes y cambios en el comercio

  Las tarifas de flete en toda la región fluctuaron a lo largo de 2023. Las tarifas en las rutas de Europa a Sudamérica cayeron un 36%, mientras que las rutas de África a Sudamérica experimentaron un aumento del 20%. Esta volatilidad se ha visto impulsada por los cambios geopolíticos, como la decisión de Egipto de abastecerse de grano en Brasil y Estados Unidos en lugar de Ucrania.

  Los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID[2]) se enfrentan a retos adicionales, con un descenso del 9% en la conectividad marítima durante la última década, lo que se traduce en mayores costos y menor competitividad. Aunque Trinidad y Tobago es un centro neurálgico, los puertos más pequeños se enfrentan a ineficiencias que aumentan aún más los costos. Si no se toman medidas, estas deficiencias de conectividad agravarán las desigualdades comerciales.

- Los puertos del Caribe bajo presión

  Los puertos del Caribe se enfrentan a crecientes retos operativos. Las tasas de manipulación portuaria son entre dos y tres veces más elevadas que en puertos similares de todo el mundo, lo que se ve agravado por problemas relativos a procesos, gestión e infraestructuras. La competencia entre cruceros y buques de carga aumenta la tensión, limitando aún más la eficiencia del comercio.

  Para los PEID, cuyas economías dependen en gran medida del transporte marítimo, estas ineficiencias suponen un grave problema de desarrollo. El desequilibrio en los flujos comerciales, en los que los buques entrantes llegan completamente cargados y salen vacíos, agrava el problema, disparando los costes y reduciendo la viabilidad de los servicios marítimos.

[2] Son un grupo de países insulares de baja altitud que enfrentan vulnerabilidades sociales, económicas y ambientales, siendo los países más vulnerables y marginados del planeta. Son particularmente vulnerables al cambio climático, las catástrofes naturales y la distancia a los mercados mundiales. Muchos de ellos han asumido compromisos políticos para lograr un futuro con cero emisiones netas de carbono.

En resumen, el transporte marítimo entre América Latina y el Caribe se debate entre crisis geopolíticas y climáticas.

Por lo tanto, es necesario invertir en infraestructuras portuarias, desarrollo de capacidades y resiliencia climática para hacer frente a los retos relacionados con las interrupciones de la cadena de suministro y la conectividad marítima.

3.2 Conexión Asia – México.

Manzanillo ha experimentado un crecimiento en los últimos años, en gran parte generado por sectores como la minería en la región. Sin embargo, la actividad que más atención está atrayendo en la actualidad es el creciente comercio de México con China y su posicionamiento en las cadenas de suministro entre China y Estados Unidos. Esto ha dado lugar a un aumento de diversas actividades de ensamblaje que producen productos acabados para el mercado estadounidense, pero que utilizan componentes chinos.

Este comercio ha ejercido una presión considerable sobre las infraestructuras logísticas de México, tanto las portuarias como las que comunican con el resto de la economía mexicana y la frontera con Estados Unidos. Este desarrollo será esencial para el éxito de Manzanillo.

Aunque actualmente se presta atención a las implicaciones para México de la política arancelaria de la actual administración estadounidense, el desarrollo de grandes puertos en México con buen acceso al mercado estadounidense tendría una importancia considerable para el sector del transporte marítimo norteamericano en general.

En los dos últimos años, los importadores norteamericanos han tenido que hacer frente a amenazas de huelga en los puertos de la costa oeste y este de Estados Unidos. y a la restricción de la capacidad del Canal de Panamá. Un puerto grande y capaz en la costa mexicana podría ser una alternativa a estas rutas si puede ofrecer las capacidades terrestres necesarias.

3.3 El Transporte Marítimo y el Comercio Globalizado.

El comercio marítimo ha resultado muy afectado por la nueva oleada de perturbaciones en el mar Rojo, el canal de Suez y el canal de Panamá, ver Figura 3.3. Estas perturbaciones han afectado el número de tránsitos diarios de buques, las rutas marítimas y las distancias recorridas por los buques y la carga. Los factores del cambio climático, los conflictos y las tensiones geopolíticas plantean algunos de los riesgos más importantes que enfrenta actualmente el comercio marítimo mundial. Estos factores han puesto de manifiesto la vulnerabilidad de los puntos de estrangulamiento marítimos internacionales y siguen amenazando la fiabilidad de estas rutas cruciales, al tiempo que ejercen presión sobre las cadenas mundiales de suministro.

Figura 3.3 Perturbaciones en el Comercio Marítimo Internacional.



Fuente: www.20minutos.es.

Los puntos de estrangulamiento marítimos son puntos críticos a lo largo de las rutas de transporte. Facilitan el paso de importantes volúmenes comerciales y conectan el mundo. Debido a la escasez de rutas alternativas, las perturbaciones en los puntos de estrangulamiento repercuten negativamente en las cadenas de suministro y provocan consecuencias sistémicas que afectan la seguridad alimentaria, el suministro energético y la economía global.

Las perturbaciones de las rutas marítimas y los puntos de estrangulamiento también provocan cambios en la configuración de las redes y patrones comerciales. Por ejemplo, la guerra en Ucrania y la limitación del transporte marítimo en el mar Negro han llevado a Egipto a abastecerse de cereales en el Brasil o los Estados Unidos en lugar de en Ucrania, y los envíos de petróleo de la Federación de Rusia se han dirigido a China y la India en lugar de a Europa.

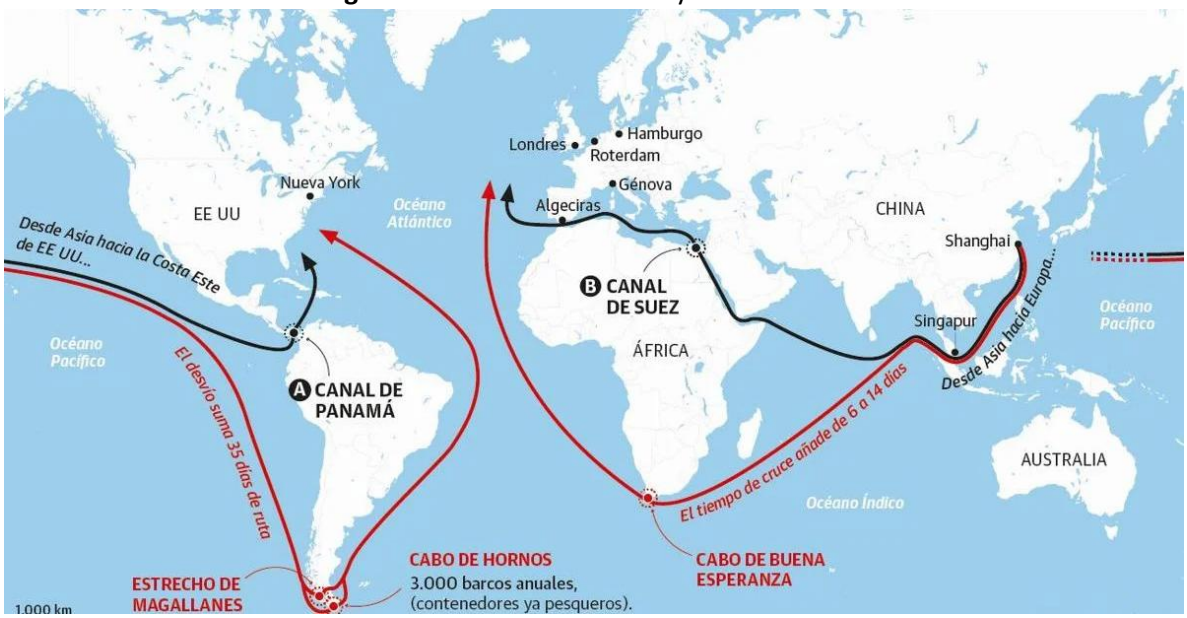
Desde 2023 los Estrechos Turcos han sufrido perturbaciones debidas a las tensiones geopolíticas, el aumento del tráfico marítimo, problemas ambientales y retos relacionados con las infraestructuras. En septiembre de 2023, Türkiye puso en marcha una normativa que incluye normas ambientales y protocolos de seguridad reforzados, y se han producido retrasos y congestiones en el período de adaptación a esta normativa.

El canal de Suez y el canal de Panamá sufrieron nuevas perturbaciones en 2023 y 2024 debido a las tensiones geopolíticas y a la reducción del nivel del agua, respectivamente. Mientras

tanto, el conflicto actual en Oriente Medio ha aumentado el riesgo de perturbaciones en el estrecho de Ormuz, mientras que la piratería sigue afectando el estrecho de Malaca.

Desde finales de noviembre de 2023, los ataques a buques en el mar Rojo han mermado la navegación en el estrecho de Bab el-Mandeb y el canal de Suez, obligando a las compañías navieras a desviarse por el cabo de Buena Esperanza. Al mismo tiempo, el canal de Panamá ha reducido los tránsitos diarios de buques debido a la sequía provocada por el cambio climático, ver Figura 3.4. Alrededor del 10 % del comercio marítimo mundial en volumen y del 22 % del comercio en contenedores cruzan anualmente el canal de Suez. El canal de Panamá facilita aproximadamente el 3 % del volumen del comercio marítimo mundial, ver Figura 3.5.

Figura 3.4 Canal de Panamá y Canal de Suez.

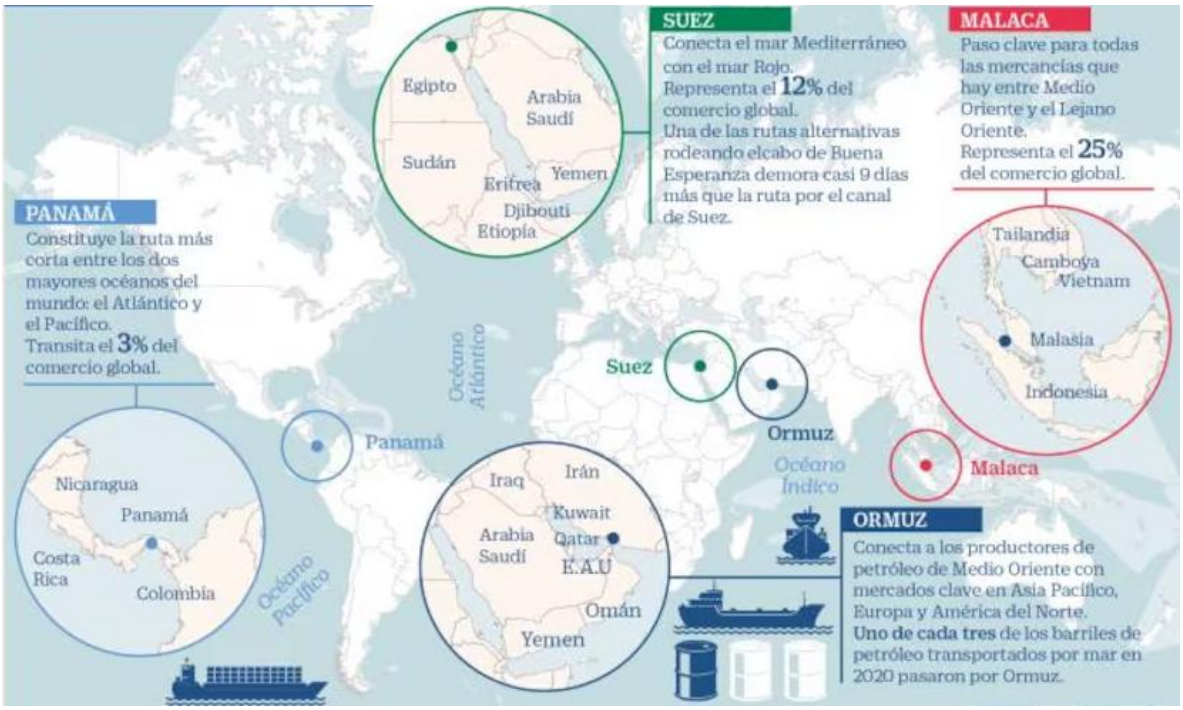


Fuente: www. cincodias.elpais.com.

En junio de 2024, los tránsitos por el canal de Panamá y el canal de Suez se habían reducido en más de la mitad en comparación con los máximos alcanzados en diciembre de 2021 y mayo de 2023 (ver Figura 3.6).

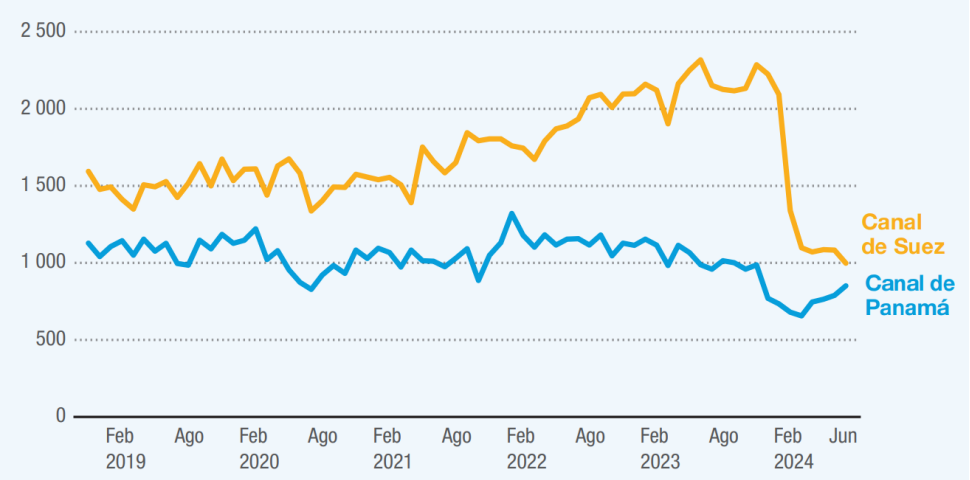
La mayor parte del descenso en el canal de Suez se ha producido desde diciembre de 2023, con el inicio de las perturbaciones en el mar Rojo; los tránsitos de buques por el canal de Panamá han disminuido en los dos últimos años.

Figura 3.5 Comercio Marítimo Internacional.



Fuente: www. cincodias.elpais.com.

Figura 3.6 Canal de Panamá y Canal de Suez, Número de Tránsitos de Buques por Mes.



Fuente: Cálculos de la UNCTAD basados en Clarksons Research Shipping Intelligence Network.

El desvío de los buques alrededor de África aumenta la distancia y prolonga los tiempos de tránsito, al tiempo que incrementa la demanda mundial de buques en un 3% y la de portacontenedores en un 12 %. Esto refleja el aumento de la demanda de toneladas-milla para los buques y portacontenedores de todo el mundo en junio de 2024, en comparación con la demanda si no hubiera habido necesidad de evitar el mar Rojo y el canal de Suez.

El desvío de los buques también provoca cambios operacionales e ineficiencias del mercado, como la congestión de los puertos y el aumento de los costos. Las rutas más largas aumentan los costos de los salarios de la tripulación, el fletamento, los seguros y el combustible. El cambio de ruta de los buques también amenaza la seguridad de la gente de mar, aumenta la exposición a incidentes de piratería, genera más emisiones de gases de efecto invernadero, dificulta el cumplimiento de las normas ambientales y crea problemas de gestión de la capacidad.

En un entorno operacional muy perturbado, deben hacerse esfuerzos para que los puntos de estrangulamiento marítimos y las cadenas de suministro sean resilientes y fiables. Para ello deben intervenir todas las partes interesadas, incluidos los Gobiernos, la industria del transporte marítimo, los gestores de las infraestructuras y las autoridades que gestionan los pasos marítimos. Entre las acciones clave figuran las siguientes:

- Utilizar la tecnología, los datos, la previsión de la demanda y los sistemas de alerta temprana para mejorar la preparación y optimizar la capacidad en los puntos de estrangulamiento.

- Emprender iniciativas de colaboración entre gestores, operadores y usuarios de los puntos de estrangulamiento marítimos para gestionar los riesgos y responder a las perturbaciones.

- Ampliar y combinar los modos de transporte para reducir la dependencia de los puntos de estrangulamiento y eludir las perturbaciones.

- Mejorar las infraestructuras, incluida la capacidad portuaria, los lugares de almacenamiento, los oleoductos y las instalaciones de toma de combustible, para reducir la congestión y crear reservas que reduzcan al mínimo las situaciones de falta de combustible o los retrasos causados por las perturbaciones.

- Velar por que se reconozca el papel de los trabajadores de la cadena de suministro y por qué se les remunere adecuadamente; así se puede evitar la escasez de fuerza de trabajo en momentos críticos, que puede agravar las perturbaciones de la cadena de suministro.

- Evitar la dependencia de una única fuente de insumos diversificando el abastecimiento y los lugares de fabricación o las fuentes y tipos de combustible.

- Aumentar los niveles de existencias para mejorar la capacidad de absorción de las perturbaciones en la cadena de suministro.

- Diversificar las rutas marítimas para evitar la dependencia excesiva de un número limitado de puertos principales; elaborar planes de contingencia que prevean el uso de rutas y puertos alternativos.

- Aumentar la cooperación entre los actores de la cadena de suministro marítima para optimizar la eficiencia de la cadena de suministro, reducir los tiempos de tránsito y disminuir los costos de transporte.

- Mejorar la colaboración internacional.

3.3.1 Los Fletes de Transporte de Contenedores.

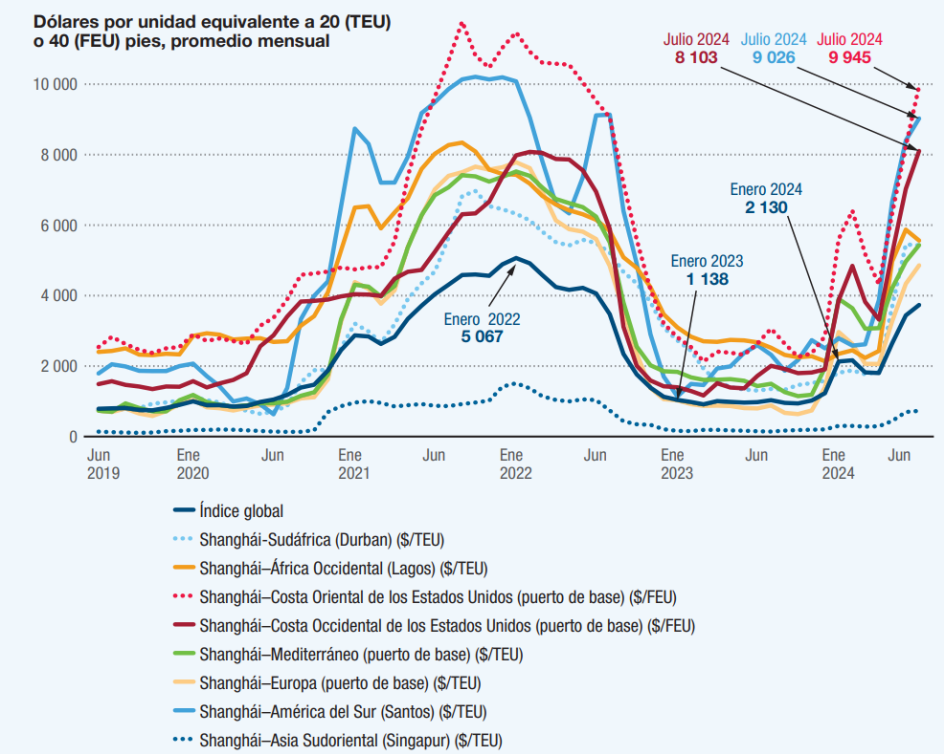
En 2023 los fletes de transporte marítimo de contenedores se estabilizaron tras los excepcionales máximos alcanzados en 2021 y 2022. El Índice de Fletes de Contenedores de Shanghái, principal indicador de las tarifas al contado del transporte de contenedores desde Shanghái (China) a varios puertos importantes de todo el mundo, se mantuvo relativamente estable en 2023, con un promedio de alrededor de 1,000 puntos (ver Figura 3.7). Esta cifra contrasta con el pico de unos 5,067 puntos alcanzado en enero de 2022, aunque el Índice volvió a repuntar a finales de 2023 debido a las perturbaciones en el mar Rojo y el canal de Suez que ampliaron las distancias medias recorridas por los buques.

En enero de 2024, el Índice se situó en un promedio de 2,130 puntos, más del doble del nivel de diciembre de 2023, aunque más del 50% por debajo del máximo alcanzado durante la pandemia de COVID-19. Los fletes volvieron a dispararse en mayo de 2024, alcanzando un promedio aproximado de 2,644 puntos, debido a las subidas generales de tarifas y a la coincidencia con la temporada alta del comercio de contenedores, junto con diversos costos adicionales, como los relacionados con el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea, los peajes del canal de Panamá y el aumento de las primas de seguro por riesgo de guerra. Los fletes al contado se vieron afectados en la mayoría de las rutas. Las tarifas de fletamento respondieron inicialmente con lentitud a la perturbación en el mar Rojo, pero empezaron a subir a partir de enero de 2024.

Desde mediados de diciembre de 2023 hasta junio de 2024, la demanda de capacidad adicional de portacontenedores aumentó alrededor de un 12 % como consecuencia del aumento de las distancias debido a las perturbaciones. Además de absorber el exceso de capacidad, los desvíos provocaron un aumento de la velocidad de los buques para cumplir los plazos de entrega

(la velocidad de navegación aumentó aproximadamente un 25%, de 16 a 20 nudos) y la triplicación de la toma de combustible, lo que a su vez incrementó los fletes y los costos de transporte.

Figura 3.7 Tarifas al contado del Índice de Fletes de Contenedores de Shanghái.



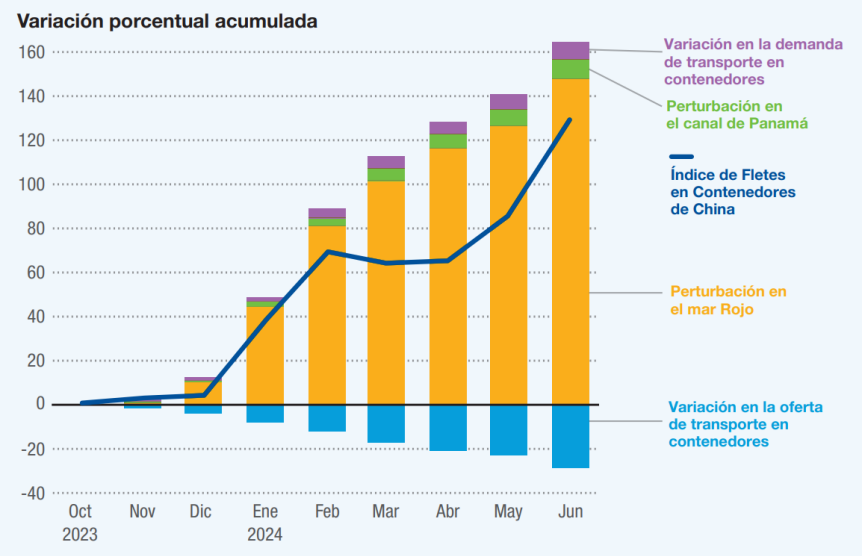
Fuente: Cálculos de la UNCTAD basados en Clarksons Research Shipping Intelligence Network.

A mediados de junio de 2024, la congestión portuaria significaba que en los buques anclados en los fondeaderos (zonas de aguas profundas, normalmente frente a las costas) esperaban 2.5 millones de unidades equivalentes a 20 pies (TEU). Esa cifra representaba el 8.4% de la capacidad mundial y también contribuyó al aumento de los fletes.

Al principio de la perturbación en el mar Rojo había suficiente capacidad de contenedores en el mercado para manejar el tonelaje adicional necesario para desviarse por el cabo de Buena Esperanza. Sin embargo, cualquier otra perturbación podría afectar gravemente las cadenas de suministro y provocar un aumento adicional de los fletes. El análisis de la UNCTAD muestra que, entre octubre de 2023 y junio de 2024, las perturbaciones en el mar Rojo y el canal de Suez tuvieron un mayor impacto en el Índice de Fletes en Contenedores de China, indicador clave de los

fletes del transporte marítimo de contenedores. Esta perturbación contribuyó en 148 puntos porcentuales al aumento acumulado del 120% del Índice (ver Figura 3.8).

Figura 3.8 Índice de Fletes en Contenedores de China y Desglose.



Nota: Variaciones acumuladas desde octubre de 2023. Desestacionalizadas. La suma de los cuatro componentes presentados no coincide totalmente con el impacto combinado porque "otros" impactos logísticos no están incluidos en la cifra

Fuente: Cálculos de la UNCTAD basados en Clarksons Research Shipping Intelligence Network y en MaritechServices Limited, Sea.

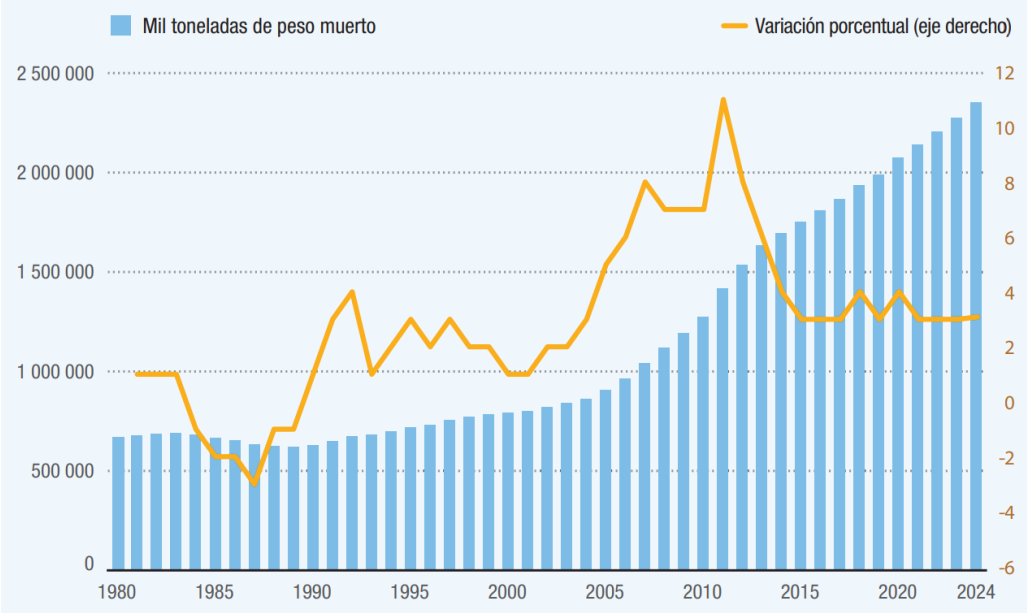
La perturbación en el canal de Panamá también contribuyó al aumento del Índice, pero en menor medida, con 9 puntos porcentuales. El impacto de estas perturbaciones en los fletes de contenedores fue compensado en parte por el aumento de la capacidad de oferta de los buques portacontenedores; cuando el desvío de los buques para evitar los puntos de estrangulamiento marítimos aumentó las distancias recorridas y la demanda de capacidad de carga, el mercado lo absorbió utilizando la capacidad adicional disponible. La capacidad adicional mitigó la subida del Índice en aproximadamente un 30%.

3.3.2 La Capacidad de la Flota Naviera.

La flota mundial creció un 3.4 % en 2023, más rápido que el comercio marítimo, pero por debajo del crecimiento medio de la flota entre 2005 y 2023 (ver Figura 3.9). La capacidad total de carga alcanzó los 2,400 millones de toneladas, impulsada por el crecimiento de los portacontenedores y los buques de transporte de gas natural licuado. Los graneleros y los

petroleros siguieron representando la mayor parte de la capacidad de la flota naviera mundial.

Figura 3.9 Tendencias en el Crecimiento Anual de la Flota Mundial.



Fuente: Cálculos de la UNCTAD basados en Clarksons Research Shipping Intelligence Network.

El cambio de ruta de los buques ha hecho que aumenten las distancias recorridas y la demanda de capacidad naviera. Esto ha contribuido a absorber el exceso de capacidad naviera imperante y a aplazar los problemas de gestión del exceso de capacidad. Sin embargo, cuando se ralentice el desvío de buques, es probable que vuelvan los problemas de exceso de capacidad.

A principios de 2024, la cartera mundial de pedidos de buques se situaba en un moderado 12 % de la capacidad activa de la flota mundial. Destacaban los pedidos de buques de doble combustible, y continuaba la adopción de tecnologías de ahorro de energía. Alrededor del 50 % del tonelaje bruto encargado podía adaptarse para el uso de combustibles alternativos y más del 14 % ya podía utilizar combustibles alternativos.

La actual incertidumbre sobre los combustibles y la tecnología del futuro, las limitaciones de capacidad de los astilleros mundiales, los elevados costos de construcción, los bajos niveles de actividad de desguace de buques y el aumento de la demanda ajustada a la distancia están retrasando las decisiones de los armadores sobre la renovación de la flota. En 2023 y el primer semestre de 2024, la actividad de desguace de buques siguió siendo baja, ya que los fletes eran

altos y se encontraban nuevas oportunidades de empleo para los buques más antiguos, derivadas del cambio de ruta de los buques.

Las tendencias de la capacidad mundial de construcción naval también influyen en las pautas de renovación de la flota. La capacidad mundial de los astilleros está actualmente desequilibrada, con algunos sobrecargados y otros infrautilizados. En 2023, China, el Japón y la República de Corea seguían dominando el mercado de la construcción naval y representaban alrededor del 95 % de la producción mundial. En 2023, por primera vez, China suministró más del 50 % del tonelaje construido.

3.4 Expectativas del Transporte Marítimo para el 2025.

El transporte marítimo es el eje central del comercio global, moviendo alrededor del 80% del comercio mundial por volumen, según datos de la UNCTAD. Esta área no solo conecta mercados y regiones, sino que también es fundamental para la logística internacional, permitiendo el intercambio eficiente de bienes y productos esenciales.

El año 2024 fue un periodo transformador para la industria marítima, marcado por un récord en volúmenes de contenedores, innovaciones tecnológicas y presiones regulatorias. Sin embargo, iniciando el 2025, el sector enfrenta desafíos importantes, como el impacto de tensiones geopolíticas, una economía global en constante cambio y la necesidad de cumplir con estrictas metas de sostenibilidad.

El 2025 se perfila como un año lleno de retos y transformaciones para la industria marítima.

Estos son los aspectos clave a considerar:

1. Sostenibilidad y regulaciones ambientales.

   La sostenibilidad será uno de los pilares fundamentales del transporte marítimo en 2025. La expansión de las regulaciones ambientales, como la normativa ETS (Emission Trading System) de la UE[3], cubrirá hasta el 70% de las emisiones de CO_2 generadas por los buques. Esto aumentará la presión sobre las navieras para acelerar sus esfuerzos hacia la descarbonización mediante el uso de combustibles alternativos (como el metanol y el amoníaco) y la electrificación parcial de sus flotas.

[3] La directiva EU ETS implica que todas las navieras deberán pagar por la cantidad de toneladas de CO2 emitidas por sus buques con el objetivo de limitar progresivamente dichas emisiones. Esta nueva normativa afectará a todos los buques de más de 5.000 GT y aplicará al 100% de las emisiones de CO2 emitidas en rutas entre puertos de la UE y al 50% en líneas con entrada o salida de la UE.

Además, los puertos también adoptarán medidas más sostenibles, utilizando fuentes de energía renovable como paneles solares y sistemas de almacenamiento energético, para reducir su huella de carbono.

2. Desaceleración en el crecimiento de volúmenes de carga.

   Tras el récord de 2024, el crecimiento de los volúmenes globales de contenedores se moderará, con una proyección de incremento del 3% en 2025. Factores como el conflicto en el Mar Rojo seguirán afectando la demanda de transporte medida en TEU's/milla, con fluctuaciones estimadas entre un crecimiento del 3% y una caída del -11%, dependiendo de la estabilidad en las operaciones del Canal de Suez.

   Por otra parte, el crecimiento de la flota mundial se ralentizará un 4.5%, y los recientes cambios en las alianzas navieras complicarán la elección de proveedores de transporte de contenedores.

3. Digitalización e innovación tecnológica.

   El 2025 será un año clave para la transformación digital del transporte marítimo. Tecnologías como el blockchain[4] y la inteligencia artificial permitirán optimizar rutas, mejorar la trazabilidad de las mercancías y reducir costos operativos.

4. Integración con el transporte terrestre.

   La coordinación entre el transporte marítimo y transporte terrestre será más estrecha en 2025. Plataformas digitales avanzadas facilitarán la gestión del flujo de mercancías desde los puertos hasta su destino final, optimizando los tiempos y reduciendo costos. También se espera una mayor inversión en infraestructura conectada, como redes ferroviarias y autopistas, para mejorar la eficiencia de la logística puerta a puerta.

5. Cambios en las dinámicas comerciales globales.

   La reconfiguración de las cadenas de suministro, impulsada por tensiones geopolíticas, dará lugar a un comercio más regionalizado. Economías emergentes en África y América Latina jugarán un papel más destacado, mientras que las tensiones en Asia y Europa seguirán redefiniendo las rutas marítimas.

[4] Blockchain, o cadena de bloques, es una base de datos digital que almacena información de forma inmutable y transparente. Se basa en la tecnología de ledger distribuido, que replica la información en computadoras individuales.

El blockchain es una innovación digital que se ha aplicado en diversos sectores, como las finanzas, la logística, la salud y el entretenimiento.

6. Tensiones laborales y huelgas.

   Las huelgas laborales continuarán siendo un desafío significativo en 2025, particularmente en las costas Este y del Golfo de Estados Unidos. Las tensiones entre los operadores portuarios y los sindicatos, respaldadas por el apoyo político, podrían causar interrupciones en las operaciones portuarias, aumentar los costos y generar retrasos en la logística internacional.

   Aunque la automatización portuaria promete mejorar la eficiencia, la resistencia sindical y las disputas prolongadas amenazan con complicar aún más las cadenas de suministro globales.

En resumen, el transporte marítimo en 2025 estará definido por la búsqueda de sostenibilidad, la adopción de tecnologías disruptivas y la necesidad de adaptarse a un panorama comercial cambiante. La lista de riesgos, desde tensiones geopolíticas hasta huelgas laborales, sigue creciendo, dejando claro que será un año desafiante para la industria.

Sin embargo, a pesar de los obstáculos, las oportunidades para innovar y mejorar la eficiencia son enormes.

3.5 Recomendaciones.

Las intensas y frecuentes perturbaciones de 2023 y 2024 han puesto de relieve el papel que desempeñan unas redes de transporte marítimo que funcionen correctamente para el comercio mundial. Al mismo tiempo, la volatilidad de los fletes, los retrasos y la congestión, los esfuerzos en curso por descarbonizar el transporte marítimo, las tensiones geopolíticas y los cambios en la política comercial siguen definiendo las perspectivas del transporte y el comercio marítimos.

El transporte marítimo, los puertos y las conexiones con el interior deben equilibrar las preocupaciones a corto plazo con las aspiraciones a largo plazo, promoviendo un transporte y una logística sostenibles y resilientes para que las cadenas mundiales de suministro estén preparadas para el futuro.

Entre las ocho acciones prioritarias recomendadas por la UNCTAD[5] en su “Informe Sobre el Transporte Marítimo 2024” figuran las siguientes:

- Promover la renovación activa de la flota y su ecologización.

[5] La UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo) La UNCTAD es el órgano principal de la Asamblea General de las Naciones Unidas en la esfera del comercio y el desarrollo.

Aumentar la seguridad regulatoria y proporcionar marcos normativos de apoyo para agilizar la transición a tecnologías de transporte marítimo con bajas emisiones de carbono y energéticamente eficientes. Abordar las limitaciones de la construcción y el desguace navales invirtiendo en infraestructuras, servicios, tecnología y fuerzas de trabajo y fomentando las asociaciones entre Gobiernos, constructores navales, armadores, proveedores y prestamistas.

Fomentar las inversiones verdes y el financiamiento de la investigación para lograr la sostenibilidad del transporte marítimo y de las prácticas comerciales marítimas.

- Invertir en las infraestructuras y el rendimiento portuarios

  Aumentar las inversiones en las infraestructuras portuarias para reducir la congestión y mejorar la sostenibilidad y la resiliencia, incluida la resiliencia al cambio climático, y promover la eficiencia. Aprovechar la digitalización y la automatización para agilizar las operaciones y mejorar la manipulación de la carga. Fomentar las asociaciones público-privadas para colmar las lagunas en infraestructuras. Supervisar el rendimiento de los puertos adaptando los indicadores recomendados a escala mundial para los puertos, manteniendo al mismo tiempo la comparabilidad internacional.

Lo anterior nos permite identificar la necesidad de la modernización de la infraestructura portuaria, así como la modernización de la flota marítima, con miras hacia el aprovechamiento del comercio global.

4.0 ESTUDIO DE MERCADO.

4.1 Manejo de Carga Total del Puerto de Manzanillo: Situación Actual y Perfil Operativo.

El Puerto de Manzanillo se ha consolidado como el principal puerto comercial de México, con un perfil operativo claramente dominado por el tráfico contenerizado, pero con una participación relevante y estratégica de graneles minerales, graneles agrícolas, carga general y energéticos, lo que le confiere una vocación portuaria mixta de alta complejidad operativa.

De acuerdo con el Programa Maestro de Desarrollo Portuario de los Puertos de Manzanillo y Laguna de Cuyutlán 2021–2026 (PMDP), el puerto cuenta actualmente con 15 instalaciones y terminales portuarias que permiten atender ocho líneas de negocio diferenciadas, reflejando una estructura portuaria diversificada y especializada.

Esta diversificación ha sido uno de los factores que explican su resiliencia operativa frente a ciclos económicos y disrupciones del comercio marítimo.

4.1.1 Predominio del tráfico contenerizado.

El manejo de carga contenerizada constituye el eje central de la actividad portuaria en Manzanillo. El propio PMDP señala que el puerto lidera el movimiento de contenedores en México, concentrando alrededor del 68.7 % del total de TEU manejados a nivel nacional en el periodo de referencia del documento.

Esta condición posiciona a Manzanillo como el principal nodo del comercio exterior mexicano en el litoral del Pacífico.

La carga contenerizada que se moviliza a través del puerto está compuesta mayoritariamente por insumos para cadenas productivas, bienes intermedios y productos manufacturados, lo que refuerza su papel como puerto de soporte a la industria nacional. El PMDP identifica como principales mercados de destino y origen las regiones del Centro y Occidente del país, con una fuerte articulación logística hacia Ciudad de México, Estado de México, Bajío, Nuevo León y Jalisco, así como una participación relevante de movimientos de transbordo, que representan aproximadamente 32.4 % del total del movimiento contenerizado.

Desde el punto de vista operativo, el manejo de contenedores se apoya en una infraestructura portuaria madura, con muelles especializados, patios de almacenamiento, servicios intermodales y conectividad ferroviaria y carretera. No obstante, el alto volumen y la creciente concentración de operaciones asociadas a buques de gran tamaño han incrementado la presión sobre patios, accesos y corredores logísticos, configurando uno de los principales retos actuales del puerto.

4.1.2 Granel mineral y granel agrícola.

El granel mineral constituye otro componente relevante del manejo de carga en Manzanillo, particularmente en el contexto del litoral del Pacífico. El PMDP indica que este tipo de carga se asocia principalmente al transporte de minerales metálicos, con flujos de exportación e importación vinculados a la actividad minera regional y nacional.

Estos movimientos refuerzan el papel del puerto como nodo logístico para sectores primarios estratégicos.

En cuanto al granel agrícola, Manzanillo desempeña un papel clave como punto de entrada de materias primas para la agroindustria nacional, especialmente granos destinados a procesos de transformación y consumo interno. El documento señala que, solo en el año 2020, el movimiento de granel agrícola alcanzó más de 1.5 millones de toneladas, cifra que refleja la importancia de este segmento para el abasto nacional y para cadenas productivas de alimentos.

Ambos tipos de graneles implican requerimientos operativos específicos en términos de almacenamiento, control ambiental, segregación de flujos y coordinación con transporte terrestre, lo que añade complejidad al sistema portuario y exige una gestión cuidadosa del espacio y de los procesos.

4.1.3 Carga general.

La carga general mantiene una participación menor en comparación con contenedores y graneles, pero sigue siendo significativa para determinados nichos industriales. El PMDP destaca que este tipo de carga incluye principalmente productos siderúrgicos, acero de importación y mercancías con destino a la industria automotriz, particularmente en Jalisco y el centro del país.

Su manejo requiere infraestructura especializada y compatibilidad operativa con otros tráficos, especialmente en zonas del puerto con alta densidad de operaciones.

4.1.4 Energéticos y derivados del petróleo

El segmento de energéticos y derivados del petróleo tiene un peso estratégico en el perfil del puerto, aunque parte relevante de este tráfico se canaliza a través de instalaciones asociadas a PEMEX, incluyendo el manejo de hidrocarburos en el recinto portuario y en el puerto de Laguna de Cuyutlán. El PMDP señala que Manzanillo es un punto clave para la importación de combustibles, particularmente gasolinas y diésel, con una participación elevada del total nacional en determinados periodos.

Este tipo de carga introduce exigencias estrictas en materia de seguridad, gestión de riesgos y compatibilidad ambiental, y condiciona la zonificación portuaria y la planificación de futuras expansiones.

4.1.5 Síntesis del perfil actual

En su estado actual, el Puerto de Manzanillo opera como un puerto multipropósito de gran escala, con un claro liderazgo en carga contenerizada y una base diversificada de tráficos complementarios. Esta combinación explica tanto su alta relevancia estratégica como los retos operativos que enfrenta, particularmente en términos de congestión, gestión de picos operativos y coordinación logística con su hinterland.

El PMDP reconoce explícitamente que el puerto ha alcanzado un nivel de madurez en infraestructura y equipamiento, pero también identifica limitaciones físicas y operativas que justifican la expansión hacia la Laguna de Cuyutlán como mecanismo para sostener el crecimiento, mejorar la eficiencia y atender tráficos que, por dimensiones o características, no pueden ser absorbidos de manera óptima en el recinto actual.

4.2 Evolución Histórica del Manejo de Carga en el Puerto de Manzanillo (1992–2024).

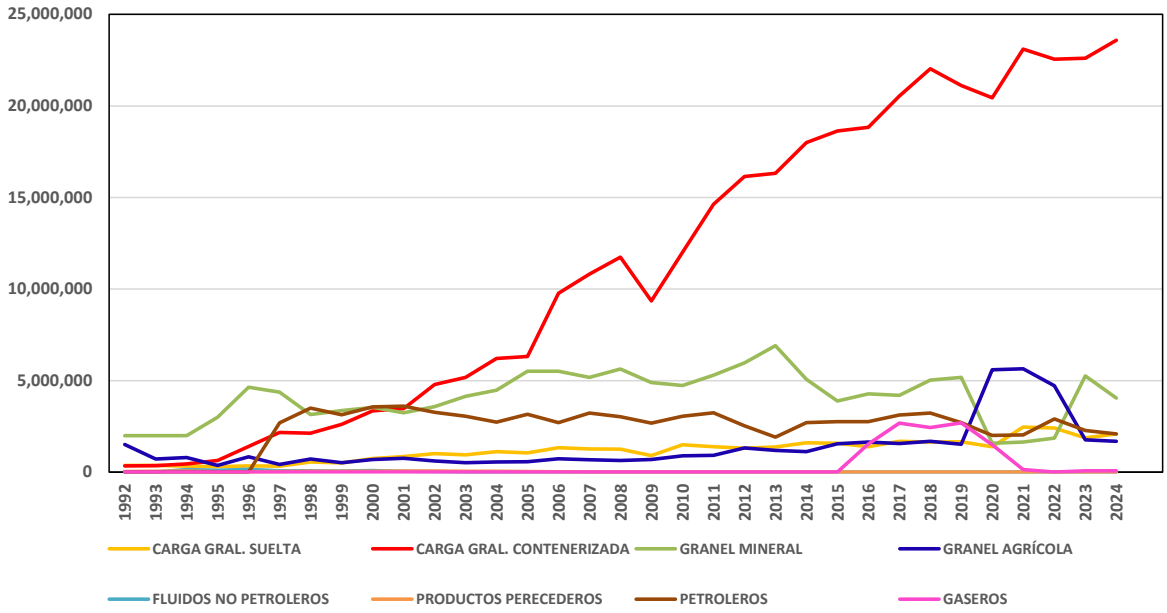
El análisis de la estadística histórica del Puerto de Manzanillo entre 1992 y 2024 permite identificar una transformación profunda del perfil portuario, tanto en términos de volumen total manejado como en la composición de los tráficos. A lo largo de este periodo, el puerto pasó de ser un puerto multipropósito con predominio de graneles y carga general, a consolidarse como el principal puerto contenerizado del país, con una estructura operativa altamente especializada y una creciente complejidad logística.

4.2.1 Evolución del volumen total de carga

En términos agregados, el manejo total de carga en Manzanillo presenta una tendencia de crecimiento sostenido de largo plazo, interrumpida únicamente por episodios coyunturales asociados a crisis económicas, disrupciones comerciales o ajustes en los mercados internacionales. Desde principios de la década de 1990, el volumen total manejado muestra una expansión significativa, reflejando tanto el crecimiento del comercio exterior mexicano como la consolidación del puerto como nodo estratégico del Pacífico.

A partir de la década de 2000, el crecimiento se acelera de forma más marcada, coincidiendo con la intensificación de los flujos comerciales con Asia y con la incorporación progresiva de infraestructura especializada para contenedores. En el periodo más reciente (2010–2024), el volumen total continúa creciendo, aunque con una mayor volatilidad interanual, lo que evidencia un entorno de mercado más incierto y sensible a factores externos.

Figura 4.1 Movimiento de Carga en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

4.2.2 Transformación estructural: ascenso de la carga contenerizada

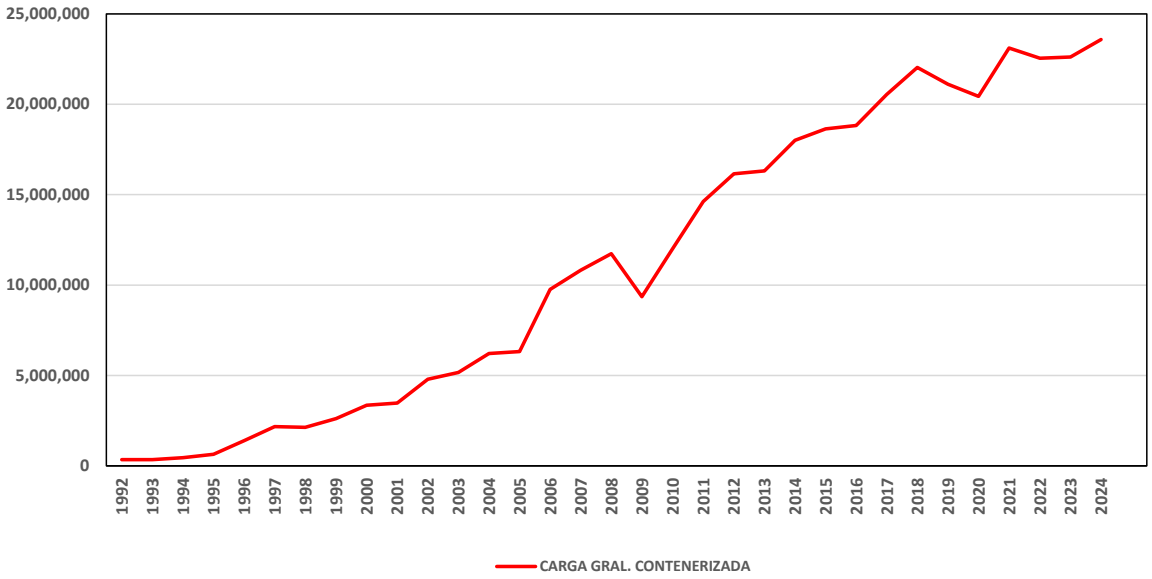
El rasgo más significativo de la evolución histórica es el crecimiento exponencial de la carga general contenerizada. Mientras que en los primeros años del periodo analizado la carga contenerizada representaba una fracción relativamente limitada del total, a partir de finales de los años noventa y, especialmente, durante la década de 2000, su participación aumenta de forma sostenida hasta convertirse en el componente dominante del manejo de carga.

Los datos históricos muestran que, desde 2010 en adelante, la carga contenerizada supera ampliamente a cualquier otro tipo de carga en términos de toneladas movilizadas, consolidando un perfil portuario claramente orientado a contenedores. Este crecimiento no ha sido lineal: se observan periodos de fuerte expansión —asociados a la entrada de nuevas rutas, mayor conectividad internacional y ampliaciones de capacidad— y fases de estabilización o ajustes, reflejo de la volatilidad del comercio marítimo global.

Esta evolución explica por qué el puerto enfrenta hoy presiones estructurales sobre patios, muelles y accesos terrestres, ya que el crecimiento del contenedor implica no solo mayores

volúmenes, sino una mayor concentración operativa y exigencias logísticas más complejas que otros tráficos.

Figura 4.2 Movimiento de Carga Contenerizada en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

4.2.2.1 Terminales de contenedores del Puerto de Manzanillo

El Puerto de Manzanillo opera hoy con varias terminales especializadas en carga contenerizada, que en conjunto constituyen el núcleo del tráfico de contenedores del país. Estas terminales están concesionadas a operadores privados tanto nacionales como internacionales, cuentan con equipamiento moderno y servicios logísticos integrados, y se distinguen por su capacidad de atender buques de gran porte y por su conectividad con el hinterland.

a. Terminal Especializada en Contenedores I (TEC I).

La Terminal Especializada en Contenedores I (TEC I) es la instalación histórica y principal terminal pública programada para contenedores en Manzanillo, bajo la administración de ASIPONA Manzanillo. Esta terminal se caracteriza por:

- **Superficie y muelle**: Cuenta con una cesión parcial de derechos de 259,422.79 m² y un frente de muelle de 1,076 metros lineales, distribuido en posiciones de atraque Nº10, 11, 12 y 13.

- **Profundidad**: Las profundidades oscilan entre 13.0 y 13.5 metros dependiendo de la posición, permitiendo la atención de buques de mediano y gran porte.
- **Especialización**: Su programación es de uso público programado con uso preferencial para contenedores, lo que significa que atiende principalmente este tipo de carga, aunque, en situaciones puntuales, puede recibir cargas complementarias.
- **Rol operativo**: TEC I ha servido como el primer eje de atención contenerizada en Manzanillo, facilitando vinculación directa con corredores terrestres y ferroviarios y actuando como la base para el crecimiento del tráfico global de TEU's en el puerto.

Esta terminal juega un papel clave en distribuir importaciones y exportaciones del centro y occidente del país, y su capacidad física la posiciona como un punto de equilibrio entre espacios de muelle y patios de almacenamiento.

b. SSA Marine México – Terminal Especializada de Contenedores (Terminal SSA).

Operada por SSA Marine México, esta es una de las terminales contenerizadas más grandes y tecnológicamente equipadas del país, con características que la diferencian claramente:

- **Infraestructura robusta**: Incluye un muelle de 1,350 metros de longitud y una superficie de patio de 32 hectáreas dedicada a contenedores.
- **Equipamiento moderno**: Cuenta con grúas pórtico Super Post-Panamax y equipos de patio de última generación, lo que permite atender buques de gran tamaño con altos niveles de eficiencia operativa.
- **Conectividad**: Dispone de tres vías ferroviarias de 500 metros, casetas de acceso exclusivas con múltiples carriles para camiones, y facilidades de intermodalidad que reducen tiempos de despacho y de evacuación.
- **Servicios integrados**: La terminal incluye un Centro Fiscalizado Estratégico para contenedores llenos, un patio externo para contenedores vacíos de casi 10 hectáreas, y capacidades de inspección y almacenaje refrigerado.
- **Productividad**: Además de las grúas de muelle, SSA cuenta con una amplia flota de equipos de manipulación en patio y sistemas automatizados que apoyan la eficiencia de movimientos y el control de inventario.

Este operador posiciona a Manzanillo en los estándares de nodos globales gracias a su infraestructura de clase mundial, certificaciones internacionales y su enfoque en mejorar tiempos de respuesta y fiabilidad.

c. CONTECON Manzanillo S.A. de C.V. (Terminal Contecon / Terminal II)

La Terminal Especializada en Contenedores II, operada por Contecon Manzanillo (parte del grupo internacional ICTSI), es otra instalación estratégica orientada al crecimiento del tráfico contenerizado:

- **Superficie**: Aproximadamente 72.42 hectáreas, lo que le proporciona un amplio espacio para patios de contenedores, maniobras y actividades logísticas complementarias.
- **Muelles**: Opera dos posiciones de atraque, cada una con una longitud de 360 metros y calado de 15 metros, lo cual permite la atención de buques de mayor calado y tamaño.
- **Rol funcional**: Esta terminal representa un pilar para el crecimiento continuo del puerto y ha sido un receptor importante de los flujos de importación provenientes de Asia.
- **Crecimiento y movilidad**: Recientemente se ha reportado que esta terminal (junto con ampliaciones) ha superado 12 millones de TEU acumulados, con un aumento significativo de volumen en los últimos años, apoyando el crecimiento general del puerto.

La infraestructura de CONTECON está diseñada para responder tanto a las necesidades de buques de mayor eslora como a la atención eficiente de flujos intensivos de importación y exportación.

d. Hutchison Ports TIMSA (Terminal TIMSA / Instalación de Usos Múltiples II)

Hutchison Ports, operador global con presencia en múltiples países, también participa en Manzanillo con la terminal TIMSA, ubicada en áreas auxiliares pero vinculada operativamente a flujo contenerizado:

- **Operación multifuncional**: Aunque TIMSA maneja distintos tipos de mercancías, tiene un área dedicada al soporte de contenedores, ubicada frente a tramos clave de muelle (Tramo 6 Banda “B” y Tramo 7 Banda “C”).
- **Servicios y conectividad**: Esta terminal complementa la red de atención de contenedores en el puerto y ofrece servicios relacionados con programación, manejo de vacíos y atención de cargas múltiples, integrándose con corredores terrestres para facilitar la salida de TEU.
- **Flexibilidad operativa**: Además de manipulación física, soporta operaciones de planificación, despacho y soluciones logísticas que fortalecen el desempeño global del puerto.

En conjunto, estas terminales generan un ecosistema operativo dual:

- Terminales de alta productividad y tecnología (SSA) con altos niveles de automatización y capacidad de maniobra para grandes barcos y flujos intensivos de TEU.
- Terminales con potencial de expansión y volumen (CONTECON) que atienden buena parte del tráfico y permiten absorber crecimiento futuro mediante ampliaciones estratégicas.
- Terminales complementarias (TEC I, TIMSA) que facilitan la operación continua del puerto, reduciendo cuellos de botella puntuales y ofreciendo flexibilidad operativa.

Tabla 4.1 Participación Promedio de las Terminales de Contenedores del Puerto de Manzanillo – Periodo de Referencia 2016–2025 en el Manejo total de TEU's.

TERMINAL	PARTICIPACIÓN PROMEDIO EN TEU's (%)	ROL OPERATIVO DOMINANTE	OBSERVACIONES TÉCNICAS CLAVE
SSA Marine México	40–45 %	Terminal líder de volumen y productividad	Alta concentración de picos operativos; fuerte presencia de importación, exportación y transbordo; principal punto de presión sobre patios y accesos.
CONTECON Manzanillo (TEC II)	30–35 %	Segundo pilar del sistema contenerizado	Alta dependencia del hinterland; foco en importación/exportación; crecimiento sostenido ligado al mercado interno y Asia–México.
Terminal Especializada de Contenedores I (TEC I)	15–20 %	Terminal complementaria y estabilizadora	Mayor variabilidad interanual; absorbe flujos específicos y aporta flexibilidad operativa en periodos de alta demanda.
Instalaciones multipropósito (TIMSA y otras)	< 5 %	Apoyo operativo y manejo marginal	Participación reducida; función clave en manejo puntual, vacíos y descongestión táctica del sistema.
Total, Puerto de Manzanillo	**100%**	**Sistema contenerizado concentrado**	**Dos terminales concentran aproximadamente entre el 70% al 80% del total de TEU's, rasgo típico de puertos líderes, pero con alto riesgo sistémico ante congestión.**

Nota: Las participaciones presentadas corresponden a promedios estructurales estimados a partir de la estadística oficial de TEU por terminal y tipo de tráfico del periodo 2016–2024. Se utilizan rangos porcentuales para reflejar la variabilidad interanual asociada a cambios en servicios navieros, composición de tráficos y condiciones del mercado.
Fuente: Elaboración propia con datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo, 2026.

De esta tabla se desprenden tres conclusiones estratégicas:

a. Alta concentración operativa: El 70–80 % de los TEU del puerto se procesa en dos terminales, lo que amplifica cualquier disrupción operativa.

b. Crecimiento futuro = presión directa sobre los mismos nodos: Sin nuevas terminales, cualquier crecimiento proyectado se traduce automáticamente en mayor presión sobre SSA y CONTECON.

c. Límite estructural del modelo actual: Incluso con mejoras incrementales, el sistema actual tiene una capacidad limitada para absorber crecimiento sostenido sin pérdida de nivel de servicio.

Por otra parte, la estructura de las terminales actuales es un componente determinante de la capacidad instalada del puerto y de su productividad operativa. SSA y CONTECON constituyen los pilares tecnológicos y de volumen del manejo contenerizado. La combinación de muelles de distinta profundidad y extensión permite atender buques de variadas características, lo que es esencial ante la tendencia global de buques más grandes. Los patios, conexiones ferroviarias y servicios de inspección y almacenaje complementan la infraestructura física, condicionando directamente los flujos de salida y entrada.

Entender cada terminal en detalle permite evaluar correctamente los cuellos de botella actuales y dimensionar con mayor precisión la necesidad de expansión hacia Cuyutlán bajo un enfoque port-led, donde nuevas terminales y corrientes logísticas serán articuladas de manera coherente con la operación global del puerto.

4.2.2.2 Participación de las terminales de contenedores en el total de TEU’s del Puerto de Manzanillo.

El análisis de la estadística por terminal muestra que el manejo de contenedores en Manzanillo se distribuye de manera concentrada pero complementaria entre tres grandes operadores: SSA Marine México, CONTECON Manzanillo y la Terminal Especializada de Contenedores I (TEC I), con una participación marginal de instalaciones multipropósito en funciones de apoyo. Esta estructura explica tanto la elevada capacidad instalada del puerto como las tensiones operativas que hoy enfrenta.

a. SSA Marine México: terminal líder en volumen y productividad

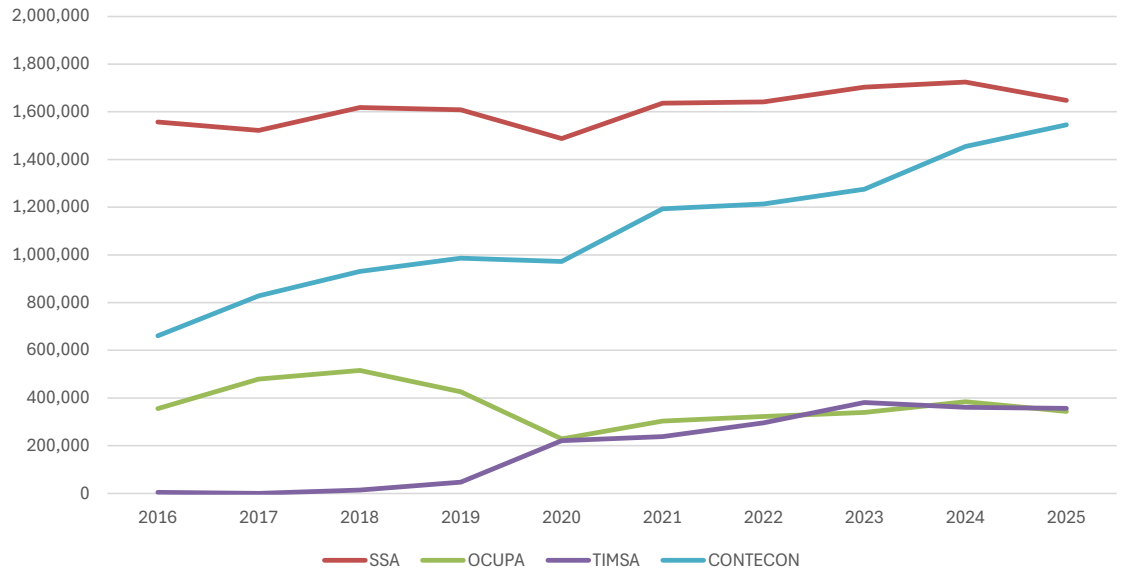
A lo largo del periodo 2016–2024, SSA Marine México se consolida como la terminal con mayor participación en el total de TEU’s del puerto, concentrando de forma consistente el mayor porcentaje del movimiento anual. En términos agregados, su participación se ubica típicamente en un rango aproximado de 40% a 45% del total de TEU’s manejados en

Manzanillo, con variaciones interanuales asociadas a cambios en servicios navieros y composición de tráficos.

Desde el punto de vista del tipo de tráfico, SSA presenta una estructura balanceada entre importación y exportación, con una participación relevante del transbordo, lo que refuerza su rol como terminal de alta productividad orientada a servicios de línea principal. Esta combinación explica por qué SSA absorbe buena parte de los picos operativos asociados a la llegada de buques de gran tamaño, concentrando volúmenes significativos en ventanas temporales reducidas.

En el contexto del sistema portuario, SSA funciona como el principal motor del volumen contenerizado, pero también como uno de los puntos donde primero se manifiestan las tensiones de patio, accesos y evacuación terrestre cuando la demanda se intensifica.

Figura 4.3 Participación de las terminales de contenedores en el total de TEU's del Puerto de Manzanillo.
(TEU's)



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

b. CONTECON Manzanillo: segundo pilar del sistema contenerizado

La Terminal Especializada en Contenedores II (CONTECON Manzanillo) se posiciona de manera consistente como el segundo operador en importancia, con una participación que oscila generalmente entre 30 y 35 % del total de TEU del puerto. Su crecimiento a lo largo del periodo analizado ha sido sostenido, en particular en los años posteriores a su consolidación operativa.

CONTECON presenta una alta concentración en tráfico de importación y exportación, con menor peso relativo del transbordo en comparación con SSA. Esta característica la vincula de manera directa con las cadenas logísticas del mercado interno mexicano, especialmente con los corredores hacia el centro y el Bajío. Desde una perspectiva operativa, esto implica una fuerte dependencia de la eficiencia de los accesos terrestres y de la capacidad del hinterland para absorber flujos crecientes.

La combinación de SSA y CONTECON explica que, en conjunto, dos terminales concentren alrededor del 70% al 80% del total de TEU’s del puerto, un rasgo típico de puertos líderes, pero que también incrementa el impacto sistémico de cualquier congestión en estas instalaciones.

c. Terminal Especializada en Contenedores I (TEC I): rol complementario y estabilizador

La TEC I, operada bajo el esquema de uso público programado, mantiene una participación menor en términos de volumen, generalmente en un rango de 15% al 20% del total de TEU’s. Su contribución, sin embargo, es estratégica desde el punto de vista del equilibrio del sistema, ya que permite absorber parte de la demanda y ofrecer flexibilidad operativa en determinados tráficos.

TEC I presenta una mayor variabilidad interanual en su participación, reflejando su papel como terminal de apoyo que atiende flujos específicos y contribuye a descongestionar el sistema en momentos de alta demanda. Su estructura de tráfico está más orientada a importación y exportación directa, con una presencia limitada de transbordo.

d. Instalaciones multipropósito y participación marginal

Otras instalaciones, como TIMSA y muelles de uso múltiple, tienen una participación marginal en el total de TEU’s, generalmente inferior al 5%, y cumplen funciones de apoyo, manejo de vacíos o atención puntual de contenedores en combinación con otros tipos de carga. Aunque su peso en el volumen total es reducido, su existencia contribuye a la flexibilidad operativa del puerto, especialmente en escenarios de alta ocupación de las terminales principales.

La distribución del total de TEU's entre las terminales de Manzanillo revela una estructura altamente concentrada, donde:

- SSA Marine México actúa como el principal generador de volumen y productividad.
- CONTECON Manzanillo funciona como segundo pilar, estrechamente vinculado al mercado interno.
- TEC I cumple un rol complementario que aporta estabilidad y capacidad de absorción adicional.

Esta configuración explica por qué las tensiones operativas del puerto no se distribuyen de manera homogénea, sino que se concentran en las terminales líderes, especialmente durante picos operativos asociados a megabuques y a ciclos de alta demanda.

La participación histórica de cada terminal permite entender que el crecimiento futuro del puerto no puede sostenerse únicamente ampliando la capacidad dentro de las terminales existentes. Incluso incrementos relativamente modestos en el total de TEU's se traducen en presiones significativas sobre SSA y CONTECON, y por arrastre sobre patios, accesos y corredores.

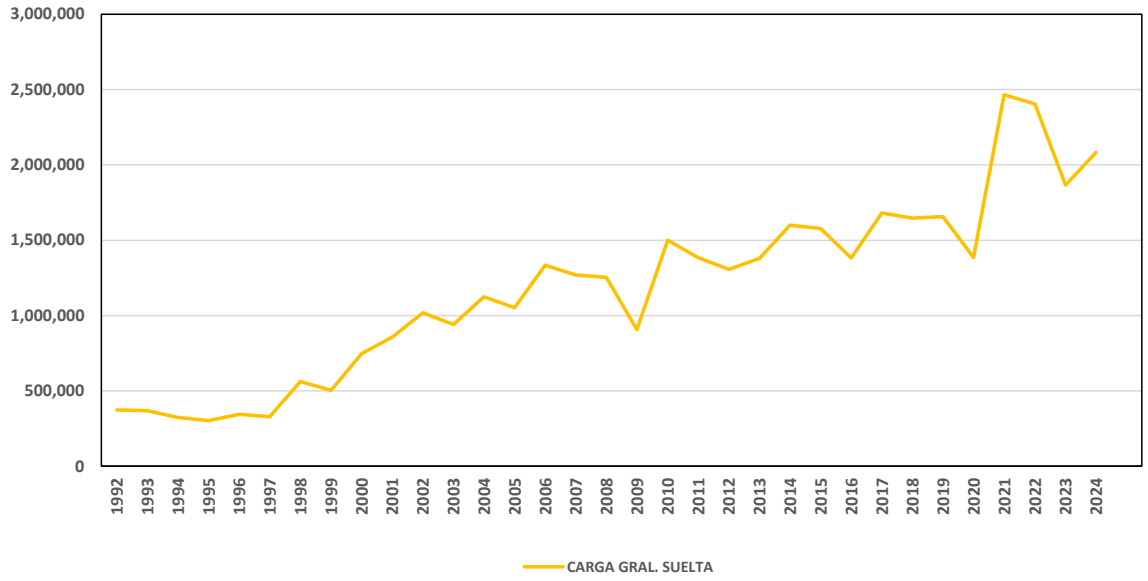
Por ello, las proyecciones de carga 2026–2050 deben leerse a la luz de esta estructura: sin nuevas terminales y sin una redistribución espacial de funciones logísticas (enfoque port-led), el crecimiento tenderá a concentrarse en los mismos nodos, reproduciendo y amplificando las tensiones actuales.

4.2.3 Carga general fraccionada: pérdida relativa de protagonismo

La carga general fraccionada muestra una tendencia opuesta. Aunque mantiene volúmenes relativamente estables en ciertos periodos, su peso relativo dentro del total disminuye de manera progresiva a lo largo del tiempo. Este comportamiento es coherente con la evolución del transporte marítimo internacional, donde la contenerización desplazó gran parte de la carga general tradicional.

En Manzanillo, la carga general fraccionada pasa de ser un componente relevante en los años noventa a ocupar un papel más marginal en la estructura actual del puerto, concentrándose en nichos específicos como productos siderúrgicos o mercancías con requerimientos particulares. Su evolución histórica refuerza la idea de que el puerto ha seguido una trayectoria de especialización, adaptándose a los cambios tecnológicos y logísticos del comercio marítimo.

Figura 4.4 Movimiento de Carga Suelta o Fraccionada en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

4.2.4 Granel mineral: crecimiento con alta variabilidad

El granel mineral presenta una evolución caracterizada por crecimientos significativos en determinados periodos, seguidos de fases de ajuste o reducción. Esta volatilidad responde a la naturaleza cíclica de los mercados de materias primas, a la demanda de la industria minera y a factores de precio internacional.

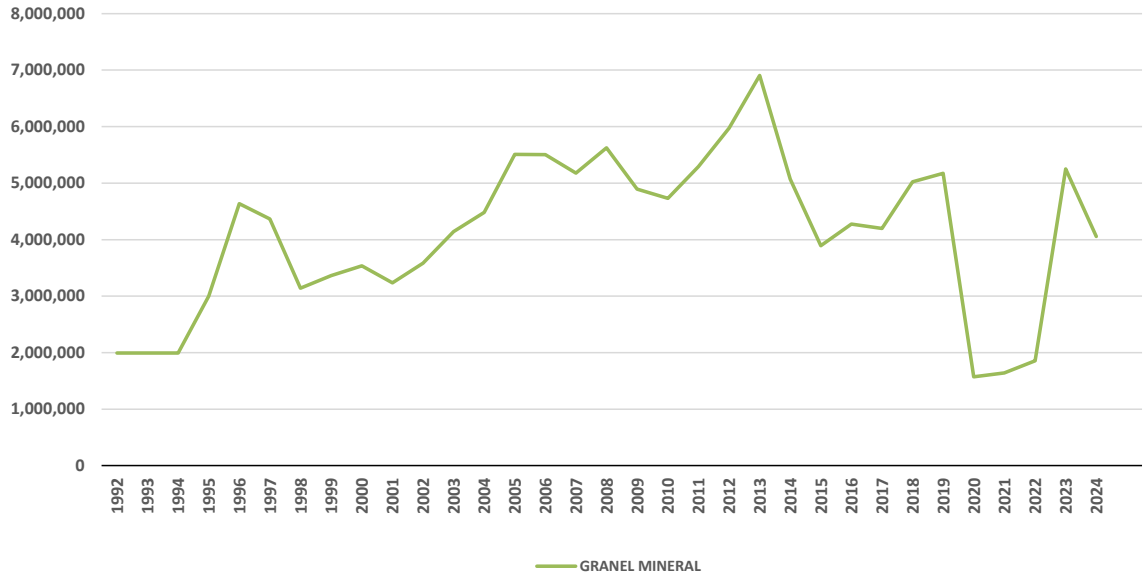
A pesar de esta variabilidad, el granel mineral mantiene una presencia estructural relevante en el puerto a lo largo de todo el periodo analizado. En varios años, los volúmenes manejados alcanzan niveles elevados, lo que confirma el papel de Manzanillo como plataforma logística para sectores extractivos y metalúrgicos, tanto en exportación como en importación.

Desde una perspectiva de planeación, esta evolución refuerza la necesidad de infraestructura especializada y segregada, capaz de absorber picos de demanda sin interferir con los tráficos contenerizados.

4.2.5 Granel agrícola: consolidación como tráfico estratégico

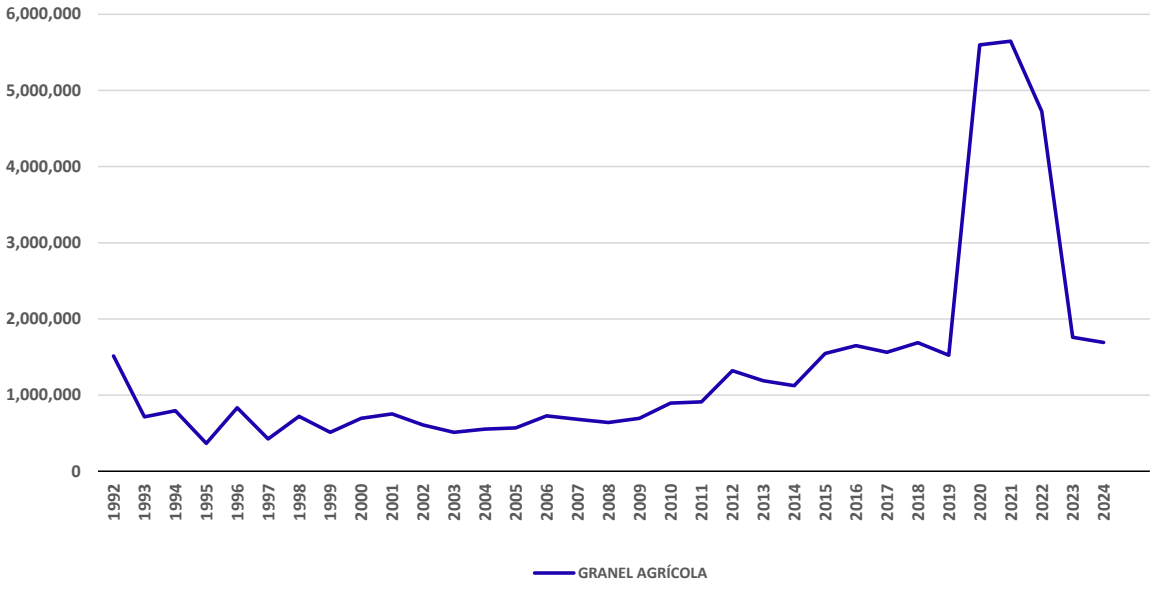
El granel agrícola muestra una evolución más estable, con una tendencia general al crecimiento, especialmente a partir de la década de 2000. Este comportamiento está estrechamente vinculado al papel del puerto como punto de entrada de granos y materias primas para la agroindustria nacional.

Figura 4.5 Movimiento de Carga de Granel Mineral en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

Figura 4.6 Movimiento de Carga de Granel Agrícola en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

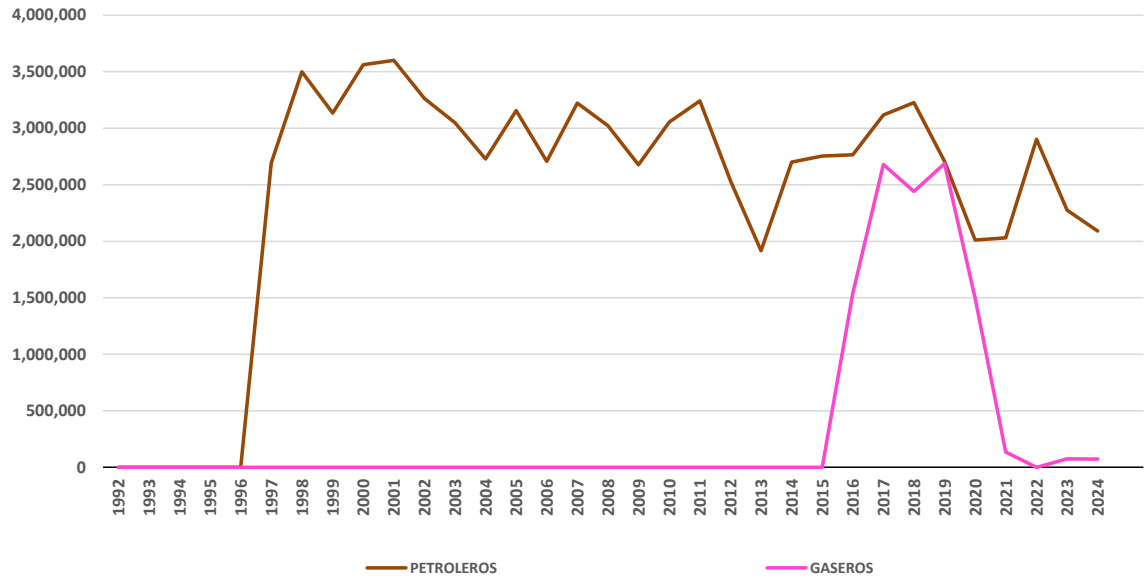
En los años más recientes del periodo analizado, el granel agrícola alcanza volúmenes elevados y relativamente constantes, lo que lo convierte en un tráfico estratégico para el abasto interno, más allá de su peso relativo frente al contenedor. Su evolución histórica evidencia que, aunque no domina el total del manejo de carga, constituye un componente clave para la seguridad alimentaria y la estabilidad de ciertas cadenas productivas.

4.2.6 Energéticos y otros tráficos

Los energéticos y derivados del petróleo muestran una evolución más ligada a decisiones de política energética, infraestructura específica y demanda interna. Aunque su volumen puede variar significativamente entre años, este tráfico mantiene un carácter estratégico y condiciona de manera importante la zonificación y los criterios de seguridad del puerto.

En el conjunto de la estadística histórica, los energéticos no desplazan a los contenedores en términos de volumen total, pero sí influyen de forma decisiva en la complejidad operativa y ambiental del sistema portuario.

Figura 4.7 Movimiento de Carga Petrolera y Gas en el Puerto de Manzanillo (1992 – 2024).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo.

4.2.7 Lectura integrada de la evolución histórica

La evolución del manejo de carga en Manzanillo entre 1992 y 2024 revela tres conclusiones estructurales:

1. El puerto ha experimentado un crecimiento sostenido de largo plazo, con mayor volatilidad en los años recientes.

2. La carga contenerizada se ha convertido en el eje dominante, desplazando progresivamente a la carga general tradicional.

3. Los graneles y energéticos mantienen un papel relevante y estratégico, reforzando el carácter multipropósito del puerto y la necesidad de una planeación integral.

Este comportamiento histórico explica tanto el éxito del puerto como los límites físicos y operativos actuales, y constituye la base técnica para justificar la expansión hacia la Laguna de Cuyutlán y la adopción de un enfoque port-led que permita absorber crecimiento futuro sin comprometer la eficiencia ni la sostenibilidad del sistema.

4.3 Expectativas de desarrollo portuario para 2026.

4.3.1 Contexto general.

El desarrollo portuario hacia el año 2026 se inscribe en un entorno de comercio marítimo caracterizado por una combinación de crecimiento moderado, elevada volatilidad operativa y cambios estructurales en la organización de las cadenas logísticas. A diferencia de ciclos anteriores, en los que el crecimiento del tráfico justificaba expansiones lineales de infraestructura, el escenario actual exige que los proyectos portuarios se orienten prioritariamente a mejorar la eficiencia efectiva, la resiliencia operativa y la integración logística, especialmente en los puertos con alta participación de tráfico contenerizado, que actúan como nodos críticos del comercio internacional.

En este contexto, el desarrollo portuario ya no se evalúa únicamente por la incorporación de metros de muelle o nuevas terminales, sino por la capacidad del sistema portuario para absorber picos de demanda, adaptarse a cambios de rutas y operar con fiabilidad bajo condiciones de disrupción. Este enfoque condiciona tanto las inversiones físicas como los modelos de gestión y coordinación institucional.

4.3.2 Expectativas internacionales de desarrollo portuario en 2026.

A nivel internacional, el tráfico de contenedores continuará siendo el principal motor de las decisiones de desarrollo portuario en 2026, aun cuando otros segmentos —graneles,

energéticos y cruceros— mantengan relevancia estratégica y, en algunos casos, presenten dinámicas propias de crecimiento. El énfasis en contenedores responde a que este segmento concentra los mayores requerimientos de capital, tecnología y coordinación logística, y a que su desempeño incide directamente en la competitividad de las cadenas de suministro globales.

Uno de los factores determinantes para 2026 es la persistencia de desajustes entre la capacidad de la flota contenerizada y la demanda efectiva, lo que genera presión sobre tarifas, escalas y utilización de infraestructura. Este fenómeno obliga a los puertos a competir menos por volumen nominal y más por productividad y confiabilidad, ya que las navieras tienden a concentrar escalas en puertos capaces de ofrecer tiempos de estadía reducidos, ventanas operativas confiables y buena conexión con el hinterland. En consecuencia, el desarrollo portuario internacional en 2026 se orientará a optimizar patios, sistemas de gestión de terminales, accesos terrestres y operaciones intermodales, más que a simples ampliaciones de frente de atraque.

Paralelamente, la tendencia hacia buques de mayor tamaño seguirá generando operaciones más concentradas y picos operativos más exigentes, lo que incrementa la presión sobre patios, gates y sistemas ferroviarios. En este sentido, los proyectos portuarios tenderán a incorporar soluciones de automatización selectiva, digitalización de procesos y planificación avanzada, no solo como herramientas de eficiencia, sino como mecanismos de reducción de riesgo operativo.

En cuanto a los graneles y energéticos, el desarrollo portuario internacional en 2026 estará fuertemente condicionado por la transición energética y por la reconfiguración de los flujos de materias primas. Los puertos especializados en graneles sólidos (minerales, agrícolas) buscarán mejorar eficiencia de carga y descarga, control ambiental y trazabilidad, mientras que los puertos energéticos deberán adaptarse a un escenario dual, en el que conviven combustibles tradicionales con nuevos vectores energéticos. Esto implica inversiones en infraestructura flexible, capaz de atender tanto tráficos consolidados como potenciales combustibles alternativos, sin comprometer la seguridad ni la continuidad operativa.

El segmento de cruceros, por su parte, presenta una lógica distinta. Para 2026 se espera una consolidación de la recuperación postpandemia, con énfasis en calidad de servicio, gestión de flujos turísticos y compatibilidad entre operaciones de cruceros y carga. En muchos puertos, el desarrollo asociado a cruceros se concentrará en terminales específicas, mejoras de accesibilidad urbana y mitigación de impactos, más que en grandes expansiones de capacidad portuaria propiamente dicha.

De forma transversal, la agenda ambiental y digital se consolida como un componente estructural del desarrollo portuario. En 2026, los puertos que aspiren a mantener o mejorar su posición competitiva deberán avanzar en electrificación de equipos, suministro eléctrico a buques, medición de emisiones y fortalecimiento de la ciberseguridad. Estas inversiones ya no se

consideran complementarias, sino habilitantes para la operación futura, especialmente en puertos con alto tráfico contenerizado y escalas frecuentes de grandes navieras.

4.3.3 Expectativas nacionales de desarrollo portuario en México para 2026

En el caso de México, el desarrollo portuario para 2026 se encuentra enmarcado por un sistema de planeación formal, articulado a través de los Programas Maestros de Desarrollo Portuario (PMDP) y gestionado por las Administraciones del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA's). Este marco implica que las expectativas de desarrollo no se basan en decisiones ad hoc, sino en la ejecución progresiva de proyectos previamente definidos en términos de zonificación, vocación portuaria y crecimiento esperado.

El tráfico contenerizado constituye el eje central del desarrollo portuario nacional, tanto por su peso en el comercio exterior como por su impacto en la infraestructura terrestre asociada. En 2026, se espera que las inversiones se orienten principalmente a mejorar la capacidad operativa real de los puertos, mediante ampliaciones de terminales, modernización de equipos, aumento de capacidad de patios y mejoras en accesos carreteros y ferroviarios. El objetivo implícito es reducir tiempos de permanencia de buques y cargas, así como mitigar cuellos de botella que afectan la competitividad logística del país.

La participación del sector privado seguirá siendo un componente clave del desarrollo portuario mexicano, particularmente en terminales especializadas de contenedores y graneles. En este esquema, el Estado cumple un rol habilitador, garantizando condiciones de seguridad, ordenamiento, conectividad básica y certeza jurídica, mientras que los operadores privados aportan capital, tecnología y know-how operativo. Para 2026, este modelo continuará profundizándose, con proyectos que buscan maximizar el rendimiento de la infraestructura existente antes de avanzar hacia expansiones mayores.

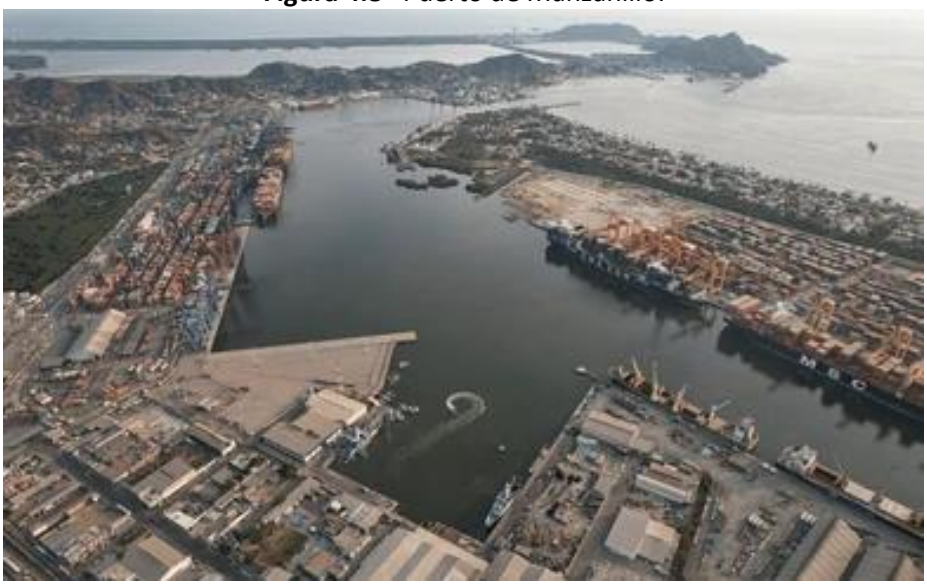
En el ámbito de los graneles y energéticos, el desarrollo portuario nacional responderá tanto a la demanda interna como a la posición de México en los mercados internacionales de materias primas y energía. Los puertos con vocación energética requerirán inversiones orientadas a seguridad, eficiencia y compatibilidad con nuevas exigencias ambientales, mientras que los puertos graneleros deberán enfocarse en mejoras operativas y control de impactos, especialmente en zonas con interacción cercana con áreas urbanas o ambientales sensibles.

Respecto a los cruceros, el desarrollo portuario para 2026 se centrará en la mejora de infraestructura dedicada y en la gestión de flujos turísticos, con el fin de maximizar el beneficio económico local sin afectar la operación de carga. En muchos casos, esto implica reforzar la segregación funcional dentro del puerto y mejorar la coordinación con autoridades locales y actores del sector turístico.

4.3.4 Puerto de Manzanillo: expectativas de desarrollo hacia 2026

El puerto de Manzanillo constituye el principal nodo portuario de México en términos de movimiento de carga contenerizada, y uno de los más relevantes de América Latina. Su papel estratégico dentro del Sistema Portuario Nacional condiciona de manera directa las prioridades y expectativas de desarrollo hacia 2026, ya que su desempeño incide no solo en la competitividad del comercio exterior mexicano, sino también en la eficiencia de los corredores logísticos que conectan el Pacífico con el centro y occidente del país.

Figura 4.8 Puerto de Manzanillo.



Fuente: ASIPONA Manzanillo.

Hacia 2026, el desarrollo del puerto de Manzanillo se encuentra marcado por un contexto de crecimiento contenido y alta volatilidad, en el que la expansión de los volúmenes no puede asumirse como un proceso lineal. La competencia regional entre puertos del Pacífico, la reorganización de servicios marítimos y la presión sobre la capacidad terrestre obligan a que el énfasis del desarrollo portuario se desplace desde la mera ampliación de infraestructura hacia la mejora de la productividad efectiva y la resiliencia operativa del sistema portuario.

En el ámbito de los contenedores, la principal expectativa de desarrollo para Manzanillo hacia 2026 es la consolidación de su capacidad para atender buques de gran tamaño bajo esquemas operativos cada vez más concentrados. La tendencia a menos escalas con mayores volúmenes por llamada genera picos operativos significativos que tensionan el sistema en su conjunto, particularmente en patios y accesos terrestres. En este contexto, la prioridad no reside

únicamente en el incremento de metros de muelle o en la incorporación de grúas de mayor capacidad, sino en asegurar que la infraestructura existente y futura pueda absorber dichos picos sin degradar los niveles de servicio.

La productividad portuaria se convierte así en el eje central del desarrollo del puerto de Manzanillo hacia 2026. Esto implica inversiones orientadas a la optimización de patios, a la mejora de los sistemas de gestión de terminales y a la coordinación más estrecha entre operadores, autoridad portuaria y actores del transporte terrestre. La evacuación eficiente de contenedores hacia el hinterland es un factor crítico, dado que las limitaciones en accesos carreteros y ferroviarios han demostrado ser uno de los principales cuellos de botella del sistema. En consecuencia, el desarrollo portuario debe entenderse de manera integrada, incorporando explícitamente la infraestructura y los nodos logísticos externos como parte del sistema funcional del puerto.

Desde la perspectiva de planeación, el desarrollo del puerto de Manzanillo hacia 2026 se apoya en los Programas Maestros de Desarrollo Portuario, que establecen la zonificación, las reservas de expansión y la vocación de las distintas áreas del recinto. No obstante, el entorno de volatilidad exige que la ejecución de estos programas se realice con criterios de flexibilidad y escalabilidad, priorizando proyectos con impacto directo en la reducción de cuellos de botella operativos y en la mejora de la confiabilidad del servicio. En este sentido, la expectativa es que las inversiones se estructuren de manera progresiva, evitando sobrecapacidad improductiva y permitiendo ajustes conforme evolucionen las condiciones del mercado.

En materia de descarbonización y transición energética, el puerto de Manzanillo enfrenta retos y oportunidades particulares. Su alto volumen de tráfico contenerizado implica una concentración significativa de emisiones locales asociadas a equipos de manipulación y a la estancia de buques. Para 2026, se espera un avance gradual en la electrificación de equipos y en la mejora de la eficiencia energética de las terminales, así como el fortalecimiento de la infraestructura eléctrica portuaria. Aunque el suministro eléctrico a buques aún se encuentra en una etapa incipiente, la preparación del puerto para este tipo de soluciones se perfila como un elemento relevante de competitividad futura, especialmente frente a exigencias ambientales crecientes de las navieras.

El puerto de Manzanillo también mantiene una vocación relevante en graneles y energéticos, particularmente en tráficos vinculados al abastecimiento regional y nacional. En estos segmentos, el desarrollo hacia 2026 se orienta a reforzar la seguridad operativa, el control ambiental y la eficiencia de los procesos de carga y descarga, así como a garantizar la convivencia funcional entre distintos tipos de tráfico dentro del recinto portuario. La coexistencia de contenedores, graneles y energéticos exige una gestión cuidadosa de la zonificación y de los flujos internos, con el fin de minimizar interferencias y riesgos.

En cuanto al segmento de cruceros, si bien no constituye el eje principal del puerto, su desarrollo hacia 2026 se vincula a la mejora de infraestructura dedicada y a la gestión de la interacción puerto–ciudad. La expectativa es consolidar este tráfico de manera compatible con la operación comercial, evitando impactos negativos sobre la logística portuaria y maximizando los beneficios económicos para la región.

Un componente clave del desarrollo del puerto de Manzanillo hacia 2026 es la profundización del enfoque de desarrollo port-led. La expansión de zonas logísticas, patios externos y plataformas intermodales en el entorno del puerto resulta fundamental para absorber los picos de salida de contenedores y reducir la presión sobre el recinto portuario. Este enfoque refuerza el papel de Manzanillo como nodo logístico nacional, en el que el puerto actúa como articulador de un sistema más amplio que incluye infraestructura terrestre, parques logísticos e industria asociada.

En síntesis, las expectativas de desarrollo del puerto de Manzanillo hacia 2026 se centran en consolidar su liderazgo en carga contenerizada mediante mejoras sustantivas en productividad, resiliencia y coordinación logística, integrando de manera ordenada los segmentos de graneles, energéticos y cruceros. El éxito de este proceso dependerá de la capacidad del sistema portuario para transformar la planificación y la inversión en reducción efectiva de cuellos de botella, mejora de la confiabilidad operativa y adaptación a las nuevas exigencias ambientales y del mercado, asegurando así la competitividad de Manzanillo como principal puerto del país.

4.3.5 Consideraciones finales

En síntesis, las expectativas de desarrollo portuario para 2026, tanto a nivel internacional como nacional, apuntan a un modelo en el que el tráfico contenerizado actúa como principal catalizador de inversión y modernización, mientras que los segmentos de graneles, energéticos y cruceros se integran de manera complementaria, con soluciones específicas a sus dinámicas operativas. El énfasis se desplaza desde la expansión cuantitativa hacia la eficiencia sistémica, entendida como la capacidad del puerto para operar con fiabilidad, flexibilidad y sostenibilidad en un entorno logístico cada vez más exigente.

4.4 Mercado: Crecimiento “Frágil” y Elevada Volatilidad.

El desarrollo portuario hacia 2026 se produce en un contexto de mercado marítimo caracterizado por un crecimiento estructuralmente frágil, acompañado de niveles elevados de volatilidad operativa y comercial. A diferencia de etapas anteriores, en las que el crecimiento del comercio internacional se traducía de forma relativamente directa en aumentos sostenidos de tráfico portuario, el escenario actual presenta una mayor disociación entre volumen global, distribución geográfica de los flujos y rentabilidad de las operaciones.

En el segmento de contenedores, esta fragilidad se manifiesta, en primer lugar, en el desajuste entre la capacidad de la flota y la demanda efectiva. La entrada en servicio de buques de gran tamaño, ordenados en ciclos previos de expectativas de crecimiento, ha generado una oferta de capacidad que supera el ritmo real de expansión del comercio, presionando a la baja las tarifas y obligando a las navieras a reconfigurar servicios, cancelar escalas o concentrar llamadas en un número reducido de puertos altamente eficientes. Para los puertos, este fenómeno implica que el crecimiento del tráfico no está garantizado y que la captación de escalas depende cada vez más de factores como la productividad, la confiabilidad operativa y la integración logística, más que de la mera disponibilidad de infraestructura.

La volatilidad del mercado se ve amplificada por factores geopolíticos y operativos que afectan directamente a las rutas marítimas y a la regularidad de los servicios. Las disrupciones en corredores estratégicos, los desvíos de rutas y las restricciones temporales en infraestructuras clave introducen cambios abruptos en los patrones de tráfico, generando picos de demanda en determinados puertos y caídas súbitas en otros. Esta dinámica dificulta la planificación a medio plazo y obliga a los puertos a operar con márgenes de flexibilidad mayores, tanto en capacidad física como en organización operativa.

Desde el punto de vista del desarrollo portuario, la combinación de crecimiento frágil y volatilidad elevada condiciona la naturaleza de las inversiones previstas para 2026. En lugar de grandes expansiones lineales basadas en proyecciones optimistas de volumen, se priorizan proyectos que aumenten la capacidad efectiva y adaptable del puerto: optimización de patios, mejora de flujos internos, refuerzo de accesos terrestres y sistemas de gestión que permitan absorber variaciones significativas de tráfico sin degradar el nivel de servicio. Este enfoque es especialmente crítico en terminales de contenedores, donde los picos operativos derivados de escalas de megabuques pueden saturar rápidamente infraestructuras insuficientemente preparadas.

La volatilidad del mercado también tiene efectos indirectos sobre otros segmentos. En los graneles, tanto sólidos como líquidos, la incertidumbre en precios y flujos comerciales puede traducirse en variaciones significativas en los volúmenes manejados, afectando la utilización de instalaciones especializadas y la programación de operaciones. En el caso de los energéticos, la transición hacia nuevas fuentes y la coexistencia con combustibles tradicionales añaden un componente adicional de incertidumbre, que obliga a los puertos a planificar infraestructuras versátiles y escalables. Incluso en el segmento de cruceros, la sensibilidad a factores económicos y geopolíticos introduce una mayor variabilidad en las escalas y en la estacionalidad, lo que refuerza la necesidad de infraestructuras y modelos de gestión flexibles.

En este contexto, el mercado portuario de 2026 se caracteriza menos por la previsibilidad de los volúmenes y más por la necesidad de gestionar la incertidumbre. El desarrollo portuario responde, por tanto, a un cambio de paradigma: la competitividad ya no se basa únicamente en crecer en capacidad instalada, sino en reducir la exposición al riesgo de mercado, asegurar la

continuidad operativa bajo escenarios cambiantes y ofrecer a los usuarios un servicio confiable incluso en condiciones de alta volatilidad. Esta lógica explica por qué, en 2026, el énfasis del desarrollo portuario se sitúa en la resiliencia, la productividad integral y la capacidad de adaptación del sistema portuario en su conjunto.

4.5 Productividad y Megabuques: Menos Llamadas, Mayor Concentración de Picos Operativos.

El desarrollo portuario hacia 2026 está fuertemente condicionado por la consolidación del uso de buques portacontenedores de gran y muy gran tamaño, fenómeno que ha transformado de manera estructural la relación entre frecuencia de escalas, volumen manejado por llamada y exigencias operativas para los puertos. Si bien los megabuques permiten economías de escala en el transporte marítimo, su impacto en la operación portuaria se traduce en un esquema de menos llamadas, pero con volúmenes significativamente mayores por escala, lo que genera picos operativos cada vez más intensos y complejos de gestionar.

Figura 4.9 Megabuque Portacontenedores en el Puerto de Manzanillo.



Fuente: https://thelogisticsworld.com/.

En términos prácticos, esta dinámica implica que el crecimiento del tráfico contenerizado no se manifiesta necesariamente como un aumento proporcional del número de escalas, sino como una concentración de movimientos en ventanas temporales más reducidas. Cada arribo de un megabuque supone la manipulación de miles de contenedores en un periodo acotado, con altas exigencias de rendimiento en muelle, patio y accesos terrestres. Para los puertos, el desafío

no reside únicamente en atender el volumen total anual, sino en ser capaces de absorber estos picos sin que se deterioren los indicadores clave de desempeño, como el tiempo de estadía del buque, la congestión en patios o la fluidez del gate.

Esta situación eleva la productividad portuaria a una condición crítica de competitividad. En 2026, la productividad deja de ser un indicador aislado del desempeño de una terminal para convertirse en una medida del rendimiento del sistema portuario en su conjunto, que incluye la coordinación entre autoridad portuaria, terminales, servicios marítimos, transporte terrestre y usuarios finales. La capacidad de un puerto para manejar megabuques de forma eficiente depende tanto de la dotación de grúas y del rendimiento por hora como de la disponibilidad de patios, la capacidad de evacuación de carga y la sincronización de los flujos de información.

El impacto de los megabuques no se limita al frente de atraque[6]. La descarga y carga masiva de contenedores en un corto intervalo genera presiones inmediatas sobre el patio de almacenamiento, incrementando la densidad y complejidad de las operaciones de apilamiento y reposicionamiento. Asimismo, los picos de salida y entrada de carga tensionan los accesos carreteros y ferroviarios, lo que puede provocar congestión externa al puerto y extender los efectos del pico operativo más allá del recinto portuario. Por ello, el desarrollo portuario en 2026 prioriza inversiones que mejoren la capacidad de respuesta del sistema ante estas concentraciones, tales como ampliación y reconfiguración de patios, optimización de flujos internos, mejora de accesos y fortalecimiento de la intermodalidad.

Desde una perspectiva de planeación, la tendencia a menos llamadas y mayores picos obliga a replantear los criterios tradicionales de dimensionamiento de infraestructura. Ya no resulta suficiente diseñar instalaciones en función de promedios anuales o diarios; se vuelve necesario considerar escenarios de máxima exigencia, asociados a la coincidencia de escalas de grandes buques o a la recuperación de servicios tras disrupciones. En este sentido, el desarrollo portuario orientado a 2026 busca dotar a los puertos de mayor elasticidad operativa, entendida como la capacidad de escalar temporalmente su rendimiento sin incurrir en pérdidas significativas de eficiencia o calidad de servicio.

Aunque este fenómeno se observa con mayor intensidad en el tráfico contenerizado, sus efectos se extienden a otros segmentos. En los graneles, la utilización de buques de mayor capacidad también puede generar concentraciones de operación que requieren equipos y sistemas de evacuación suficientemente robustos. En el ámbito energético, la llegada de grandes buques tanque demanda altos estándares de seguridad y coordinación, especialmente cuando coinciden con operaciones de otros tráficos. En el caso de los cruceros, si bien la lógica es distinta,

[6] La irrupción de los megabuques (capaces de transportar más de 20,000 TEU's) ha transformado la logística marítima, generando un conflicto directo entre las economías de escala para las navieras y la productividad portuaria en tierra. Si bien reducen los costos unitarios de transporte por contenedor, imponen retos operativos significativos que pueden saturar las terminales si no están adecuadamente equipadas.

la recepción de buques de gran capacidad de pasaje genera igualmente picos temporales que afectan la gestión portuaria y la interacción con la ciudad.

En consecuencia, la expectativa para 2026 es que el desarrollo portuario se oriente menos a incrementar el número de escalas atendidas y más a maximizar el rendimiento por escala, asegurando que los picos asociados a megabuques puedan ser gestionados de manera eficiente y segura. La productividad, entendida de forma integral, se consolida, así como un factor estratégico que condiciona la capacidad de los puertos para insertarse de manera competitiva en las redes marítimas globales y para sostener su crecimiento en un entorno de alta concentración y volatilidad operativa.

4.5.1 Implicaciones para la planificación e inversión portuaria

Las dinámicas de crecimiento frágil del mercado y la creciente concentración operativa derivada del uso de megabuques obligan a replantear los criterios tradicionales de planificación e inversión portuaria de cara a 2026. En este escenario, la planificación deja de apoyarse en proyecciones lineales de crecimiento de volumen para orientarse hacia modelos que priorizan la resiliencia, la flexibilidad operativa y la eficiencia sistémica del puerto como conjunto de infraestructuras, servicios y procesos interconectados.

Desde el punto de vista de la planificación, una primera implicación es la necesidad de adoptar enfoques de dimensionamiento basados en escenarios críticos, más que en promedios históricos. La concentración de movimientos asociada a megabuques y a reconfiguraciones de servicios marítimos implica que los picos de demanda pueden superar con facilidad la capacidad diseñada bajo supuestos medios. En consecuencia, los planes de desarrollo portuario para 2026 tienden a incorporar análisis de máxima exigencia operativa, considerando coincidencias de escalas, recuperación tras disrupciones y variaciones abruptas de flujo, con el objetivo de evitar cuellos de botella que comprometan la confiabilidad del puerto.

En términos de inversión, este cambio de enfoque se traduce en una priorización de proyectos que incrementen la capacidad efectiva y utilizable, más que la capacidad nominal. En el ámbito de los contenedores, esto implica destinar recursos a la optimización y ampliación de patios, a la mejora de los sistemas de gestión de terminal (TOS) y a la digitalización de los flujos de información, de modo que el aumento de volumen por escala pueda ser absorbido sin generar congestión interna. La inversión en equipamiento de muelle sigue siendo relevante, pero su efectividad depende cada vez más de la coherencia con el resto de la cadena operativa, particularmente con la evacuación terrestre de la carga.

La conectividad con el hinterland se convierte así en un elemento central de la estrategia de inversión. La experiencia reciente ha mostrado que las limitaciones en accesos carreteros y ferroviarios pueden neutralizar los beneficios de inversiones significativas en infraestructura portuaria. Por ello, en 2026 la planificación portuaria incorpora con mayor énfasis proyectos de

mejora y expansión de accesos, patios intermodales y nodos logísticos externos, entendidos como extensiones funcionales del puerto. Este enfoque es especialmente crítico en puertos con alto tráfico contenerizado, donde los picos de salida de carga tras la atención de megabuques generan presiones inmediatas sobre la red terrestre.

Otra implicación relevante es la necesidad de introducir criterios de flexibilidad y modularidad en el diseño de las inversiones. Dada la volatilidad del mercado y la incertidumbre sobre la evolución de los flujos, los proyectos portuarios para 2026 tienden a estructurarse en fases, con soluciones que puedan ampliarse o adaptarse conforme evolucionen las condiciones de demanda. Este principio es aplicable tanto a terminales de contenedores como a instalaciones de graneles y energéticos, donde la coexistencia de tráficos tradicionales y emergentes exige infraestructuras capaces de reconvertirse o coexistir sin comprometer la seguridad ni la eficiencia.

Desde una perspectiva económica y financiera, el nuevo contexto refuerza la importancia de evaluar las inversiones no solo en función de su capacidad de generar volumen, sino de su impacto en indicadores de desempeño operativo y reducción de riesgo. Proyectos que disminuyen el tiempo de estadía de buques, reducen la variabilidad en los tiempos de despacho o aumentan la previsibilidad de las operaciones adquieren un valor estratégico, aun cuando no incrementen de forma inmediata el volumen total manejado. En un entorno de crecimiento frágil, la capacidad de sostener operaciones estables y confiables se convierte en un factor clave para atraer y retener servicios marítimos.

Finalmente, la planificación e inversión portuaria para 2026 deben integrar de manera explícita los requerimientos asociados a la transición energética y a la digitalización. La electrificación de equipos, el suministro eléctrico a buques, la gestión de datos operativos y el fortalecimiento de la ciberseguridad ya no pueden considerarse elementos accesorios, sino componentes estructurales del desarrollo portuario. Su incorporación temprana en los planes de inversión permite evitar costos de adaptación posteriores y posiciona al puerto para cumplir con exigencias regulatorias y de mercado cada vez más estrictas.

En conjunto, las implicaciones para la planificación e inversión portuaria en 2026 apuntan a un modelo de desarrollo más selectivo y estratégico, en el que el éxito no se mide únicamente por la magnitud del CAPEX ejecutado, sino por la capacidad del puerto para transformar esa inversión en productividad sostenible, resiliencia operativa y competitividad logística en un entorno de alta incertidumbre.

4.6 Descarbonización y “puertos energéticos”

El desarrollo portuario hacia 2026 está crecientemente condicionado por la agenda de descarbonización del transporte marítimo y de las cadenas logísticas, lo que sitúa a los puertos en un papel estratégico que trasciende su función tradicional como nodos de intercambio modal. En este contexto, los puertos evolucionan progresivamente hacia el concepto de “puertos

energéticos", entendidos como plataformas capaces de suministrar, gestionar y facilitar nuevas soluciones energéticas para buques, terminales e industrias asociadas.

En el segmento de contenedores, la descarbonización se manifiesta en una doble exigencia. Por un lado, las navieras enfrentan presiones regulatorias y comerciales para reducir emisiones, lo que incrementa la demanda de infraestructuras portuarias que permitan operaciones más limpias, como el suministro eléctrico a buque (OPS o shore power) durante la estancia en puerto. Por otro lado, los operadores de terminales se ven impulsados a electrificar equipos de manipulación, optimizar consumos energéticos y reducir emisiones locales, tanto por razones ambientales como por eficiencia operativa y aceptación social. En consecuencia, el desarrollo portuario para 2026 incorpora inversiones significativas en redes eléctricas internas, subestaciones, capacidad de conexión a la red y, en algunos casos, integración de fuentes renovables.

Figura 4.10 Transporte Marítimo y Descarbonización.



Fuente: https://piernext.portdebarcelona.cat/.

Más allá de la electrificación, la transición energética introduce un nivel adicional de complejidad asociado a la incertidumbre sobre los combustibles marítimos del futuro. La coexistencia de combustibles convencionales con alternativas emergentes (como combustibles sintéticos, hidrógeno o derivados) obliga a los puertos a adoptar enfoques prudentes y flexibles en

su desarrollo. Para 2026, la expectativa no es una adopción masiva y homogénea de nuevos combustibles, sino la preparación progresiva del sistema portuario para atender diferentes escenarios tecnológicos, evitando inversiones rígidas que puedan quedar obsoletas. Esta lógica es especialmente relevante en puertos con fuerte vocación contenerizada, donde la diversidad de flotas y servicios exige soluciones energéticas compatibles con múltiples estándares.

En el ámbito de los puertos energéticos, el desarrollo portuario también se vincula estrechamente con los tráficos de graneles líquidos y sólidos relacionados con energía. Los puertos especializados en energéticos deberán reforzar sus capacidades de seguridad, control ambiental y gestión de riesgos, al tiempo que exploran oportunidades para diversificar su rol dentro de la cadena energética. En muchos casos, esto implica pasar de ser simples puntos de transferencia de productos a convertirse en nodos de almacenamiento, transformación o redistribución energética, integrados con redes industriales y logísticas más amplias.

La descarbonización tiene asimismo implicaciones para la gobernanza portuaria y la gestión de datos. La medición, reporte y verificación de emisiones se convierten en requisitos crecientemente relevantes para operadores y usuarios del puerto. En este sentido, el desarrollo portuario hacia 2026 incorpora no solo infraestructura física, sino también capacidades digitales y organizativas para gestionar información ambiental de manera consistente y transparente. Este aspecto es clave para mantener la competitividad del puerto en cadenas logísticas que demandan trazabilidad ambiental y cumplimiento de estándares internacionales.

En conjunto, la descarbonización redefine el desarrollo portuario como un proceso que combina infraestructura energética, innovación tecnológica y adaptación institucional. Para 2026, los puertos que logren avanzar de manera ordenada en esta transición estarán mejor posicionados para atraer tráficos contenerizados de largo plazo, sostener operaciones energéticas seguras y responder a las crecientes exigencias ambientales del comercio marítimo global.

4.7 Desarrollo “Port-led”: Más Logística e Industria Alrededor del Puerto.

Paralelamente a las transformaciones operativas y energéticas, el desarrollo portuario hacia 2026 se caracteriza por una intensificación del enfoque conocido como desarrollo “port-led”, en el que el puerto actúa como catalizador de actividades logísticas, industriales y de valor añadido en su entorno inmediato y en su hinterland ampliado. Este modelo responde a la necesidad de capturar mayor valor económico del tráfico portuario y de mejorar la eficiencia sistémica de las cadenas logísticas.

En el caso del tráfico contenerizado, el desarrollo port-led se traduce en la expansión de parques logísticos, centros de distribución, zonas de consolidación y desconsolidación de carga, y plataformas intermodales conectadas funcionalmente con el puerto. La creciente concentración de volúmenes por escala, asociada al uso de megabuques, genera picos de salida de contenedores que difícilmente pueden ser absorbidos únicamente dentro del recinto portuario. En este

contexto, las instalaciones logísticas externas actúan como válvulas de descompresión, permitiendo distribuir los flujos en el tiempo y el espacio, y reduciendo la congestión interna del puerto.

Desde una perspectiva de desarrollo, este enfoque implica que la competitividad portuaria ya no depende exclusivamente de lo que ocurre dentro de los límites físicos del puerto, sino de la calidad y capacidad del ecosistema logístico asociado. Para 2026, se espera que los proyectos portuarios integren de forma más explícita la planificación de infraestructuras externas, incluyendo accesos, patios intermodales, zonas logísticas y conexiones ferroviarias, como parte del sistema portuario ampliado. Esta integración resulta especialmente relevante en corredores logísticos estratégicos y en puertos con vocación de hub regional.

El desarrollo port-led también adquiere relevancia en los graneles y energéticos, donde la proximidad de instalaciones industriales puede reducir costos logísticos, mejorar la eficiencia de la cadena de suministro y fomentar sinergias productivas. En estos casos, el puerto funciona como nodo de entrada y salida de materias primas, mientras que las actividades de transformación, almacenamiento o distribución se localizan en áreas adyacentes, configurando verdaderos complejos logístico-industriales. Para 2026, esta lógica se ve reforzada por la necesidad de optimizar cadenas más cortas y resilientes, en un entorno de incertidumbre global.

En el segmento de cruceros, aunque el desarrollo port-led adopta una forma distinta, el principio es similar. El puerto actúa como punto de articulación entre la actividad marítima y el sistema urbano-turístico, lo que exige una planificación cuidadosa para maximizar beneficios económicos sin generar impactos negativos. Las inversiones se orientan a mejorar la conectividad, la gestión de flujos de pasajeros y la integración del puerto con la ciudad, reforzando su papel como motor de desarrollo local.

Desde el punto de vista institucional, el desarrollo port-led implica una mayor coordinación entre autoridades portuarias, gobiernos locales, operadores logísticos e inversionistas privados. Para 2026, la expectativa es que los puertos asuman un rol más activo como planificadores y facilitadores del desarrollo territorial, promoviendo proyectos que amplíen la capacidad logística del sistema sin sobrecargar el recinto portuario. Esta función resulta clave para sostener el crecimiento del tráfico contenerizado y para integrar de manera eficiente los distintos segmentos de actividad portuaria.

En síntesis, el desarrollo port-led consolida al puerto como un nodo central de sistemas productivos y logísticos más amplios. En 2026, los puertos que logren articular eficazmente infraestructura portuaria, logística externa e industria asociada estarán mejor preparados para gestionar la volatilidad del mercado, absorber picos operativos y maximizar el impacto económico y estratégico de su actividad.

5.0 PROYECCIONES DE CARGA.

5.1 Fundamentos Técnicos, Económicos y de Mercado de los Escenarios de Proyección de Carga al Horizonte 2050.

Los escenarios de proyección de carga al horizonte 2050 no son simples extrapolaciones estadísticas. Se construyen sobre tres capas:

- Capa económica (macro): crecimiento del comercio mundial, nearshoring, PIB México–EE. UU., elasticidad comercio/PIB.
- Capa de mercado portuario: posicionamiento competitivo de Manzanillo en el Pacífico, participación frente a Lázaro Cárdenas y puertos de EE. UU.
- Capa técnica-operativa: capacidad instalada, restricciones físicas, productividad y factibilidad de expansión.

Los tres escenarios (Conservador, Base y Optimista) varían en supuestos estructurales sobre estas capas.

5.1.1 Marco metodológico para la construcción de escenarios.

La proyección de carga del sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán al horizonte 2050 se desarrolló mediante un enfoque de escenarios estructurales, diseñado para capturar la incertidumbre asociada a variables macroeconómicas, dinámicas del comercio internacional, evolución del proceso de relocalización productiva (nearshoring) y condiciones técnicas de expansión portuaria.

En lugar de aplicar una extrapolación estadística simple de las tasas históricas, se adoptó un enfoque integrado que articula tres dimensiones fundamentales. En primer lugar, la dimensión macroeconómica, que considera el crecimiento del comercio mundial, el desempeño del PIB de México y Norteamérica, así como la elasticidad comercio/PIB observada históricamente. En segundo lugar, la dimensión de mercado portuario, que evalúa el posicionamiento competitivo de Manzanillo frente a otros puertos del Pacífico mexicano y de la costa oeste del continente americano. En tercer lugar, la dimensión técnica-operativa, que incorpora las restricciones físicas del sistema, la velocidad de implementación de infraestructura y la productividad esperada de los distintos subsistemas (muelle, patio, accesos y ferrocarril).

Bajo este marco se definieron tres trayectorias coherentes y mutuamente excluyentes: escenario Conservador, escenario Base y escenario Optimista. Cada uno responde a supuestos diferenciados, pero internamente consistentes.

5.1.2 Escenario Conservador.

El escenario conservador parte de un entorno macroeconómico caracterizado por un crecimiento moderado del comercio mundial, en un rango promedio anual cercano a 2.0%–2.5% real de largo plazo. Este supuesto es consistente con etapas históricas posteriores a crisis financieras globales o periodos prolongados de bajo dinamismo económico. En este contexto, el PIB de México evolucionaría a tasas promedio entre 1.5% y 2.0%, reflejando una expansión económica estable pero limitada por factores estructurales internos.

Desde la perspectiva de comercio exterior, el proceso de nearshoring se materializaría de forma parcial y gradual. Si bien México mantendría ventajas geográficas frente a Asia para abastecer el mercado norteamericano, la velocidad de captación de inversión manufacturera estaría condicionada por restricciones energéticas, disponibilidad de infraestructura logística terrestre y certidumbre regulatoria. Bajo estas condiciones, la elasticidad comercio/PIB tendería a niveles inferiores a los observados durante fases de expansión global intensiva.

En términos de mercado portuario, Manzanillo conservaría su liderazgo nacional, pero el crecimiento incremental sería compartido con otros puertos mexicanos, particularmente en tráficos especializados o en segmentos donde existan ventajas competitivas diferenciadas. El transbordo internacional no experimentaría un crecimiento estructural significativo, por lo que el puerto continuaría operando principalmente como puerta de entrada y salida del hinterland tradicional.

Desde la óptica técnica, la expansión hacia Cuyutlán se implementaría con prudencia, en fases que acompañen el crecimiento efectivo de la demanda. La infraestructura existente alcanzaría niveles de utilización elevados antes de habilitar nuevas capacidades, situándose en rangos del orden de 70%–75% de ocupación en subsistemas críticos. Este patrón implicaría periodos recurrentes de presión operativa, aunque sin saturación estructural permanente.

El resultado agregado de estos supuestos es una tasa promedio de crecimiento de largo plazo del orden de 2.5%–3.0% anual. Este escenario constituye el piso prudente para efectos de evaluación financiera y análisis de riesgo, pues asume condiciones macroeconómicas moderadas y un proceso de expansión portuaria contenido.

5.1.3 Escenario Base.

El escenario base representa la trayectoria más probable bajo condiciones macroeconómicas estables y continuidad en las tendencias recientes del comercio internacional. Se asume un crecimiento del comercio mundial en el rango de 3.0%–3.5% anual, coherente con promedios históricos de expansión global en ausencia de crisis sistémicas prolongadas. En este

contexto, el PIB mexicano crecería entre 2.5% y 3.0% anual, impulsado por manufactura de exportación, inversión en logística y mayor integración regional.

El proceso de nearshoring se consolidaría en sectores estratégicos como automotriz, electrónica, electrodomésticos y bienes intermedios. Esta relocalización productiva reforzaría el papel de México como plataforma manufacturera para Norteamérica, generando mayor volumen de comercio exterior en contenedores. Bajo este escenario, la elasticidad comercio/PIB se mantendría en niveles similares a los observados en la última década.

Desde el punto de vista de mercado portuario, Manzanillo consolidaría su posición como principal nodo del Pacífico mexicano. La carga contenerizada incrementaría gradualmente su participación dentro del mix total, mientras que los graneles y otros tráficos mantendrían un comportamiento estable en términos relativos. El transbordo regional podría crecer de forma moderada, aunque sin transformar estructuralmente el perfil del puerto.

En el plano técnico, la expansión de Cuyutlán se ejecutaría conforme a un programa planificado, evitando saturaciones prolongadas. La participación del ferrocarril aumentaría progresivamente, reduciendo presión sobre el sistema de puertas y mejorando la rotación de patios. La productividad de grúas STS, patios y sistemas de control operaría dentro de rangos optimizados, manteniendo niveles de utilización objetivo entre 60% y 65%, consistentes con estándares internacionales de eficiencia sin congestión.

Bajo estas premisas, el crecimiento promedio de largo plazo se ubicaría entre 3.5% y 4.0% anual. Este escenario constituye la base de planeación estratégica y sustenta la programación escalonada de inversiones en frentes, patios e infraestructura intermodal.

5.1.4 Escenario Optimista.

El escenario optimista contempla un entorno de alto dinamismo económico internacional, con comercio mundial creciendo entre 3.5% y 4.5% anual sostenido en el largo plazo. Este contexto estaría asociado a una expansión prolongada del comercio intraindustrial y a la consolidación de cadenas de suministro regionalizadas.

En este marco, el proceso de nearshoring se intensificaría significativamente. México se posicionaría como plataforma manufacturera central para Norteamérica, captando inversión extranjera directa de forma sostenida. La elasticidad comercio/PIB sería superior al promedio histórico reciente, reflejando un crecimiento acelerado del comercio exterior respecto al producto.

En términos de mercado, Manzanillo evolucionaría hacia un rol de hub regional del Pacífico oriental. La mayor concentración de servicios directos Asia–México y el incremento del

transbordo internacional reforzarían su centralidad logística. La carga contenerizada dominaría ampliamente el mix total, incrementando su participación estructural.

Desde la dimensión técnica, la expansión en Cuyutlán se desarrollaría con mayor rapidez y escala. El sistema ferroviario operaría de manera robusta 24/7, con elevada participación modal. La productividad de muelle y patio alcanzaría niveles superiores gracias a mayor automatización, digitalización y economías de escala. El diseño de infraestructura incorporaría configuraciones de alta densidad y mayor número de frentes simultáneos.

En este escenario, la tasa promedio de crecimiento podría situarse entre 4.5% y 5.0% anual de largo plazo. La magnitud de las inversiones requeridas sería mayor, pero también lo sería la capacidad del puerto para capturar flujos regionales estratégicos.

5.1.5 Interpretación estratégica.

La diferencia entre escenarios no radica únicamente en una variación de tasas de crecimiento, sino en el posicionamiento estructural del sistema portuario. En el escenario conservador, la expansión en Cuyutlán actúa principalmente como mecanismo de alivio operativo. En el escenario base, constituye la evolución natural del sistema ante crecimiento sostenido. En el escenario optimista, se convierte en condición necesaria para capturar oportunidades estratégicas y evitar pérdida de competitividad regional.

Este enfoque escalonado permite que la planeación de infraestructura se mantenga flexible, adaptable y financieramente robusta frente a distintos contextos macroeconómicos.

Tabla 5.1 Comparación estructural de escenarios.

Variable estratégica	Conservador	Base	Optimista
Crecimiento comercio mundial	Bajo	Moderado	Alto
Intensidad del nearshoring	Parcial	Consolidado	Acelerado
Participación ferroviaria	Estable	Creciente	Alta
Productividad portuaria	Mejora marginal	Mejora continua	Mejora acelerada
Rol regional	Liderazgo nacional	Nodo dominante	Hub regional
Crecimiento anual a largo plazo	2.5% – 3.0%	3.5% – 4.0%	4.5% – 5.0%

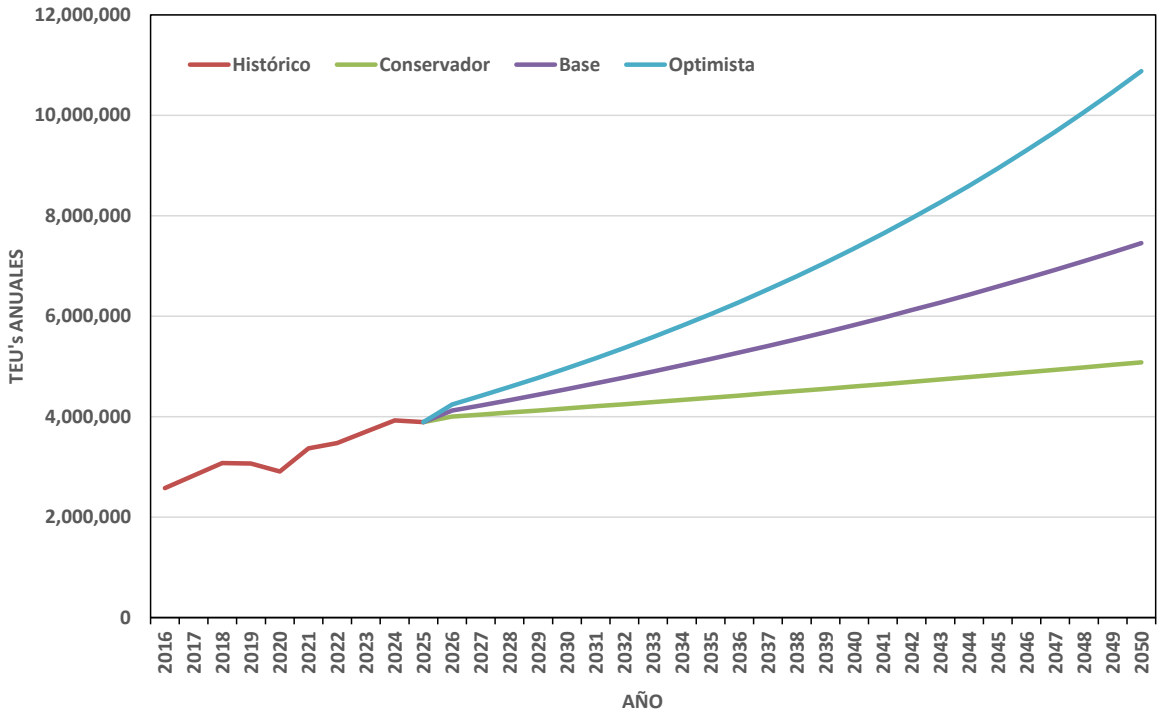
Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.2 Proyección de Carga al Horizonte 2050.

La proyección de carga al año 2050 se desarrolló tomando como punto de partida un volumen base aproximado de 4.0 millones de TEU anuales, representativo del nivel actual del sistema portuario. A partir de este valor inicial se aplicaron tasas de crecimiento anual compuesto (CAGR) diferenciadas por escenario, en un horizonte de 25 años.

En el escenario conservador se adoptó una tasa de crecimiento anual compuesta de 3.0%, consistente con un entorno de comercio internacional moderado y nearshoring gradual. Bajo crecimiento compuesto durante 25 años, el factor acumulado es aproximadamente 2.09 veces el volumen inicial. Esto conduce a una proyección al 2050 cercana a 8.4 millones de TEU anuales. En este escenario el puerto prácticamente duplicaría su tamaño actual, pero mantendría un perfil predominantemente nacional, con expansión gradual y controlada de infraestructura.

Figura 5.1 Proyección de Carga Contenerizada en el Puerto de Manzanillo (2025 – 2050).



Fuente: Datos estadísticos proporcionados por ASIPONA Manzanillo, 2026

En el escenario base se utilizó una tasa de crecimiento anual compuesta de 3.8%, coherente con un comercio mundial creciendo alrededor de 3.0–3.5% anual y una elasticidad

comercio/PIB consistente con tendencias históricas recientes. El factor acumulado en 25 años bajo esta tasa es aproximadamente 2.57 veces el volumen base, lo que resulta en una proyección cercana a 10.3 millones de TEU anuales al 2050. Bajo esta trayectoria, el sistema más que duplica su escala actual y requiere una expansión estructural significativa, particularmente en frentes de atraque especializados, patios de alta densidad e infraestructura ferroviaria.

En el escenario optimista se adoptó una tasa anual compuesta de 4.8%, asociada a un contexto de nearshoring acelerado, mayor captación de inversión manufacturera y fortalecimiento del rol regional del puerto. El factor acumulado en este caso es aproximadamente 3.23 veces el volumen inicial, lo que conduce a una proyección cercana a 12.9 millones de TEU anuales al horizonte 2050. Este nivel implica una transformación estructural del sistema, con características propias de un hub regional de mayor escala en el Pacífico latinoamericano.

Es importante destacar que la diferencia entre escenarios no es lineal, sino exponencial debido al efecto del crecimiento compuesto. Una variación de apenas 1.8 puntos porcentuales entre el escenario conservador (3.0%) y el optimista (4.8%) genera una diferencia superior a 4.5 millones de TEU anuales hacia 2050. Esta divergencia acumulada justifica la planeación por fases y la necesidad de diseñar infraestructura flexible y escalable.

Desde la perspectiva estratégica, el escenario conservador proyecta un sistema que alcanza aproximadamente 8.4 millones de TEU; el escenario base lo posiciona en el entorno de 10.3 millones; y el escenario optimista lo aproxima a 13 millones de TEU anuales. Estos valores constituyen las referencias cuantitativas para dimensionar capacidad marítima, superficie de patio, requerimientos ferroviarios y número de puertas necesarias en la expansión hacia Cuyutlán.

5.3 Implicaciones de Infraestructura Derivadas de la Proyección de Carga al 2050.

La cuantificación de los tres escenarios de proyección al horizonte 2050 no constituye un ejercicio aislado, sino la base para dimensionar la infraestructura requerida en el sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán. La diferencia entre proyectar 8.4 millones, 10.3 millones o 12.9 millones de TEU's anuales no solo implica mayor volumen, sino distintos niveles de escala operativa, configuración física y exigencia tecnológica.

Para efectos de estimación conceptual se parte de parámetros de diseño consistentes con estándares internacionales en terminales de contenedores de alta productividad. Se considera una productividad promedio por grúa STS del orden de 30–35 movimientos por hora, una disponibilidad efectiva de 6,000 a 6,500 horas operativas anuales por equipo, una relación promedio cercana a 1.6 TEU's por movimiento y un factor de utilización objetivo en torno al 65% para evitar saturación estructural. Bajo estos supuestos, una grúa STS puede movilizar aproximadamente entre 300,000 y 350,000 TEU's anuales en condiciones eficientes.

En el escenario conservador, con una demanda proyectada de aproximadamente 8.4 millones de TEU's al año 2050, el sistema requeriría del orden de 24 a 28 grúas STS operativas para sostener el flujo anual con márgenes adecuados de utilización. Si se considera una simultaneidad promedio de tres a cuatro grúas por buque, el número de frentes de atraque especializados necesarios se ubicaría en un rango aproximado de 7 a 9 posiciones activas de gran calado. En términos lineales, esto implica del orden de 2,500 a 3,000 metros lineales de muelle especializado en contenedores, dependiendo de la eslora promedio de las embarcaciones y del nivel de simultaneidad operacional.

El dimensionamiento de patio bajo este escenario parte del inventario promedio. Si se asume un tiempo de permanencia medio de 5 días y un volumen anual de 8.4 millones de TEU's, el inventario promedio diario se ubica en aproximadamente 115,000 TEU's. Considerando un factor de reserva operativo y una utilización objetivo del 70%, el número de posiciones o "slots" requeridos podría situarse en el orden de 160,000 TEU's simultáneos. Con densidades netas de almacenamiento cercanas a 1,000–1,200 TEU's por hectárea en configuraciones RTG de alta eficiencia, el sistema requeriría aproximadamente entre 130 y 160 hectáreas netas de patio especializado.

En el escenario base, con una proyección cercana a 10.3 millones de TEU anuales, la escala del sistema se incrementa de manera significativa. Bajo los mismos parámetros de productividad, el número de grúas STS necesarias podría ubicarse en un rango de 30 a 34 equipos operativos. Esto implicaría entre 9 y 11 frentes de atraque simultáneos, con una longitud total de muelle especializado que podría aproximarse a 3,200–3,800 metros lineales. En este caso, el inventario promedio diario superaría los 140,000 TEU's, lo que obligaría a contar con más de 200,000 posiciones de almacenamiento simultáneo considerando reservas operativas. La superficie neta de patio podría situarse entre 170 y 200 hectáreas, dependiendo del nivel de automatización y de la densidad alcanzable.

El escenario optimista, con una proyección cercana a 12.9 millones de TEU's anuales, implica una transformación estructural del sistema. La demanda anual requeriría entre 38 y 42 grúas STS operativas para mantener niveles de utilización adecuados. El número de frentes simultáneos podría elevarse a 12 o más posiciones de gran calado, con una longitud total de muelle que podría superar los 4,000 metros lineales especializados en contenedores. El inventario promedio diario en patio superaría los 175,000 TEU's, lo que, con factores de seguridad operativa, podría exigir más de 250,000 posiciones simultáneas de almacenamiento. Bajo densidades de diseño avanzadas, la superficie neta de patio podría ubicarse entre 220 y 260 hectáreas.

La dimensión terrestre adquiere relevancia creciente conforme se escala en volumen. En los tres escenarios, la capacidad de puertas y la infraestructura ferroviaria determinan la viabilidad operativa del sistema. En el escenario conservador, el sistema podría operar con un número moderado de carriles de acceso y trenes diarios, siempre que se mantenga una participación ferroviaria creciente cercana al 40%. En el escenario base, el incremento de volumen exige

consolidar una participación ferroviaria superior al 50% para evitar congestión crónica en accesos carreteros. En el escenario optimista, la operación ferroviaria 24/7 se convierte en condición estructural, y el diseño de patios intermodales debe dimensionarse para trenes de gran longitud con atención simultánea.

Estas estimaciones no representan ingeniería de detalle, sino órdenes de magnitud consistentes con estándares internacionales de planeación portuaria. Su propósito es traducir las cifras de proyección en requerimientos físicos tangibles y evidenciar que la diferencia entre escenarios no es únicamente estadística, sino espacial y estructural.

En términos estratégicos, el escenario conservador permite una expansión escalonada que protege la operación actual. El escenario base exige una ampliación integral planificada con anticipación. El escenario optimista, en cambio, requiere decisiones tempranas de inversión para evitar que la restricción de infraestructura limite la captura de mercado.

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS

6.1 Conclusiones

El análisis de proyección al horizonte 2050 confirma que el sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán enfrenta una trayectoria estructural de crecimiento, independientemente del escenario considerado. Aun bajo un supuesto conservador, el volumen anual proyectado implica una duplicación aproximada del movimiento actual, lo que descarta la posibilidad de sostener el crecimiento exclusivamente mediante mejoras operativas marginales dentro del recinto existente.

La diferencia entre escenarios no es lineal, sino exponencial, debido al efecto del crecimiento compuesto. Un diferencial de menos de dos puntos porcentuales en la tasa anual genera una brecha acumulada superior a cuatro millones de TEU's hacia el año 2050. Esta divergencia implica configuraciones físicas sustancialmente distintas en términos de frentes de atraque, superficie de patios y requerimientos intermodales. En consecuencia, la planeación debe ser flexible y escalable, evitando tanto la subinversión como la sobrecapacidad prematura.

El componente contenerizado consolida su carácter dominante dentro del sistema. Incluso considerando la permanencia de graneles y otros tráficos, la presión estructural se concentra en el subsistema de contenedores, particularmente en la interfaz muelle–patio–desalojo. La infraestructura ferroviaria adquiere un papel estratégico crítico en todos los escenarios, pero especialmente en el base y optimista, donde la participación modal elevada se convierte en condición necesaria para evitar congestión crónica.

Desde la perspectiva marítima, el número de frentes de atraque especializados y la longitud total de muelle requerida hacia 2050 superan claramente la capacidad actual del sistema. La expansión en Cuyutlán no constituye únicamente una mejora operativa, sino una evolución estructural del puerto hacia una escala superior.

En términos espaciales, la superficie neta de patios requerida en los escenarios base y optimista confirma que la disponibilidad de suelo logístico de gran escala es un factor determinante. La eficiencia en densidad de almacenamiento puede mitigar parcialmente la presión, pero no sustituye la necesidad de ampliación territorial.

Finalmente, el análisis evidencia que la infraestructura debe concebirse como sistema integrado. El incremento de grúas STS o metros lineales de muelle, sin expansión proporcional de patios y accesos ferroviarios, generaría cuellos de botella desplazados. La capacidad efectiva está determinada por el eslabón más restrictivo de la cadena operativa.

6.2 Recomendaciones estratégicas

La primera recomendación es adoptar un esquema de desarrollo por fases claramente estructurado, vinculado a umbrales de demanda observada. Cada fase debe activarse cuando los indicadores de utilización de muelle, patio y accesos alcancen niveles cercanos al 60%–65%, evitando que el sistema opere de forma prolongada por encima de niveles óptimos.

En segundo término, es indispensable priorizar la infraestructura ferroviaria como eje estructural del crecimiento. El incremento progresivo de la participación modal ferroviaria reduce la presión sobre puertas y vialidades urbanas, mejora la rotación de patios y fortalece la competitividad logística del puerto en su hinterland natural.

Asimismo, se recomienda diseñar los nuevos frentes de atraque bajo criterios de flexibilidad operativa, permitiendo atender embarcaciones de gran eslora y adaptarse a tendencias de aumento en el tamaño promedio de buques. La profundidad de diseño y la resistencia estructural de los muelles deben anticipar la evolución de la flota internacional.

En materia de patios, se recomienda considerar configuraciones de alta densidad y potencial de automatización gradual, de manera que la productividad pueda incrementarse sin necesidad inmediata de expansión territorial adicional. Sin embargo, dicha optimización debe verse como complemento y no como sustituto de la expansión física requerida en escenarios de mayor crecimiento.

Desde el punto de vista financiero y de gestión de riesgo, es recomendable utilizar el escenario base como trayectoria central de planeación, manteniendo el escenario conservador como referencia mínima para estructuración financiera y el optimista como parámetro de estrés superior para diseño conceptual. Este enfoque permite mantener equilibrio entre prudencia y visión estratégica.

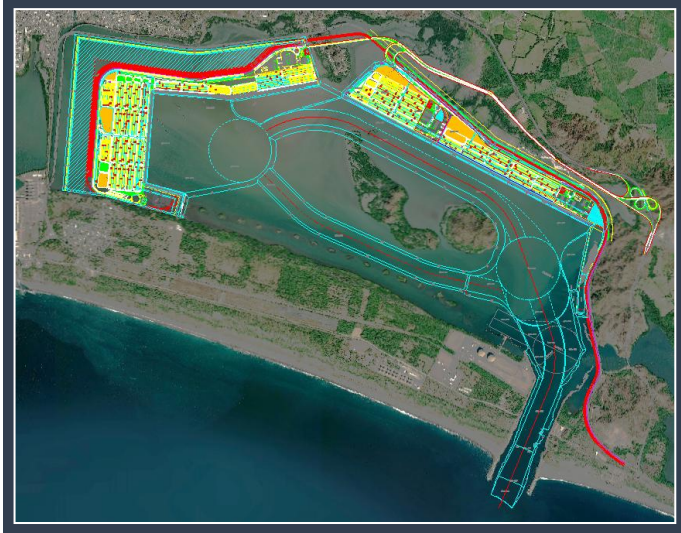
Finalmente, se recomienda mantener un sistema continuo de monitoreo de indicadores macroeconómicos, elasticidades comercio/PIB y participación modal, con revisiones periódicas del CAGR efectivo observado. La planeación portuaria a 25 años requiere mecanismos dinámicos de ajuste, más que esquemas rígidos predeterminados.

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL







PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

INFORME PARCIAL
MODELO DE DESARROLLO PORTUARIO

MARZO 2026

Preparado por:

RHG INGENIERIA

PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN.

I N F O R M E P A R C I A L

MODELO DE DESARROLLO PORTUARIO

MARZO 2026

INDICE GENERAL

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo Principal. 2
2.2 Objetivos Particulares. 2
3.0 MODELO PORTUARIO DE CUYUTLÁN. 3
3.1 Modelos de Desarrollo Portuario. 3
3.2 El Enfoque de Desarrollo “Port-led”: Concepto, Alcance e Implicaciones 8
3.3 Modelo Portuario de Manzanillo. 10
3.4 Las Tensiones Operativas Actuales como Punto de Inflexión del Modelo Portuario de Manzanillo. 14
3.4.1 Congestión y pérdida de holgura operativa. 15
3.4.2 Intensificación de picos operativos y presión sistémica 16
3.4.3 Saturación funcional de patios y espacios operativos 16
3.4.4 Accesos terrestres y desconexión espacial del sistema logístico 17
3.4.5 Complejidad del modelo multipropósito y conflictos de uso 18
3.4.6 Reducción de la resiliencia y aumento del riesgo sistémico 18
3.4.7 La ampliación y el enfoque port-led como respuesta estructural 18
3.4.8 Implicación para la planeación estratégica 19
3.5 Implicaciones de la Estructura de las Terminales Actuales Sobre la Capacidad Máxima Efectiva del Puerto de Manzanillo 19
3.5.1 Concentración de volumen y riesgo sistémico 19
3.5.2 Capacidad de muelle versus capacidad de patio 19
3.5.3 Efecto de los picos operativos en la capacidad efectiva 20
3.5.4 Interdependencia con accesos y evacuación terrestre 20
3.5.5 Limitaciones derivadas del modelo multipropósito 20
3.5.6 La capacidad efectiva como función del sistema, no de terminales aisladas 21
3.6 Redistribución de la Participación de TEU’s con la Entrada de la Ampliación en la Laguna de Cuyutlán. 22
3.6.1 Escenario Conservador – Expansión incremental sin transformación sistémica 23

3.6.2 Escenario Central – Transformación funcional del sistema bajo un modelo port-led maduro 24
3.6.3 Escenario Alto – Cuyutlán como nuevo polo dominante y reconfiguración geográfica del sistema portuario 26
3.7 Comparación Estructural Integrada de los Escenarios hacia 2050 28
3.8 Análisis de la Ampliación en la Laguna de Cuyutlán Bajo con base en los Tres escenarios. 30
3.8.1 Punto de partida: estructura actual (escenario base sin Cuyutlán) 30
3.8.2 Escenario 1: Cuyutlán como expansión “adicional” (redistribución limitada). 33
3.8.3 Escenario 2: Cuyutlán como redistribuidor funcional (escenario port-led “central”) 37
3.8.4 Escenario 3: Cuyutlán como nuevo polo dominante (escenario alto)..... 42
3.9 Selección del Escenario Desarrollo de la Ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. 49
3.10 Lineamientos de Implementación Estratégica 51
3.10.1 Ampliación del Sistema Manzanillo–Cuyutlán bajo Enfoque Port-Led Escalable..... 52
4.0 DIAGNÓSTICO DE LA PROPUESTA ORIGINAL DE DESARROLLO PORTUARIO. 57
4.1 Localización del proyecto y situación actual 57
4.1.1 Ambiente Natural. 57
4.1.2 Infraestructura Existente. 57
4.2 Diagnóstico Ambiental Integral 62
4.2.1 Descripción de los Componentes Bióticos 62
4.2.2 Funcionamiento ecológico del sistema lagunar 62
4.2.3 Componentes Bióticos de la Laguna de Cuyutlán..... 63
4.2.4 Diagnóstico específico del Vaso II 64
4.2.5 El Manglar en la Laguna de Cuyutlán..... 65
4.2.6 El manglar en el Vaso II. 69
4.2.7 Descripción de los Componentes Abióticos 70
4.3 Diagnóstico de la Propuesta Original de Desarrollo Portuario. 77
4.3.1 Descripción técnica del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. 77

4.3.2 Diagnóstico Técnico de la Propuesta Original de la Ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. 81

4.3.3 Restricciones Ambientales, Sociales e Infraestructurales en el Vaso II. 88

4.3.4 Diagnóstico y Pronóstico de Interacción entre Manglar, Islas Centrales de la Laguna de Cuyutlán y la Ampliación del Puerto de Manzanillo en el Vaso II..... 92

4.4 Criterios Técnicos para el Adecuado Dimensionamiento de la Ampliación Portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán..... 96

4.4.1 Requisitos mínimos de ingeniería para el Vaso II 100

4.4.2 Conclusión técnica 100

5.0 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN AL DESARROLLO PORTUARIO EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN. 101

5.1 Estratégicas y Recomendaciones Técnicas de Rediseño para la Ampliación Portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. 103

5.1.1 Recomendaciones técnicas de rediseño..... 103

5.1.2 Recomendación estratégica final..... 109

5.2 Propuestas Técnicas de Rediseño para la Ampliación Portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán. 109

5.2.1 Alternativa 1 109

5.2.2 Alternativa 2 112

5.2.3 Alternativa 3 115

5.2.4 Comparativa de Alternativas 117

5.3 Matriz de Evaluación 120

5.3.1 Definición de Dimensiones y Ponderaciones..... 120

5.3.2 Subcriterios de Evaluación..... 121

5.3.3 Sistema de Calificación. 123

5.3.4 Alcances y Limitaciones 124

5.3.5 Resultados de la Evaluación..... 125

5.3.6 Selección de Alternativa 126

6.0 PROPUESTA DE DESARROLLO PORTUARIO EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN. 128

6.1 Caracterización y Diseño de las Instalaciones Portuarias. 128

6.1.1 Buque De Diseño. 128

6.1.2 Factores que Condicionan la Configuración de una Terminal Especializada de Contenedores. 149
6.1.3 Otros Factores Condicionantes. 156
6.2 Áreas de Navegación. 160
6.2.1 Determinación de Profundidades de Agua de Las Áreas de Navegación 164
6.2.2 Determinación de la Configuración y Dimensiones de las Áreas de Navegación. 164
6.2.3 Bocana del Canal de Acceso 165
6.2.4 Áreas de Maniobra 166
6.2.5 Canales de Navegación. 167
6.2.6 Revisión de las Áreas de Navegación 170
6.3 Propuesta de Desarrollo. 177
6.3.1 Primera Etapa de Desarrollo. 179
6.3.2 Segunda Etapa de Desarrollo. 185
7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 193
7.1 Conclusiones 193

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 CONTECON (TEC II) en el Puerto de Manzanillo. 10
Figura 3.2 Zona de Influencia del Puerto de Manzanillo. 12
Figura 3.3 Congestión de Vialidades en el Puerto de Manzanillo. 15
Figura 3.4 Congestión y Pérdida Operativa en el Puerto de Manzanillo. 16
Figura 3.5 Saturación de Patios en el Puerto de Manzanillo. 17
Figura 4.1 Vasos de la Laguna de Cuyutlán. 57
Figura 4.2 Terminal de Gas Natural Licuado de KMS. 58
Figura 4.3 Infraestructura Existente en el Vaso II. 59
Figura 4.4 Infraestructura Ferroviaria Existente en el Vaso II. 60
Figura 4.5 Infraestructura Viasl Existente en el Vaso II. 61
Figura 4.6 Barreras Físicas Existentes en el Vaso II. 61
Figura 4.7 Comparación del Uso de Suelo y Vegetación en la Laguna de Cuyutlán de 1971 al 2010. 67
Figura 4.8 Cambios del Manglar en la Laguna de Cuyutlán de 1971 al 2010. 68
Figura 4.9 Propuesta de Ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. 79
Figura 4.10 Diagnóstico de Terminales e Infraestructura de la Alternativa Original de Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán. 82
Figura 4.11 Gráficas de Maniobras de Entrada y Salida Portacontenedores de 400 m de Eslora. 85
Figura 4.12 Canal de Acceso en la Laguna de Cuyutlán. 87
Figura 5.1 Propuesta No. 1 del Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán. 110
Figura 5.2 Propuesta No. 2 del Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán. 113
Figura 5.3 Propuesta No. 3 del Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán. 116
Figura 6.1 Actividades de Carga y Descarga previo a la Contenerización. 129
Figura 6.2 Evolución de la Contenerización. 130
Figura 6.3 El Primer Contenedor. 131
Figura 6.4 Estandarización del Contenedor. 134
Figura 6.5 Alianzas Estratégicas. 136
Figura 6.6 Principales Rutas Marítimas. 137
Figura 6.7 Evolución de los Portacontenedores. 139
Figura 6.8 Portacontenedores MSC Gülsün. 141
Figura 6.9 Factores Sobre si Conducirán a un Aumento o Descenso del Tamaño de los Buques Portacontenedores. 143
Figura 6.10 Relación Entre el calado, Puntal, Manga, Eslora y la Capacidad (TEU's) de los Buques Portacontenedores desde 1964. 144

Figura 6.11 Portacontenedores Ever Alot. 148
Figura 6.12 Configuración y Capacidad Estática del Patio en Función del Equipo. 150
Figura 6.13 Disposición de las RTG's y de las Vialidades de Circulación. 154
Figura 6.14 Propagación de Olaje en el Canal de Acceso en la Laguna de Cuyutlán. 159
Figura 6.15 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. I. 180
Figura 6.16 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. II. 181
Figura 6.17 Vialidades de la Primera Etapa de Desarrollo. 183
Figura 6.18 Sistema de Vías Férreas de la Primera Etapa de Desarrollo. 184
Figura 6.19 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. III. 185
Figura 6.20 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. IV. 186
Figura 6.21 Área de Desarrollo de la Terminal de Usos Múltiples No. V. 187
Figura 6.22 Vialidades de la Segunda Etapa de Desarrollo 188
Figura 6.23 Sistema de Vías Férreas de la Segunda Etapa de Desarrollo. 189
Figura 6.24 Zona de Reubicación de Torres de Alta Tensión de CFE en la Segunda Etapa de Desarrollo. 190
Figura 6.25 Primera Etapa de Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán. 191
Figura 6.26 Segunda Etapa de Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán. 192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Comparativa de Modelos de Desarrollo Portuario. 4
Tabla 3.2 Comparativa Cuantitativa de Modelos Portuarios. 7
Tabla 5.1 Comparación de Alternativas de Desarrollo Portuario en Cuyutlán. 118
Tabla 5.2 Matriz de Evaluación Multicriterio del Proyecto de Desarrollo Portuario en Cuyutlán. 124
Tabla 6.1 Top Mundial de los 30 Principales Puertos en 2023. 147
Tabla 6.2 Ventajas y Desventajas de la Orientación de las Pilas en Función del Equipo. 152
Tabla 6.3 Comparativa Entre Distintos Arreglos de Terminales con Grúas RTG. 155
Tabla 6.3 Condiciones Físicas. 162
Tabla 6.4 Resumen de Resultados de Dimensiones de Áreas de Navegación. 170
Tabla 6.5 Resumen de Resultados de Análisis de Profundidad de Áreas de Navegación. 172
Tabla 6.6 Distribución de Superficie en la Primera y Segunda Etapa de Desarrollo. 178
Tabla 6.7 Longitud de Vialidades en la Primer Etapa de Desarrollo. 182
Tabla 6.8 Longitud de Vialidades en la Segunda Etapa de Desarrollo. 188

1.0 INTRODUCCIÓN

La ampliación del Puerto de Manzanillo hacia la Laguna de Cuyutlán constituye un punto de inflexión en la evolución del sistema portuario del Pacífico mexicano. Más que una expansión física, representa la oportunidad de redefinir el modelo operativo bajo el cual el puerto ha crecido durante las últimas décadas.

El contexto actual del transporte marítimo —marcado por megabuques de gran capacidad, mayor concentración de carga por escala, exigencias de descarbonización y mayor integración logística— exige un cambio en la arquitectura funcional del sistema. Las tensiones operativas acumuladas en el recinto histórico evidencian que el crecimiento incremental ya no es suficiente para garantizar competitividad y resiliencia en el largo plazo.

En este marco, el presente informe desarrolla el modelo de desarrollo portuario propuesto para Manzanillo–Cuyutlán, comparando distintas tipologías internacionales y evaluando escenarios estructurales hacia 2050. El objetivo es definir el régimen operativo más adecuado para sostener el liderazgo del puerto y maximizar su capacidad efectiva en un entorno de alta volatilidad.

2.0 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Principal.

El objetivo principal de los servicios descritos en el presente documento es:

- Definir el modelo de desarrollo portuario óptimo para la ampliación del sistema Manzanillo–Cuyutlán, evaluando alternativas estructurales de organización operativa y territorial bajo un enfoque port-led escalable al horizonte 2050.

2.2 Objetivos Particulares.

Los objetivos particulares de los servicios descritos en el presente documento son:

- El documento tiene como finalidad analizar los distintos modelos de desarrollo portuario existentes, evaluar las tensiones operativas actuales del recinto histórico y determinar su impacto sobre la capacidad máxima efectiva del puerto.

- Asimismo, busca desarrollar escenarios de redistribución de carga con la entrada en operación de Cuyutlán, analizar sus implicaciones en términos de resiliencia, elasticidad y competitividad, y establecer lineamientos estratégicos de implementación que permitan evolucionar hacia un sistema portuario integrado, eficiente y sostenible.

3.0 MODELO PORTUARIO DE CUYUTLÁN.

Hacia 2026, la llegada de megabuques a Manzanillo tendrá un importante impacto logístico en el Pacífico mexicano, al modificar la escala operativa del principal puerto del país, la planeación de rutas Asia–México y la presión sobre su hinterland.

Más allá de la expansión de terminales, este cambio responde a una transformación estructural del transporte marítimo global, que se encamina a un modelo de mayor concentración de carga en menos escalas, impulsado por enormes buques que superan los 400 metros de eslora y capacidades cercanas a los 24,000 TEU.

Este cambio no es menor, operar este tipo de naves exige infraestructura especializada, mayor productividad por hora y una coordinación mucho más fina entre terminales, navieras y actores del hinterland; para el Pacífico mexicano, representa un salto de escala que transforma la planeación logística.

3.1 Modelos de Desarrollo Portuario.

El concepto de desarrollo port-led surge en el contexto de la evolución de los sistemas portuarios contemporáneos, donde el puerto deja de ser una infraestructura aislada dedicada exclusivamente a la transferencia marítima de mercancías y pasa a convertirse en el eje articulador del desarrollo logístico, industrial y territorial. Bajo este enfoque, el puerto no solo responde al crecimiento del comercio, sino que lo estructura, lo organiza y lo potencia a través de una integración funcional con plataformas logísticas, parques industriales, corredores intermodales y cadenas de suministro regionales.

En términos técnicos, un modelo port-led implica que la expansión portuaria se diseña de manera integrada con el hinterland, de modo que la infraestructura marítima, los patios, los accesos, la intermodalidad y los nodos logísticos externos operan como un solo sistema. El puerto no es únicamente el punto donde la mercancía cambia de modo de transporte; es el núcleo de una red territorial ampliada. Esta integración permite desacoplar funciones, reducir permanencias, gestionar inventarios fuera del recinto inmediato y elevar la capacidad máxima efectiva del sistema completo.

Para comprender la especificidad del modelo port-led, es necesario contrastarlo con otras clasificaciones tradicionales de puertos, que han predominado históricamente en la literatura y en la práctica institucional.

Tabla 3.1 Comparativa de Modelos de Desarrollo Portuario

DIMENSIÓN DE ANÁLISIS	PUERTO TRADICIONAL / ENCLAVE	PUERTO LANDLORD	PUERTO HUB (TRANSBORDO)	PUERTO GATEWAY	PUERTO INDUSTRIAL	MODELO PORT-LED
Función principal	Transferencia básica buque–tierra	Gestión del suelo con operación privada	Concentración y redistribución marítima	Puerta de entrada al mercado interior	Soporte directo a complejo industrial	Eje estructurador logístico–territorial
Relación con el hinterland	Limitada y reactiva	Variable, depende del operador	Secundaria (predomina conectividad marítima)	Alta conexión comercial	Vinculación productiva específica	Integración sistémica profunda
Enfoque dominante	Infraestructura física interna	Gobernanza institucional	Economías de escala marítimas	Conectividad comercial	Integración vertical industria–puerto	Articulación logística, territorial e industrial
Expansión típica	Más muelle y patio dentro del recinto	Nuevas concesiones o ampliación de áreas	Más posiciones para grandes buques	Mejora de accesos y corredores	Expansión de complejos industriales adyacentes	Desarrollo de nodos externos, intermodalidad y plataformas logísticas
Capacidad máxima efectiva	Depende del espacio físico disponible	Mejora por eficiencia privada	Alta en muelle, limitada en hinterland	Depende de infraestructura terrestre	Asociada al sector industrial dominante	Elevada por desacople funcional y reducción de variabilidad
Gestión de picos operativos	Patio como regulador forzado	Depende de cada terminal	Alta intensidad en muelle	Sensible a evacuación terrestre	Concentrada en ciclos productivos	Amortiguación mediante buffers externos e intermodalidad
Intermodalidad	Complementaria	Variable	Secundaria frente a lo marítimo	Relevante para distribución nacional	Integrada al complejo industrial	Estructural y planificada desde diseño
Diversificación económica	Limitada	Media	Baja (marítimo predominante)	Alta en comercio	Dependiente de sector industrial	Alta y multicliente
Gobernanza	Centralizada o estatal	Separación autoridad–operador	Orientada a competitividad marítima	Coordinación logística regional	Integración empresa–puerto	Gobernanza sistémica multiactor
Impacto territorial	Bajo o concentrado en zona portuaria	Moderado	Limitado al recinto	Expansión hacia corredores	Desarrollo industrial localizado	Transformación regional ampliada
Riesgo sistémico	Alto por concentración espacial	Depende del número de concesiones	Dependiente de flujos marítimos globales	Asociado al mercado interno	Dependiente del ciclo industrial	Reducido por diversificación y desacople
Escalabilidad hacia 2050	Limitada por espacio físico	Moderada	Alta en tráfico marítimo	Alta si hinterland crece	Limitada por sector dominante	Alta por expansión territorial y funcional

Nota: El modelo tradicional concentra funciones dentro del recinto y su crecimiento está limitado por espacio físico. El modelo landlord mejora eficiencia operativa mediante participación privada, pero no necesariamente transforma la relación con el territorio. El puerto hub maximiza conectividad marítima, pero puede depender excesivamente del comercio internacional. El puerto gateway conecta mercados internos, aunque su capacidad depende de infraestructura terrestre. El puerto industrial integra producción específica, pero su diversificación es limitada. El modelo port-led, en cambio, incorpora elementos de todos los anteriores, pero los reorganiza bajo una lógica sistémica. No se limita a expandir infraestructura, sino que rediseña el sistema completo, integrando intermodalidad, plataformas externas, gobernanza coordinada y desarrollo territorial.

En primer lugar, el modelo de puerto tradicional o enclave se caracteriza por su concentración funcional en el recinto portuario. En este esquema, el puerto actúa esencialmente como punto de transferencia entre modos de transporte, con escasa articulación estructural con el territorio circundante. Las funciones de almacenamiento, inspección, consolidación y valor agregado suelen desarrollarse dentro del propio recinto o en áreas adyacentes inmediatas. El hinterland se concibe como espacio pasivo de recepción de carga, no como parte integrada del sistema. En este modelo, el crecimiento del puerto se traduce principalmente en ampliación física del muelle y del patio, sin transformación profunda de la arquitectura logística. La capacidad efectiva depende fuertemente de la eficiencia interna del recinto y de la disponibilidad de espacio físico.

En contraste, el modelo landlord port, que se consolidó en las décadas recientes, introduce una separación institucional entre la autoridad portuaria y los operadores privados. En este esquema, la autoridad administra el suelo y la infraestructura básica, mientras que las terminales son operadas por concesionarios especializados. Este modelo mejora la eficiencia operativa y fomenta inversión privada, pero no necesariamente transforma la relación puerto–territorio. Un puerto puede operar bajo esquema landlord sin adoptar un enfoque port-led, ya que la gobernanza institucional no implica automáticamente integración logística territorial.

Otra clasificación relevante es la del puerto hub o puerto de transbordo. En este modelo, el puerto se especializa en concentrar y redistribuir carga entre rutas marítimas. Su competitividad se basa en economías de escala marítimas, productividad en muelle y conectividad global. El hinterland puede ser limitado o secundario. Aunque un puerto hub puede alcanzar altos volúmenes, su integración territorial no es necesariamente profunda. La lógica dominante es marítima, no logística-territorial. En un modelo port-led, en cambio, el hinterland adquiere protagonismo estratégico y la conectividad terrestre es tan determinante como la marítima.

Existe también la categoría de puerto gateway. Este tipo de puerto actúa como puerta de entrada a un mercado interior amplio y dinámico. Su función principal es conectar comercio internacional con consumo o producción doméstica. El puerto gateway está fuertemente vinculado a su hinterland, pero la integración puede limitarse a corredores de transporte sin una articulación industrial o logística más amplia. El modelo port-led puede considerarse una evolución del concepto gateway, en la medida en que no solo conecta flujos, sino que promueve la instalación de actividades industriales, centros de distribución y cadenas de valor alrededor del sistema portuario.

Una tipología adicional es la del puerto industrial, donde el desarrollo portuario está vinculado directamente a complejos productivos específicos, como petroquímica, siderurgia o manufactura pesada. En este esquema, el puerto se integra verticalmente con plantas industriales adyacentes. El modelo port-led puede incorporar componentes industriales, pero su lógica es más amplia y diversificada; no depende exclusivamente de un sector productivo, sino que busca articular múltiples cadenas logísticas y productivas en torno al puerto.

La diferencia fundamental del enfoque port-led respecto a estas tipologías radica en la escala sistémica. Mientras que en los modelos tradicionales el puerto se expande ampliando infraestructura física dentro de sus límites geográficos, en el modelo port-led la expansión es territorial y funcional. Se crean plataformas externas conectadas por ferrocarril o corredores dedicados, se desarrollan parques industriales orientados a comercio exterior, se implementan sistemas digitales integrados y se coordinan actores públicos y privados bajo una gobernanza sistémica.

Desde el punto de vista operativo, la ventaja del modelo port-led es que permite elevar la capacidad máxima efectiva sin depender exclusivamente de metros lineales de muelle o hectáreas de patio. Al trasladar parte de la regulación logística fuera del recinto inmediato, se reduce la ocupación promedio interna y se mitiga el impacto de los picos operativos. En consecuencia, el sistema puede sostener mayores volúmenes con menor variabilidad y mayor resiliencia.

Desde la perspectiva territorial, el modelo port-led convierte al puerto en motor de desarrollo regional. La infraestructura portuaria no solo atiende flujos existentes, sino que genera nuevas dinámicas económicas, atrayendo inversión, promoviendo especialización industrial y consolidando corredores logísticos integrados.

Sin embargo, el enfoque port-led también implica mayores exigencias de coordinación institucional, planeación ambiental y financiamiento escalonado. Requiere una visión estratégica de largo plazo y una integración efectiva entre infraestructura marítima, transporte terrestre, uso de suelo y política industrial.

En síntesis, mientras que el puerto tradicional se concentra en la transferencia física de mercancías, el puerto landlord optimiza su gobernanza interna, el puerto hub prioriza conectividad marítima y el puerto gateway articula comercio exterior con mercado interior, el modelo port-led integra todas estas dimensiones bajo una lógica sistémica y territorial ampliada. No sustituye necesariamente a las otras clasificaciones, sino que las trasciende al convertir al puerto en el eje estructurador del desarrollo logístico e industrial regional.

Este marco conceptual resulta especialmente pertinente para sistemas en expansión que enfrentan límites físicos en su recinto histórico, como es el caso del sistema Manzanillo–Cuyutlán, donde la ampliación puede optar entre replicar un modelo incremental o evolucionar hacia un esquema port-led plenamente integrado.

Tabla 3.2 Comparativa Cuantitativa de Modelos Portuarios

VARIABLE TÉCNICA	PUERTO TRADICIONAL / ENCLAVE	PUERTO LANDLORD	PUERTO HUB	PUERTO GATEWAY	PUERTO INDUSTRIAL	MODELO PORT-LED
Dependencia de expansión física interna	Muy alta (>80%)	Alta (60–80%)	Alta en muelle	Media–alta	Alta en sector específico	Media (40–60%)
Capacidad máxima efectiva vs nominal	60–70% de nominal	65–75%	70–80%	70–80%	65–75%	80–90%
Nivel sostenible de ocupación de patio	65–70%	70–75%	70–75%	70–75%	65–70%	75–85%
Sensibilidad a picos operativos	Alta	Media–alta	Alta en muelle	Media	Media	Baja–media
Elasticidad de crecimiento a largo plazo	Baja (2–3% anual sostenido)	Moderada (3–4%)	Alta marítima, baja terrestre	Moderada–alta (3–5%)	Moderada	Alta (4–6% sostenido)
Capacidad de desacople muelle–hinterland	Muy baja	Baja–media	Baja	Media	Media	Alta
Participación estructural del ferrocarril	Baja (<25%)	Variable	Secundaria	Media (25–40%)	Media	Alta (>40%)
Tiempo promedio de permanencia (días)	Elevado	Moderado	Variable	Moderado	Variable	Bajo–moderado
Variabilidad operativa (coeficiente relativo)	Alta	Media	Alta en escalas	Media	Media	Baja
Resiliencia ante disrupciones	Baja	Media	Dependiente del comercio global	Media	Sectorial	Alta
Diversificación de fuentes de ingreso	Baja	Media	Baja–media	Media–alta	Baja–media	Alta
Escalabilidad territorial	Limitada al recinto	Limitada	Limitada	Corredores logísticos	Zona industrial	Multinodal
Capacidad proyectada sostenible al 2050 (referencial para sistema tipo Manzanillo)	<8 M TEU	8–9 M TEU	Depende del rol regional	8–10 M TEU	Dependiente de sector	>10–12 M TEU

En la tabla de comparación cuantitativa es posible identificar que la diferencia clave entre modelos no radica únicamente en la capacidad nominal instalada, sino en la proporción de capacidad efectiva utilizable sin degradación operativa. Mientras que en un puerto tradicional la capacidad efectiva suele situarse entre 60% y 70% de la nominal debido a restricciones internas y alta variabilidad, en un modelo port-led esa relación puede elevarse hasta 80% o incluso 90%, debido al desacople funcional y la integración territorial.

Asimismo, el nivel sostenible de ocupación de patio es mayor en un modelo port-led porque el sistema cuenta con buffers externos y plataformas logísticas que permiten redistribuir inventario. Esto reduce el impacto de los picos y aumenta la resiliencia frente a variaciones en programación marítima o terrestre.

La elasticidad de crecimiento a largo plazo es otra variable crítica. En modelos tradicionales, el crecimiento converge rápidamente hacia tasas bajas conforme se aproxima a la saturación física. En cambio, el modelo port-led puede sostener tasas de 4% a 6% anual durante periodos más largos porque la expansión no depende exclusivamente del recinto, sino de la red logística ampliada.

En términos de resiliencia, la integración sistémica y la diversificación territorial reducen la vulnerabilidad ante disrupciones locales. Mientras que un puerto tradicional puede verse afectado significativamente por un evento puntual dentro del recinto, un sistema port-led puede redistribuir flujos entre nodos y plataformas externas.

3.2 El Enfoque de Desarrollo “Port-led”: Concepto, Alcance e Implicaciones

El enfoque de desarrollo port-led se refiere a un modelo en el que el puerto actúa como elemento estructurante del desarrollo logístico, industrial y territorial, y no únicamente como infraestructura de transferencia de carga entre el transporte marítimo y terrestre. Bajo este paradigma, el puerto se concibe como el núcleo de un sistema económico más amplio, capaz de inducir inversiones, reorganizar flujos productivos y generar valor añadido más allá de los límites físicos del recinto portuario.

A diferencia de modelos tradicionales, en los que el puerto respondía de forma pasiva a la demanda del comercio exterior, el desarrollo port-led implica un rol activo del puerto y de su autoridad gestora en la configuración del entorno logístico e industrial. Este rol se expresa a través de la planificación del uso del suelo, la promoción de plataformas logísticas, la coordinación con infraestructura terrestre y la articulación con políticas industriales, energéticas y urbanas.

En términos operativos, el enfoque port-led parte del reconocimiento de que la eficiencia del puerto no depende exclusivamente de lo que ocurre en el muelle, sino del desempeño de toda la cadena logística asociada. En particular, en el tráfico contenerizado, la llegada de megabuques y la concentración de volúmenes por escala generan picos operativos que no pueden ser

gestionados eficazmente si la totalidad de las actividades logísticas se concentran dentro del recinto portuario. El desarrollo de instalaciones externas —patios intermodales, centros de distribución, zonas de consolidación y desconsolidación— permite distribuir los flujos en el tiempo y el espacio, reduciendo la congestión y mejorando la confiabilidad del sistema.

Desde la perspectiva del desarrollo económico, el modelo port-led busca capturar mayor valor añadido del tráfico portuario. En lugar de limitarse a actividades de carga y descarga, el puerto se integra con procesos de almacenamiento, transformación ligera, ensamblaje, etiquetado y distribución, que generan empleo, inversión y encadenamientos productivos en su área de influencia. Este enfoque resulta especialmente relevante en economías abiertas, donde el puerto constituye una puerta de entrada y salida fundamental para insumos y productos terminados.

El desarrollo port-led también tiene una dimensión territorial. La localización de actividades logísticas e industriales asociadas al puerto exige una planificación coordinada del uso del suelo, que evite conflictos con áreas urbanas y ambientales, y que garantice la disponibilidad de espacios adecuados para la expansión futura. En este sentido, el enfoque port-led implica una interacción constante entre autoridades portuarias, gobiernos locales y estatales, y actores privados, con el fin de alinear objetivos de desarrollo económico, ordenamiento territorial y sostenibilidad.

En el ámbito de los graneles y energéticos, el desarrollo port-led se manifiesta en la conformación de complejos logístico-industriales en los que el puerto funciona como nodo de entrada de materias primas y salida de productos transformados. Este modelo permite reducir costos de transporte, mejorar la eficiencia de las cadenas de suministro y fortalecer la competitividad de sectores estratégicos. No obstante, también exige altos estándares de seguridad, control ambiental y gestión de riesgos, dada la naturaleza de los productos manejados.

En el segmento de cruceros, aunque la lógica económica es distinta, el principio port-led se expresa en la integración del puerto con el sistema urbano-turístico. El puerto actúa como punto de articulación entre la actividad marítima y la oferta turística local, lo que requiere inversiones en accesibilidad, gestión de flujos y servicios, así como una coordinación estrecha con autoridades municipales y actores del sector turístico.

Desde el punto de vista institucional, el enfoque port-led transforma el rol de la autoridad portuaria. Más allá de administrar concesiones y operar infraestructura, la autoridad asume funciones de planificación estratégica, facilitación de inversiones y coordinación interinstitucional. Esto incluye la promoción de proyectos logísticos e industriales, la gestión de reservas territoriales, la articulación con proyectos de conectividad terrestre y la integración de criterios ambientales y sociales en el desarrollo portuario.

En síntesis, el desarrollo port-led representa un cambio de paradigma en la concepción del puerto, que pasa de ser un eslabón aislado de la cadena de transporte a convertirse en un motor

del desarrollo logístico, industrial y territorial. Para 2026, este enfoque se consolida como una respuesta estructural a la volatilidad del comercio marítimo, a la concentración operativa derivada de los megabuques y a la necesidad de mejorar la eficiencia y resiliencia de las cadenas logísticas. En el contexto mexicano, el enfoque port-led adquiere especial relevancia como instrumento para fortalecer la competitividad del Sistema Portuario Nacional y maximizar el impacto económico del comercio exterior.

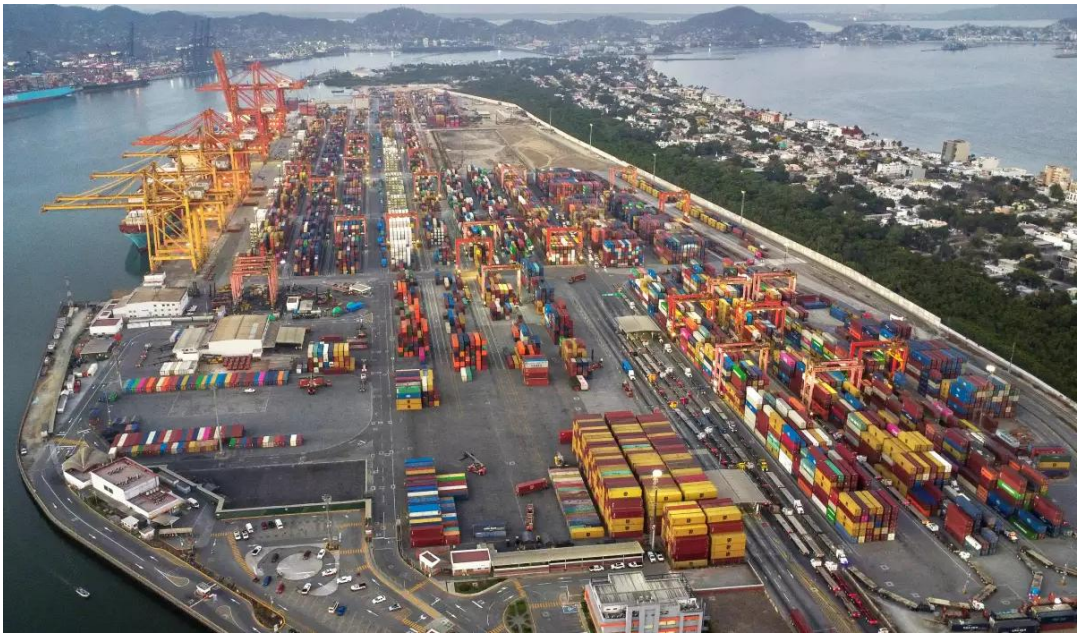
3.3 Modelo Portuario de Manzanillo.

El también llamado "Puente mexicano hacia el Pacífico" funciona como un ecosistema logístico avanzado gracias a la colaboración de 14 empresas operadoras de capital privado y gubernamental, distribuidas en las siguientes áreas de especialización:

1. Manejo de Contenedores (TECs). Es el núcleo del puerto, con dos terminales principales:

    - CONTECON (TEC II): Una de las más dinámicas, con 72 hectáreas, 2 posiciones de atraque y 15 metros de calado.
    - SSA México (TEC I): Posee la mayor longitud de muelle (1,076 metros) con 4 posiciones de atraque.

Figura 3.1 CONTECON (TEC II) en el Puerto de Manzanillo.



Fuente: ASIPONA Manzanillo, 2026

2. Usos múltiples y carga general. Terminales versátiles que gestionan diversos tipos de mercancías:

    - OCUPA (IUM 1) y TIMSA (IUM 2) proporcionan flexibilidad operativa para carga que no es estrictamente contenerizada.

3. Graneles, minerales y construcción. Instalaciones diseñadas para el movimiento masivo de materias primas:

    - Agrícolas: Lideradas por La Junta (descarga 1,000 ton/hora) y Granelera Manzanillo.
    - Minerales y cemento: Terminales especializadas de CEMEX, Apasco y USG (esta última enfocada en yeso con capacidad de 60,000 toneladas).

4. Productos perecederos y líquidos. Infraestructura con cadena de frío y manejo de fluidos:

    - Refrigerados: FRIMAN y Corporación Multimodal atienden carga que requiere control de temperatura.
    - Hidrocarburos y Aceites: Operado por PEMEX para combustibles, además de instalaciones para graneles líquidos como aceites de palma y pescado.

5. Sector Turístico y Pesquero:

    - Terminal Turística: Gestionada por el Gobierno de Colima, permite el atraque simultáneo de dos cruceros tamaño Panamax.
    - MARFRIGO: Especializada en productos del mar y servicios pesqueros.

El Puerto de Manzanillo constituye el principal nodo logístico marítimo del Pacífico mexicano y el mayor puerto en movimiento de contenedores del país. Su relevancia estratégica no es únicamente nacional; es un punto de articulación fundamental del comercio transpacífico, particularmente en las rutas Asia–México y Asia–Norteamérica con distribución hacia el centro y occidente del territorio nacional. Su hinterland natural incluye la región industrial del Bajío, el Valle de México y corredores productivos de alto dinamismo económico.

Desde el punto de vista operativo, Manzanillo es un puerto multipropósito. En 2024 el volumen total de carga manejada superó los 33 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente 23.6 millones correspondieron a carga contenerizada. Esto implica que alrededor del 70% del total de toneladas movilizadas en el puerto ya se encuentra asociado al sistema de contenedores. Este dato es estructuralmente relevante, porque confirma que la dinámica portuaria actual está determinada principalmente por el comportamiento del tráfico

contenerizado y no por graneles o energéticos, que históricamente habían sido componentes dominantes en otros puertos.

Figura 3.2 Zona de Influencia del Puerto de Manzanillo.



Fuente: https://tusclasesdecomercioexterior.wordpress.com/, 2026

En términos de TEU's, el puerto alcanzó recientemente niveles cercanos a los 3.9 millones de unidades anuales. La evolución histórica de la última década muestra una tendencia de crecimiento sostenido, interrumpida únicamente por fluctuaciones coyunturales asociadas a ciclos económicos o disrupciones logísticas globales. Sin embargo, la trayectoria estructural es claramente ascendente. Si se observa el periodo 2016–2024, el sistema contenerizado muestra una expansión significativa tanto en volumen absoluto como en intensidad operativa, acompañada de un aumento en el tamaño promedio de los buques que arriban al puerto.

La estructura operativa actual del sistema de contenedores se concentra principalmente en tres terminales, dos de las cuales absorben de manera recurrente entre el 70% y el 80% del total de TEU's movilizados. Esta concentración implica que el desempeño sistémico del puerto depende en gran medida de la estabilidad operativa de un número reducido de nodos. Cuando el volumen total anual se aproxima a los cuatro millones de TEU's, esta concentración adquiere una dimensión estructural: cualquier variación operativa en una de estas terminales tiene efectos multiplicadores sobre el sistema completo.

El crecimiento del tráfico contenerizado no ha sido únicamente cuantitativo, sino cualitativo. En los últimos años se ha observado un incremento en el tamaño promedio de los buques que escalan en Manzanillo. Esta tendencia responde a economías de escala marítimas globales. Los buques de mayor capacidad reducen costos unitarios por TEU's, pero generan descargas más concentradas en cada arribo. El efecto sistémico es una intensificación de los picos

operativos. En lugar de recibir múltiples buques medianos con descargas distribuidas en el tiempo, el puerto recibe menos escalas, pero con mayores volúmenes por evento.

Este fenómeno tiene implicaciones directas sobre la gestión de patios. El patio de contenedores cumple simultáneamente funciones de tránsito y regulación. Cuando el volumen anual era menor y las descargas estaban más distribuidas, la ocupación promedio del patio podía mantenerse dentro de rangos operativamente eficientes. Sin embargo, conforme el volumen total se aproxima a los cuatro millones de TEU's y las descargas se concentran en ventanas temporales más cortas, la ocupación promedio se incrementa y, lo que es más relevante, la ocupación en horas pico supera niveles óptimos. En términos de teoría de operaciones, cuando la ocupación promedio se aproxima al 70%–75% de la capacidad efectiva, el sistema comienza a perder flexibilidad y la productividad marginal disminuye de forma no lineal.

En Manzanillo, la saturación no se manifiesta necesariamente como colapso permanente, sino como pérdida progresiva de holgura. Esto se traduce en mayor permanencia promedio de los contenedores dentro del recinto, mayor número de movimientos internos de reacomodo y mayor sensibilidad a retrasos en la evacuación terrestre. La permanencia promedio es un indicador crítico, porque determina la rotación del inventario. Si la permanencia aumenta, el patio se convierte en almacenamiento forzado, reduciendo la capacidad efectiva sin que la infraestructura física cambie.

El componente terrestre es otro elemento estructural de la problemática. Aunque el puerto cuenta con conectividad ferroviaria, una proporción significativa de la evacuación sigue dependiendo del transporte por carretera. El crecimiento del volumen anual implica mayor flujo de camiones en accesos que, en parte, interactúan con la estructura urbana circundante. La capacidad de los accesos terrestres no ha crecido al mismo ritmo que la productividad marítima. En términos técnicos, se ha generado un desfase entre la capacidad de descarga en muelle y la capacidad de evacuación hacia el hinterland.

Este desfase produce un efecto acumulativo. Si el puerto puede descargar un volumen elevado en pocas horas gracias a grúas pórtico de alta productividad, pero la salida terrestre no puede absorber ese volumen con la misma velocidad, el resultado es acumulación en patio. A medida que el volumen anual aumenta, la probabilidad de que estos desfases coincidan con eventos externos —como congestión urbana, condiciones climáticas o interrupciones ferroviarias— también aumenta.

La concentración del volumen en pocas terminales incrementa además el riesgo sistémico. Con volúmenes anuales cercanos a los cuatro millones de TEU's, una disrupción temporal en una terminal dominante puede afectar cientos de miles de TEU's en términos de programación acumulada. Esto reduce la resiliencia global del sistema. Desde una perspectiva estadística, la variabilidad es más crítica que el promedio. Un puerto puede manejar grandes volúmenes

promedio si la variabilidad es baja; cuando la variabilidad aumenta, el desempeño se vuelve menos predecible y los costos logísticos totales se incrementan.

Otro elemento que contribuye a la complejidad operativa es la coexistencia de tráficos multipropósito. Aunque el contenedor representa aproximadamente el 70% del total de toneladas manejadas, el puerto sigue atendiendo granel mineral, granel agrícola, energéticos y carga general. Estos flujos requieren áreas específicas, condiciones de seguridad diferenciadas y coordinación en navegación. La coexistencia no es en sí problemática, pero reduce el margen de maniobra espacial en un recinto ya altamente utilizado.

La suma de estos factores configura una problemática estructural que puede describirse como madurez avanzada del recinto histórico. El puerto ha demostrado capacidad para crecer hasta niveles cercanos a los cuatro millones de TEU’s, pero lo ha hecho utilizando progresivamente su margen operativo. La capacidad nominal ha aumentado mediante inversiones en equipamiento y mejoras de productividad, pero la capacidad máxima efectiva se encuentra condicionada por la arquitectura sistémica vigente.

En síntesis, el Puerto de Manzanillo enfrenta una situación donde el crecimiento del tráfico contenerizado ha generado intensificación de picos operativos, aumento de ocupación promedio de patios, desfase entre productividad marítima y evacuación terrestre, concentración de riesgo en pocas terminales y aumento de variabilidad logística. No se trata de una crisis estructural, sino de una transición hacia un nuevo umbral operativo donde la expansión física, por sí sola, puede resultar insuficiente si no se acompaña de una reconfiguración funcional del sistema.

Esta situación es precisamente la que justifica la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán y la discusión de los escenarios de transformación operativa hacia 2050.

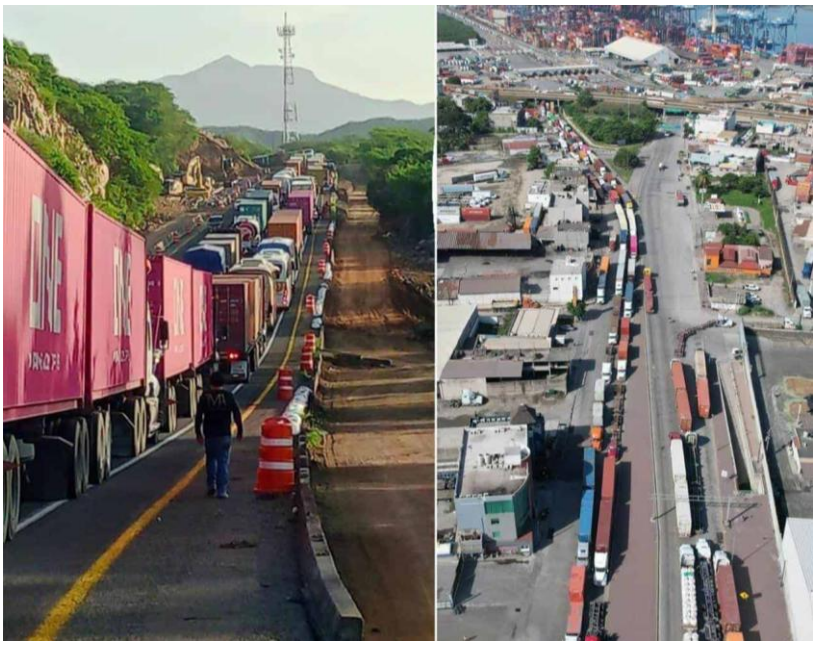
3.4 Las Tensiones Operativas Actuales como Punto de Inflexión del Modelo Portuario de Manzanillo.

La situación operativa actual del Puerto de Manzanillo debe interpretarse como el resultado lógico de una trayectoria de éxito sostenido, más que como una disfunción del sistema. Durante más de tres décadas, el puerto ha absorbido volúmenes crecientes de carga, adaptándose progresivamente a los cambios tecnológicos del transporte marítimo, a la expansión del comercio internacional y a la creciente integración de México en las cadenas globales de valor. Sin embargo, esta misma trayectoria ha conducido al puerto a un punto de inflexión, en el cual los límites físicos, operativos y territoriales del recinto actual se hacen evidentes.

La evolución histórica muestra que el crecimiento no ha sido solo cuantitativo, sino también cualitativo. El predominio del tráfico contenerizado, la mayor concentración de escalas navieras y la creciente complejidad logística han modificado la naturaleza de la operación portuaria. En este nuevo contexto, el puerto ya no funciona únicamente como un punto de

transferencia modal, sino como un nodo logístico de alta intensidad, donde convergen flujos marítimos, terrestres, regulatorios y productivos. Es precisamente esta convergencia la que genera las tensiones operativas actuales.

Figura 3.3 Congestión de Vialidades en el Puerto de Manzanillo.



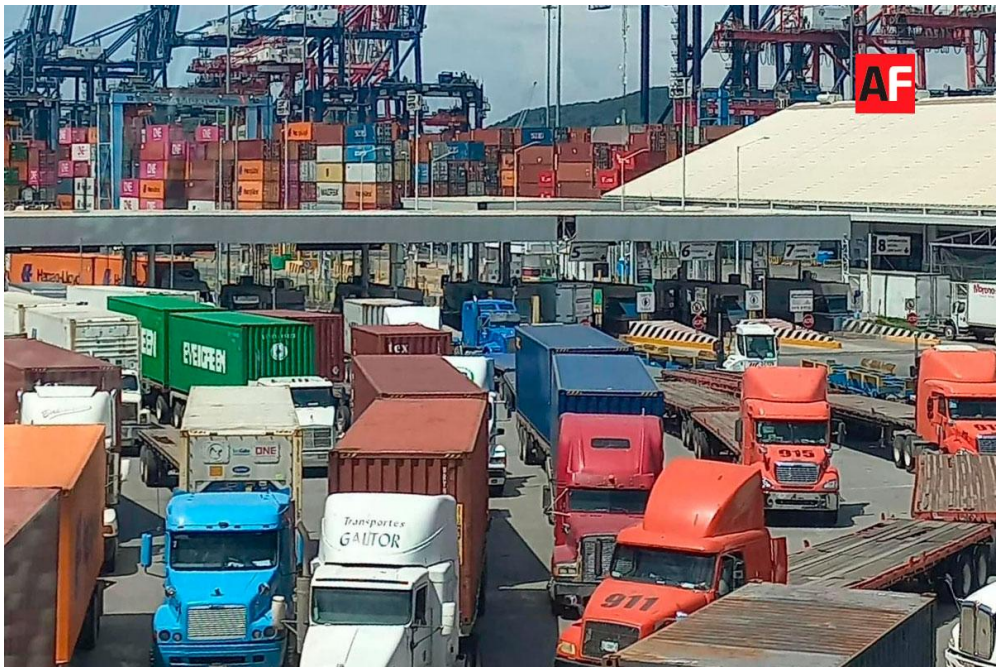
Fuente: Agencia Reforma.

3.4.1 Congestión y pérdida de holgura operativa.

Uno de los síntomas más visibles de este punto de inflexión es la congestión recurrente, que se manifiesta en distintos subsistemas del puerto. A diferencia de etapas anteriores, en las que la congestión aparecía de manera episódica, hoy se presenta como una condición latente, que puede activarse rápidamente ante cualquier perturbación del sistema. Esta situación refleja una pérdida progresiva de holgura operativa, entendida como la capacidad del puerto para absorber variaciones de demanda sin degradar significativamente su desempeño.

Desde una perspectiva técnica, la holgura es un atributo esencial de los sistemas logísticos complejos. Su reducción implica que el puerto opera cada vez más cerca de su capacidad máxima efectiva, lo que incrementa la probabilidad de fallas en cascada. En Manzanillo, esta pérdida de holgura se traduce en mayores tiempos de espera, menor previsibilidad operativa y un uso intensivo del espacio disponible, especialmente en patios y áreas de apoyo.

Figura 3.4 Congestión y Pérdida Operativa en el Puerto de Manzanillo.



Fuente: https://www.afmedios.com/.

3.4.2 Intensificación de picos operativos y presión sistémica

El patrón operativo contemporáneo, dominado por buques portacontenedores de gran tamaño, ha introducido una nueva dimensión de presión sobre el sistema: la intensificación de los picos operativos. La carga que antes se distribuía en múltiples arribos ahora se concentra en ventanas temporales más cortas, lo que exige una capacidad de respuesta simultánea en muelle, patio y accesos terrestres.

Estos picos no solo afectan la productividad de las terminales, sino que ponen a prueba la coordinación entre los distintos actores del sistema portuario y logístico. Cuando la infraestructura y la organización espacial no están diseñadas para amortiguar estas concentraciones, el resultado es una mayor fricción operativa y una creciente dependencia de medidas reactivas, en lugar de soluciones estructurales.

3.4.3 Saturación funcional de patios y espacios operativos

La evolución histórica del manejo de contenedores ha llevado a una saturación funcional de los patios, que hoy operan con niveles de ocupación elevados y con una flexibilidad cada vez

menor. En estas condiciones, los patios dejan de cumplir su función como espacios de regulación y se convierten en cuellos de botella, donde cualquier retraso en la evacuación de carga se traduce rápidamente en congestión.

Figura 3.5 Saturación de Patios en el Puerto de Manzanillo.



Fuente: https://www.meganoticias.mx/.

Desde el punto de vista del diseño portuario, esta situación es indicativa de un desfase entre el crecimiento del flujo y la capacidad espacial del sistema. La intensificación de los movimientos improductivos, el aumento del reacomodo interno y la dificultad para segregar tráficos son señales claras de que el modelo actual ha alcanzado sus límites de eficiencia.

3.4.4 Accesos terrestres y desconexión espacial del sistema logístico

Otra tensión crítica se manifiesta en la relación entre el puerto y su hinterland. El crecimiento histórico de los volúmenes no ha sido acompañado por una expansión equivalente de los accesos terrestres ni por una redistribución espacial de las funciones logísticas. Como resultado, el puerto concentra dentro de su recinto actividades que podrían realizarse de manera más eficiente en espacios externos, generando una presión adicional sobre los accesos y sobre la interfaz puerto–ciudad.

Esta desconexión espacial limita la capacidad del sistema para evacuar carga de manera fluida, especialmente en periodos de alta demanda. Además, incrementa la vulnerabilidad del puerto frente a disrupciones externas, como congestionamientos urbanos, restricciones de horario o incidencias en la red carretera y ferroviaria.

3.4.5 Complejidad del modelo multipropósito y conflictos de uso

La coexistencia de múltiples tipos de carga —contenedores, graneles, carga general y energéticos— en un espacio portuario limitado añade una capa adicional de complejidad. Si bien esta diversidad ha sido históricamente una fortaleza, en el contexto actual se traduce en conflictos de uso del espacio, restricciones operativas y mayores exigencias de seguridad y control ambiental.

La evolución histórica demuestra que estos tráficos no desaparecen ni se sustituyen entre sí; por el contrario, tienden a coexistir y a crecer de manera asincrónica. Esta realidad refuerza la necesidad de una segregación funcional y espacial más clara, que el recinto actual ya no puede ofrecer sin comprometer la eficiencia global del sistema.

3.4.6 Reducción de la resiliencia y aumento del riesgo sistémico

La suma de estas tensiones tiene un efecto directo sobre la resiliencia operativa del puerto. Un sistema con márgenes reducidos, alta concentración operativa y limitada flexibilidad espacial es más vulnerable a eventos externos, ya sean económicos, logísticos, climáticos o regulatorios. En este contexto, la continuidad del servicio portuario depende cada vez más de la ausencia de perturbaciones, una condición difícil de garantizar en el entorno actual del comercio marítimo internacional.

Desde una perspectiva estratégica, esta reducción de la resiliencia representa un riesgo sistémico para el comercio exterior mexicano, dado el peso de Manzanillo en la estructura logística nacional. La gestión de este riesgo no puede basarse únicamente en mejoras incrementales dentro del recinto existente.

3.4.7 La ampliación y el enfoque port-led como respuesta estructural

En este punto de inflexión, la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán y la adopción de un enfoque port-led emergen no como una opción discrecional, sino como una respuesta estructural a las tensiones acumuladas. El enfoque port-led propone una reconfiguración del sistema portuario que trasciende los límites del recinto físico, integrando plataformas logísticas externas, corredores intermodales y actividades de valor añadido en una lógica territorial ampliada.

Este cambio de paradigma permite:

- Recuperar holgura operativa mediante la redistribución espacial de funciones.
- Amortiguar picos operativos desplazando actividades no críticas fuera del muelle.
- Reducir la presión sobre patios y accesos internos.
- Incrementar la resiliencia del sistema frente a la volatilidad del mercado.
- Alinear el crecimiento portuario con el desarrollo logístico e industrial regional.

3.4.8 Implicación para la planeación estratégica

La lectura integrada de la evolución histórica y de las tensiones operativas actuales conduce a una conclusión clara: el modelo portuario vigente ha cumplido su ciclo de eficiencia. Continuar expandiendo volúmenes bajo el mismo esquema espacial y operativo incrementaría exponencialmente los riesgos y los costos de operación, tanto para el puerto como para las cadenas logísticas que dependen de él.

En este sentido, la ampliación hacia Cuyutlán y la transición hacia un modelo port-led no deben entenderse como proyectos aislados, sino como la siguiente etapa natural en la evolución del Puerto de Manzanillo, orientada a sostener su liderazgo nacional, mejorar su desempeño sistémico y asegurar su viabilidad de largo plazo.

3.5 Implicaciones de la Estructura de las Terminales Actuales Sobre la Capacidad Máxima Efectiva del Puerto de Manzanillo

La estructura actual de las terminales de contenedores del Puerto de Manzanillo condiciona de manera directa la capacidad máxima efectiva del sistema portuario, entendida no como la suma teórica de capacidades individuales de muelle o patio, sino como el volumen máximo de TEU’s que el puerto puede manejar de forma continua, confiable y con niveles aceptables de servicio. Esta distinción es fundamental para la planeación estratégica, ya que un puerto puede disponer de infraestructura suficiente en términos nominales y, aun así, enfrentar restricciones operativas severas que limiten su desempeño real.

3.5.1 Concentración de volumen y riesgo sistémico

La distribución del manejo de TEU’s entre las terminales muestra una alta concentración operativa, donde dos terminales —SSA Marine México y CONTECON Manzanillo— procesan de manera conjunta entre el 70% y el 80% del total del puerto. Este patrón, común en puertos líderes a nivel internacional, tiene implicaciones profundas sobre la capacidad efectiva.

En un sistema tan concentrado, cualquier limitación en una de estas terminales se traduce rápidamente en una restricción sistémica. La capacidad efectiva del puerto queda, en la práctica, determinada por el desempeño del subconjunto más cargado del sistema, no por el promedio. Así, incluso si una terminal opera con holgura relativa, la saturación de otra puede generar congestión generalizada, redistribución forzada de flujos y pérdida de eficiencia global.

3.5.2 Capacidad de muelle versus capacidad de patio

Uno de los desajustes estructurales más relevantes en la configuración actual es la diferencia entre la capacidad de atención en muelle y la capacidad de regulación en patio. Las

terminales líderes han invertido de manera significativa en grúas pórtico, equipamiento de alta productividad y profundidades adecuadas para buques de gran tamaño, lo que eleva la capacidad teórica de transferencia muelle–buque.

Sin embargo, esta capacidad de muelle no siempre encuentra un respaldo equivalente en patios suficientemente amplios y flexibles. A medida que los volúmenes crecen y se intensifican los picos operativos, los patios se convierten en el principal cuello de botella del sistema. En términos de capacidad efectiva, el puerto queda limitado no por la velocidad de descarga o carga de los buques, sino por la capacidad de almacenar, ordenar y evacuar los contenedores en tierra sin generar congestión interna.

3.5.3 Efecto de los picos operativos en la capacidad efectiva

La creciente utilización de buques portacontenedores de gran tamaño introduce un patrón operativo caracterizado por picos intensos y concentrados en el tiempo. Desde la perspectiva de capacidad efectiva, estos picos reducen el volumen anual que el sistema puede manejar de manera estable, aun cuando el promedio anual de utilización parezca razonable.

En un escenario con picos pronunciados, el sistema debe dimensionarse para atender el máximo, no el promedio. Cuando la infraestructura y la organización espacial no permiten absorber estos picos sin degradación del servicio, la capacidad efectiva se reduce. En Manzanillo, la concentración de picos en las terminales líderes implica que el margen operativo se consume rápidamente, elevando los tiempos de espera y reduciendo la confiabilidad del sistema.

3.5.4 Interdependencia con accesos y evacuación terrestre

La capacidad máxima efectiva del puerto no se define exclusivamente dentro del recinto portuario. La estructura terminal actual genera una alta dependencia de la evacuación terrestre, tanto carretera como ferroviaria, para liberar patios y sostener la rotación de contenedores.

Cuando los accesos y corredores no crecen al mismo ritmo que el volumen contenerizado, la evacuación se ralentiza y los patios pierden su función reguladora. En este contexto, la capacidad efectiva del puerto se ve limitada por factores externos al muelle, como la saturación de accesos urbanos, la disponibilidad de ventanas ferroviarias o la coordinación con centros logísticos externos.

3.5.5 Limitaciones derivadas del modelo multipropósito

La coexistencia de tráficos multipropósito dentro del mismo recinto introduce restricciones adicionales sobre la capacidad efectiva. Aunque las terminales contenerizadas están claramente delimitadas, comparten accesos, servicios comunes y, en algunos casos, interfaces espaciales con terminales de graneles y energéticos.

Esta convivencia obliga a establecer restricciones operativas y de seguridad que reducen la flexibilidad del sistema. Desde la óptica de la capacidad efectiva, cada restricción adicional —horarios, segregación de flujos, zonas de seguridad— actúa como un factor de reducción del volumen máximo sostenible, especialmente en periodos de alta demanda.

3.5.6 La capacidad efectiva como función del sistema, no de terminales aisladas

El análisis de la estructura terminal actual confirma que la capacidad máxima efectiva del Puerto de Manzanillo es una propiedad emergente del sistema completo, no la suma aritmética de capacidades individuales. La concentración de volumen, la saturación de patios, la dependencia de accesos externos y la intensificación de picos operativos interactúan entre sí, definiendo un techo operativo que se alcanza antes de que la infraestructura esté físicamente llena.

En términos prácticos, esto significa que:

a. El puerto puede alcanzar niveles de utilización que parecen aceptables en promedio anual, pero que son insostenibles en la operación diaria.

b. Incrementos marginales de demanda pueden generar efectos desproporcionados sobre la congestión y el nivel de servicio.

c. Las mejoras puntuales dentro de una terminal tienen rendimientos decrecientes si no se acompañan de ajustes sistémicos.

La estructura de las terminales actuales impone un límite claro al crecimiento sostenible del puerto dentro del recinto existente. Superar este límite mediante optimizaciones internas implica costos crecientes y beneficios marginales. Desde una perspectiva estratégica, esto refuerza la necesidad de expandir la capacidad efectiva, no solo la capacidad física, mediante una reconfiguración del sistema portuario.

La ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán, concebida bajo un enfoque port-led, ofrece precisamente la posibilidad de romper este techo operativo, redistribuyendo flujos, creando nuevos espacios de regulación y desconectando el crecimiento del volumen de las restricciones del recinto actual. Al incorporar nuevas terminales, patios externos y corredores logísticos integrados, el sistema puede recuperar holgura y elevar su capacidad máxima efectiva de manera estructural.

Las proyecciones de carga para el periodo 2026–2050 deben interpretarse a la luz de estas implicaciones. Sin una modificación sustantiva de la estructura terminal y del modelo operativo, el crecimiento tenderá a aproximarse rápidamente a la capacidad máxima efectiva actual, generando congestión y pérdida de competitividad. En cambio, la expansión y la transición hacia un modelo

port-led permiten redefinir ese límite, habilitando escenarios de crecimiento sostenido que sean compatibles con niveles adecuados de servicio y resiliencia operativa.

3.6 Redistribución de la Participación de TEU's con la Entrada de la Ampliación en la Laguna de Cuyutlán.

La entrada en operación de las nuevas terminales especializadas de contenedores en la Laguna de Cuyutlán no debe interpretarse como un simple aumento aritmético de capacidad, sino como un reordenamiento estructural del sistema contenerizado del Puerto de Manzanillo. En la práctica, las nuevas terminales modifican los equilibrios operativos existentes, redistribuye flujos entre terminales y redefine la capacidad máxima efectiva del puerto en su conjunto.

La forma en que esta redistribución se materializa depende de decisiones estratégicas, tanto del regulador portuario como de los operadores, y del grado en que la ampliación se inserte en un modelo port-led plenamente funcional. Por ello, la redistribución de TEU´s debe analizarse mediante escenarios, no como un resultado único e inevitable.

Para la planeación de la ampliación del puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán se han planteado tres escenarios, los cuales no corresponden simplemente a "niveles de crecimiento distintos". Corresponden a tres regímenes operativos diferentes del sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán, es decir, a tres formas estructuralmente distintas de organizar la infraestructura, la logística y la relación puerto–territorio hacia 2050.

Los tres escenarios propuestos corresponden a tres niveles de transformación del sistema:

- El conservador corresponde a crecimiento en escala sin cambio de arquitectura.
- El central corresponde a cambio de arquitectura sin cambio radical de centralidad.
- El alto corresponde a cambio de arquitectura y cambio de centralidad.

En términos de teoría de sistemas logísticos, representan tres estados distintos del régimen operativo:

- Sistema ampliado.
- Sistema reorganizado.
- Sistema redefinido.

Y esa diferencia es la que explica por qué las proyecciones al 2050 divergen en capacidad efectiva, elasticidad de crecimiento y resiliencia.

A continuación, se describe cada escenario de desarrollo.

3.6.1 Escenario Conservador – Expansión incremental sin transformación sistémica

El escenario conservador representa una trayectoria de crecimiento sostenido del sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán basada principalmente en la ampliación de infraestructura física, pero sin una reconfiguración profunda de la arquitectura logística y territorial. En este contexto, la expansión hacia la Laguna de Cuyutlán se materializa como una respuesta a la presión acumulada sobre el recinto histórico, pero su función es esencialmente incremental. La nueva infraestructura aumenta la capacidad nominal disponible, reduce parcialmente la congestión inmediata y permite absorber crecimiento adicional en el corto y mediano plazo, aunque sin modificar de manera estructural la lógica operativa del sistema.

En este escenario, el puerto continúa operando bajo una configuración en la que el recinto portuario concentra simultáneamente funciones de transferencia marítima, regulación de inventario y gestión logística inmediata. El aumento de muelles y patios en Cuyutlán proporciona un alivio operativo relevante, especialmente en momentos de alta demanda o durante la atención de buques de mayor tamaño. Sin embargo, la expansión no se acompaña de una transformación integral de los accesos terrestres, de la intermodalidad ferroviaria ni de la integración plena con plataformas logísticas externas. En consecuencia, la capacidad máxima efectiva del sistema crece en menor proporción que su capacidad nominal.

Desde el punto de vista operativo, el escenario conservador supone que la redistribución de servicios entre terminales es limitada. Las terminales dominantes del recinto actual mantienen la mayor parte de sus contratos y servicios históricos, mientras que la nueva terminal en Cuyutlán absorbe principalmente crecimiento incremental y algunos flujos adicionales asociados a nuevas rutas o ajustes comerciales. Esta dinámica reduce parcialmente la concentración de riesgo, pero no altera de manera significativa la dependencia sistémica de un número reducido de nodos.

El comportamiento de los picos operativos en este escenario muestra una mejora relativa respecto a la situación actual, pero no una transformación estructural. La capacidad adicional permite absorber eventos de alta intensidad sin colapsos inmediatos, aunque el sistema sigue siendo sensible a la coincidencia de factores como arribos concentrados, retrasos ferroviarios o congestión en accesos carreteros. El patio continúa funcionando como regulador forzado del sistema, y la permanencia promedio de contenedores disminuye de forma marginal, pero no sustantiva.

En términos de crecimiento, el escenario conservador es coherente con tasas anuales moderadas en el largo plazo. La trayectoria hacia 2050 converge hacia un rango aproximado de cinco a siete millones de TEU´s anuales, cifra que refleja un crecimiento sostenido respecto a los niveles actuales cercanos a cuatro millones de TEU´s, pero que también evidencia una convergencia gradual hacia límites estructurales del sistema ampliado. El crecimiento es real y

significativo, pero la elasticidad del sistema disminuye conforme se aproxima nuevamente a umbrales elevados de utilización.

La resiliencia operativa bajo este escenario mejora respecto a la situación previa a la expansión, aunque no alcanza niveles estructurales altos. La vulnerabilidad ante disrupciones locales o variabilidad en los accesos terrestres persiste, ya que la arquitectura logística continúa estrechamente acoplada entre muelle, patio y su hinterland. La intermodalidad ferroviaria avanza de manera progresiva, pero no se convierte en el eje dominante de evacuación. El transporte carretero sigue siendo determinante en la dinámica diaria del puerto, manteniendo cierta exposición a congestión urbana y fluctuaciones en tiempos de retiro.

Desde la perspectiva estratégica, el escenario conservador ofrece estabilidad y prudencia. Reduce el riesgo de saturación inmediata y permite sostener el liderazgo nacional del puerto en el Pacífico mexicano. No obstante, su alcance competitivo en el ámbito regional ampliado es limitado. El sistema ampliado continúa operando con una lógica de recinto predominante, donde el crecimiento adicional requiere constantemente nuevas expansiones físicas para mantener márgenes de operación adecuados.

En síntesis, el escenario conservador describe un puerto que crece sin cambiar de régimen operativo. La infraestructura se expande, la capacidad nominal aumenta y el volumen total manejado se incrementa de manera sostenida. Sin embargo, la arquitectura sistémica permanece esencialmente intacta, lo que implica que los desafíos estructurales asociados a concentración, variabilidad y dependencia de accesos terrestres no desaparecen, sino que se desplazan a un umbral superior. Es un escenario técnicamente viable y financieramente prudente, pero estructuralmente limitado en su capacidad de transformación profunda hacia 2050.

3.6.2 Escenario Central – Transformación funcional del sistema bajo un modelo port-led maduro

El escenario central representa una trayectoria de evolución estructural del sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán en la cual la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán no se limita a incrementar capacidad física, sino que se convierte en el punto de partida para una reconfiguración funcional del sistema completo. En este contexto, el crecimiento proyectado hacia 2050 no depende únicamente de la incorporación de nuevos muelles y patios, sino de la transformación de la arquitectura operativa que articula el puerto con su hinterland.

A diferencia del escenario conservador, en el cual la expansión es esencialmente incremental, el escenario central supone que la nueva infraestructura se integra bajo una lógica port-led madura. Esto implica que el puerto deja de operar como un recinto concentrado y evoluciona hacia un sistema logístico ampliado, donde las funciones de transferencia marítima, regulación de inventario y distribución terrestre se desacoplan parcialmente mediante la incorporación de nodos externos, intermodalidad estructural y coordinación sistémica.

En este escenario, la terminal en Cuyutlán asume un papel redistribuidor. No se limita a captar crecimiento marginal, sino que absorbe parte de los flujos de mayor intensidad operativa, particularmente aquellos asociados a megabuques y descargas concentradas. La redistribución funcional reduce la presión estructural sobre las terminales históricas del recinto actual, estabilizando sus niveles de utilización y disminuyendo la probabilidad de congestión recurrente. El sistema pasa de un esquema altamente concentrado en dos terminales dominantes a un modelo tripolar más equilibrado, donde ninguna instalación individual determina por sí sola el desempeño global.

El elemento técnico central de este escenario es el desacople entre muelle y el hinterland. En la configuración tradicional, la capacidad del puerto está fuertemente condicionada por la velocidad con la que los contenedores pueden salir del recinto. En el modelo central, parte de la regulación logística se traslada hacia plataformas externas conectadas por corredores dedicados y, de manera creciente, por intermodalidad ferroviaria. Estas plataformas funcionan como buffers territoriales que absorben inventario sin comprometer la rotación interna del patio portuario. Como resultado, la ocupación promedio del patio interno se mantiene dentro de rangos sostenibles incluso en periodos de alta demanda.

La intermodalidad adquiere en este escenario un carácter estructural. El ferrocarril no opera únicamente como complemento del transporte carretero, sino como mecanismo clave para evacuar volúmenes significativos de manera programada. La coordinación de ventanas ferroviarias con arribos marítimos reduce la acumulación en patio y disminuye la variabilidad asociada a picos de descarga. La carretera continúa desempeñando un papel relevante, pero su participación se gestiona mediante sistemas de citas y control de flujo que reducen concentraciones temporales en accesos.

Desde la perspectiva de capacidad máxima efectiva, el escenario central eleva el techo operativo del sistema no solo por expansión física, sino por mejora en eficiencia sistémica. La reducción de variabilidad, la disminución en permanencia promedio de contenedores y la mejor distribución de flujos permiten operar con niveles de utilización más altos sin degradación significativa del rendimiento. En términos prácticos, el sistema puede sostener volúmenes cercanos a siete o diez millones de TEU’s hacia 2050 con menor riesgo de congestión estructural.

La resiliencia operativa en este escenario aumenta de manera significativa. La redistribución de servicios reduce la concentración de riesgo, mientras que la existencia de nodos logísticos externos ofrece alternativas ante disrupciones puntuales. El sistema deja de depender exclusivamente del recinto histórico y se convierte en una red funcional ampliada. Esta estructura permite absorber contingencias climáticas, retrasos en programación marítima o interrupciones parciales en accesos sin que el impacto se propague de manera sistémica.

Desde el punto de vista estratégico, el escenario central equilibra ambición y factibilidad. No requiere una reconfiguración geográfica radical ni inversiones desproporcionadas, pero sí exige coordinación institucional, planeación territorial integrada y compromiso sostenido con la intermodalidad y la digitalización logística. Es un escenario que transforma sin sobreexponerse, permitiendo que el sistema evolucione de manera progresiva hacia mayores niveles de competitividad regional.

En términos económicos, la elasticidad de crecimiento bajo este modelo es superior a la del escenario conservador. La integración port-led amplía la capacidad del sistema para captar nuevos flujos comerciales, atraer servicios marítimos adicionales y consolidar su papel como puerta estratégica del comercio transpacífico. La competitividad no se basa únicamente en productividad de muelle, sino en confiabilidad logística integral.

En síntesis, el escenario central describe un sistema que cambia de régimen operativo. La expansión hacia Cuyutlán se convierte en instrumento de reorganización estructural, permitiendo desacoplar funciones, redistribuir riesgos y elevar la capacidad efectiva de manera sostenida. El puerto deja de crecer únicamente en escala y comienza a crecer en arquitectura. Este escenario ofrece una trayectoria sostenible hacia 2050, posicionando al sistema Manzanillo–Cuyutlán como nodo logístico robusto y resiliente, con capacidad de adaptación frente a la evolución del comercio internacional.

3.6.3 Escenario Alto – Cuyutlán como nuevo polo dominante y reconfiguración geográfica del sistema portuario

El escenario alto representa la trayectoria de mayor transformación estructural para el sistema Manzanillo–Cuyutlán. En este caso, la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán no se concibe únicamente como mecanismo de redistribución o expansión funcional, sino como el núcleo de una nueva centralidad portuaria. Bajo esta lógica, el sistema evoluciona desde un modelo históricamente concentrado en el recinto tradicional hacia una configuración jerárquica donde Cuyutlán se convierte en el polo dominante del conjunto.

Esta transformación no es simplemente una cuestión de volumen adicional. Implica un cambio profundo en la geografía operativa, en la asignación de servicios marítimos y en la estructura logística territorial. La nueva terminal no solo absorbe crecimiento incremental, sino que atrae progresivamente servicios ancla, particularmente aquellos asociados a buques de mayor tamaño, escalas de alta intensidad y cadenas logísticas que demandan mayor confiabilidad y menor variabilidad.

En este escenario, la ventaja competitiva de Cuyutlán se fundamenta en condiciones estructurales superiores desde su diseño inicial. La infraestructura marítima se planifica para operar con buques de gran eslora y mayor calado, con dársenas amplias y configuraciones que minimizan interferencias entre posiciones de atraque. La productividad de muelle se mantiene

elevada no solo por equipamiento moderno, sino por la disponibilidad de espacio y la reducción de restricciones heredadas del entorno urbano del recinto histórico.

El diseño de patios en este escenario responde a una lógica de absorción de picos, no de promedio anual. La ocupación promedio se mantiene en niveles que permiten flexibilidad operativa incluso durante eventos de alta concentración de descarga. La rotación de inventario se optimiza mediante integración directa con sistemas intermodales y plataformas logísticas externas de gran escala, que operan como extensiones funcionales del puerto. El patio interno deja de funcionar como almacenamiento regulatorio y se consolida como espacio de tránsito intensivo.

La intermodalidad ferroviaria adquiere en este modelo un carácter dominante. Desde la fase de diseño, la infraestructura contempla formación de trenes completos y programación coordinada con arribos marítimos. La evacuación en bloque reduce la dependencia de la red carretera y disminuye la exposición a congestión urbana. El ferrocarril no es un complemento, sino la columna vertebral del sistema ampliado. La carretera continúa desempeñando un papel relevante para flujos regionales y de corta distancia, pero la estructura global de evacuación se apoya en corredores dedicados de alta capacidad.

En este escenario, la redistribución de servicios es estructural. Parte del volumen previamente atendido en las terminales históricas se migra progresivamente hacia el nuevo polo dominante. Las instalaciones originales no desaparecen, pero evolucionan hacia roles complementarios o especializados. Esta reconfiguración reduce la concentración de riesgo en el recinto tradicional y establece una jerarquía funcional clara dentro del sistema ampliado.

Desde el punto de vista de capacidad máxima efectiva, el escenario alto es el que mayor incremento permite. La combinación de infraestructura de nueva generación, intermodalidad estructural, plataformas externas integradas y gobernanza sistémica reduce significativamente la variabilidad operativa. Al disminuir la variabilidad, el sistema puede operar con mayores niveles de utilización sin caer en congestión estructural. La elasticidad de crecimiento aumenta, permitiendo sostener tasas superiores al cuatro o cinco por ciento anual durante periodos prolongados.

Las proyecciones asociadas a este escenario sitúan el volumen hacia 2050 en rangos superiores a los diez millones de TEU’s anuales. Esta cifra no deriva únicamente de un supuesto de crecimiento económico más acelerado, sino de la capacidad del sistema para absorber volumen adicional sin reproducir cuellos de botella internos. La arquitectura operativa ampliada habilita un nuevo umbral de desempeño.

No obstante, el escenario alto implica mayores exigencias técnicas, financieras e institucionales. La inversión requerida es sustancial y debe planificarse de manera escalonada para evitar sobrecapacidad temporal en fases iniciales. La coordinación entre autoridad portuaria, operadores, sistema ferroviario y autoridades regulatorias debe ser robusta y permanente. Además, al desarrollarse en un entorno lagunar sensible, el proyecto requiere una gestión

ambiental y social rigurosa, con monitoreo continuo y medidas de mitigación integradas desde el diseño.

En términos estratégicos, el escenario alto posiciona al sistema Manzanillo–Cuyutlán como nodo logístico de referencia en el Pacífico ampliado. La centralidad dominante permitiría captar mayor participación en rutas transpacíficas y consolidar el papel del puerto como plataforma de distribución regional. La ventaja competitiva no dependería únicamente del volumen actual, sino de la capacidad de adaptación y expansión futura.

En síntesis, el escenario alto describe una transformación profunda y estructural. No se trata simplemente de ampliar el puerto, sino de redefinir su centralidad y su arquitectura territorial. La evolución hacia un polo dominante implica una reconfiguración geográfica del sistema portuario mexicano en el Pacífico. Es el escenario de mayor ambición y mayor impacto estratégico, pero también el que exige mayor disciplina técnica y visión de largo plazo.

3.7 Comparación Estructural Integrada de los Escenarios hacia 2050

La comparación de los tres escenarios no debe interpretarse únicamente como una variación en volúmenes proyectados al año 2050. La diferencia fundamental entre ellos radica en el régimen operativo adoptado y, en consecuencia, en la arquitectura funcional del sistema Manzanillo–Cuyutlán. Cada escenario representa un nivel distinto de transformación estructural, con implicaciones directas sobre capacidad máxima efectiva, resiliencia operativa, elasticidad de crecimiento y posicionamiento competitivo regional.

El escenario conservador mantiene esencialmente intacta la lógica operativa del recinto histórico. La expansión hacia Cuyutlán incrementa capacidad física, pero no altera de manera profunda la relación entre muelle, patio y el hinterland. El sistema continúa altamente acoplado; la eficiencia depende en gran medida de la evacuación terrestre inmediata y la reducción de congestión es resultado principalmente de mayor espacio disponible. Este modelo permite sostener crecimiento, pero lo hace dentro de una trayectoria que eventualmente converge hacia nuevos límites físicos. La arquitectura no cambia, solo se amplía. La variabilidad operativa disminuye marginalmente, pero la sensibilidad estructural a picos, concentración y disrupciones persiste. En términos estratégicos, el puerto consolida su liderazgo nacional, aunque con margen limitado para expandir significativamente su posición regional.

El escenario central introduce un cambio de régimen funcional. La expansión deja de ser únicamente física y se convierte en instrumento de reorganización logística. La redistribución de servicios entre terminales, la incorporación de plataformas externas integradas y el fortalecimiento estructural de la intermodalidad generan un desacople parcial entre las funciones críticas del sistema. Este desacople es técnicamente relevante, porque reduce la dependencia del patio como regulador forzado y eleva la capacidad máxima efectiva más allá del simple aumento nominal. La elasticidad de crecimiento mejora, ya que el sistema puede absorber mayores

volúmenes sin degradación significativa del rendimiento. Desde la perspectiva estratégica, el puerto no solo crece en escala, sino en estabilidad. El riesgo sistémico se distribuye, la resiliencia aumenta y la competitividad se basa en confiabilidad logística integral. Este escenario representa una transformación profunda pero gradual, con un equilibrio entre ambición y factibilidad.

El escenario alto, en cambio, implica una redefinición geográfica del sistema. La centralidad operativa se desplaza hacia Cuyutlán, que asume el rol dominante dentro del conjunto. Este modelo no solo reorganiza flujos; reestructura la jerarquía interna del sistema portuario. La infraestructura se diseña desde origen para absorber picos intensivos, la intermodalidad ferroviaria opera como eje estructural y las plataformas externas funcionan como extensiones territoriales del puerto. La capacidad efectiva se aproxima a la nominal en mayor proporción, debido a la reducción sustantiva de variabilidad y a la existencia de buffers logísticos amplios. La elasticidad de crecimiento es superior, permitiendo sostener trayectorias que superan ampliamente los diez millones de TEU hacia 2050. Estratégicamente, este escenario posiciona al sistema como nodo de referencia en el Pacífico ampliado. Sin embargo, también implica mayores exigencias financieras, institucionales y ambientales. La complejidad de ejecución es considerable y la disciplina técnica debe ser constante para evitar sobrecapacidad o desalineación entre oferta e integración logística.

La diferencia entre los tres escenarios puede entenderse como una progresión en profundidad de transformación. En el primero, el sistema amplía su escala manteniendo su estructura original. En el segundo, el sistema modifica su arquitectura funcional sin alterar completamente su geografía central. En el tercero, el sistema redefine su centralidad territorial y operativa. Cada paso adicional en esta progresión eleva la capacidad máxima efectiva, reduce la sensibilidad a variabilidad y amplía la elasticidad de crecimiento, pero también incrementa la complejidad de implementación.

Desde la perspectiva de sostenibilidad a largo plazo, el escenario conservador ofrece estabilidad en el corto y mediano plazo, aunque con riesgo de converger nuevamente hacia saturación estructural antes de 2050. El escenario central proporciona una trayectoria de crecimiento sostenible con resiliencia mejorada y menor probabilidad de congestión sistémica. El escenario alto ofrece el mayor potencial de posicionamiento estratégico y escalabilidad, pero requiere condiciones institucionales y financieras sólidas para materializarse plenamente.

En síntesis, la comparación estructural revela que el debate no es entre crecer o no crecer, sino entre mantener un modelo incremental o adoptar una transformación sistémica. La ampliación hacia Cuyutlán es el punto de inflexión que permite optar por cualquiera de las trayectorias. La decisión estratégica determinará si el sistema Manzanillo–Cuyutlán evoluciona como una expansión ampliada del modelo histórico o como una plataforma logística integrada con capacidad de redefinir su papel en el comercio transpacífico hacia 2050.

3.8 Análisis de la Ampliación en la Laguna de Cuyutlán Bajo con base en los Tres escenarios.

3.8.1 Punto de partida: estructura actual (escenario base sin Cuyutlán)

El análisis de la redistribución futura de los flujos contenerizados del Puerto de Manzanillo requiere partir de una caracterización clara y realista de la estructura actual del sistema, entendida no solo como la suma de terminales existentes, sino como un conjunto de relaciones operativas, espaciales y logísticas que determinan la capacidad máxima efectiva del puerto en su configuración vigente.

En ausencia de la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán, el sistema contenerizado de Manzanillo opera bajo un modelo altamente concentrado y espacialmente comprimido, que ha demostrado ser eficiente en términos de crecimiento histórico, pero que hoy exhibe señales claras de saturación funcional y pérdida de holgura.

a. Concentración del manejo de TEU y distribución desigual del riesgo

La estructura actual se caracteriza por una concentración significativa del volumen de TEU en dos terminales principales: SSA Marine México y CONTECON Manzanillo. En conjunto, estas terminales procesan de manera recurrente entre el 70% y el 80% del total de contenedores del puerto, mientras que la Terminal Especializada de Contenedores I (TEC I) y otras instalaciones desempeñan un papel complementario.

Esta concentración no es en sí misma un problema, pero tiene implicaciones críticas para la gestión del riesgo operativo. Al depender de un número reducido de nodos principales, el sistema se vuelve más sensible a perturbaciones locales: cualquier restricción en una de las terminales líderes —ya sea por congestión de patios, saturación de accesos o eventos operativos— tiene efectos inmediatos y amplificados sobre el conjunto del puerto.

En el escenario base, el crecimiento futuro de la demanda se canaliza necesariamente hacia estas mismas terminales, reforzando el ciclo de concentración y reduciendo progresivamente los márgenes de maniobra del sistema.

b. Limitaciones espaciales del recinto portuario actual

Desde el punto de vista físico, el recinto portuario actual de Manzanillo presenta limitaciones estructurales de espacio. La expansión de patios, áreas de respaldo y zonas de regulación se enfrenta a restricciones geográficas, urbanas y ambientales que dificultan incrementos significativos de superficie sin afectar otros usos o generar conflictos adicionales.

Esta compresión espacial obliga a maximizar la utilización del espacio disponible, lo que se traduce en altos niveles de ocupación promedio en patios y áreas operativas. Si bien esta estrategia permite sostener volúmenes elevados en el corto plazo, reduce la capacidad del sistema para absorber picos operativos y aumenta la probabilidad de congestión interna.

c. Desfase entre productividad de muelle y capacidad de evacuación

Las terminales líderes han invertido de manera consistente en incrementar la productividad en muelle, incorporando grúas pórtico de alta capacidad y equipamiento moderno. Como resultado, la capacidad teórica de transferencia muelle–buque ha aumentado de forma significativa en los últimos años.

No obstante, este aumento no siempre ha sido acompañado por un crecimiento equivalente en la capacidad de evacuación terrestre y en los espacios de regulación logística. En el escenario base, el sistema presenta un desfase estructural: los contenedores pueden descargarse más rápido de los buques, pero no siempre pueden evacuarse con la misma rapidez hacia el hinterland.

Este desfase genera acumulación temporal en patios, incrementa los movimientos internos improductivos y reduce la eficiencia global, especialmente durante periodos de alta demanda.

d. Dependencia crítica del hinterland inmediato

El sistema actual depende de manera significativa de la capacidad del hinterland inmediato para absorber los flujos contenerizados. La mayor parte de la carga se evacúa por carretera y ferrocarril hacia el centro y occidente del país, utilizando corredores que, en muchos casos, operan cerca de su capacidad en horas pico.

En el escenario base, la falta de plataformas logísticas externas plenamente integradas implica que funciones como almacenamiento temporal, consolidación, desconsolidación e inspección se realicen en gran medida dentro o en las inmediaciones del recinto portuario. Esta concentración funcional incrementa la presión sobre los accesos y limita la flexibilidad del sistema.

e. Interferencia operativa en un puerto multipropósito

Manzanillo opera como un puerto multipropósito, donde los flujos de contenedores coexisten con graneles minerales, graneles agrícolas, carga general y energéticos. En el escenario base, esta coexistencia se da en un espacio limitado, lo que exige una gestión fina de la zonificación y de los tiempos de operación.

La interferencia entre tráficos no siempre se manifiesta en conflictos directos, pero sí en restricciones operativas acumulativas, como ventanas horarias, áreas de seguridad y segregación de flujos, que reducen la flexibilidad del sistema y afectan la capacidad máxima efectiva.

f. Reducción progresiva de la resiliencia operativa

La suma de concentración, limitaciones espaciales, desfases logísticos e interferencias multipropósito conduce a una reducción progresiva de la resiliencia operativa del puerto en su configuración actual. En el escenario base, el sistema tiene una capacidad limitada para absorber perturbaciones externas sin degradar su nivel de servicio.

Eventos como retrasos de buques, cambios en itinerarios navieros, disrupciones en los corredores terrestres o incrementos súbitos de demanda pueden generar efectos en cascada que afectan no solo a una terminal, sino al puerto en su conjunto.

g. Implicaciones del escenario base para el crecimiento futuro

En ausencia de la ampliación hacia Cuyutlán, el escenario base impone un techo operativo claro al crecimiento sostenible del Puerto de Manzanillo. Si bien el puerto puede seguir creciendo en términos de volumen anual, lo hará con costos crecientes, mayor volatilidad operativa y un riesgo elevado de congestión recurrente.

Desde una perspectiva de planeación estratégica, este escenario base constituye el punto de referencia indispensable para evaluar los beneficios de la expansión y de la transición hacia un modelo port-led. Solo al entender plenamente las limitaciones del sistema actual es posible dimensionar el impacto real de la nueva terminal y de la redistribución futura de los flujos contenerizados.

En resumen, antes de la entrada de Cuyutlán, la participación promedio de TEU’s se concentra de la siguiente manera:

- SSA Marine México: aproximadamente del 40% al 45%
- CONTECON Manzanillo: aproximadamente del 30% al 35%
- TEC I: aproximadamente del 15% al 20%
- Instalaciones multipropósito: <5 %

Este esquema refleja un sistema altamente concentrado, donde dos terminales absorben la mayor parte del crecimiento y, con ello, la mayor parte de los picos operativos y del riesgo sistémico.

3.8.2 Escenario 1: Cuyutlán como expansión "adicional" (redistribución limitada).

En este escenario, la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán se incorpora al sistema portuario de Manzanillo principalmente como capacidad incremental —es decir, como un "nuevo espacio" que suma oferta— sin provocar una redistribución profunda y deliberada de los flujos que hoy se concentran en las terminales existentes del recinto actual. En términos de planeación, este es el escenario que ocurre cuando la expansión se concibe como respuesta a la saturación, pero el diseño institucional, logístico y de mercado no llega a reconfigurar el sistema completo bajo una lógica port-led.

El propio PMDP reconoce que el Puerto de Manzanillo opera hoy como el principal nodo contenerizado del país, y que el crecimiento reciente ha llevado al puerto a un punto donde la expansión hacia Cuyutlán aparece como parte de una trayectoria natural de desarrollo. En esa visión, la Laguna de Cuyutlán aparece como un espacio que, en el mediano y largo plazo, puede atender tráficos que el puerto actual no puede absorber por limitaciones de dimensiones, calados y áreas de navegación.

Esta idea —Cuyutlán como "válvula de crecimiento" y opción para buques mayores— es el fundamento conceptual del Escenario 1: sumar capacidad sin alterar de inmediato la estructura dominante del reparto de TEU's.

a. Supuesto central: el crecimiento se "va" a Cuyutlán, pero lo existente no se mueve

El rasgo definitorio del escenario es que SSA y CONTECON mantienen la base histórica de servicios y contratos, y la nueva terminal de Cuyutlán captura, sobre todo:

- crecimiento neto de demanda (TEU's adicionales del sistema),
- servicios nuevos que entran por razones comerciales (cambios de red naviera),
- y, de forma limitada, algunos desahogos operativos (picos puntuales o campañas estacionales).

Es decir, Cuyutlán entra como capacidad adicional, pero la redistribución de TEU's entre terminales es limitada porque no hay (todavía) una estrategia sistémica de "relocalización" de funciones ni una política portuaria explícita de migración de servicios desde el puerto actual.

En la práctica, esto suele ocurrir por tres razones técnicas:

1. Inercia comercial y contractual: las navieras tienden a conservar escalas donde ya existe confiabilidad operativa, redes de agentes, conectividad terrestre y acuerdos vigentes con terminales.

2. Ramp-up inevitable: la nueva terminal necesita un periodo de maduración: afinación operativa, estabilización de productividad, confiabilidad del gate, interoperabilidad aduanal y consolidación de patrones de evacuación.

3. Hinterland aún no reconfigurado: sin patios externos plenamente integrados, accesos dedicados y una gobernanza logística "ampliada", Cuyutlán opera como puerto "nuevo" pero dentro del mismo cuello de botella macro: la evacuación terrestre y la regulación logística siguen dependiendo del sistema existente.

b. Qué cambia realmente, aunque la redistribución sea limitada: el techo operativo se desplaza, pero no se rompe.

Aun con redistribución limitada, la entrada de Cuyutlán sí mejora el sistema, pero lo hace de una manera específica: aumenta la capacidad física y abre una opción de operación para buques o tráficos que presionan al recinto actual, lo que el PMDP plantea explícitamente como parte del desarrollo de mediano y largo plazo.

Sin embargo, desde la perspectiva de la capacidad máxima efectiva, el beneficio es parcial porque los cuellos de botella sistémicos no desaparecen: cambian de intensidad, pero no se reubican completamente.

- **Muelle**: se incorpora frente de atraque adicional (o futura infraestructura) en el polígono de Cuyutlán, lo cual reduce la probabilidad de que el sistema "tope" por disponibilidad de posiciones. El PMDP detalla que el sistema portuario incluye múltiples posiciones de atraque y distingue infraestructura en Manzanillo y en la Laguna de Cuyutlán, además de describir áreas de navegación y protección asociadas.
- **Patio**: en un escenario 1, el patio nuevo funciona como "pulmón adicional", pero si no se acompaña de cambios fuertes en logística externa, ese pulmón empieza a llenarse cuando el sistema crece y se acerca otra vez a la saturación.
- **Accesos y evacuación terrestre**: el PMDP muestra que la conectividad carretera y ferroviaria es un componente estructural del puerto y describe la operación ferroviaria y vialidades que sirven al recinto.

En este escenario, esa conectividad no se transforma al mismo ritmo que el crecimiento, por lo que la capacidad efectiva sigue "amarrada" a la evacuación.

En síntesis: se mueve el techo hacia arriba, pero no se rompe el patrón de saturación recurrente; el sistema gana tiempo y margen, pero no cambia su lógica profunda de funcionamiento.

c. Cómo se comportan los picos operativos en este escenario: se reducen episodios críticos, pero no se elimina la volatilidad

Un aporte técnico importante de Cuyutlán, incluso en redistribución limitada, es que permite "absorber picos" en el componente marítimo (atraques y programación) y, en cierta medida, redistribuir ventanas operativas.

No obstante, la naturaleza del problema en Manzanillo es que los picos no solo ocurren en muelle; se trasladan al patio, al gate y al hinterland. En un escenario 1, los picos se desplazan y se reparten, pero el sistema sigue vulnerable porque:

- la logística terrestre continúa concentrada en corredores y nodos existentes,
- las decisiones de despacho siguen afectadas por inspecciones, regulación y tiempos de retiro,
- y, las terminales dominantes siguen absorbiendo la mayor parte del volumen estructural, con la misma dependencia de accesos.

El resultado es que el puerto puede reducir episodios extremos de congestión, pero la volatilidad operativa permanece, solo que con un umbral ligeramente más alto antes de que se manifieste.

d. Implicaciones para la participación de TEU's por terminal: el cambio es visible, pero moderado

En este escenario, la nueva terminal de Cuyutlán participa desde el arranque como un actor adicional, pero sin "desplazar" de manera significativa a los líderes históricos. El reparto de TEU's evoluciona hacia una configuración de transición donde:

- SSA y CONTECON mantienen la mayor proporción del total,
- TEC I sostiene su rol complementario,
- Y, Cuyutlán absorbe principalmente crecimiento incremental y algunos servicios nuevos.

En términos de lógica portuaria, esto es coherente con una expansión que se incorpora como capacidad de respaldo y válvula de expansión, más que como un nuevo centro dominante. Es también consistente con la visión del PMDP de que Cuyutlán se vuelve una opción relevante para el desarrollo futuro del sistema portuario, sin implicar necesariamente una migración inmediata de la operación existente.

e. Riesgos técnicos y limitaciones típicas del Escenario 1

Este escenario es "realista" porque coincide con cómo suelen comportarse muchas expansiones portuarias en su primera etapa. Sin embargo, desde una perspectiva técnica, tiene límites claros:

1. Riesgo de "capacidad física sin capacidad efectiva": Si el aumento de capacidad en muelle y patio no se acompaña de mejoras equivalentes en evacuación (ferrocarril, carretera, patios externos, gestión de citas y control de inventarios), la capacidad efectiva crece menos que la capacidad nominal.

2. Persistencia del riesgo sistémico por concentración: Al mantenerse la dominancia de dos terminales, el sistema sigue expuesto: cualquier disrupción en esos nodos se amplifica.

3. Ganancias con rendimientos decrecientes: El escenario 1 suele ser muy útil para "comprar tiempo" y aliviar saturaciones, pero conforme el volumen total vuelve a crecer, el sistema se aproxima otra vez a un punto de tensión, solo que a un nivel mayor.

f. Qué habilita (y qué no habilita) este escenario para 2026–2050.

Para fines de proyección 2026–2050, el Escenario 1 permite justificar un crecimiento relevante de TEU en el corto y mediano plazo porque agrega capacidad y reduce ciertos cuellos en el componente marítimo. Pero difícilmente sostiene por sí solo los escenarios altos de largo plazo, porque no transforma de manera suficiente la estructura que define la capacidad máxima efectiva: patios-regulación-evacuación.

Por eso, técnicamente, el Escenario 1 debe entenderse como una etapa transitoria: necesaria, pero insuficiente si la meta es consolidar a Manzanillo–Cuyutlán como un sistema port-led plenamente maduro.

En resumen, este escenario, la nueva terminal de Cuyutlán entra en operación principalmente como capacidad incremental, orientada a captar crecimiento futuro más que a redistribuir volúmenes existentes. El modelo operativo del puerto se mantiene esencialmente igual, con mejoras puntuales, pero sin una transformación profunda del esquema logístico.

a. Lógica operativa

- SSA y CONTECON conservan la mayor parte de sus flujos históricos.
- La nueva terminal absorbe principalmente crecimiento marginal y algunos servicios nuevos.

- La presión sobre el sistema existente se reduce solo parcialmente.

b. Redistribución aproximada de participación (en régimen inicial)

- SSA Marine México: aproximadamente entre el 35% al 38%
- CONTECON Manzanillo: aproximadamente entre el 28% al 32%
- TEC I: aproximadamente entre el 12% al 15%
- Nueva terminal Cuyutlán: aproximadamente entre el 15% al 20%
- Otros: <5 %

c. Implicación clave

La concentración se reduce, pero no desaparece. El sistema gana capacidad física, pero la capacidad máxima efectiva mejora de forma limitada. Las tensiones operativas tienden a reaparecer conforme el volumen total crece.

En resumen, el escenario conservador corresponde a un modelo de expansión adicional de carácter incremental. En este caso, la ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán incrementa la capacidad física disponible mediante nuevos muelles y patios, pero no modifica de manera sustancial la arquitectura funcional del sistema. El puerto ampliado continúa operando bajo una lógica en la cual el recinto concentra la mayor parte de las funciones críticas: transferencia marítima, regulación de inventario y despacho terrestre. La redistribución de servicios entre terminales es limitada y la intermodalidad ferroviaria mantiene un papel complementario frente al transporte carretero. Desde el punto de vista conceptual, este escenario equivale a la evolución de un puerto tipo enclave o landlord ampliado, donde la infraestructura crece, pero la lógica sistémica permanece esencialmente intacta. El sistema aumenta su escala, pero no cambia su régimen operativo. Esto permite sostener crecimiento, aunque dentro de límites estructurales que tienden a reaparecer conforme el volumen se aproxima nuevamente a niveles elevados de utilización.

Este escenario es típico de expansiones portuarias que añaden muelle, pero no reconfiguran el sistema.

3.8.3 Escenario 2: Cuyutlán como redistribuidor funcional (escenario port-led “central”)

El Escenario 2 (port-led “central”) es, desde la ingeniería operativa y la planeación logística, el escenario en el que Cuyutlán no solo añade muelle, sino que actúa como un redistribuidor funcional del sistema contenerizado Manzanillo–Cuyutlán. La diferencia clave respecto al Escenario 1 es que aquí la nueva terminal sí cambia el equilibrio del sistema, porque se acompaña de decisiones deliberadas sobre asignación de servicios, arquitectura logística externa, intermodalidad y gobernanza operativa. Eso permite elevar de manera sostenida la capacidad máxima efectiva (no solo la nominal) y reducir la vulnerabilidad a picos.

a. Qué significa "redistribuidor funcional" en términos operativos (y por qué es port-led)

Un redistribuidor funcional no es una terminal nueva "más"; es un nodo que reorganiza flujos y funciones para que el sistema completo opere con holgura. En Manzanillo, el cuello de botella no es únicamente marítimo (atraques), sino el acoplamiento muelle–patio–acceso–corredores. Por eso, Cuyutlán solo se vuelve "central" si se diseña como parte de una arquitectura port-led, donde el puerto deja de ser el límite geográfico del sistema y pasa a ser el ancla de una red logística ampliada.

En este escenario, el puerto actual (SSA, CONTECON, TEC I) deja de absorber por sí solo los incrementos marginales de demanda. La nueva terminal en Cuyutlán se convierte en el mecanismo que toma parte del crecimiento y parte del volumen existente, y además "expulsa" hacia afuera (fuera del recinto) varias funciones que hoy compiten por espacio y tiempo dentro del puerto.

En términos prácticos, port-led aquí significa que los contenedores no se gestionan como inventario dentro del puerto, sino como flujo. El sistema se rediseña para que el puerto sea el punto de transferencia y control, mientras que el almacenamiento regulatorio, el manejo de vacíos, parte de la inspección y ciertas actividades de valor agregado se ubiquen en plataformas externas conectadas (por carretera y ferrocarril) que operan coordinadas con las terminales.

b. Supuesto estructural del escenario: la redistribución es una decisión del sistema, no un efecto espontáneo del mercado

En el Escenario 1, la terminal nueva "se gana" su volumen casi únicamente con crecimiento futuro y con oportunidades comerciales aisladas. En el Escenario 2, en cambio, hay una estrategia explícita para que Cuyutlán reciba un portafolio funcional de tráficos, típicamente compuesto por tres componentes:

- **Servicios de mayor tamaño y mayor intensidad de pico**. La lógica es sencilla: si el sistema actual sufre cuando la demanda se concentra, lo más racional es que el nuevo nodo absorba una parte de esas escalas, con patio y gate diseñados para picos, y con conexión directa a plataformas externas.
- **Crecimiento incremental de la región (2029–2035)**. La nueva terminal es el "punto de aterrizaje" natural del crecimiento, pero con un diseño institucional que evita que ese crecimiento vuelva a saturar las terminales existentes.
- **Una migración gradual de volúmenes "compatibles" desde las terminales líderes**. No se trata de "quitarle" carga a SSA o CONTECON por decreto, sino de crear condiciones para que parte de sus flujos migren por eficiencia del sistema:

menores tiempos de gate, mejor previsibilidad, accesos más fluidos, intermodalidad más consistente o capacidad superior para ciertos tamaños de buque.

Esta redistribución no puede ocurrir si Cuyutlán opera aislado. Requiere un sistema de coordinación (operacional y comercial) que haga que navieras, autotransporte y ferrocarril perciban al sistema Manzanillo–Cuyutlán como un solo puerto ampliado, no como dos puertos compitiendo por el mismo hinterland.

c. El "mecanismo técnico" que permite redistribuir: desacoplar muelle de hinterland

El núcleo técnico del Escenario 2 es el desacoplamiento. Hoy, el sistema tiende a "pegarse" cuando los contenedores descargados no pueden evacuar. En un esquema port-led, el objetivo es que el muelle no dependa de la evacuación inmediata hacia destino final, sino de la evacuación hacia capacidad regulatoria externa.

Eso se logra con tres piezas que operan como un solo circuito:

1. Patios y plataformas externas como regulador (buffer) del sistema: Se construyen o consolidan patios externos, preferentemente con acceso ferroviario y con procesos aduanales compatibles (según el esquema que aplique), para que una parte del inventario no permanezca dentro del puerto. La consecuencia directa es que el patio portuario vuelve a ser un espacio de transferencia eficiente, no un almacén "forzado".

2. Intermodalidad (ferrocarril) y coordinación de ventanas: En el escenario central, la participación ferroviaria tiende a aumentar porque el ferrocarril es, operativamente, el instrumento más potente para "sacar volumen" cuando hay picos. Pero lo decisivo no es solo tener vía: es que exista una planificación de trenes por ventana, alineada con arribos de buques, y que la terminal pueda armar y despachar trenes sin congestionar el gate.

3. Gestión del gate basada en citas y control de llegada: No basta con ampliar carriles; la palanca real para evitar colas y saturación es un sistema de gate donde el camión llega cuando el contenedor está "listo", con un patrón de entradas y salidas que no colapsa en horas punta. En el Escenario 2, la mejora de gate es condición para que Cuyutlán efectivamente redistribuya, porque si el gate nuevo sufre el mismo problema, el sistema simplemente traslada la congestión.

Cuando estas tres piezas funcionan, el puerto gana algo esencial: la capacidad de absorber picos sin que el patio colapse. Y eso eleva la capacidad máxima efectiva.

d. Redistribución esperada de participación de TEU en el escenario central (en régimen maduro).

En un escenario central realista, Cuyutlán no se vuelve dominante absoluto, pero sí se convierte en el tercer pilar del sistema. Lo normal es que el sistema pase de "duopolio" (SSA + CONTECON) a "tripolar" (SSA + CONTECON + Cuyutlán), con TEC I estabilizado en un rol complementario.

Por eso, en régimen maduro, el rango típico que se observa en ejercicios de planeación comparables es:

- SSA se ajusta a un peso menor que el actual, no por pérdida de relevancia, sino porque el sistema deja de depender de ella para absorber crecimiento y picos.
- CONTECON también reduce ligeramente su participación relativa (aunque puede mantener o incluso aumentar volumen absoluto si el total crece).
- Cuyutlán toma una fracción sustantiva, no solo de crecimiento incremental, sino de flujos que hoy elevan la presión del sistema.
- TEC I tiende a "adelgazarse" en participación relativa conforme el total crece, manteniendo funciones estabilizadoras, nichos o complementariedad.

El valor técnico de esta redistribución no es "cambiar porcentajes", sino reducir concentración del riesgo: que ningún nodo por sí solo sea el determinante del desempeño de todo el puerto.

e. Cómo cambia el comportamiento de los picos (la razón por la que este escenario habilita 2035–2050)

El beneficio distintivo del Escenario 2 es que los picos dejan de "convertirse" automáticamente en congestión sistémica. Técnicamente, ocurre una transición:

En el escenario base o en el Escenario 1, un pico de llegada se traduce en saturación de patio y gate, porque la evacuación depende del mismo recinto y de los mismos accesos.

En el Escenario 2, el pico se procesa en dos etapas: primero se transfiere del buque a patio y de patio a buffer/intermodal con reglas de prioridad; después se evacua hacia destino final con una curva más suave. El sistema vuelve a tener amortiguación. Eso se traduce en tres mejoras que son medibles y defendibles:

- La permanencia promedio del contenedor dentro del recinto tiende a disminuir (mejor rotación).
- La productividad en muelle deja de "caerse" en semanas de alta ocupación, porque el patio no colapsa.

- Los tiempos de gate se estabilizan, reduciendo la variabilidad, que es el peor enemigo de la planificación logística.

Por eso, este escenario es el que realmente sostiene proyecciones de largo plazo: porque convierte el crecimiento en algo operable, no en un número.

f. Condiciones mínimas para que el Escenario 2 sea viable (criterios técnicos, no aspiracionales).

Este escenario solo es alcanzable si se cumplen condiciones técnicas concretas. Las más críticas son:

- Capacidad regulatoria fuera del puerto (patios externos y plataformas) operando como parte del sistema, no como soluciones aisladas.
- Conectividad dedicada y confiable entre Cuyutlán y su hinterland inmediato (para que no se "meta" a la misma trampa de accesos del puerto actual).
- Interoperabilidad de procesos (aduanales, inspección, liberaciones y trazabilidad) para que mover carga entre nodos no agregue fricción administrativa.
- Gobernanza operativa de sistema: un mecanismo de coordinación para asignación de ventanas, gestión de picos, contingencias y reglas de priorización (por ejemplo, en episodios de congestión o disrupciones).

Sin estas condiciones, Cuyutlán tiende a caer al Escenario 1: suma capacidad, pero no transforma el sistema.

g. Implicación directa para proyecciones 2026–2050.

El Escenario 2 es el punto medio "realista-ambicioso". Habilita crecimiento alto sin requerir que Cuyutlán se vuelva el polo dominante absoluto, pero sí exige una transformación de sistema. En ese sentido, es el escenario que mejor "amarra" con la lógica de largo plazo: permite que Manzanillo–Cuyutlán deje de estar definido por el techo operativo del recinto actual y pase a ser un sistema ampliado con holgura y resiliencia.

En resumen, este escenario, la nueva terminal se integra explícitamente en un modelo port-led, con patios externos, accesos dedicados y una estrategia deliberada de redistribución de flujos. Parte del volumen que hoy se concentra en SSA y CONTECON se desplaza gradualmente hacia Cuyutlán.

a. Lógica operativa

- Cuyutlán absorbe nuevos servicios de gran escala y parte de los flujos más intensivos en picos.

- Las terminales existentes se estabilizan en niveles de utilización más manejables.
- El sistema gana holgura operativa y resiliencia.

b. Redistribución aproximada de participación (en régimen maduro)

- SSA Marine México: aproximadamente entre el 30% al 33%
- CONTECON Manzanillo: aproximadamente entre el 25% al 28%
- TEC I: aproximadamente entre el 10% al 12%
- Nueva terminal Cuyutlán: aproximadamente entre el 25% al 30%
- Otros: <5 %

c. Implicación clave

El puerto pasa de un esquema “dos terminales dominantes” a un sistema tripolar, donde ninguna terminal concentra por sí sola el riesgo sistémico. La capacidad máxima efectiva del puerto aumenta de manera estructural.

En resumen, el escenario central representa un cambio de régimen funcional. Aquí la ampliación hacia Cuyutlán no se limita a agregar capacidad, sino que se utiliza como instrumento para reorganizar el sistema completo bajo un enfoque port-led maduro. La redistribución de servicios es real y deliberada; parte de los flujos de mayor intensidad operativa se trasladan al nuevo polo, reduciendo la concentración histórica en pocas terminales. Al mismo tiempo, se incorporan plataformas logísticas externas que funcionan como extensión del puerto y permiten desacoplar parcialmente el muelle del hinterland. La intermodalidad ferroviaria adquiere un peso estructural, lo que reduce la dependencia exclusiva de la red carretera y disminuye la variabilidad operativa. Conceptualmente, este escenario corresponde a la transición hacia un modelo port-led integrado, donde el puerto deja de ser únicamente un recinto ampliado y se convierte en el eje de un sistema logístico territorial más amplio. El crecimiento no depende solo de superficie adicional, sino de reducción de variabilidad y mejora de la capacidad máxima efectiva. Se trata de una transformación profunda pero equilibrada, que eleva la resiliencia del sistema sin modificar radicalmente su geografía central.

Este es el escenario más coherente con las proyecciones 2035–2050 y con la lógica de planeación de largo plazo.

3.8.4 Escenario 3: Cuyutlán como nuevo polo dominante (escenario alto)

En este escenario, el desarrollo en la Laguna de Cuyutlán no solo se integra como una extensión del Puerto de Manzanillo, sino que se convierte en el nuevo polo dominante del sistema contenerizado. La lógica fundamental es que Cuyutlán alcanza, en relativamente pocos años, un desempeño y una escala que lo posicionan como el principal nodo de contenedores del sistema

ampliado, mientras que las terminales del puerto actual (SSA, CONTECON y TEC I) mantienen operación relevante, pero con un rol más complementario, especializado o de nicho.

A diferencia del Escenario 2, donde Cuyutlán es un redistribuidor central pero no necesariamente dominante, aquí se asume que el nuevo puerto atrae la mayoría del crecimiento incremental y además captura una porción significativa del volumen existente, en particular los servicios de línea principal y los flujos asociados a buques de mayor tamaño, mayores picos operativos o mayores exigencias de confiabilidad.

Este escenario es técnicamente viable, pero solo bajo condiciones exigentes y explícitas: requiere que Cuyutlán se diseñe como una terminal de última generación con ventajas operativas claras y sostenibles frente al puerto actual, y que el sistema logístico-terrestre se configure para soportar volúmenes significativamente mayores sin reproducir los cuellos de botella actuales.

a. Qué hace que un "polo nuevo" sea dominante: ventaja estructural, no solo capacidad.

Para que Cuyutlán sea dominante no basta con construir más muelle. La dominancia portuaria ocurre cuando el nodo nuevo logra una ventaja estructural en cuatro dimensiones que los usuarios valoran de forma determinante (navieras, cargadores, operadores terrestres):

- Productividad y confiabilidad (variabilidad baja, no solo promedios altos).
- Capacidad de absorber picos sin congestión sistémica.
- Menor fricción en accesos y gate (tiempos predecibles).
- Intermodalidad competitiva (ferrocarril y plataformas externas integradas).

En un puerto con tensiones operativas, la ventaja más decisiva es la confiabilidad: si Cuyutlán ofrece menor variabilidad de tiempos de atraque, despacho y retiro, entonces parte del volumen migra incluso sin una "política de migración"; migra porque el mercado busca menor incertidumbre.

b. El mecanismo central del Escenario 3: migración de servicios "ancla" y reconfiguración de redes navieras.

El Escenario 3 depende de que Cuyutlán no solo reciba carga incremental, sino que capture servicios ancla (services loops) que hoy sostienen gran parte del volumen en SSA o CONTECON. En la práctica, esto implicaría que:

- algunos servicios de línea principal (Asia–México / Asia–costa oeste / conexiones regionales) redefinen su escala principal hacia Cuyutlán;

- parte del transbordo (si existe) se concentra en el nuevo polo, aprovechando productividad y programación;
- y, el puerto actual se reacomoda como soporte, absorbiendo tráficos más estables, ciertos nichos, o un mix multipropósito con menor presión de picos.

Esta migración es más probable si el polo nuevo ofrece mayores profundidades, posiciones de atraque y patios diseñados para megaescalas, con operación y accesos robustos desde el primer día. En un escenario alto, el ramp-up es más rápido porque la terminal nace con una configuración “lista para mercado”, no como una expansión gradual.

c. Cambios en la arquitectura logística: Cuyutlán como puerto-gateway + sistema port-led maduro

Un polo dominante no funciona aislado. Si Cuyutlán se vuelve dominante, el sistema debe operar como port-led maduro, donde el puerto actúa como gateway y la logística de regulación se desplaza fuera del muelle.

Esto significa que, en el Escenario 3, las funciones logísticas se reordenan así:

- El recinto portuario se especializa en transferencia y control, minimizando permanencias largas.
- La regulación del inventario y el manejo de vacíos se traslada a patios externos conectados, con trazabilidad en tiempo real.
- La desconsolidación / valor agregado / inspección programada se organiza en plataformas logísticas externas, reduciendo la presión sobre patios internos.
- La intermodalidad (ferro–carretera) deja de ser “complemento” y se convierte en columna vertebral del sistema.

Bajo esta arquitectura, el sistema puede sostener crecimientos más altos por más años sin saturación, porque el puerto deja de ser el punto donde se “acumula” la carga.

d. Redistribución esperada de TEU por terminal: hacia una nueva geometría del sistema

En régimen, la redistribución en un escenario dominante tiende a adoptar una forma clara: Cuyutlán concentra la mayor fracción, y las terminales existentes reducen participación relativa, aunque pueden mantener volumen absoluto si el total crece.

La razón técnica es doble:

- La nueva infraestructura se diseña para atender las escalas más intensivas (picos y megabuques) y por tanto captura gran parte de los “TEU críticos” que determinan la congestión.

- La nueva conectividad y logística externa hacen que el nuevo polo sea más competitivo en tiempos y confiabilidad, atrayendo volumen incluso de servicios ya existentes.

En términos de lectura portuaria, el sistema deja de ser "duopolio" (SSA+CONTECON) o "tripolar equilibrado" (Escenario 2) y pasa a ser un sistema con polo central dominante y nodos complementarios.

e. Cómo cambian los picos y la capacidad máxima efectiva en el Escenario 3

El Escenario 3 no solo redistribuye volumen; reconfigura la dinámica del riesgo operativo.

1. Picos: de problema sistémico a problema gestionable

Hoy los picos generan congestión porque el sistema tiene poca amortiguación y los patios se saturan. En el escenario dominante, Cuyutlán está diseñado para absorber picos por tres vías simultáneas:

- patio dimensionado para alta intensidad de descarga/carga,
- entrada y accesos con capacidad y control de llegadas,
- y, salidas intermodales (sobre todo ferroviarias) que permiten evacuar volumen en bloques.

El efecto neto es que la variabilidad de desempeño se reduce: el sistema se vuelve más predecible. En logística, esta reducción de variabilidad es el componente más valioso para la competitividad.

2. Capacidad máxima efectiva: incremento sostenido

En términos de capacidad máxima efectiva, el escenario dominante es el que más eleva el techo del sistema porque no solo añade infraestructura: cambia el modo de operación. Los rendimientos de la infraestructura son mayores porque la nueva terminal opera con holgura y con menor interferencia urbana, y porque el port-led desplaza funciones fuera del puerto.

f. Condiciones técnicas mínimas para que el Escenario 3 sea plausible

Este escenario es exigente. Para que no sea aspiracional, debe apoyarse en condiciones técnicas concretas:

1. Infraestructura marítima “de línea principal”

    - Profundidad y áreas de maniobrabilidad adecuados para buques grandes.
    - Áreas de maniobra y protección que permitan operación confiable en condiciones variables.
    - Diseño del frente de atraque que permita productividad alta y simultaneidad.

2. Patio y equipos dimensionados para picos, no para promedio

    - Patios con capacidad de regulación y configuración que minimice movimientos improductivos.
    - Equipamiento de patio y muelle alineado a la estrategia operativa (no sobredimensionado “en papel” pero sin capacidad real de sostener productividad).

3. Accesos dedicados y política de gate

    - Capacidad de gate con control de citas y mecanismos de regulación.
    - Separación funcional de flujos (importación/exportación/vacíos) para evitar colapso.

4. Intermodalidad como palanca principal

    - Infraestructura ferroviaria y operación por ventanas coordinadas con arribos de buques.
    - Plataformas externas conectadas que funcionen como “extensión” del puerto.

5. Gobernanza y coordinación del sistema ampliado

    - Un esquema de coordinación puerto–terminales–aduana–autotransporte–ferrocarril que permita gestionar picos y contingencias como sistema único.

Sin estos componentes, el Escenario 3 degenera en una versión “grande” del Escenario 1: mucha obra, poca transformación efectiva.

g. Riesgos y trade-offs del Escenario 3

Como todo escenario alto, tiene riesgos que deben declararse en el informe:

- Riesgo de sobrecapacidad temporal si el ramp-up comercial no acompaña la escala de inversión.

- Riesgo de desplazamiento de congestión: si el cuello de botella pasa al hinterland, el puerto nuevo puede saturarse rápido.
- Riesgo social y ambiental: al ser un entorno lagunar sensible, la viabilidad ambiental y social debe ser un componente central del diseño; de lo contrario, el proyecto puede enfrentar retrasos que alteren el ramp-up.
- Riesgo de coordinación: un polo dominante requiere gobernanza robusta para evitar competencia desordenada entre terminales y para asegurar interoperabilidad operativa.

h. Implicación directa para proyecciones 2026–2050

Este escenario es el que habilita los rangos más altos de TEU hacia 2050 porque permite crecimiento sostenido sin reaparición rápida de saturación. Sin embargo, es coherente plantearlo como “escenario alto” por dos razones:

- requiere mayor inversión y coordinación,
- y, exige una transición real a port-led, no solo ampliación portuaria.

En el marco del informe, el Escenario 3 funciona como el “máximo plausible” bajo desempeño y gobernanza sobresalientes, útil para dimensionar infraestructura y reservar territorio, mientras el Escenario 2 suele ser el “objetivo realista” de planeación.

En este escenario, Cuyutlán se diseña y opera como una terminal de última generación, altamente competitiva, con fuerte conectividad intermodal y capacidad para atraer servicios de línea principal y transbordos regionales.

a. Lógica operativa

- Cuyutlán capta una proporción significativa de servicios de gran tamaño.
- Parte del crecimiento futuro y parte del volumen actual se desplaza hacia el nuevo puerto.
- Las terminales existentes evolucionan hacia roles más especializados o de nicho.

b. Redistribución aproximada de participación (largo plazo)

- SSA Marine México: aproximadamente entre el 25% al 28%
- CONTECON Manzanillo: aproximadamente entre el 20 al 25%
- TEC I: aproximadamente entre el 8 al 10%
- Nueva terminal Cuyutlán: aproximadamente entre el 35% al 40%
- Otros: <5 %

c. Implicación clave

El sistema adquiere una nueva geometría, con Cuyutlán como polo principal y el puerto actual como complemento. Este escenario maximiza la capacidad efectiva total, pero requiere:

- inversiones mayores en accesos y logística externa,
- gobernanza portuaria fuerte,
- y, una coordinación avanzada con navieras y operadores terrestres.

Desde una perspectiva técnica, los tres escenarios muestran que la entrada de Cuyutlán siempre reduce la concentración, pero solo los escenarios 2 y 3 modifican de forma sustantiva la capacidad máxima efectiva y la resiliencia del sistema.

La diferencia clave no es el porcentaje exacto, sino el rol funcional asignado a la nueva terminal:

- Si Cuyutlán solo “suma capacidad”, el sistema sigue operando cerca del límite.
- Si Cuyutlán redistribuye flujos y funciones, el techo operativo se desplaza hacia arriba.
- Si Cuyutlán se convierte en polo dominante, el sistema entra en una nueva fase de desarrollo portuario.

Estos escenarios de redistribución son el puente técnico entre la estructura actual y las proyecciones de largo plazo. Los escenarios de crecimiento más ambiciosos (2035–2050) solo son plausibles bajo esquemas similares a los escenarios 2 o 3, donde la nueva terminal en Cuyutlán no solo absorbe volumen, sino que reorganiza el sistema portuario completo bajo un enfoque port-led.

En resumen, el escenario alto implica una transformación aún más profunda, que no solo reorganiza funciones, sino que redefine la centralidad del sistema. En este caso, Cuyutlán se convierte progresivamente en el nuevo polo dominante, atrayendo servicios ancla y concentrando las operaciones de mayor escala e intensidad. La intermodalidad ferroviaria se consolida como columna vertebral del sistema ampliado, mientras que las plataformas logísticas externas operan a gran escala como nodos plenamente integrados. Las terminales del recinto histórico evolucionan hacia roles complementarios o especializados, perdiendo su centralidad relativa. Conceptualmente, este escenario corresponde a la consolidación de un polo portuario dominante bajo una lógica port-led avanzada, con reconfiguración geográfica y jerárquica del sistema. No se trata solo de crecer o redistribuir, sino de redefinir la estructura territorial y operativa del puerto. Este modelo permite alcanzar mayores niveles de capacidad efectiva y elasticidad de crecimiento, aunque exige mayor complejidad institucional, inversión y disciplina técnica.

En síntesis, los tres escenarios representan tres niveles de transformación del sistema portuario. El primero describe un sistema que crece en escala sin modificar su arquitectura fundamental. El segundo describe un sistema que modifica su arquitectura operativa sin alterar completamente su centralidad histórica. El tercero describe un sistema que cambia tanto su arquitectura como su centralidad territorial. Esta progresión explica por qué las trayectorias de crecimiento, resiliencia y competitividad divergen hacia 2050. La diferencia no radica únicamente en la demanda futura, sino en el régimen operativo que se decida implementar a partir de la ampliación hacia Cuyutlán.

3.9 Selección del Escenario Desarrollo de la Ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán.

La pregunta sobre cuál de los tres escenarios es el más adecuado para la ampliación en la Laguna de Cuyutlán no puede responderse únicamente en términos de volumen proyectado, sino en función de coherencia técnica, sostenibilidad operativa, viabilidad territorial y posicionamiento estratégico de largo plazo. Desde esa perspectiva integral, el escenario más adecuado para la ampliación es el escenario central, es decir, el modelo de transformación funcional bajo una lógica port-led madura.

El escenario conservador, aunque prudente y técnicamente viable, no aprovecha plenamente el potencial estructural que ofrece la ampliación en un entorno territorial nuevo como Cuyutlán. Si la expansión se limitara a agregar muelles y patios para aliviar la presión inmediata del recinto histórico, el sistema ampliado mantendría la misma arquitectura operativa que hoy muestra signos de tensión. La capacidad nominal aumentaría, pero la capacidad máxima efectiva seguiría condicionada por la evacuación terrestre, la concentración de servicios y la función del patio como regulador forzado. En términos técnicos, se trasladaría el umbral de saturación unos años hacia adelante, pero no se modificaría el régimen operativo que genera variabilidad estructural. Dado que la ampliación en Cuyutlán implica inversión significativa, impacto territorial y complejidad ambiental, utilizarla únicamente como expansión incremental sería subóptimo desde el punto de vista sistémico.

El escenario alto, por su parte, plantea una reconfiguración geográfica completa, donde Cuyutlán se convierte en el nuevo polo dominante del sistema. Este modelo ofrece el mayor potencial de crecimiento y posicionamiento regional, pero también exige una combinación muy exigente de condiciones técnicas, financieras e institucionales. Requiere migración estructural de servicios ancla, intermodalidad ferroviaria dominante desde fases tempranas, plataformas logísticas externas de gran escala plenamente integradas y una gobernanza sistémica consolidada. Además, al desarrollarse en un entorno lagunar sensible, la presión ambiental y social aumenta conforme crece la centralidad operativa. Desde una perspectiva de gestión del riesgo, este escenario implica mayor exposición a desalineaciones entre oferta y demanda durante el periodo de maduración. Técnicamente es posible, pero su implementación exige un grado de coordinación y certidumbre de mercado que debe construirse progresivamente.

El escenario central emerge como el más adecuado porque equilibra transformación estructural con viabilidad gradual. Su base técnica se sustenta en la necesidad de elevar la capacidad máxima efectiva del sistema sin depender exclusivamente del aumento de superficie portuaria. El análisis del comportamiento histórico de Manzanillo muestra que el principal límite no ha sido la productividad de muelle, sino la relación entre descarga intensiva, ocupación de patio y capacidad de evacuación hacia el hinterland. Por ello, la ampliación en Cuyutlán debe diseñarse como instrumento de desacople funcional entre muelle y territorio, no solo como expansión física.

La primera base técnica del escenario central es la redistribución funcional de flujos. Cuyutlán debe absorber parte de los servicios de mayor intensidad operativa, particularmente aquellos asociados a buques de gran tamaño y picos concentrados. Esta redistribución reduce la concentración histórica en pocas terminales y disminuye el riesgo sistémico. No se trata de trasladar volumen por razones administrativas, sino de asignar funciones de acuerdo con diseño, espacio disponible y capacidad de absorción de picos.

La segunda base técnica es el desacople operativo mediante plataformas logísticas externas integradas. El sistema actual muestra que la permanencia promedio en patio se convierte en variable crítica cuando la ocupación supera umbrales sostenibles. Para evitar que la nueva expansión reproduzca este patrón, la regulación logística debe trasladarse parcialmente fuera del recinto inmediato. Plataformas conectadas por corredores dedicados o por intermodalidad ferroviaria permiten reducir la ocupación interna y mantener la rotación del patio dentro de rangos eficientes. Esto incrementa la proporción de capacidad efectiva respecto a la nominal.

La tercera base técnica es la consolidación estructural de la intermodalidad. En el escenario central, el ferrocarril no sustituye totalmente a la carretera, pero sí adquiere un peso significativo en la evacuación de volúmenes en bloque. La sincronización entre arribos marítimos y ventanas ferroviarias reduce la acumulación temporal en patio y disminuye la variabilidad. Esta reducción de variabilidad es clave, ya que la experiencia internacional demuestra que los sistemas logísticos pueden manejar altos volúmenes promedio siempre que la dispersión temporal sea controlada.

La cuarta base técnica es la gobernanza sistémica. Un modelo port-led maduro requiere coordinación entre autoridad portuaria, operadores terminales, sistema ferroviario, aduanas y transporte terrestre. Sin esta coordinación, el sistema ampliado podría fragmentarse en subsistemas que optimizan localmente pero no globalmente. La ampliación en Cuyutlán es una oportunidad para diseñar mecanismos de coordinación desde el inicio, evitando la replicación de asimetrías operativas existentes.

Finalmente, la adecuación del escenario central se justifica también por criterios de sostenibilidad territorial y ambiental. Un modelo redistribuidor y desacoplado permite gestionar

mejor el impacto en el entorno lagunar, ya que evita concentraciones extremas y facilita planificación escalonada del crecimiento. En lugar de convertir a Cuyutlán inmediatamente en un polo dominante con presión máxima desde etapas tempranas, el sistema evoluciona de manera progresiva, ajustando su escala conforme madura la infraestructura y se consolida la integración logística.

En conclusión, el escenario central es el más adecuado para la ampliación en la Laguna de Cuyutlán porque transforma el régimen operativo del sistema sin exigir una redefinición abrupta de su centralidad. Sus bases técnicas se apoyan en redistribución funcional, desacople logístico, intermodalidad estructural y gobernanza integrada. Este modelo eleva la capacidad máxima efectiva, reduce la variabilidad operativa y permite sostener crecimiento hacia 2050 con mayor resiliencia y menor riesgo estructural, manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad para evolucionar hacia un esquema dominante si las condiciones futuras lo justifican.

3.10 Lineamientos de Implementación Estratégica

La conveniencia de adoptar el escenario central como base para la ampliación en la Laguna de Cuyutlán— la recomendación técnica es clara: implementar el escenario central como marco estructural de diseño y ejecución, pero con arquitectura preparada para escalar hacia el escenario alto si las condiciones de mercado lo permiten.

No es recomendable ejecutar la ampliación bajo lógica conservadora, porque implicaría desaprovechar una oportunidad histórica de reorganización sistémica. Tampoco es recomendable diseñarla desde el inicio como polo dominante pleno, porque ello elevaría innecesariamente el riesgo financiero, institucional y ambiental en etapas tempranas. La estrategia óptima es estructurar la ampliación como un modelo port-led maduro y escalable.

A continuación, se describe técnicamente esta recomendación.

El sistema actual de Manzanillo ha mostrado que el principal límite no es la productividad marítima, sino la relación entre intensidad de descarga, ocupación de patio y evacuación terrestre. Por tanto, cualquier ampliación que no modifique esa relación estructural terminará reproduciendo las tensiones actuales en un umbral más alto. El escenario central aborda precisamente ese problema: no solo agrega muelle y patio, sino que introduce desacople funcional mediante plataformas externas e intermodalidad coordinada. Esa es la base técnica que realmente eleva la capacidad máxima efectiva.

Sin embargo, diseñar Cuyutlán desde el inicio como polo dominante implicaría forzar una migración estructural de servicios ancla antes de que la red logística ampliada esté completamente consolidada. La experiencia internacional muestra que los cambios de centralidad requieren maduración operativa, estabilidad institucional y certidumbre comercial. Intentar

acelerar esa transición puede generar sobrecapacidad temporal, subutilización inicial y presión financiera innecesaria.

Por ello, la recomendación es adoptar una estrategia de tres capas.

- Primero, diseñar la infraestructura con estándares compatibles con el escenario alto, aunque la operación inicial corresponda al escenario central. Esto significa prever profundidades, configuraciones de muelle, reservas territoriales y conectividad intermodal que permitan escalar sin rediseños estructurales posteriores.

- Segundo, ejecutar la integración logística desde el inicio bajo principios port-led. Esto implica que la ampliación no debe operar como recinto aislado. Debe incorporar desde su primera fase plataformas externas conectadas, coordinación ferroviaria y sistemas de gestión de flujo. La intermodalidad no debe agregarse como mejora posterior, sino como componente estructural del diseño.

- Tercero, establecer métricas de transición que permitan evaluar cuándo el sistema está preparado para evolucionar hacia un modelo más dominante. Estas métricas deberían incluir ocupación promedio sostenible, participación ferroviaria, variabilidad en tiempos de despacho, nivel de concentración por terminal y estabilidad en programación marítima. Si estos indicadores muestran madurez sistémica, entonces la migración hacia una mayor centralidad en Cuyutlán puede realizarse con menor riesgo.

Desde la perspectiva ambiental y territorial, esta recomendación también es coherente. Un desarrollo escalonado permite ajustar medidas de mitigación, monitoreo y gobernanza conforme crece el volumen, reduciendo conflictos sociales y ambientales en un entorno lagunar sensible.

En términos estratégicos, la recomendación puede resumirse así: construir para el escenario alto, operar inicialmente bajo el escenario central y evitar caer en el escenario conservador.

Esta estrategia maximiza flexibilidad, reduce riesgo estructural y permite que el sistema Manzanillo–Cuyutlán evolucione de manera controlada hacia su máximo potencial hacia 2050.

3.10.1 Ampliación del Sistema Manzanillo–Cuyutlán bajo Enfoque Port-Led Escalable

La ampliación hacia la Laguna de Cuyutlán constituye una intervención estructural que definirá el régimen operativo del sistema portuario hacia 2050. En consecuencia, su implementación no debe entenderse como un proyecto de infraestructura aislado, sino como un

proceso de transformación sistémica escalonada. Los siguientes lineamientos estratégicos establecen el marco técnico bajo el cual la expansión puede maximizar su capacidad efectiva, reducir riesgos estructurales y preservar flexibilidad de evolución futura.

El principio rector es claro: diseñar con estándares compatibles con el escenario alto, operar inicialmente bajo el escenario central y evitar replicar un modelo conservador incremental.

3.10.1.1 Diseño estructural con escalabilidad incorporada

El primer lineamiento consiste en garantizar que la infraestructura marítima y terrestre de Cuyutlán se diseñe con parámetros técnicos compatibles con una futura centralidad dominante, aunque la operación inicial responda a un esquema redistribuidor.

Esto implica que el dimensionamiento de dársenas, calados, configuraciones de muelle, áreas de respaldo y reservas territoriales no debe limitarse al volumen proyectado en la fase inicial, sino contemplar la posibilidad de crecimiento sostenido a largo plazo. La infraestructura básica debe ser robusta desde el origen para evitar rediseños costosos o restricciones estructurales en etapas posteriores.

La planificación física debe prever conectividad intermodal directa, corredores dedicados y espacios para expansión logística externa. La escalabilidad no es solo capacidad adicional, sino posibilidad de transformación funcional sin fricciones estructurales.

3.10.1.2 Implementación temprana del desacople funcional

El segundo lineamiento estratégico es incorporar desde la primera fase de operación el desacople entre muelle, patio y hinterland. La experiencia operativa de Manzanillo demuestra que la capacidad efectiva está determinada por la relación entre intensidad de descarga y evacuación terrestre.

Por ello, la ampliación no debe operar como recinto aislado que acumula inventario, sino como nodo de tránsito integrado a una red logística ampliada. Esto exige que las plataformas externas, los corredores de conexión y la coordinación intermodal estén operativos desde etapas tempranas, incluso si el volumen inicial no exige su máxima capacidad.

El desacople temprano reduce el riesgo de que el nuevo recinto reproduzca patrones de saturación estructural a mediano plazo.

3.10.1.3 Consolidación progresiva de la intermodalidad estructural

La intermodalidad ferroviaria debe concebirse como elemento estructural del sistema ampliado y no como mejora posterior. La coordinación entre ventanas marítimas y ferroviarias permite reducir acumulación en patio y disminuir variabilidad operativa.

El lineamiento estratégico consiste en establecer metas progresivas de participación ferroviaria, acompañadas de infraestructura dedicada y sistemas de programación integrados. La carretera continuará siendo relevante, pero su papel debe ser gestionado mediante mecanismos de regulación de flujo y control de citas que reduzcan concentraciones temporales.

Un sistema con mayor participación intermodal es más resiliente y menos dependiente de condiciones urbanas o congestión externa.

3.10.1.4 Redistribución funcional planificada de servicios

La ampliación en Cuyutlán debe incorporar una estrategia deliberada de redistribución funcional de servicios. Esto no implica traslado forzado de volúmenes, sino asignación coherente de flujos según intensidad operativa, requerimientos de espacio y compatibilidad logística.

Los servicios asociados a descargas de alta intensidad o mayor variabilidad pueden concentrarse progresivamente en el nuevo polo, mientras que las terminales históricas estabilizan su operación en rangos sostenibles. Esta redistribución reduce concentración de riesgo y mejora la resiliencia sistémica.

La planificación debe contemplar mecanismos de transición ordenada, evitando disrupciones comerciales innecesarias.

3.10.1.5 Gobernanza sistémica integrada

La ampliación solo alcanzará su potencial bajo un esquema de gobernanza coordinado. Esto implica articulación entre autoridad portuaria, operadores de terminal, sistema ferroviario, autoridades aduaneras y operadores logísticos.

El lineamiento estratégico consiste en establecer un marco institucional que permita gestión sistémica de ventanas operativas, contingencias y planificación de crecimiento. La coordinación debe centrarse en indicadores globales de desempeño, no solo en métricas individuales por terminal.

Sin gobernanza integrada, el sistema ampliado corre el riesgo de fragmentarse en subsistemas que optimizan localmente sin mejorar el desempeño global.

3.10.1.6 Gestión ambiental y social como componente estructural

Dado que la ampliación se desarrolla en un entorno lagunar sensible, la viabilidad ambiental y social no puede considerarse un requisito accesorio. Debe integrarse desde el diseño como condición estructural del proyecto.

El lineamiento estratégico consiste en implementar monitoreo ambiental continuo, modelaciones hidrodinámicas actualizadas, programas de compensación ecológica y mecanismos de diálogo comunitario permanente. La legitimidad social y ambiental es un activo operativo de largo plazo, no un requisito administrativo.

La gestión ambiental adecuada reduce riesgo de interrupciones futuras y fortalece la estabilidad institucional del sistema ampliado.

3.10.1.7 Implementación escalonada con métricas de transición

La estrategia óptima no es ejecutar inmediatamente el escenario alto, sino operar bajo un modelo central escalable. Para ello, deben definirse métricas objetivas que indiquen cuándo el sistema está preparado para evolucionar hacia una mayor centralidad en Cuyutlán.

Estas métricas pueden incluir niveles sostenibles de ocupación de patio, participación ferroviaria consolidada, reducción de variabilidad en tiempos de despacho y estabilidad en programación marítima. Cuando estos indicadores demuestren madurez operativa, la expansión hacia un modelo dominante podrá realizarse con menor riesgo estructural.

3.10.1.8 Coherencia financiera y control de riesgo

La ampliación debe planificarse bajo un esquema financiero escalonado que evite sobrecapacidad en fases tempranas. El ritmo de inversión debe alinearse con la maduración de la demanda y la consolidación logística.

La flexibilidad financiera es un componente estratégico. Permite ajustar fases de expansión sin comprometer sostenibilidad fiscal o financiera del sistema.

3.10.1.9 Conclusión Estratégica

Los lineamientos de implementación estratégica establecen que la ampliación en Cuyutlán debe concebirse como transformación sistémica escalable. Diseñar con visión de polo dominante, operar inicialmente como redistribuidor port-led y evitar la reproducción de un modelo incremental son los principios que maximizan capacidad efectiva, resiliencia y competitividad hacia 2050.

La decisión no es únicamente cuánto construir, sino cómo organizar el sistema para crecer sin reproducir límites estructurales. Bajo estos lineamientos, el sistema Manzanillo–Cuyutlán puede evolucionar de manera ordenada hacia su máximo potencial logístico y territorial.

4.0 DIAGNÓSTICO DE LA PROPUESTA ORIGINAL DE DESARROLLO PORTUARIO.

4.1 Localización del proyecto y situación actual

4.1.1 Ambiente Natural.

La ampliación del puerto de Manzanillo se plantea desarrollarla en la Laguna de Cuyutlán, al sur de la zona costera de la ciudad de Manzanillo. Dicha Laguna muestra una extensión aproximada de 35 km de longitud y 6 km en su parte más ancha. La Laguna tiene como característica geográfica distintiva, la separación en los cuatro vasos, delimitados por barreras físicas – naturales y artificiales, lo que permite el intercambio de líquido y arrastre de sedimentos entre un vaso y otro. Estas barreras, ya sean de origen natural o antrópica, definen variaciones respecto a la influencia de los ciclos de marea, así como áreas de captación de escurrimientos continentales, y características batimétricas específicas, lo que influye en el intercambio con las aguas marinas costeras adyacentes. Los vasos de captación se muestran en la Figura 4.1, ubicándose las áreas propuestas para la ampliación del puerto dentro del Vaso II.

Figura 4.1 Vasos de la Laguna de Cuyutlán.



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2026.

4.1.2 Infraestructura Existente.

Hoy en día, en el Vaso II de la Laguna ya existen instalaciones para la manipulación de fluidos. En junio de 2009, la SCT otorgó el Título de Concesión en favor de la empresa KMS, para el

uso y aprovechamiento de una zona marítima para la construcción y operación de una terminal portuaria de uso particular, destinada a la recepción, almacenamiento y regasificación de GNL.

La terminal, entró en operación en 2012, y abastece de Gas Natural a la termoeléctrica de la CFE en Manzanillo vía ducto, así como al centro de distribución nacional en Guadalajara. A diferencia de otro tipo de terminales, las estructuras de atraque de KMS están compuestas por duques de alba y una plataforma de operaciones, la cual le permite recibir embarcaciones de hasta 14 metros de calado y 340 metros de eslora.

Figura 4.2 Terminal de Gas Natural Licuado de KMS.



Fuente: Terminal KMS de GNL, S. de R.L. de C.V., 2026.

Para garantizar el acceso de los buques al vaso II de la Laguna, en 2012 se finalizaron las obras de adecuación del Canal de Tepalcates, el cual dispone de una longitud de 1,750 metros, una plantilla de 250 metros entre balizas y una profundidad de unos 15 metros. Las protecciones del canal se componen de dos escolleras de material pétreo y de elementos prefabricados de concreto, perpendiculares a la línea de playa.

Asimismo, existe una protección marginal de 3 kilómetros, que tiene por objeto salvaguardar de la erosión ocasionada por el oleaje continua a ambas márgenes del canal, así como evitar su azolvamiento. De manera complementaria a la adecuación del canal, se llevó a cabo un dragado de la dársena de ciaboga (la cual dispone de un diámetro de 600 metros) y de la dársena de operación de la terminal de KMS (la cual dispone cuenta con un abocinamiento de 600 por 250 metros), de cara a garantizar la navegabilidad y maniobrabilidad de los buques atendidos.

Figura 4.3 Infraestructura Existente en el Vaso II.



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2026.

Existe otra terminal operativa en la barra de campos, denominada Zeta Gas del Pacífico, la cual da servicio de descarga a buques de Gas Licuado del Petróleo y Gas propano. La terminal dispone de un sistema basado en la recepción a través de un campo de monoboyas, transportando posteriormente la mercancía hasta las esferas de almacenamiento. A diferencia del caso de KMS, la distribución de Zeta Gas se produce mediante Auto-tanques.

Aprovechando los cambios derivados de la reforma energética mediante los cuales se abre la posibilidad de participar en los negocios de transporte, almacenamiento, compraventa y distribución de todo tipo de combustibles, hay dos empresas que están desarrollando sus proyectos, siendo el proyecto de Porter y el de Logistica de Fluidos y Graneles (LFG).

A nivel de accesos terrestres a la Laguna, cabe remarcar que la SCT construyó un libramiento ferroviario que comunica la barra de campos con el puerto actual, disponiendo de diferentes zonas con playas de vías para las operaciones de FERROMEX.

Figura 4.4 Infraestructura Ferroviaria Existente en el Vaso II.



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2026.

En cuanto al tema de la conexión por carretera, actualmente existe la carretera No. 200 que se conecta con el viaducto y este a la carretera costera Campos–Cuyutlán, sin embargo, estas vialidades tienen solo dos carriles (uno por sentido), cosa que podría producir congestionamientos en un futuro, debido a la alta demanda de utilización del autotransporte para el ingreso y salida de la carga por la utilización de vehículos urbanos de Manzanillo.

Asimismo, se han identificado una serie de condicionantes que deberán ser considerados a la hora de definir la configuración de las distintas alternativas de desarrollo, especialmente a nivel de ubicación en la Laguna, dado el impacto directo de las condiciones de batimetría y oleaje, así como por la presencia de elementos/barreras físicas como son las torres de transmisión de la CFE, las islas naturales del centro del vaso (isla cocodrilo I y II) y los manglares localizados en las márgenes de la laguna. Dichos condicionantes deben ser considerados para dimensionar las características y la inversión del dragado necesario, así como para dimensionar la infraestructura portuaria y los ramales de conectividad terrestre

Figura 4.5 Infraestructura Viasl Existente en el Vaso II.



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2026.

Figura 4.6 Barreras Físicas Existentes en el Vaso II.



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth, 2026.

4.2 Diagnóstico Ambiental Integral

4.2.1 Descripción de los Componentes Bióticos

La Laguna de Cuyutlán es un humedal costero de gran relevancia ecológica en Colima; el sitio Ramsar “Laguna de Cuyutlán (Vasos III y IV)” concentra una porción muy importante de los humedales del estado y se caracteriza por su diversidad de flora y fauna. Por tal motivo, constituye un sistema lagunar costero de tipo estuarino–hipersalino localizado en el litoral del Pacífico mexicano. Desde el punto de vista ecológico, los sistemas lagunares costeros se caracterizan por presentar alta productividad biológica, marcada variabilidad fisicoquímica y elevada sensibilidad a modificaciones hidrológicas. Su funcionamiento depende del equilibrio entre aportes continentales, intercambio marino, evaporación y dinámica sedimentaria.

En términos bióticos, el sistema se organiza en varios “bloques” ecológicos estrechamente conectados: comunidades de manglar y vegetación asociada, productores primarios acuáticos (fitoplancton y vegetación sumergida/macroalgas cuando las condiciones lo permiten), comunidades bentónicas (invertebrados del fondo), peces y otros vertebrados acuáticos, herpetofauna (reptiles y anfibios), y una avifauna particularmente diversa por la función del humedal como sitio de alimentación, descanso y reproducción.

4.2.2 Funcionamiento ecológico del sistema lagunar

Los sistemas lagunares costeros operan como ecosistemas de transición entre ambientes marinos y continentales. En el caso de Cuyutlán, la conectividad hidrológica parcial con el mar y la subdivisión en vasos generan gradientes espaciales de salinidad, oxigenación y disponibilidad de nutrientes.

Desde el punto de vista técnico, la laguna puede clasificarse como un sistema de circulación restringida en ciertos vasos, lo que implica tiempos de residencia del agua relativamente elevados. Este parámetro es crítico, ya que determina la capacidad de dilución de contaminantes, la estabilidad térmica y la susceptibilidad a procesos de eutrofización.

La productividad primaria constituye el motor energético del sistema. La descomposición de materia orgánica proveniente de manglares y vegetación halófita genera detritos que sustentan cadenas tróficas detritívoras. Este mecanismo es típico de humedales costeros y explica su elevada eficiencia ecológica.

El equilibrio del sistema depende de la estabilidad de los siguientes procesos: intercambio hídrico, balance salino, reciclaje de nutrientes, dinámica sedimentaria y conectividad ecológica.

4.2.3 Componentes Bióticos de la Laguna de Cuyutlán

4.2.3.1 Vegetación estructural y primaria

Los manglares representan el componente estructural dominante en sectores del sistema lagunar. Estas comunidades están adaptadas a condiciones de inundación periódica y salinidad variable, desarrollando raíces aéreas y mecanismos fisiológicos de exclusión o excreción salina. Técnicamente, los manglares actúan como ingenieros ecosistémicos, modificando el microambiente, reduciendo la energía del oleaje y promoviendo la sedimentación.

En el Vaso II, la cobertura de manglar es más fragmentada en comparación con otros vasos, predominando vegetación halófita adaptada a planicies salinas con alta evaporación. Estas comunidades presentan adaptaciones morfofisiológicas como suculencia y reducción foliar para tolerar estrés osmótico.

El fitoplancton y microalgas bentónicas constituyen la base primaria de producción acuática. Su biomasa responde directamente a disponibilidad de nitrógeno y fósforo, temperatura y radiación solar. La variabilidad estacional puede generar pulsos productivos significativos.

Desde el punto de vista técnico, la concentración de clorofila-a es un indicador relevante de productividad y posible eutrofización.

4.2.3.2 Comunidades bentónicas

El bentos del sistema se desarrolla sobre sedimentos predominantemente finos, con fracciones limosas y arcillosas que favorecen acumulación de materia orgánica. Estos sedimentos presentan baja permeabilidad, lo que puede generar gradientes verticales de oxígeno y zonas anóxicas en condiciones de alta carga orgánica.

Los organismos bentónicos cumplen funciones de bioturbación, es decir, remueven y oxigenan sedimentos, contribuyendo al reciclaje de nutrientes. La diversidad de poliquetos, moluscos y crustáceos está estrechamente asociada a la calidad ambiental.

En sistemas con perturbación física frecuente o hipoxia, se observa dominancia de especies oportunistas de ciclo corto, lo que constituye un indicador de estrés ambiental.

4.2.3.3 Ictiofauna y dinámica trófica

El sistema lagunar funciona como área de reclutamiento para especies marino-estuarinas. Las zonas someras y protegidas ofrecen refugio contra depredadores y condiciones favorables para crecimiento juvenil.

Desde el punto de vista ecológico, la diversidad ictiológica depende de la estabilidad salina y conectividad con el mar. Cambios abruptos en salinidad o disminución de oxígeno pueden generar mortalidad o desplazamiento.

La dinámica trófica integra fitoplancton, zooplancton, bentos e ictiofauna, formando una red interdependiente. La alteración de cualquiera de estos componentes impacta niveles superiores, incluyendo aves piscívoras.

4.2.3.4 Avifauna y función ecosistémica

Las aves acuáticas utilizan el sistema como sitio de alimentación, descanso y, en algunos casos, reproducción. Las planicies someras del Vaso II ofrecen condiciones óptimas para aves playeras que dependen de invertebrados bentónicos.

Desde el punto de vista técnico, la abundancia y riqueza de aves constituyen indicadores integradores del estado del ecosistema, ya que reflejan disponibilidad trófica y estabilidad hidrológica.

4.2.3.5 Reptiles y otros vertebrados

La presencia de reptiles estuarinos indica conectividad ecológica funcional. Estos organismos ocupan niveles tróficos superiores y su permanencia depende de disponibilidad de presas y hábitat estructural adecuado.

4.2.4 Diagnóstico específico del Vaso II

El Vaso II presenta profundidad reducida y alta evaporación, lo que genera tendencia natural a la hipersalinidad en periodos secos. Desde el punto de vista hidrológico, la limitada renovación hídrica incrementa el tiempo de residencia del agua, amplificando efectos de aportes externos.

La comunidad biológica muestra adaptaciones a condiciones fluctuantes; sin embargo, la resiliencia del sistema es limitada ante perturbaciones acumulativas.

La estructura bentónica y la composición de aves sugieren que el sistema mantiene funcionalidad, aunque con signos potenciales de simplificación en sectores sujetos a mayor perturbación.

4.2.4.1 Problemática ambiental actual

a. **Alteraciones hidrodinámicas:** Las modificaciones en conectividad entre vasos, dragados regionales y obras de infraestructura pueden alterar la circulación interna. Técnicamente, cambios en régimen de mezcla influyen en distribución de salinidad y oxígeno, afectando procesos ecológicos.

b. **Incremento de salinidad:** En sistemas someros, la evaporación puede superar aportes hídricos, generando hipersalinidad. Este fenómeno reduce diversidad biológica y favorece especies tolerantes, disminuyendo complejidad ecológica.

c. **Eutrofización:** Aportes de nutrientes inducen crecimiento fitoplanctónico excesivo. La descomposición subsecuente consume oxígeno, pudiendo generar hipoxia o anoxia. Estos procesos afectan principalmente bentos e ictiofauna juvenil.

d. **Fragmentación de hábitat:** La reducción de vegetación ribereña disminuye conectividad ecológica y capacidad de amortiguamiento ante eventos extremos.

Con base en estructura biológica, procesos ecológicos y presiones identificadas, el Vaso II presenta condición ecológica funcional pero vulnerable. El sistema muestra resiliencia moderada, condicionada a mantener conectividad y control de aportes externos.

El estado se clasifica como intermedio con tendencia a degradación si las presiones hidrológicas y de calidad de agua aumentan.

4.2.5 El Manglar en la Laguna de Cuyutlán

El manglar es uno de los ecosistemas más relevantes dentro de los humedales costeros tropicales y subtropicales. Se desarrolla en zonas intermareales protegidas, donde convergen procesos marinos y continentales, y donde los suelos presentan condiciones de inundación periódica, alta salinidad y baja disponibilidad de oxígeno.

Desde el punto de vista ecológico, los manglares cumplen funciones estructurales y funcionales críticas. Actúan como ingenieros ecosistémicos al modificar el ambiente físico mediante la retención de sedimentos, reducción de energía hidrodinámica y estabilización de suelos. Asimismo, constituyen uno de los sistemas más eficientes en captura y almacenamiento de carbono, particularmente en sus suelos orgánicos saturados.

En sistemas lagunares como la Laguna de Cuyutlán, el manglar representa el principal componente vegetal estructural que vincula el medio terrestre con el acuático y que sostiene redes tróficas basadas en detritos.

En la Laguna de Cuyutlán, el manglar se distribuye en sectores con condiciones adecuadas de inundación y salinidad moderada, principalmente en zonas con mayor estabilidad hidrológica y cercanas a conexiones con el mar o con aportes de agua dulce estacional.

Las especies dominantes en el sistema corresponden a las típicas del Pacífico mexicano:

- *Rhizophora mangle* (mangle rojo), asociada a zonas de mayor influencia hídrica.
- *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), presente en sectores ligeramente más elevados.
- *Avicennia germinans* (mangle negro), en zonas con mayor salinidad y menor frecuencia de inundación.
- *Conocarpus erectus* (botoncillo), en áreas de transición hacia ambientes más secos.

La estructura del manglar en Cuyutlán puede clasificarse como manglar ribereño y manglar de cuenca, dependiendo de su ubicación y régimen hídrico. En sectores con mayor permanencia de agua se desarrollan comunidades más densas y con mayor altura arbórea, mientras que en zonas con alta evaporación y salinidad extrema la vegetación tiende a ser más baja y menos diversa.

El manglar del sistema cumple funciones clave como área de refugio y crianza para peces y crustáceos juveniles, hábitat para aves residentes y migratorias, protección contra erosión y filtración de nutrientes provenientes de escorrentía superficial.

4.2.5.1 Estado general del manglar en la Laguna de Cuyutlán

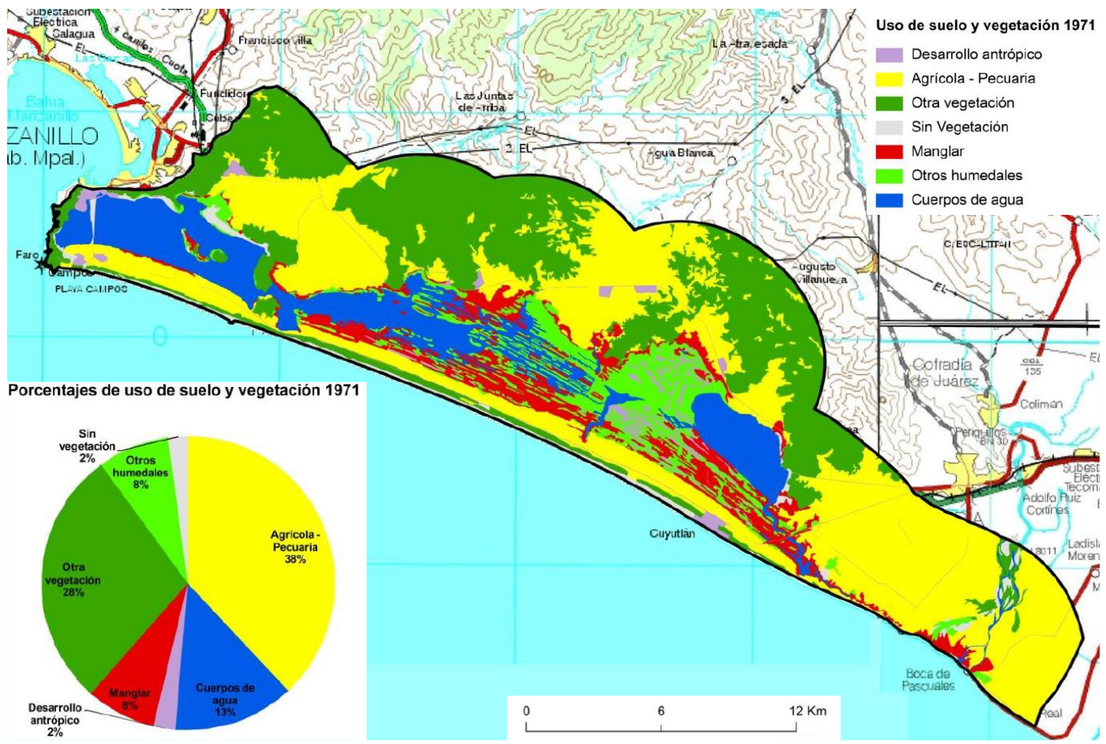
Históricamente, el sistema lagunar ha experimentado reducción y fragmentación de cobertura de manglar asociadas a procesos de expansión urbana, infraestructura portuaria, modificación de conectividad hídrica y cambios de uso de suelo.

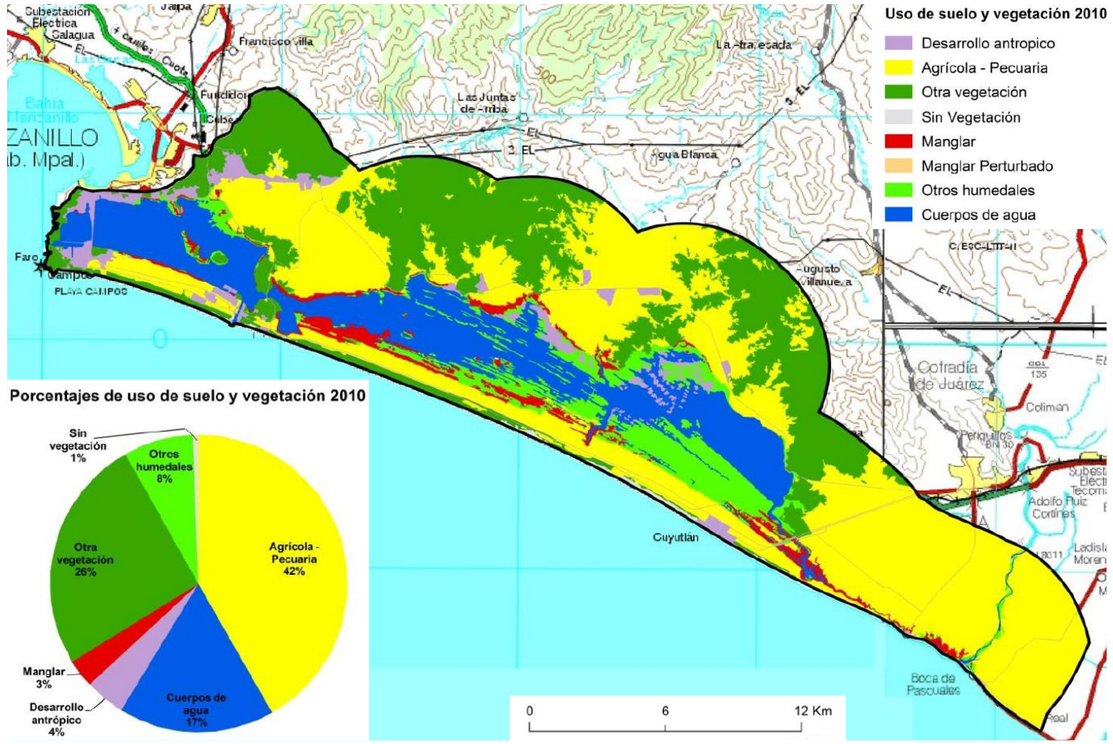
Las alteraciones de la Laguna derivadas de las actividades productivas, así como de las diferentes obras de infraestructura, han afectado a la cobertura del manglar a lo largo de los años. A continuación, se presentan dos imágenes comparativas de la evolución de la superficie de manglar entre 1971 y 2010.

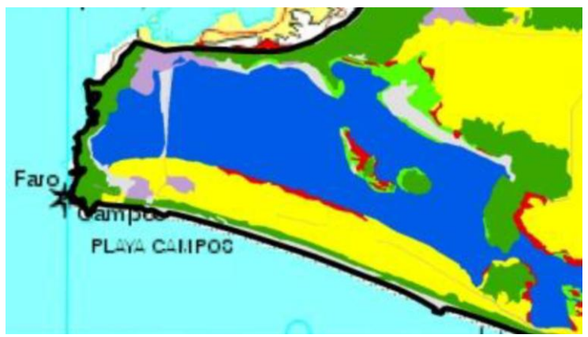
Desde el punto de vista técnico, la fragmentación reduce conectividad ecológica, limita flujo genético entre poblaciones y disminuye resiliencia ante perturbaciones. Asimismo, alteraciones hidrológicas que modifiquen el régimen natural de inundación pueden inducir estrés fisiológico en las especies de manglar, manifestado en reducción de crecimiento, mortalidad localizada o sustitución por vegetación halófita.

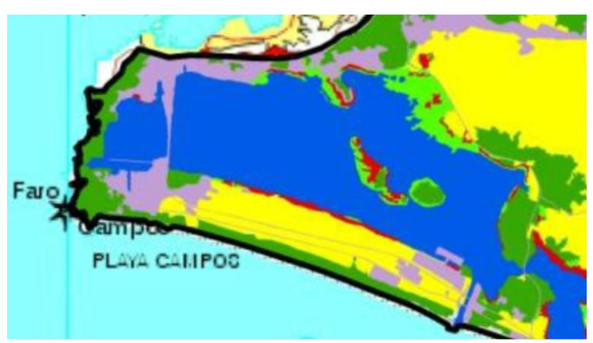
La estabilidad del manglar depende de tres variables fundamentales: régimen hídrico adecuado, salinidad dentro de rangos tolerables y estabilidad del sustrato.

Figura 4.7 Comparación del Uso de Suelo y Vegetación en la Laguna de Cuyutlán de 1971 al 2010.



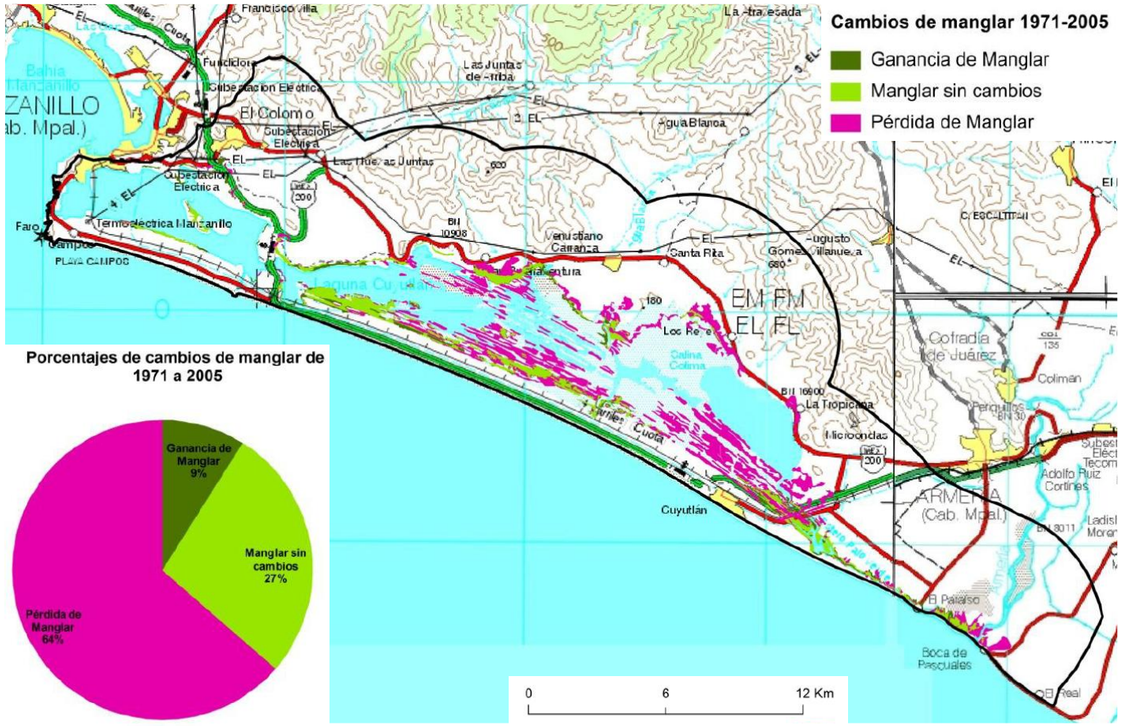


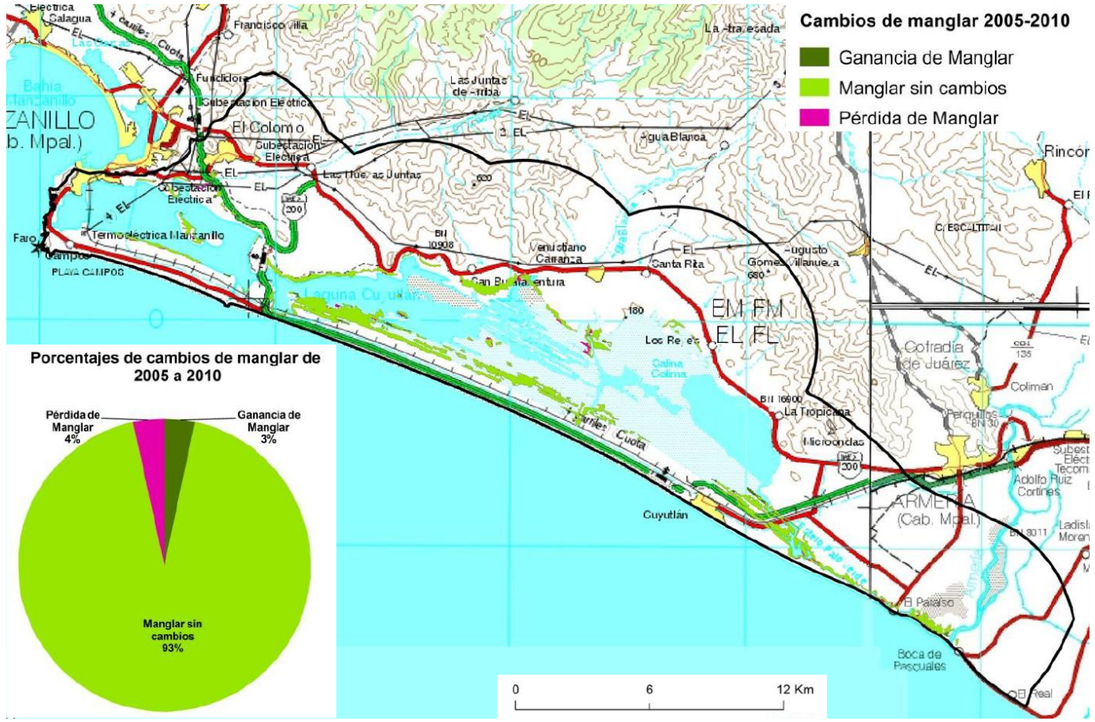




Fuente:
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares, Región Pacífico Centro (1971). Escala 1:50,000. CONABIO. México.
-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- INEGI. 1998. Cartas topográficas digitales E13-2, E13-3 y E13-6. Escala 1:250,000.
- Proyección: Universal Transversa de Mercator. Zona 13. Datum:WGS84

Figura 4.8 Cambios del Manglar en la Laguna de Cuyutlán de 1971 al 2010.





Fuente:
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera asociada a los manglares, Región Pacífico Centro (1971). Escala 1:50,000. CONABIO. México.
-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- INEGI. 1998. Cartas topográficas digitales E13-2, E13-3 y E13-6. Escala 1:250,000.
- Proyección: Universal Transversa de Mercator. Zona 13. Datum:WGS84

4.2.6 El manglar en el Vaso II.

4.2.6.1 Distribución y características estructurales.

En el Vaso II, la cobertura de manglar es más limitada y fragmentada en comparación con otros vasos del sistema. Esto se debe principalmente a las condiciones particulares de este vaso, caracterizado por baja profundidad, alta evaporación y tendencia a hipersalinidad estacional.

Las comunidades presentes en el Vaso II suelen desarrollarse en bordes y zonas de transición, donde la salinidad no alcanza niveles extremos. Predomina el mangle blanco y el mangle negro en sectores con mayor exposición a variaciones salinas. El mangle rojo, que requiere mayor influencia hídrica permanente, se presenta en menor proporción.

La estructura vertical del manglar en el Vaso II tiende a ser de menor altura y densidad, lo cual es consistente con condiciones ambientales más restrictivas.

Aunque su extensión es menor, el manglar del Vaso II desempeña funciones ecológicas esenciales. Proporciona microhábitats para invertebrados asociados a raíces, refugio para juveniles de peces y zonas de percha y anidación para aves.

El aporte de hojarasca y detritos constituye una fuente primaria de carbono orgánico que alimenta la red trófica bentónica y contribuye al reciclaje de nutrientes.

Desde el punto de vista hidrológico, el manglar actúa como zona de amortiguamiento frente a fluctuaciones extremas de salinidad y protege bordes lagunares contra erosión.

4.2.6.2 Vulnerabilidad del manglar en el Vaso II.

El manglar en el Vaso II presenta alta vulnerabilidad debido a:

- La tendencia natural a hipersalinidad en periodos de estiaje, que puede superar la tolerancia fisiológica de algunas especies.
- La posible alteración de conectividad hídrica derivada de infraestructura regional, que modifica el régimen de inundación necesario para el mantenimiento del ecosistema.
- La fragmentación espacial, que reduce la resiliencia frente a perturbaciones climáticas o antrópicas.
- La acumulación de sedimentos finos y materia orgánica en condiciones de baja renovación, que puede generar estrés radicular por anoxia.

Desde un enfoque técnico, la alteración del régimen hídrico es el factor de mayor riesgo para el manglar del Vaso II, ya que este ecosistema depende estrictamente de ciclos periódicos de inundación y renovación de agua.

Con base en condiciones hidrológicas, estructura vegetal y presiones identificadas, el manglar del Vaso II puede considerarse funcional pero vulnerable. Su persistencia depende del mantenimiento de conectividad hídrica adecuada, control de aportes contaminantes y prevención de nuevas fragmentaciones.

El estado puede clasificarse como intermedio, con tendencia a deterioro en ausencia de manejo específico orientado a restauración hidrológica y conservación de bordes vegetados.

En resumen, el manglar de la Laguna de Cuyutlán constituye el principal soporte estructural y funcional del ecosistema lagunar. En el Vaso II, aunque su cobertura es más limitada, cumple funciones ecológicas estratégicas y representa un componente crítico para la estabilidad ambiental del sistema.

La preservación del régimen hidrológico natural y la reducción de presiones antrópicas son condiciones indispensables para mantener su integridad ecológica y garantizar la continuidad de los servicios ecosistémicos asociados.

4.2.7 Descripción de los Componentes Abióticos

La Laguna de Cuyutlán constituye un sistema lagunar costero del Pacífico mexicano cuya configuración física y funcionamiento ecológico están determinados por un conjunto de componentes abióticos interrelacionados. Estos incluyen la geomorfología, geología, batimetría, hidrodinámica, régimen climático, calidad del agua, características fisicoquímicas, sedimentología y procesos de intercambio marino-continental. El análisis integral de estos elementos es indispensable para comprender la dinámica natural del sistema y su sensibilidad ante intervenciones antrópicas.

4.2.7.1 Geomorfología y configuración espacial

La Laguna de Cuyutlán se ubica en una planicie costera aluvial, separada del océano Pacífico por una barra litoral arenosa relativamente estrecha. El sistema presenta forma elongada paralela a la línea de costa y está subdividido en varios vasos interconectados, con diferencias en profundidad, conectividad y régimen salino.

Geomorfológicamente, el sistema corresponde a una laguna costera de barrera, formada por la acumulación progresiva de sedimentos marinos y continentales que aislaron antiguos brazos marinos. La barra arenosa que la separa del océano actúa como control natural de

intercambio hidráulico, mientras que las conexiones artificiales o naturales determinan el grado de influencia marina.

El Vaso II, en particular, presenta morfología predominantemente somera, con extensas planicies submareales y presencia de islotes centrales formados por acumulación sedimentaria. Esta condición geomorfológica condiciona su comportamiento hidrodinámico y su alta sensibilidad a cambios en profundidad o circulación.

4.2.7.2 Geología y sustrato

El sustrato de la laguna está compuesto principalmente por sedimentos cuaternarios recientes de origen marino, fluvial y lagunar. Predominan materiales finos como limos y arcillas con alto contenido de materia orgánica, especialmente en zonas de baja energía hidráulica.

La geología regional corresponde a depósitos aluviales costeros sobre basamento volcánico más antiguo. La presencia de sedimentos blandos y saturados determina baja capacidad portante natural del suelo y alta susceptibilidad a procesos de consolidación y asentamiento bajo cargas adicionales.

Desde el punto de vista geoquímico, los sedimentos pueden presentar condiciones reductoras en capas profundas debido a acumulación de materia orgánica y baja oxigenación, lo cual influye en ciclos biogeoquímicos de nitrógeno, fósforo y azufre.

4.2.7.3 Batimetría y morfología del fondo

La laguna se caracteriza por profundidades relativamente bajas, que en muchos sectores no superan los pocos metros. La batimetría es heterogénea, con áreas más profundas asociadas a antiguos canales o zonas de mayor intercambio, y extensas planicies someras que quedan parcialmente expuestas en periodos de nivel bajo.

El Vaso II presenta particularmente una batimetría muy somera, lo que incrementa su vulnerabilidad a evaporación, variaciones térmicas y acumulación de sedimentos. Esta condición influye directamente en la dinámica de mezcla vertical y en el comportamiento térmico del cuerpo de agua.

La morfología del fondo está sujeta a procesos de sedimentación continua, redistribución por corrientes internas y aportes fluviales episódicos durante temporada de lluvias.

4.2.7.4 Hidrodinámica y circulación

La hidrodinámica de la Laguna de Cuyutlán está determinada por una combinación de factores: intercambio con el océano, mareas, viento, evaporación y aportes pluviales. La amplitud

de marea en el Pacífico mexicano es relativamente moderada; sin embargo, su efecto se amplifica o atenúa dependiendo del grado de conectividad entre vasos.

En sectores con conectividad restringida, como el Vaso II, el tiempo de residencia del agua tiende a ser mayor, lo que implica menor capacidad de dilución de contaminantes y mayor susceptibilidad a estratificación salina y térmica.

El viento desempeña un papel importante en la generación de corrientes superficiales y mezcla vertical, especialmente en cuerpos someros. En temporada seca, la evaporación intensa incrementa la salinidad y densidad del agua superficial, pudiendo inducir circulación por gradientes de densidad.

4.2.7.5 Régimen climático

El clima de la región es tropical subhúmedo con temporada de lluvias en verano y estiaje prolongado durante el invierno y primavera. Las temperaturas medias anuales son elevadas, con alta radiación solar.

La evaporación potencial anual es significativa y, en combinación con la limitada renovación hídrica en ciertos vasos, genera incrementos estacionales de salinidad. Durante la temporada de lluvias, los aportes pluviales reducen temporalmente la salinidad y aumentan la turbidez por escorrentía.

Eventos extremos como tormentas tropicales y huracanes pueden generar cambios abruptos en niveles de agua, redistribución de sedimentos y alteraciones temporales en calidad del agua.

4.2.7.6 Calidad del agua y parámetros fisicoquímicos

La calidad del agua en la Laguna de Cuyutlán está determinada por la interacción entre evaporación, intercambio marino y aportes continentales. Los principales parámetros fisicoquímicos de interés incluyen salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez y concentración de nutrientes.

La salinidad presenta variaciones espaciales y estacionales. En vasos con menor renovación, puede alcanzar valores hipersalinos durante estiaje. La temperatura superficial tiende a ser alta debido a la poca profundidad y alta radiación solar.

El oxígeno disuelto puede presentar variabilidad diaria significativa asociada a actividad fotosintética y respiración biológica, y puede disminuir en zonas con alta carga orgánica o bajo intercambio.

La turbidez depende de resuspensión de sedimentos finos por viento o corrientes, así como de aportes pluviales.

4.2.7.7 Procesos sedimentarios

El sistema lagunar funciona como zona de depósito de sedimentos finos transportados desde cuencas continentales y redistribuidos por dinámica marina. La baja energía hidráulica en sectores internos favorece acumulación de limos y arcillas.

Los islotes centrales del Vaso II son producto de procesos de acumulación progresiva y desempeñan función geomorfológica relevante al modificar corrientes internas y patrones de sedimentación.

La alteración de estos procesos, por ejemplo mediante dragado o modificación geométrica, puede desencadenar cambios en el balance sedimentario y generar erosión o colmatación en nuevas áreas.

4.2.7.8 Balance salino y evaporación

El balance salino es un componente crítico del sistema. En periodos secos, la evaporación supera aportes de agua dulce, concentrando sales en el cuerpo lagunar. En vasos con baja renovación, este proceso puede inducir hipersalinidad.

La estabilidad del sistema depende de la relación entre evaporación, intercambio marino y aportes pluviales. Cambios en conectividad o profundidad pueden modificar este balance.

4.2.7.9 Nivel del mar y variabilidad hidrológica

La laguna está sujeta a fluctuaciones de nivel asociadas a mareas, presión atmosférica y eventos meteorológicos extremos. A largo plazo, el aumento del nivel medio del mar representa un factor adicional de presión, que puede modificar gradientes hidráulicos y provocar intrusión salina.

4.2.7.10 Conclusión técnica

Los componentes abióticos de la Laguna de Cuyutlán configuran un sistema físicamente dinámico pero delicado, donde la baja profundidad, la sedimentación fina, la evaporación intensa y la conectividad variable determinan un equilibrio hidrodinámico y geoquímico sensible. El Vaso II, por su carácter somero y restringido, presenta mayor vulnerabilidad ante modificaciones geométricas o hidrológicas.

La comprensión detallada de estos componentes es fundamental para cualquier análisis de impacto, planeación portuaria o estrategia de manejo integral del sistema lagunar.

4.2.7.11 Interacción entre los componentes abióticos de la Laguna de Cuyutlán y la ampliación portuaria en el Vaso II

La ampliación del Puerto de Manzanillo hacia el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán implica la modificación directa de un sistema físico caracterizado por baja profundidad, alta evaporación, dinámica sedimentaria fina y conectividad hidrológica limitada. La intervención proyectada, que contempla dragado de profundización, conformación de dársenas, rellenos hidráulicos y construcción de infraestructura rígida, interactúa con cada uno de los componentes abióticos del sistema de manera estructural y no meramente superficial. En este sentido, el análisis debe centrarse en la alteración de procesos físicos fundamentales más que únicamente en la transformación espacial del cuerpo de agua.

a. Interacción con la geomorfología y batimetría

La geomorfología actual del Vaso II responde a un equilibrio natural entre sedimentación fina, evaporación y circulación interna de baja energía. La profundización artificial del vaso para habilitar canales de navegación rompe esta condición somera, generando zonas de mayor profundidad que alteran la distribución natural de gradientes hidráulicos.

La creación de un canal profundo en un sistema originalmente plano puede inducir fenómenos de concentración de flujo, modificando trayectorias de circulación y generando patrones de erosión en áreas previamente estables. Asimismo, la rectificación geométrica del vaso para adecuarlo a radios de giro de buques puede implicar la eliminación de irregularidades naturales que actualmente cumplen funciones de disipación de energía.

El resultado esperado es una transición de un sistema lagunar dominado por energía baja y sedimentación difusa a un sistema parcialmente canalizado, con trayectorias hidráulicas definidas y gradientes artificiales de profundidad.

b. Interacción con la hidrodinámica

La hidrodinámica del Vaso II está condicionada por intercambio restringido y por influencia eólica significativa. La ampliación portuaria introduce tres factores de modificación:

En primer lugar, el aumento de profundidad genera cambios en la estratificación térmica y salina, pudiendo favorecer capas de mayor estabilidad vertical donde disminuye la mezcla natural.

En segundo lugar, la presencia de estructuras rígidas modifica la circulación lateral, generando zonas de recirculación o “zonas muertas” con tiempos de residencia elevados.

En tercer lugar, el tránsito frecuente de embarcaciones de gran calado introduce energía mecánica adicional mediante oleaje inducido y corrientes de hélice, alterando el patrón natural de mezcla superficial.

Estos cambios pueden incrementar la heterogeneidad espacial del sistema y generar microambientes con condiciones fisicoquímicas diferenciadas, algunas potencialmente desfavorables para el equilibrio natural.

c. Interacción con el balance salino

El Vaso II presenta tendencia natural a concentraciones salinas elevadas durante periodos de estiaje debido a evaporación intensa. La modificación geométrica puede alterar el balance salino de dos maneras posibles.

Si la profundización incrementa el intercambio marino, podría reducirse parcialmente la hipersalinidad estacional, pero también introducir agua de mayor densidad que altere la estratificación vertical. Si, por el contrario, se generan compartimentaciones o barreras que limiten circulación transversal, podrían establecerse zonas de mayor concentración salina y tiempos de residencia más largos.

El balance final dependerá de la configuración hidráulica adoptada, pero en ambos casos el régimen salino natural será modificado, con posibles efectos en procesos biogeoquímicos asociados.

d. Interacción con procesos sedimentarios

La laguna funciona como trampa natural de sedimentos finos. El dragado inicial para habilitar el canal implica la remoción masiva de sedimentos blandos con alto contenido de materia orgánica. Durante la fase constructiva, la resuspensión incrementará turbidez y podrá redistribuir partículas finas hacia zonas adyacentes.

Posteriormente, el nuevo equilibrio morfodinámico tenderá a compensar la alteración. Los islotes centrales actualmente actúan como moduladores de flujo y zonas de deposición. Su modificación o eliminación podría alterar el patrón de transporte sedimentario, generando erosión en bordes lagunares o acumulación acelerada en áreas dragadas.

Este proceso implica que el sistema podría requerir dragados de mantenimiento frecuentes, con implicaciones ambientales y económicas acumulativas.

e. Interacción con la calidad del agua

La calidad del agua en sistemas someros depende de la interacción entre producción primaria, respiración, mezcla y renovación. La profundización y el aumento del tiempo de residencia en determinadas áreas pueden favorecer procesos de estratificación térmica y disminución de oxígeno en capas inferiores.

La resuspensión de sedimentos ricos en materia orgánica durante dragado incrementa la demanda bioquímica de oxígeno, pudiendo generar episodios de hipoxia local. En un sistema con limitada renovación, estos eventos pueden prolongarse más que en ambientes abiertos.

Además, el aumento de tráfico marítimo incrementa el riesgo de derrames accidentales, descargas no intencionales y aportes difusos de contaminantes asociados a operación portuaria.

f. Interacción con el régimen climático y eventos extremos

La laguna está expuesta a ciclones y tormentas tropicales que generan variaciones abruptas en nivel del agua y redistribución de sedimentos. La presencia de infraestructura rígida modifica la respuesta del sistema ante estos eventos.

Plataformas y muelles pueden actuar como barreras que reflejen energía de oleaje, generando concentración de esfuerzos en puntos específicos. Asimismo, la modificación del relieve submarino puede alterar la propagación de ondas internas durante eventos extremos.

El diseño debe considerar escenarios de cambio climático y aumento del nivel medio del mar, incorporando márgenes de seguridad hidráulica y estructural.

g. Interacción con la estabilidad geotécnica

Los sedimentos del Vaso II presentan baja resistencia y alta compresibilidad. La colocación de rellenos masivos para plataformas portuarias implica procesos de consolidación que pueden extenderse durante años.

Si no se aplican técnicas adecuadas de mejoramiento de suelos, pueden presentarse asentamientos diferenciales que afecten integridad estructural y generen fracturas en pavimentos, sistemas de drenaje o cimentaciones.

Asimismo, la redistribución de cargas puede inducir cambios en esfuerzos laterales en sedimentos blandos, incrementando riesgo de inestabilidad marginal.

h. Evaluación integrada del cambio físico del sistema

La ampliación portuaria no representa una alteración aislada de un componente abiótico específico; constituye una transformación integral del régimen físico del Vaso II. Se pasa de un sistema dominado por procesos naturales de baja energía, sedimentación difusa y variabilidad salina estacional, a un sistema parcialmente canalizado, con profundidades artificiales, energía inducida por navegación y mantenimiento hidráulico permanente.

La magnitud de este cambio determina que el análisis no pueda limitarse a impactos puntuales, sino que debe evaluar el riesgo de transición de régimen físico del sistema lagunar.

i. Conclusión técnica

La interacción entre los componentes abióticos de la Laguna de Cuyutlán y la ampliación portuaria en el Vaso II es estructural y sistémica. La modificación de geomorfología, hidrodinámica y procesos sedimentarios puede desencadenar ajustes morfodinámicos de largo plazo, alterar el balance salino y modificar la calidad del agua.

Dado que el Vaso II presenta condiciones naturales de alta sensibilidad por su baja profundidad y limitada renovación hídrica, cualquier intervención debe fundamentarse en modelación avanzada, monitoreo continuo y diseño adaptativo, de manera que la ingeniería portuaria se ajuste a los límites físicos del sistema lagunar.

4.3 Diagnóstico de la Propuesta Original de Desarrollo Portuario.

4.3.1 Descripción técnica del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán.

La ampliación del Puerto de Manzanillo hacia la Laguna de Cuyutlán, denominada “Nuevo Puerto Manzanillo-Cuyutlán”, constituye uno de los principales proyectos de infraestructura portuaria en México, promovido por la administración federal y ejecutado bajo coordinación de la Secretaría de Marina (SEMAR). Su propósito es responder al crecimiento sostenido del comercio marítimo internacional y consolidar a México como un nodo logístico competitivo en América Latina y el Pacífico mundial.

Estructuralmente, el proyecto considera la expansión del actual recinto portuario de Manzanillo —que cubre aproximadamente 450 hectáreas— a una superficie de alrededor de 1,800 a 1,880 hectáreas en la Laguna de Cuyutlán, lo que representa casi cuatro veces la extensión actual del puerto. Esta nueva área se ubica principalmente en el Vaso II de la laguna, un cuerpo lagunar somero cuya transformación implicará la construcción de infraestructura terrestre y marítima compleja para soportar operaciones de carga y descarga de gran escala.

La propuesta de ampliación contempla la siguiente infraestructura:

1. El área del Recinto Nuevo Manzanillo Cuyutlán es de 1,880 ha.

2. Terminales Privadas para el manejo de Combustibles

    - Terminal de Petroliferos de LFG
    - Terminal de Petroliferos Porter

3. Terminal de Almacenamiento y Distribución de PEMEX (3.7 millones de barriles de almacenamiento de gasolina y diésel). Contará con tres muelles y tendrá capacidad de recibir hasta cinco buques petroleros

4. Mega Terminales de Contenedores No. 3 y 4, con una superficie de 100 ha cada una. Cada terminal tendrá una capacidad de 2.5 millones de TEU's anuales. Cada terminal tendrá 1,500 m de muelle y podrán recibir hasta 3 megabuques simultáneamente cada una.

5. Instalaciones para la Aduana de Importaciones y estará conectada directamente a las vías de ferrocarril.

6. Contará con una central de emergencia.

7. Un Comando Unificado Marítimo (CUMAR).

8. Una Unidad Naval de Protección Portuaria (UNAPROP)

9. Instalaciones para una Aduana de Exportación

10. Canal de Navegación, con un ancho de 250 m a una profundidad de-17 m y dos dársenas de maniobra (una de 800 m de diámetro y una de 600 m de diámetro) adicionales a la existente.

11. Viaductos elevados para el ferrocarril y auto transporte

12. Terminales especializadas de contenedores No. 5 y 6, en una segunda fase de construcción, con una superficie de 100 ha cada una. Cada terminal tendrá una capacidad de 2.5 millones de TEU's anuales.

Figura 4.9 Propuesta de Ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán.



Fuente: ASIPONA Manzanillo, 2026.

Desde la perspectiva de ingeniería portuaria, la ampliación incluye la construcción de un canal de navegación profundo con dársenas de maniobra para permitir el ingreso y salida segura de buques de gran calado. Este canal será objeto de dragado de profundización y mantenimiento, y se espera que el diseño permita operar embarcaciones tipo Post-Panamax con calados superiores a los existentes en la laguna actual, aunque los valores específicos de calado final dependen de los estudios hidrográficos finales y del proyecto ejecutivo aprobado

La implantación del nuevo puerto comprende varias terminales especializadas: terminales de contenedores con alta capacidad operativa, áreas para carga general, graneles agrícolas, graneles minerales y una terminal especializada para hidrocarburos. De acuerdo con informes oficiales, se proyecta que estas nuevas terminales puedan movilizar hasta 2.5 millones de TEU's por año en una de las terminales especializadas de contenedores, lo cual ampliaría la capacidad total del puerto de los actuales 4.7 millones de TEU's anuales hasta cerca de 10 millones de TEU's cuando el proyecto esté en operación completa, consolidando a Manzanillo como uno de los principales recintos portuarios de América Latina.

Los nuevos espacios portuarios se planean como plataformas de operación integradas, que incluyen patios de contenedores equipados con pavimentos de alta resistencia y sistemas de

almacenamiento, zonas de servicios logísticos, casetas aduanales, oficinas administrativas y áreas de inspección. En la configuración de ingeniería, se cuentan también espacios para equipos de manejo de carga pesada como grúas pórtico, reach stackers y vehículos eléctricos de traslado de contenedores. La coordinación entre la administración portuaria y operadores logísticos contempla la instalación de infraestructura digital para control y monitoreo de operaciones en tiempo real.

En materia de accesos terrestres, la ampliación incluye obras de conectividad vial y ferroviaria. Se planea infraestructura de carreteras de varios carriles que enlacen el nuevo puerto con la red nacional de carreteras, así como ramales ferroviarios dedicados que permitan el traslado eficiente de mercancías hacia y desde el centro del país y hacia frontera norte para su exportación o tránsito internacional. Aunque no se han difundido públicamente los metros lineales específicos, los proyectos referidos contemplan trenes prioritarios a la logística portuaria y carreteras de alta capacidad, incluyendo ampliaciones de autopistas existentes como la Colima–Manzanillo, con tramos de cuatro a seis carriles y vialidades estratégicas de integración con el recinto portuario.

La obra se concibe en dos etapas principales. La primera etapa abarca los dragados necesarios al canal de navegación, la preparación de terrenos mediante terracerías y rellenos hidráulicos, y la construcción de infraestructura básica —incluidas vialidades portuarias y accesos ferroviarios primarios— para permitir el establecimiento de las primeras terminales privadas. Esta fase también incluye la preparación de bases de cimentación para las estructuras pesadas y trabajos de mejoramiento de suelos. La segunda etapa se concentra en la construcción de terminales especializadas, infraestructura complementaria de servicios (agua potable, drenaje, electricidad, fibra óptica), estaciones de control aduanal, áreas administrativas y corredores de servicios integrados, las cuales estarán ubicadas donde actualmente se encuentran las islas Cocodrilo I y II.

La ingeniería portuaria también considera el manejo de sedimentos dragados. Dadas las características del Vaso II —sedimentos finos con alta materia orgánica y tiempos largos de residencia de agua—, será indispensable diseñar estrategias de disposición o reutilización de sedimentos que cumplan con la legislación ambiental, con análisis fisicoquímicos previos para evitar impactos en la calidad del agua y en los ecosistemas circundantes. Otra dimensión técnica está relacionada con la estabilidad de plataformas portuarias, las cuales requieren ingeniería geotécnica para prevenir asentamientos diferenciales, lo cual puede requerir el uso de mejoramientos de suelo como precarga, columnas de grava o drenes verticales.

El proyecto está programado para desarrollarse a lo largo de varios años, con inicio de obras preparatorias y dragado orientadas a completarse hacia mediados de la década, y con operaciones iniciales de terminales proyectadas para estar en servicio hacia 2029-2030, según los cronogramas de coordinadores portuarios.

En términos generales, la propuesta de ampliación del Puerto de Manzanillo en el Vaso II constituye un proyecto de reconversión funcional del espacio lagunar hacia un uso industrial-portuario de gran escala, con infraestructura marítima, terrestre y logística integrada, diseñado para incrementar la capacidad de manejo de carga y posicionar al puerto como un nodo estratégico de comercio internacional.

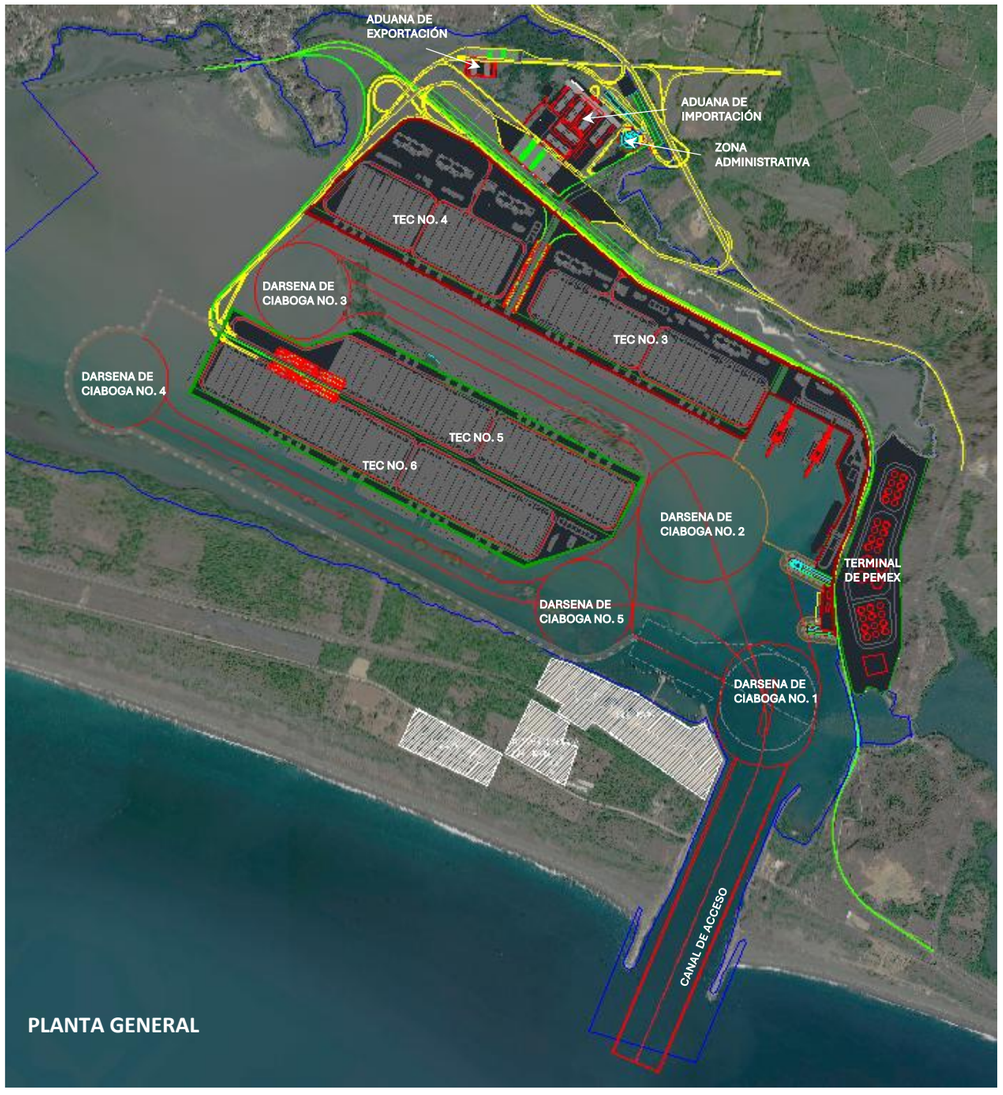
4.3.2 Diagnóstico Técnico de la Propuesta Original de la Ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán.

La información proporcionada por la ASIPONA Manzanillo, se presentan las áreas de navegación internas en la Laguna de Cuyutlán, ver Figura 4.10, las cuales se integran de las siguientes superficies:

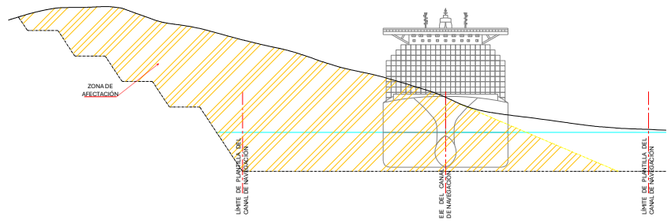
12 26 60 01 16 20

- Canal de acceso (CN-01):
  - Longitud: 1,988.60 m
  - Ancho: 300 m
  - Profundidad: -20.00 m
- Canal interior (CN-02):
  - Longitud: 4,341.82 m
  - Ancho: 200 m
  - Profundidad: -19.00 m
- Canal interior (CN-03):
  - Longitud: 4,391.26 m
  - Ancho: 200 m
  - Profundidad: -19.00 m
- Dársena de ciaboga No. 1I:
  - Longitud: 767 m
  - Ancho: 600 m
  - Profundidad: -19.00 m
- Dársena de ciaboga No. 2:
  - Diámetro: 800 m
  - Profundidad: -19.00 m
- Dársena de ciaboga No. 3:
  - Diámetro: 600 m
  - Profundidad: -19.00 m
- Dársena de ciaboga No. 4:
  - Diámetro: 600 m
  - Profundidad: -19.00 m
- Dársena de ciaboga No. 5:
  - Diámetro: 600 m
  - Profundidad: -19.00 m

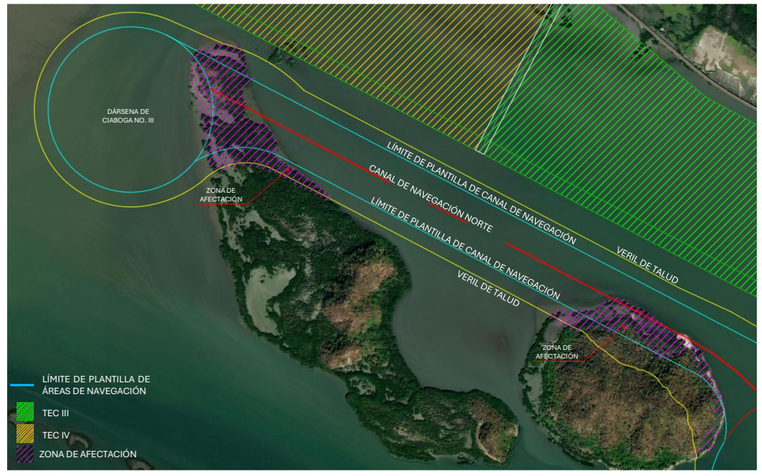
Figura 4.10 Diagnóstico de Terminales e Infraestructura de la Alternativa Original de Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán.







ISLA COCODRILO I – SECCIÓN DE CORTE



AFECTACIÓN DE MANGLE EN LA ZONA DE LAS ISLAS COCODRILO I Y II

Fuente: Elaboración propia con información obtenida del plano No. CA24-07-PC-PL-PDG-01 "*Plan Maestro y Dimensionamiento – General Plano General*", correspondiente a los "*Servicios de Ingeniería Marítima y Portuaria para la Actualización del Plan Maestro de Desarrollo de los Puertos de Manzanillo y de Laguna de Cuyutlán, Colima*", desarrollado por la empresa Aleph Ingenieros Consultores S.A. de C.V., 2025

En la primera etapa de desarrollo se contemplan dos terminales especializadas de contenedores (TEC). La TEC III tendrá una superficie de 95.55 Ha y un frente de atraque de 1,655 m, con la cual se tendrán tres posiciones de atraque. Mientras que para la TEC IV se ha destinado una superficie de 100.24 Ha y un frente de atraque de 1,380 m, también con tres posiciones de atraque.

De acuerdo con lo anterior, el área total de desarrollo para la primera etapa es de 225.51 ha, es importante comentar que esta superficie incluye la zona destinada a la terminal de PEMEX.

Para la segunda etapa de desarrollo se contemplan otras dos terminales especializadas de contenedores. La TEC V tendrá una superficie de 100.00 ha y un frente de atraque de 2,000 m, con la cual se tendrán cuatro posiciones de atraque. Mientras que para la TEC VI se ha destinado una superficie de 107.20 Ha y un frente de atraque de 2,700 m, con la cual se tendrán cinco posiciones de atraque. La superficie total de la segunda etapa es de 207.20 ha.

De la revisión técnica realizada a esta propuesta se han observado los siguientes puntos:

a. De acuerdo con el plano No. CA24-07-PC-PL-PDG-01 “Plan Maestro y Dimensionamiento – General Plano General”, correspondiente a los “Servicios de Ingeniería Marítima y Portuaria para la Actualización del Plan Maestro de Desarrollo de los Puertos de Manzanillo y de Laguna de Cuyutlán, Colima”[1], el canal de acceso cuenta con una longitud de 2,000 m, medidos desde el límite de la dársena de ciaboga existente (DC-01) hasta una longitud de 535.40 m fuera del limite de los morros de las escolleras.

   Esta longitud se indica como la longitud de parada de las embarcaciones que harán uso de la dársena DC-01, sin embargo, de acuerdo con las recomendaciones de diseño[2] la longitud de parada se mide desde la zona resguardada por las escolleras hasta el centro de la dársena de ciaboga.

b. Considerando lo anterior, la posición de la dársena de ciaboga DC-01, la cual se localiza al final del canal de acceso, su propuesta de diseño corresponde a que el buque de diseño realizará para total en ella, sin embargo, esta dársena se encuentra fuera de lugar, ya que, para que esta acción se realice es necesario recorrer la dársena hacia el norte aproximadamente 540 m.

[1] Desarrollado por la empresa Aleph Ingenieros Consultores S.A. de C.V., en el 2025

[2] Manual de Dimensionamiento Portuario, Dirección General de Puertos – CGP y MM – S.C.T., 1990
Nota: Distancia de parada (Dp). Como norma general la distancia de parada debe ser del orden de 5E, a partir de que la popa del barco alcanza la zona protegida por los rompeolas;

Asimismo, de acuerdo con los resultados observados en el estudio de passing[3] para el proyecto del muelle de combustibles de LFG en la Laguna de Cuyutlán, en la práctica los pilotos de puerto no realizan el paro total de la embarcación en la dársena del puerto (tal cual sucede hoy en día en el puerto de Manzanillo), sino que continúan con la maniobra de arribo y atraque de manera continua.

Por otra parte, los buques que realicen las maniobras de reviro en esta dársena serían los buquetanques de los muelles de combustibles de LFG y Porter, así como los buques de transporte de gas de KMS, siendo este último el que dio origen a la construcción de dicha dársena[4].

Considerando lo anterior, y con base que el desarrollo de la segunda etapa de desarrollo de la ampliación del puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán será realizado a largo plazo, para la primera etapa no se ve la necesidad de modificar las dimensiones de dicha dársena.

c. La dársena de ciaboga DC-04 (en el plano no se indica DC-03), la cual se localiza al noroeste de la laguna, tiene un diámetro de 600 m, la cual es diferente a la dársena DC-02 cuyo diámetro es de 800 m, si se tiene en cuenta el buque de diseño cuya eslora es de 400 m, contemplando que las condiciones en el interior de la laguna son similares, es posible cuestionar que una de las dos dársenas tiene un planteamiento erróneo.

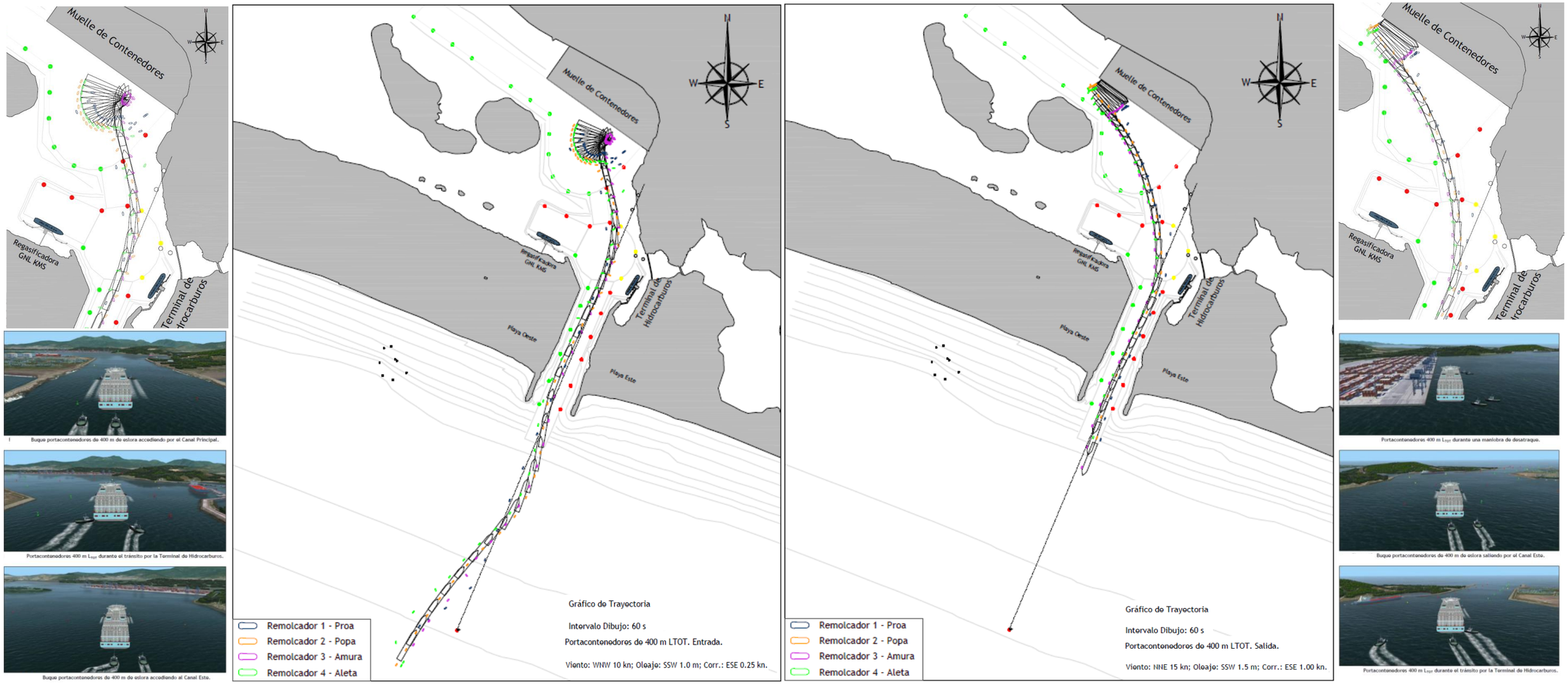
   Si bien para el dimensionamiento de la dársena de ciaboga las recomendaciones de diseño contemplan las características del buque de diseño, las condiciones de remolque, la maniobrabilidad del buque, señalización marítima y las condiciones físicas de la zona de proyecto, estas no tienen una variación importante para que las dársenas tengan dimensiones diferentes. Por otra parte, se debe considerar que la zona donde se localiza la dársena DC-04, en condiciones de marea baja la zona queda seca, el buque puede tener efectos de succión por las paredes que conforman la dársena.

   Considerando lo anterior, es recomendable mantener el diámetro de la dársena DC-04 en 800 m.

[3] Estudios Náuticos para la Ampliación Portuaria Proyectada en la Laguna de Cuyutlán Puerto de Manzanillo (Colima) Simulación de Maniobras en Tiempo Real, RHG Ingeniería, Enero del 2021,

[4] Buque metanero de 173,400 m3 (eslora=290 m, manga=45.8, calado a plena carga=11.95 m, calado en lastre=9.40 m, puntal=26.5 m, peso muerto a plena carga 90,000 TPM, desplazamiento a plena carga=120,400 t y un desplazamiento en lastre = 92,740 t.

Figura 4.11 Gráficas de Maniobras de Entrada y Salida Portacontenedores de 400 m de Eslora.



Fuente: Logística de Fluídos y Graneles S.A. De C.V., "*Estudio de Simulación de Maniobras en Tiempo Real para una Terminal de Hidrocarburos en el Puerto Laguna de Cuyutlán, Manzanillo (Colima)*", Noviembre 2019.

d. El planteamiento de las áreas interiores de navegación en la primera etapa, el dragado a -19 m en el canal de navegación CN-02, localizado entre la dársena de ciaboga DC-02 y la dársena DC-04, tiene una afectación importante sobre la isla cocodrilo No. I. Dicha isla tiene una superficie en planta de 28.90 Ha, de las cuales con los trabajos de dragado se afectará una superficie aproximada de 9.56 Ha (lo que representa un 33% del total).

   En la segunda etapa de desarrollo, la afectación se extiende al 100% de la superficie de ambas islas.

   Un punto importante para considerar en la planeación del desarrollo portuario es que ambas islas están conformadas por granito y, tan solo, la isla cocodrilo I tiene una altura de 86 m sobre el nivel de bajamar media inferior (NBMI). Lo cual implica un retiro importante de roca y costos elevados para realizar tal tarea.

e. La afectación de la isla cocodrilo no solo se centra en la modificación del cuerpo de la isla, sino también tiene una afectación desde el punto de vista ambiental. Con el trazo planteado de las áreas de navegación tiene una afectación directa sobre las zonas de mangle, ver Figura 6.3, el total del área afectada de manglar es de 16.45 Ha. En el caso de la isla cocodrilo No. I, la zona de mangle que es afectada es aproximadamente de 6.10 Ha (lo que representa el 33% del total del área), y en el caso de la isla cocodrilo No. II, es de 10.35 Ha (lo que representa el restante 67% del total del área).

f. El canal de acceso actualmente tiene un ancho entre escolleras de 500 m en una longitud de 300 m, posteriormente el canal de acceso se reduce a 400 m. El ancho de platilla es de 250 m y una profundidad de -15 m (referidos al NBMI).

   En la propuesta de ampliación se tiene contemplado ampliar el canal de acceso a 300 m de ancho. Sin embargo, no se presentan los análisis de estabilidad de los taludes para revisar si se presenta alguna afectación en las obras de protección en ambas márgenes del canal de acceso o en su defecto la propuesta de estructuración para la estabilización de dichas márgenes y evitar algún daño a la infraestructura existente.

g. En la segunda etapa se presentan las dársenas de ciaboga DC-05 y DC-06, se presentan con un diámetro de 600 m, que es el mismo caso de la dársena DC-04, es necesario revisar el dimensionamiento de ambas dársenas.

   Por otra parte, la ubicación de la dársena DC-05, dada la cercanía de la dársena DC-02 y de las áreas comunes de agua en la zona, es necesario revisar su ubicación y utilidad mediante un estudio de maniobrabilidad.

Figura 4.12 Canal de Acceso en la Laguna de Cuyutlán.



Fuente: Elaboración propia, 2026.

h. La zona propuesta para el desarrollo de las terminales de la segunda etapa tiene una superficie total de 207.20 ha y con esta extensión se ven afectadas ambas islas cocodrilo en el 100% de su extensión, principal situación observada por la SEMARNAT.

i. En la zona propuesta para la localización de la zona de aduanas y zona administrativa se localiza una superficie importante de manglar que se verá afectada. La superficie total de afectación del manglar derivado de la propuesta de ampliación es aproximadamente de 90 ha.

En resumen, si bien se tienen observaciones en el ámbito técnico, estas se pueden solventar en la nueva propuesta de desarrollo. Asimismo, existen aspectos ambientales que deben ser atendidos, el principal de ellos es que en el área del proyecto se presenta vegetación de manglar, este es uno de los puntos jurídicamente más relevantes, ya que impone restricciones estrictas sobre afectación, remoción y alteración del manglar.

4.3.3 Restricciones Ambientales, Sociales e Infraestructurales en el Vaso II.

La ampliación del Puerto de Manzanillo hacia la Laguna de Cuyutlán constituye un proyecto de infraestructura portuaria de gran escala cuyo objetivo principal es incrementar la capacidad operativa del puerto más importante del Pacífico mexicano. La propuesta contempla la habilitación del denominado Nuevo Puerto Manzanillo-Cuyutlán dentro del Vaso II del sistema lagunar, mediante la construcción de infraestructura marítima y terrestre que permita el arribo y operación de buques de mayor calado y capacidad de carga, particularmente en el manejo de contenedores.

4.3.3.1 Aspectos técnicos.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto implica la modificación sustancial del medio físico lagunar mediante dragado de canales de navegación, conformación de dársenas, construcción de muelles, rellenos hidráulicos para la creación de plataformas logísticas y la instalación de infraestructura complementaria como patios de almacenamiento, vialidades internas, accesos carreteros y posibles conexiones ferroviarias. Estas obras requieren la remoción y redistribución de grandes volúmenes de sedimento, alterando la configuración del fondo lacustre original del Vaso II, modificando gradientes de profundidad y potencialmente alterando los patrones de circulación interna del agua.

4.3.3.2 Aspectos Ambientales.

El Vaso II es un cuerpo lagunar somero caracterizado por elevada evaporación estacional, limitada renovación hídrica y alta variabilidad de salinidad. Su dinámica depende del intercambio con otros vasos del sistema y de procesos naturales de mezcla y evaporación. La introducción de infraestructura rígida y el dragado permanente para mantener calados operativos generan cambios en el régimen hidrodinámico, que pueden modificar tiempos de residencia del agua, patrones de sedimentación y procesos de dispersión de nutrientes y contaminantes.

4.3.3.3 Manglar

Desde la perspectiva ambiental, el Vaso II forma parte de un sistema lagunar que alberga comunidades de manglar fragmentadas pero funcionales, vegetación halófita, comunidades bentónicas adaptadas a sedimentos finos y una importante avifauna asociada a planicies someras. La transformación de áreas someras en zonas de mayor profundidad altera hábitats críticos para organismos bentónicos y aves playeras, además de modificar zonas de crianza para peces y crustáceos juveniles. Asimismo, el dragado y relleno implican la remoción de sedimentos con

posibles concentraciones de materia orgánica acumulada, cuya resuspensión puede generar episodios de turbidez elevada y disminución de oxígeno disuelto.

El manglar dentro del sistema lagunar actúa como un regulador natural de la dinámica costera y lagunar. Desde el punto de vista físico, sus raíces aéreas y estructuras radiculares complejas disminuyen la energía del oleaje, favorecen la sedimentación fina y estabilizan los bordes lagunares. En el Vaso II, donde la profundidad natural es reducida y la evaporación estacional genera incrementos de salinidad, el manglar funciona como amortiguador ecológico frente a fluctuaciones extremas, ayudando a mantener microambientes con condiciones relativamente más estables.

En términos de dinámica salina, el manglar requiere un régimen periódico de inundación con salinidades dentro de rangos fisiológicamente tolerables. La profundización del vaso y la creación de canales permanentes de mayor intercambio pueden modificar gradientes de salinidad natural. Si aumenta la influencia marina directa o se generan zonas de estancamiento por barreras artificiales, podrían presentarse cambios en la concentración salina que excedan la tolerancia de especies menos resistentes, generando estrés fisiológico y mortalidad localizada. En el Vaso II, donde ya existe tendencia a hipersalinidad por evaporación, la alteración de circulación puede amplificar condiciones extremas.

La vulnerabilidad del manglar del Vaso II es alta debido a su fragmentación y limitada extensión. Cualquier alteración adicional en régimen hídrico puede reducir su resiliencia. Las islas centrales, aunque no siempre densamente vegetadas, cumplen función estructural que protege indirectamente al manglar. La pérdida de estas estructuras naturales podría traducirse en simplificación del paisaje lagunar y reducción de servicios ecosistémicos.

4.3.3.4 Islas Cocodrilo I y II

La planeación propuesta contempla el retiro de las dos islas cocodrilo, estas islas centrales de la laguna, muchas de ellas compuestas por acumulaciones sedimentarias naturales y en algunos casos con cobertura vegetal halófita o fragmentos de manglar, cumplen funciones geomorfológicas clave. Actúan como barreras naturales que modifican corrientes internas, generan zonas de sombra hidrodinámica y crean gradientes de energía que permiten la deposición de sedimentos finos. Estas islas influyen directamente en la distribución espacial de los bentos, en la formación de planicies someras utilizadas por aves playeras y en la configuración de zonas de crianza para peces y crustáceos.

La ampliación del puerto implica dragados de profundización, rectificación de canales y potencial modificación o remoción de islotes centrales para permitir la configuración geométrica requerida por las dársenas de maniobra y los muelles. La eliminación o alteración parcial de estas islas tendría consecuencias directas en la redistribución de flujos internos dentro del Vaso II. Al modificarse las barreras naturales que actualmente atenúan corrientes y oleaje, podría

incrementarse la energía hidrodinámica en sectores previamente protegidos, alterando patrones de sedimentación y favoreciendo erosión en bordes lagunares donde se ubica el manglar.

Desde el punto de vista ecológico, la interacción entre manglar e islas centrales configura una red de microhábitats interdependientes. Las raíces del manglar sirven como sustrato para invertebrados, refugio para juveniles de peces y áreas de alimentación para aves. Las islas centrales, al mantener planicies de baja profundidad alrededor, permiten la formación de hábitats idóneos para aves migratorias que dependen de zonas de alimentación someras. La alteración de la geomorfología interna del vaso puede modificar la distribución de profundidades, eliminando áreas de transición entre agua profunda y planicie somera, con pérdida de hábitats funcionales.

Adicionalmente, las islas centrales pueden contener valor patrimonial y cultural, además de su función ecológica. Su remoción no sólo implica transformación física sino también pérdida de referencias territoriales históricas y posibles sitios arqueológicos. Desde una perspectiva socioambiental, esta dimensión añade complejidad al proyecto, pues vincula infraestructura portuaria con patrimonio natural y cultural.

En síntesis, el manglar y las islas centrales del Vaso II no son elementos aislados, sino componentes integrados en la dinámica ecológica y geomorfológica del sistema lagunar. La ampliación del Puerto de Manzanillo representa una intervención que modifica de manera directa la morfología y circulación interna del vaso, por lo que su compatibilidad con la conservación de estos elementos depende de la capacidad del proyecto para mantener conectividad hidrológica, estabilidad sedimentaria y condiciones salinas dentro de rangos ecológicamente tolerables.

4.3.3.5 Ámbito Social.

En el ámbito social, el área de influencia del proyecto mantiene actividades productivas tradicionales como pesca artesanal y salinas históricas. La alteración del Vaso II puede incidir directamente en la disponibilidad de recursos pesqueros y en la funcionalidad de áreas de extracción de sal, generando impactos socioeconómicos acumulativos. Además, se han señalado valores culturales y patrimoniales asociados a islotes y espacios dentro de la laguna, lo que añade una dimensión patrimonial a la evaluación del proyecto.

En este contexto, el análisis comparativo entre el proyecto de ampliación y las restricciones existentes en el Vaso II evidencia una tensión estructural entre la lógica de expansión portuaria y la vocación ecológica y social del territorio. El sistema lagunar presenta restricciones ambientales vinculadas a la conservación de humedales, mantenimiento de conectividad hidrológica, protección de manglares y cumplimiento de marcos normativos en materia de impacto ambiental y ordenamiento ecológico. Desde la dimensión social, existen restricciones derivadas del derecho de las comunidades a mantener sus medios de vida, así como de la obligación de realizar procesos de consulta pública efectivos.

4.3.3.6 Restricciones de Infraestructura

A estas restricciones ambientales y sociales se suman restricciones estrictamente técnicas e infraestructura-les que deben ser consideradas para la viabilidad del proyecto. El Vaso II presenta limitaciones geomorfológicas derivadas de su escasa profundidad natural, lo que implica que el mantenimiento de canales de navegación requerirá dragado periódico permanente. Este dragado continuo no solo representa un costo operativo elevado, sino que genera un problema técnico recurrente de disposición de sedimentos, cuya gestión debe cumplir con normativas ambientales y evitar la afectación de áreas ecológicamente sensibles. Asimismo, la naturaleza limosa del fondo lagunar puede generar inestabilidad geotécnica para la cimentación de estructuras pesadas, lo que obliga a realizar estudios detallados de mecánica de suelos, consolidación y capacidad portante, así como posibles tratamientos de mejoramiento del terreno.

Otro aspecto crítico es la interacción entre infraestructura portuaria y régimen hidrológico. La construcción de plataformas y muelles puede actuar como barrera física que altere corrientes internas y genere zonas de estancamiento, lo cual incrementa el riesgo de eutrofización localizada y deterioro de calidad del agua. Además, la operación portuaria incrementa el tráfico marítimo dentro de un cuerpo de agua originalmente no diseñado para navegación intensiva de gran calado, lo que implica riesgos asociados a derrames, descargas accidentales y alteraciones de dinámica sedimentaria por oleaje inducido por embarcaciones.

En términos de infraestructura externa, la ampliación requiere adecuaciones viales y ferroviarias que pueden generar impactos adicionales fuera del vaso lagunar, incluyendo fragmentación de hábitat terrestre y aumento de presión urbana. La compatibilidad de esta infraestructura con los instrumentos de ordenamiento territorial vigentes constituye otra restricción relevante.

Ante este panorama, el proyecto demanda el desarrollo de estudios técnicos avanzados que permitan evaluar de manera integral su viabilidad. Resulta indispensable la elaboración de modelos hidrodinámicos que simulen escenarios con y sin proyecto, evaluando cambios en circulación, tiempos de residencia y dispersión de contaminantes. Es necesario desarrollar estudios de transporte de sedimentos que permitan estimar tasas de colmatación y frecuencia óptima de dragado, así como análisis de calidad de sedimentos para determinar riesgos asociados a su disposición.

Asimismo, se requiere una caracterización ecológica de línea base de alta resolución que incluya inventarios de flora y fauna, análisis de comunidades bentónicas y evaluación detallada de cobertura y estado del manglar en el Vaso II. Estudios de dinámica salina estacional permitirán identificar umbrales críticos de tolerancia para especies clave. Desde la dimensión social, deben realizarse evaluaciones de impacto socioeconómico que cuantifiquen afectaciones potenciales a pesca y salinas, así como procesos participativos formales que documenten la percepción comunitaria y las medidas de compensación necesarias.

Complementariamente, se deben desarrollar proyectos específicos de mitigación y restauración, tales como programas de restauración de manglar en áreas degradadas, diseño de corredores hidrológicos que mantengan conectividad, sistemas de monitoreo permanente de calidad de agua y biodiversidad, y planes de manejo de sedimentos dragados que minimicen impactos secundarios.

En conclusión, la ampliación del Puerto de Manzanillo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán constituye una intervención de alta complejidad técnica que enfrenta restricciones ambientales, sociales e infraestructura-les significativas. La viabilidad del proyecto depende no solo de su ingeniería portuaria, sino de la capacidad de integrar estudios científicos robustos, planificación adaptativa y procesos de gobernanza ambiental que permitan armonizar el desarrollo logístico con la conservación ecológica y el bienestar social del sistema lagunar.

4.3.4 Diagnóstico y Pronóstico de Interacción entre Manglar, Islas Centrales de la Laguna de Cuyutlán y la Ampliación del Puerto de Manzanillo en el Vaso II

4.3.4.1 Diagnóstico de base ambiental y funcional

La Laguna de Cuyutlán es un sistema lagunar costero cuya estabilidad depende de la interacción entre su morfología somera, su conectividad interna por vasos, los procesos de evaporación–renovación, y la dinámica de sedimentos finos. Dentro de ese marco, el manglar y los islotes centrales funcionan como componentes estructurales que regulan la energía hidrodinámica, controlan rutas de transporte y depósito de sedimentos y sostienen mosaicos de hábitat somero indispensables para cadenas tróficas estuarinas. La evidencia técnica de caracterización de manglar para Cuyutlán reconoce presiones históricas asociadas a dragados en la laguna y a la modificación de corrientes por apertura de canales de comunicación con el mar, además de otros factores de perturbación que han incidido en la integridad del humedal.

En condiciones actuales, el manglar del sistema —incluidos parches fragmentados asociados al Vaso II— aporta estabilización ribereña, retención de sedimentos finos y amortiguamiento frente a oleaje y corrientes internas. Los islotes centrales, por su parte, actúan como “obras naturales” que generan zonas de sombra hidrodinámica y propician la deposición diferenciada de sedimento, manteniendo planicies someras y gradientes de profundidad que son determinantes para el bentos y para la disponibilidad de alimento de aves acuáticas. La relevancia socioecológica del sistema, con biodiversidad notable y vínculos con pesca y salinas tradicionales, ha sido ampliamente destacada en el debate público reciente sobre la expansión portuaria.

4.3.4.2 Descripción del forzamiento físico del proyecto sobre el Vaso II

El proyecto de ampliación portuaria hacia el Vaso II, referido públicamente como Nuevo Puerto Manzanillo–Cuyutlán, se ha descrito como una intervención de gran escala con nuevas

terminales especializadas y reconfiguración del vaso mediante obras típicas de ingeniería portuaria, incluyendo dragados, conformación de áreas operativas y muelles. Desde la comunicación oficial del gobierno federal se ha señalado un paquete de terminales que incluye, al menos, una terminal de contenedores y terminales para graneles y para hidrocarburos, con metas de capacidad relevantes para el desempeño logístico del puerto. De manera complementaria, también se ha difundido que el esquema de desarrollo considera terminales privadas, reportándose parámetros de referencia como terminales del orden de 100 hectáreas por terminal y alrededor de 1,500 metros de muelle por unidad en ciertos planteamientos iniciales, lo que sugiere una huella marítimo-terrestre considerable en el vaso.

Independientemente del desglose final de terminales, el elemento común es que, para lograr condiciones operativas portuarias dentro de un cuerpo lagunar somero, el proyecto necesariamente introduce un forzamiento físico dominante: profundiza y estabiliza un sistema que naturalmente tiende a la colmatación y a la variabilidad salina, aumenta el tránsito de embarcaciones en aguas interiores y agrega estructuras rígidas (muelles, bordos, tablestacados, plataformas) que alteran el campo de corrientes, la disipación de energía y el balance sedimentario.

4.3.4.3 Interacción proyecto–manglar: mecanismos de impacto y umbrales críticos

El manglar es particularmente sensible a cambios en el régimen de inundación, en la salinidad y en la oxigenación del sedimento. En el Vaso II, donde la evaporación estacional puede concentrar sales y el tiempo de residencia del agua tiende a ser alto, pequeñas modificaciones de conectividad interna o del patrón de circulación pueden traducirse en cambios persistentes de salinidad y en episodios prolongados de baja oxigenación del fondo. Si el diseño portuario incrementa el intercambio con agua marina profunda en determinadas trayectorias, puede desplazar gradientes salinos y modificar la frecuencia de inundación efectiva en bordes; si, por el contrario, crea compartimentaciones o zonas de estancamiento detrás de estructuras, puede incrementar la permanencia de agua con altas temperaturas y favorecer condiciones eutróficas o hipóxicas en proximidad del manglar. En ambos casos, el resultado técnico esperado no es solo una respuesta biológica, sino un cambio en el desempeño del manglar como estabilizador de borde: bajo estrés crónico, disminuye la regeneración, se incrementa la mortalidad localizada y se amplifican los efectos de borde, lo que hace más probable el retroceso de la línea vegetada.

A este mecanismo se añade el efecto físico-mecánico asociado a navegación intensiva y operaciones portuarias en aguas interiores. El oleaje inducido por buques, las corrientes de hélice y las reflexiones contra estructuras rígidas pueden incrementar la socavación en márgenes, afectando directamente las raíces y neumatóforos del manglar. En un sistema fragmentado, la pérdida de continuidad del manglar no ocurre de forma homogénea; tiende a iniciar en puntos débiles y luego acelera por retroalimentación, porque cada brecha incrementa la exposición hidráulica del parche remanente.

4.3.4.4 Interacción proyecto–islotes centrales: morfodinámica, sedimentos y función ecológica

Los islotes centrales de la laguna cumplen una función morfodinámica que resulta crítica en vasos someros: atenúan corrientes, inducen deposición en sotavento, y sostienen planicies someras adyacentes que actúan como hábitat para invertebrados y como áreas de alimentación para aves. Cuando un proyecto portuario requiere habilitar canales de navegación, dársenas o polígonos de plataformas, los islotes tienden a considerarse obstáculos geométricos que pueden ser removidos, recortados o aislados. La pérdida o modificación de islotes no solo implica la eliminación de superficie emergente, sino que reordena el campo de corrientes y el transporte de sedimentos, generando un nuevo equilibrio morfológico en el que el sistema intenta redistribuir material fino hacia zonas de menor energía. En términos operativos, esto suele traducirse en mayor necesidad de dragado de mantenimiento por colmatación acelerada en rutas preferentes, y en términos ambientales, puede provocar erosión de bordes previamente protegidos, incluidos bordes con manglar.

Este punto tiene además una dimensión social y patrimonial: se ha señalado públicamente que la ampliación requeriría la remoción de islotes con valor arqueológico y ecológico, lo cual intensifica restricciones no solo ambientales, sino también culturales y de aceptación social del proyecto.

4.3.4.5 Evaluación diagnóstica integrada: por qué el Vaso II es un punto de conflicto técnico.

La integración de mecanismos anteriores indica que el Vaso II opera hoy como un sistema de equilibrio delicado donde la geomorfología somera, el manglar ribereño y los islotes centrales sostienen funciones de control físico y ecológico. La ampliación portuaria introduce un régimen alternativo dominado por dragados, estructuras rígidas y navegación intensiva. En esa transición, el riesgo técnico principal es el cambio de régimen del sistema: pasar de un humedal somero regulado por barreras naturales a un vaso interior semi-industrial con profundidades artificiales y flujo controlado. En ese tipo de transiciones, los impactos tienden a ser no lineales: existe un punto a partir del cual la pérdida de control natural del sedimento y la alteración de corrientes dejan de ser mitigables con medidas menores y requieren intervenciones permanentes (dragados crecientes, defensas marginales, confinamientos), elevando costos y ampliando huella ambiental.

Restricción regulatoria y social: condición actual del proyecto como elemento del pronóstico

En el pronóstico realista, la principal restricción inmediata es regulatoria: Semarnat frenó el proyecto en el Vaso II al considerar que provocaría impactos ambientales no evaluados y riesgos potencialmente irreversibles, señalando que el planteamiento rebasaba el estudio presentado. En paralelo, se han documentado posicionamientos de organizaciones y comunidades que vinculan la

expansión con afectaciones a ecosistemas, medios de vida tradicionales y valores culturales del humedal. Estas condiciones inciden directamente en el pronóstico porque implican que, aun si el proyecto se mantiene como objetivo, su ingeniería deberá re-plantearse y justificarse con mayor robustez técnica y social para ser viable.

4.3.4.6 Pronóstico con proyecto: escenarios de cambio esperable sobre manglar e islotes

Bajo un escenario con proyecto en configuración similar a la reportada públicamente, el pronóstico técnico sobre el manglar del Vaso II es de aumento significativo de vulnerabilidad por tres vías: incremento de estrés salino e hidrológico por reordenamiento de circulación; aumento de presión mecánica sobre bordes por oleaje inducido y reflexiones; y reducción de resiliencia por fragmentación adicional o pérdida de conectividad ecológica. En cuanto a islotes, el pronóstico más probable es que su remoción o aislamiento provoque redistribución de sedimentos y un reacomodo morfológico que tienda a colmatar zonas dragadas y a erosionar márgenes expuestos, incrementando tanto el mantenimiento requerido como la presión sobre hábitats someros.

Bajo un escenario sin proyecto o con intervención mínima, el pronóstico es distinto: se mantiene la arquitectura de control natural, pero persisten presiones históricas ya identificadas (dragados previos, modificaciones de corrientes, contaminación), lo que sugiere una trayectoria de degradación más gradual y localizada, con oportunidades de restauración y manejo adaptativo.

4.3.4.7 Estudios mínimos indispensables y proyectos técnicos por desarrollar para decidir viabilidad

Para que el proyecto pueda compararse contra restricciones ambientales y sociales del Vaso II con rigor suficiente, es indispensable un paquete de estudios que no solo describa obras, sino que demuestre comportamiento del sistema “con” y “sin” proyecto. El primer estudio crítico es una modelación hidrodinámica tridimensional calibrada con mediciones de campo estacionales, capaz de simular circulación, estratificación, tiempos de residencia y dispersión de trazadores bajo geometría actual y bajo geometría proyectada. Sin esta modelación, cualquier afirmación sobre estabilidad de salinidad, calidad de agua o preservación de condiciones para manglar sería especulativa.

El segundo estudio crítico es una modelación morfodinámica y de transporte de sedimentos que estime tasas de erosión-deposición, colmatación esperada y frecuencia de dragado de mantenimiento, incorporando explícitamente el papel de islotes actuales y el cambio de régimen al removerlos o modificarlos. Este componente debe integrar caracterización granulométrica y geoquímica de sedimentos, porque la disposición o reutilización del material dragado en sistemas lagunares con sedimentos finos y materia orgánica requiere demostrar que no se inducirán deterioros crónicos de turbidez y oxigenación.

El tercer bloque indispensable es un diagnóstico ecológico de alta resolución centrado en manglar y hábitat somero del Vaso II, que incluya estructura, regeneración, condición sanitaria, conectividad entre parches y sensibilidad a salinidad, además de una línea base robusta de bentos y de uso de hábitat por avifauna asociada a planicies someras. Este diagnóstico debe traducirse en umbrales operativos: rangos de salinidad, turbidez y oxígeno disuelto compatibles con persistencia del manglar y con la base trófica del sistema.

El cuarto bloque es un estudio de ingeniería de protección de márgenes y control de oleaje inducido por navegación, que evalúe alternativas de diseño para minimizar socavación en bordes con manglar, incluyendo configuración de dársenas, velocidades permitidas, diseño de defensas y disipadores, y criterios de operación marítima en aguas interiores.

El quinto bloque es el estudio patrimonial y arqueológico específico para islotes y áreas de relleno o dragado, con metodología de prospección y medidas de evitación, rescate o rediseño, dado que la remoción de islotes ha sido señalada como un punto de conflicto por su posible valor cultural además del ecológico.

Finalmente, para atender la restricción social, es indispensable un estudio socioambiental con enfoque de medios de vida, que cuantifique dependencia local de la laguna (pesca, salinas, servicios ecosistémicos), identifique impactos acumulativos y defina medidas de manejo y compensación verificables, acompañado de un proceso de participación pública que sea trazable y técnicamente vinculante, en congruencia con el nivel de controversia documentado.

4.3.4.8 Cierre técnico

En conjunto, el diagnóstico indica que manglar e islotes centrales en el Vaso II no son elementos “accesorios” del paisaje, sino componentes que sostienen el control físico del sistema (sedimentos, energía interna, gradientes de profundidad) y, por extensión, su funcionalidad ecológica y social. El pronóstico con ampliación, si no se rediseña con base en evidencia modelada y umbrales ecológicos, apunta a una transición de régimen con pérdida de hábitat somero, incremento de mantenimiento por colmatación y aumento de vulnerabilidad del manglar. La existencia de un freno regulatorio reciente confirma que, en el estado actual de información, el proyecto no ha acreditado la suficiencia técnica de su evaluación para este entorno.

4.4 Criterios Técnicos para el Adecuado Dimensionamiento de la Ampliación Portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán

El dimensionamiento de una ampliación portuaria dentro de un sistema lagunar somero como el Vaso II no puede definirse únicamente por proyecciones de demanda logística o capacidad de manejo de carga. Debe establecerse bajo un enfoque de capacidad ambiental condicionante, en el cual la ingeniería portuaria se subordine a los límites físicos, ecológicos y sociales del sistema receptor. En este sentido, el dimensionamiento adecuado requiere cumplir

criterios integrados de hidrodinámica, morfodinámica, calidad ambiental, estabilidad ecológica, seguridad operativa y viabilidad social.

a. Criterio hidrodinámico: mantenimiento del régimen natural de circulación.

El primer condicionante técnico es que la ampliación no altere de forma crítica el régimen de circulación interna del Vaso II ni incremente significativamente el tiempo de residencia del agua. En sistemas lagunares someros, el equilibrio entre renovación hídrica, evaporación y mezcla vertical determina la estabilidad salina y el oxígeno disuelto. La modificación geométrica del vaso mediante dragados profundos y plataformas rígidas puede inducir cambios no lineales en estos procesos.

El dimensionamiento debe demostrarse mediante modelación hidrodinámica tridimensional calibrada con datos de campo estacionales. Esta modelación debe comparar escenarios sin proyecto y con proyecto, evaluando variaciones en velocidades de corriente, patrones de recirculación, estratificación salina y tiempos de residencia.

El indicador clave será la variación porcentual del tiempo de residencia promedio respecto al estado base. Como criterio precautorio, el incremento no debería superar valores que induzcan riesgo de eutrofización o hipersalinidad persistente en bordes con manglar. Asimismo, deberán establecerse umbrales operativos de salinidad y oxígeno disuelto compatibles con la permanencia del manglar y de los bentos.

b. Criterio morfodinámico: estabilidad sedimentaria y sostenibilidad del dragado.

El segundo criterio establece que el proyecto no debe inducir un régimen de colmatación[5] acelerada que obligue a dragados de mantenimiento crecientes e insostenibles. La eliminación o modificación de islotes centrales puede alterar rutas naturales de transporte de sedimentos y provocar erosión en márgenes o acumulación en canales.

El dimensionamiento del canal, dársenas y áreas operativas debe sustentarse en modelación de transporte de sedimentos y balance morfodinámico. Deben estimarse tasas anuales de sedimentación esperadas y frecuencia óptima de dragado de mantenimiento bajo diferentes escenarios hidrológicos.

[5] La colmatación es el proceso de relleno o acumulación de sedimentos (lodos, arena, arcilla) en los intersticios de un medio poroso, fondo de ríos, lagos o embalses, provocado por el agua o el viento. Este fenómeno disminuye drásticamente la permeabilidad del suelo y reduce la capacidad de almacenamiento de agua en infraestructuras. Asimismo, Provoca la pérdida de profundidad en lagunas y embalses, convirtiéndolos en zonas de barrizales. Reduce el oxígeno en el agua y altera los hábitats acuáticos.

El indicador clave será la tasa proyectada de colmatación anual y el volumen de dragado de mantenimiento requerido. Un diseño adecuado deberá demostrar estabilidad relativa del canal sin incrementos exponenciales de dragado y sin generación de erosión en zonas de manglar o planicies someras.

c. Criterio ecológico: preservación de manglar y hábitat somero funcional.

El manglar en el Vaso II presenta fragmentación y alta vulnerabilidad. El dimensionamiento del puerto debe evitar afectación directa, reducción adicional de conectividad o alteración significativa del régimen de inundación que comprometa su regeneración.

La demostración técnica requiere un diagnóstico ecológico de línea base de alta resolución que incluya estructura, densidad, regeneración, condición sanitaria y conectividad de parches de manglar, así como caracterización de bentos y uso de hábitat por avifauna.

Los indicadores incluyen cobertura de manglar, tasa de regeneración natural, diversidad bentónica y estabilidad de planicies someras. El umbral operativo debe ser la no disminución neta de cobertura funcional ni reducción significativa de diversidad asociada.

d. Criterio de calidad de agua: control de turbidez, nutrientes y oxígeno.

El dragado y la operación portuaria incrementan turbidez y riesgo de resuspensión de sedimentos finos con alta materia orgánica. El dimensionamiento debe incluir estrategias de control de turbidez durante construcción y definir límites operativos en fase de operación.

El proyecto deberá establecer un programa de monitoreo continuo de turbidez, nitrógeno total, fósforo total y oxígeno disuelto, con valores gatillo que obliguen a detener o ajustar operaciones si se rebasan umbrales ecológicamente críticos.

La meta es evitar procesos de eutrofización crónica o eventos hipóxicos persistentes en sectores del vaso.

e. Criterio geotécnico y estructural: estabilidad de plataformas y márgenes.

El Vaso II presenta sedimentos finos saturados con baja capacidad portante. El dimensionamiento de plataformas debe basarse en estudios de mecánica de suelos que determinen consolidación, asentamientos diferenciales y estabilidad bajo cargas dinámicas.

Asimismo, el diseño debe incorporar protección de márgenes frente a oleaje inducido por buques y corrientes de hélice, evitando socavación en bordes con vegetación.

El indicador estructural clave será el control de asentamientos dentro de límites de servicio aceptables y la ausencia de erosión progresiva en márgenes naturales.

f. Criterio operativo: control de energía inducida por navegación

La operación dentro de un vaso interior requiere limitar velocidades de buques y definir rutas de navegación que minimicen oleaje inducido y turbulencia en zonas sensibles.

El dimensionamiento debe incluir simulaciones de maniobra y modelación de oleaje inducido, estableciendo límites máximos de velocidad y protocolos de tránsito.

El umbral será la no generación de velocidades de flujo o niveles de oleaje que superen la capacidad de resistencia de los bordes vegetados.

g. Criterio territorial y social: compatibilidad con usos existentes

El proyecto debe dimensionarse considerando accesos, vialidades y ferrocarriles con capacidad suficiente para evitar congestión urbana y afectaciones a actividades tradicionales.

Se requiere un estudio socioeconómico que cuantifique dependencia local del sistema lagunar y establezca medidas de evitación y compensación si corresponden.

El indicador social será la ausencia de afectación irreversible a medios de vida tradicionales y la aceptación social documentada mediante procesos participativos formales.

h. Criterio normativo y de gestión adaptativa

El dimensionamiento debe alinearse con la normativa vigente para humedales con manglar y con estándares internacionales de gestión portuaria sostenible.

Se requiere un esquema de gestión adaptativa que vincule fases de expansión con cumplimiento de indicadores ambientales y sociales medidos en campo. No deberá avanzarse a fases posteriores sin demostrar estabilidad en indicadores críticos.

4.4.1 Requisitos mínimos de ingeniería para el Vaso II

Desde la perspectiva específica del Vaso II, el diseño deberá incluir canal con sección optimizada que minimice alteración de circulación natural, dársenas con geometría que evite zonas muertas, rellenos limitados a lo estrictamente necesario, márgenes protegidos mediante soluciones de ingeniería ambientalmente compatibles y un plan de dragado con disposición controlada de sedimentos.

La operación deberá incorporar límites de velocidad, monitoreo continuo de calidad de agua y protocolos estrictos de manejo de residuos y agua de lastre.

4.4.2 Conclusión técnica

El adecuado dimensionamiento de la ampliación portuaria en la Laguna de Cuyutlán no es únicamente un problema de ingeniería civil o marítima; es un ejercicio de equilibrio entre capacidad logística y capacidad ecológica del sistema lagunar. La ampliación solo podrá considerarse técnicamente viable si demuestra, mediante estudios robustos y monitoreo verificable, que mantiene el régimen hidrodinámico, sedimentario y ecológico dentro de rangos compatibles con la permanencia del manglar, las islas centrales y los servicios ecosistémicos del Vaso II.

5.0 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN AL DESARROLLO PORTUARIO EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN.

De acuerdo con los capítulos anteriores, la principal situación a resolver en las propuestas de ampliación del puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán es la situación ambiental más que técnica, económica y operativa.

La situación principal por resolver en la ampliación del Puerto de Manzanillo dentro de la Laguna de Cuyutlán (Vaso II) es cómo incrementar capacidad portuaria sin provocar una transición de régimen físico-ambiental del vaso que vuelva el sistema hidráulicamente inestable, ambientalmente inviable, socialmente conflictivo y operativamente caro de mantener. En otras palabras: el proyecto no solo debe "caber" en el polígono; debe ser sostenible en el tiempo en un cuerpo lagunar somero, sedimentario y ecológicamente sensible.

a. Dimensión técnica.

Técnicamente, el reto central es que un puerto de gran escala requiere canales y dársenas con calados operativos, estructuras rígidas y plataformas extensas, pero el Vaso II es un sistema somero con sedimentos finos y dinámica de depósito. Esto genera un problema "de fondo": la obra tiende a crear un sistema que necesitará dragado de mantenimiento recurrente para evitar colmatación y mantener profundidades, y ese dragado puede retroalimentarse si se reconfigura la morfología del vaso y se afectan islotes que hoy modulan corrientes y sedimentación. En paralelo, las plataformas sobre suelos blandos demandan soluciones geotécnicas robustas para controlar asentamientos diferenciales. Todo ello eleva complejidad, riesgo constructivo y costos de vida útil.

b. Dimensión ambiental.

Ambientalmente, el núcleo del problema es que el Vaso II forma parte de un humedal con manglar, planicies someras e islotes, donde la estabilidad ecológica depende de la circulación, el balance salino y la calidad del agua. La ampliación introduce presiones directas e indirectas: modificación de batimetría, resuspensión de sedimentos, alteración de tiempos de residencia del agua y potencial pérdida/fragmentación de hábitats. En el debate público reciente se ha señalado específicamente la amenaza al humedal, manglares y la remoción de islotes con valor ecológico y cultural.

De hecho, el principal "cuello de botella"[6] ambiental-institucional hoy es que SEMARNAT no autorizó el diseño presentado al considerar que implicaba impactos ambientales no evaluados y riesgos potencialmente irreversibles en el ecosistema del

[6] Ver Anexo A

Vaso II. Ese resolutivo convierte la compatibilidad ambiental (y la calidad técnica de la evaluación) en el problema inmediato a resolver para cualquier avance del proyecto.

c. Dimensión económica.

Económicamente, el dilema es que la expansión busca destrabar saturación y sostener el crecimiento logístico del puerto de Manzanillo, con inversiones públicas relevantes (por ejemplo, se ha reportado un monto de referencia de inversión pública para descongestionar y ampliar capacidad). Sin embargo, en un sistema lagunar somero los costos de largo plazo pueden dispararse por tres vías: dragados de mantenimiento frecuentes, obras adicionales de protección de márgenes y correcciones por asentamientos o inestabilidad del terreno. A esto se suma el costo económico de la conflictividad socioambiental: retrasos, litigios, rediseños y riesgos reputacionales, que incrementan el costo financiero del capital y deterioran certidumbre para operadores.

Además, la planeación económica del proyecto se apoya en metas de capacidad y terminales (se han comunicado públicamente terminales para contenedores, graneles y combustibles, con objetivos de capacidad para contenedores). Si esas metas obligan a un dimensionamiento que exceda la capacidad física del vaso, el proyecto puede volverse “caro de operar” aun si es “rentable en papel”.

d. Dimensión operativa.

Operativamente, el problema principal es garantizar que un recinto interior lagunar funcione con seguridad y eficiencia como puerto de gran escala. Eso implica: maniobrabilidad de buques, control de oleaje inducido, operación continua de terminales, confiabilidad energética, y, sobre todo, que la salida terrestre (carretera y ferrocarril) no se convierta en el nuevo cuello de botella. Parte del discurso público del proyecto enfatiza nuevas terminales, automatización progresiva y accesos ferroviarios prioritarios, con metas de entrada en operación hacia 2029 para la primera terminal; esto subraya que el reto operativo no termina en el muelle, sino en la logística integral.

De acuerdo con lo anterior, la ampliación necesita resolver un problema único pero multidimensional: diseñar un puerto que incremente capacidad sin transformar el Vaso II en un sistema hidráulicamente “dependiente” (dragados, mantenimiento y barreras) y ambientalmente degradado, porque eso terminaría debilitando la viabilidad regulatoria, elevando el costo total de vida, y comprometiendo la operación.

5.1 Estratégicas y Recomendaciones Técnicas de Rediseño para la Ampliación Portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán.

El análisis integral del sistema ambiental del Vaso II evidencia que la ampliación portuaria, en su configuración de gran escala, representa una intervención estructural capaz de modificar el régimen físico del sistema lagunar. La baja profundidad natural, el carácter hipersalino estacional, la limitada renovación hídrica y la presencia de manglar fragmentado configuran un subsistema con alta sensibilidad ante alteraciones geométricas e hidráulicas.

El principal riesgo identificado no es únicamente la pérdida directa de superficie, sino la transición de régimen físico del Vaso II, pasando de un sistema dominado por procesos naturales de baja energía y sedimentación difusa a un sistema parcialmente canalizado, con profundidades artificiales, energía inducida por navegación y mantenimiento hidráulico permanente.

La interacción entre dragado, eliminación o modificación de islotes centrales, incremento de tráfico marítimo y rigidización de márgenes puede inducir:

- Alteración persistente de patrones de circulación y tiempos de residencia.
- Redistribución sedimentaria no controlada y aumento de dragados de mantenimiento.
- Incremento de estrés salino o estratificación térmica en sectores específicos.
- Reducción progresiva de planicies someras funcionales.
- Mayor vulnerabilidad del manglar ante erosión y cambios en régimen de inundación.

Desde el enfoque de capacidad de carga ambiental, el Vaso II presenta límites estrechos para absorber transformaciones morfológicas extensivas sin comprometer su estabilidad ecológica.

Por tanto, la viabilidad ambiental del proyecto depende de un rediseño técnico que incorpore principios de adaptación al sistema receptor, y no de sustitución del régimen natural por un régimen completamente artificial.

5.1.1 Recomendaciones técnicas de rediseño.

5.1.1.1 Redimensionamiento gradual y por fases condicionadas.

El proyecto debe estructurarse en fases secuenciales vinculadas a indicadores ambientales verificables. La expansión inicial debería limitarse a un polígono reducido que permita evaluar respuesta hidrodinámica y sedimentaria real antes de escalar.

Cada fase deberá condicionarse al cumplimiento de parámetros ambientales definidos, tales como estabilidad del tiempo de residencia del agua, ausencia de pérdida neta de manglar y mantenimiento de calidad de agua dentro de rangos históricos.

Por tal motivo, la expansión debe dividirse en etapas discretas y secuenciales, de manera que la superficie intervenida, la longitud de muelles, el volumen de dragado y la capacidad operativa (por ejemplo, TEUs/año u otra métrica equivalente) crezcan únicamente cuando la etapa previa demuestre estabilidad ambiental bajo monitoreo. El criterio operativo es que ninguna etapa posterior puede iniciar construcción o puesta en operación si no se cumple, durante un periodo mínimo continuo, un conjunto de indicadores críticos del Vaso II dentro de rangos aceptables. El redimensionamiento en este esquema consiste en que la capacidad proyectada total se alcance solo si el sistema demuestra tolerancia ambiental real, y no únicamente mediante supuestos de diseño.

Este enfoque reduce riesgo de transición abrupta de régimen y permite ajustes adaptativos.

5.1.1.2 Optimización geométrica para minimizar alteración hidrodinámica

El diseño del canal y las dársenas debe buscar la mínima intervención necesaria para garantizar seguridad operativa, evitando profundizaciones extensivas innecesarias.

La geometría de canal, dársenas y plataformas debe dimensionarse para evitar incrementos significativos del tiempo de residencia del agua y para prevenir la creación de zonas de recirculación persistente o “zonas muertas”. El indicador central de cumplimiento será la variación del tiempo de residencia promedio (y su distribución espacial) en escenarios con proyecto comparados contra el estado base. Un redimensionamiento aceptable es aquel que mantiene patrones de circulación que evitan acumulación crónica de nutrientes, temperatura y salinidad en sectores sensibles, particularmente en márgenes con manglar y en zonas someras adyacentes a islotes.

Se recomienda:

- Reducir el ancho del canal al mínimo compatible con normas de navegación segura.
- Optimizar radios de giro mediante simulaciones de maniobra que eviten sobreexcavación.
- Mantener, en la medida de lo posible, islotes o estructuras naturales que funcionen como moduladores de corriente.

La geometría debe diseñarse con base en modelación hidrodinámica que demuestre estabilidad en circulación interna.

5.1.1.3 Conservación estratégica de islotes centrales

Los islotes centrales deben considerarse infraestructura ecológica natural. Su conservación parcial o total puede mantener patrones de disipación de energía y sedimentación que reduzcan impactos secundarios.

Si la ingeniería requiere modificar islotes, el redimensionamiento debe conservar o reemplazar su función morfodinámica. En términos prácticos, no se trata solo de “no tocar islotes”, sino de mantener el patrón de disipación de energía y de deposición que estabiliza el vaso. Si se prevé eliminación parcial, el criterio exige medidas de sustitución funcional como islotes de baja elevación, bermas sumergidas, soluciones de “infraestructura verde” o rediseño del trazo para mantener sombras hidrodinámicas. Si no se logra equivalencia funcional, se incrementa riesgo de erosión y colmatación, lo que obliga a redimensionar.

En caso de requerirse modificación, deberá evaluarse la posibilidad de:

- Reconfiguración parcial sin eliminación total.
- Creación de islotes artificiales compensatorios con función morfodinámica equivalente.
- Implementación de barreras hidráulicas de bajo impacto que sustituyan funciones naturales perdidas.

La eliminación total sin medidas compensatorias incrementa riesgo de erosión marginal.

5.1.1.4 Protección activa de bordes con manglar

El diseño debe incorporar soluciones de ingeniería costera ambientalmente compatibles para evitar socavación inducida por oleaje y corrientes de hélice.

El puerto debe dimensionarse de manera que no genere pérdida neta de cobertura funcional de manglar y no incremente el estrés hidráulico sobre bordes vegetados. El criterio de redimensionamiento incluye establecer franjas de amortiguamiento físico entre infraestructura rígida y bordes con manglar, limitar velocidades de navegación interna y diseñar la geometría de dársenas para reducir oleaje inducido y corrientes de hélice en proximidad a vegetación. La condición de avance por fases debe incluir estabilidad de indicadores del manglar, como regeneración, mortalidad, integridad de borde y ausencia de erosión progresiva.

Se recomienda:

- Establecer límites de velocidad estrictos dentro del vaso.
- Incorporar sistemas de disipación de energía en zonas críticas.

- Mantener franjas de amortiguamiento entre infraestructura rígida y manglar existente.

Además, debe implementarse un programa de restauración preventiva de manglar en sectores vulnerables.

5.1.1.5 Gestión avanzada de sedimentos.

El dragado inicial y de mantenimiento debe planificarse bajo un enfoque de balance sedimentario integral. Se recomienda:

- Caracterización geoquímica detallada de sedimentos.
- Disposición controlada fuera de zonas ecológicamente sensibles.
- Evaluación de reutilización para estabilización de plataformas o restauración ambiental.

El redimensionamiento debe incorporar un plan de manejo de sedimentos dragados que garantice que su disposición o reutilización no genera afectaciones secundarias a humedales, manglar o planicies someras. Se debe exigir trazabilidad de volúmenes, caracterización geoquímica, sitios de disposición o confinamiento, y demostrar que la logística de sedimentos no crea impactos indirectos equivalentes o mayores a los evitados por el rediseño.

Por otra parte, debe mantener un porcentaje significativo de planicies someras funcionales, ya que en un humedal lagunar estas zonas sostienen la mayor parte de la base trófica bentónica y la disponibilidad de alimento para avifauna. El criterio no es únicamente “conservar superficie”, sino conservar gradientes de profundidad y conectividad hidrológica. Esto implica que el diseño de canales y dársenas debe minimizar la conversión de áreas someras en áreas profundas de manera extensiva y evitar cortar corredores someros que sostienen la dinámica ecológica del Vaso II.

Asimismo, debe establecerse un umbral máximo anual de dragado de mantenimiento que no implique aumento progresivo. El proyecto debe fijar un presupuesto máximo anual de dragado de mantenimiento como condición de sostenibilidad operativa y ambiental. El dimensionamiento geométrico se considera aceptable si el volumen anual de dragado de mantenimiento permanece dentro de un rango estable y no presenta tendencia incremental conforme avanza la operación. Si la modelación y el monitoreo muestran aumento progresivo, la respuesta de redimensionamiento debe ser reducir áreas profundas, ajustar secciones del canal, conservar o recrear estructuras que modulen transporte de sedimentos y rediseñar la disposición de plataformas para evitar focos de colmatación.

5.1.1.6 Control de calidad de agua y monitoreo adaptativo.

El proyecto debe incluir una red permanente de monitoreo de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y nutrientes.

Se deben definir valores gatillo operativos que obliguen a ajustar operaciones portuarias si se detectan tendencias negativas persistentes.

a. Límite de cambio aceptable en el tiempo de residencia del agua y en la circulación interna

La geometría de canal, dársenas y plataformas debe dimensionarse para evitar incrementos significativos del tiempo de residencia del agua y para prevenir la creación de zonas de recirculación persistente o “zonas muertas”. El indicador central de cumplimiento será la variación del tiempo de residencia promedio (y su distribución espacial) en escenarios con proyecto comparados contra el estado base. Un redimensionamiento aceptable es aquel que mantiene patrones de circulación que evitan acumulación crónica de nutrientes, temperatura y salinidad en sectores sensibles, particularmente en márgenes con manglar y en zonas someras adyacentes a islotes.

b. Umbrales hidrosalinos: mantener el patrón estacional sin intensificar hipersalinidad ni estratificación persistente

El dimensionamiento debe demostrar que la obra no intensifica la hipersalinidad estacional ni genera estratificación salina/térmica persistente asociada a profundización artificial. Se debe establecer una línea base estacional y definir rangos de variación admisible, particularmente en estiaje. Si la operación o la geometría del proyecto tiende a elevar salinidad en zonas marginales o a prolongar estratificación con oxígeno bajo, el redimensionamiento debe ajustarse reduciendo profundidades, modificando alineamientos o incorporando elementos de mezcla y circulación.

c. Umbrales de calidad de agua con gatillos operativos obligatorios

Mantener dentro de la norma

El redimensionamiento debe incorporar un sistema de gestión adaptativa con umbrales medibles de turbidez, oxígeno disuelto, nutrientes y temperatura. Estos umbrales no deben quedar como metas generales, sino como valores gatillo asociados a acciones obligatorias, por ejemplo, disminuir ritmo de dragado, modificar ventanas de operación, instalar barreras anti-turbidez, reducir velocidades de navegación o detener actividades. Un puerto dimensionado adecuadamente en un vaso lagunar es aquel que mantiene el sistema dentro de un rango de calidad de agua compatible con el funcionamiento ecológico y evita condiciones hipóxicas recurrentes.

El monitoreo debe mantenerse durante toda la vida útil del proyecto.

5.1.1.7 Integración de infraestructura verde.

La ampliación puede incorporar soluciones basadas en naturaleza, tales como:

- Restauración de humedales adyacentes.
- Creación de zonas de transición vegetada entre plataformas y cuerpo lagunar.
- Sistemas de captación y tratamiento natural de escurrimientos pluviales.

Estas medidas pueden compensar parcialmente la pérdida de superficie natural y mejorar resiliencia del sistema.

5.1.1.8 Compatibilidad con escenarios de cambio climático

El diseño debe considerar elevación progresiva del nivel medio del mar y aumento en intensidad de eventos extremos.

Las plataformas deben proyectarse con cotas que incorporen márgenes de seguridad y no generen barreras rígidas que impidan migración natural del humedal.

5.1.1.9 Tráfico marítimo y energía inducida: capacidad operativa limitada por oleaje interno.

La capacidad por fases no debe depender únicamente de metros de muelle o patios, sino también del número de movimientos de buques y su tamaño, porque estos determinan el oleaje inducido. El redimensionamiento debe incluir límites progresivos de escala de buques y de frecuencia de maniobras dentro del vaso hasta que se demuestre que no hay erosión marginal ni aumento de turbidez crónico asociado al tráfico. En etapas tempranas, puede requerirse operación con buques y frecuencias más moderadas, ampliándose gradualmente.

5.1.1.10 Capacidad terrestre como condicionante: no activar más capacidad marítima que la que puede evacuar la red

El dimensionamiento debe garantizar que el crecimiento de capacidad marítima no exceda la capacidad real de evacuación terrestre (carretera y ferrocarril). Si la salida terrestre se congestiona, aumentan emisiones, ruido, conflictividad social y riesgo de accidentes, además de presiones urbanas. Por tanto, cada fase de crecimiento de terminales debe estar condicionada a que accesos viales y ferroviarios de esa fase estén construidos y operativos, y a que indicadores de congestión y emisiones locales se mantengan dentro de rangos aceptables.

5.1.2 Recomendación estratégica final.

El proyecto solo podrá considerarse ambientalmente compatible si se transforma de un esquema de ocupación extensiva a un esquema de intervención controlada, gradual y basada en evidencia científica modelada.

El rediseño debe orientarse a:

- Minimizar profundización innecesaria.
- Mantener funciones morfodinámicas naturales.
- Proteger manglar y planicies someras.
- Limitar mantenimiento hidráulico crónico.
- Vincular expansión a desempeño ambiental verificable.

En un esquema de redimensionamiento adaptativo, la Etapa 1 podría limitar la huella y la capacidad operativa a un nivel inicial que permita calibrar modelos con datos reales y validar que no se alteran circulación, salinidad y calidad del agua más allá de umbrales. Solo si esa fase cumple, se habilitaría la Etapa 2 con mayor longitud de muelle, mayor superficie de patios y mayor frecuencia de buques, y así sucesivamente, siempre con los “candados” de desempeño.

En síntesis, el Vaso II no debe adaptarse al puerto; el puerto debe adaptarse a la capacidad física del Vaso II.

5.2 Propuestas Técnicas de Rediseño para la Ampliación Portuaria en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán.

Con base en lo anteriormente expuesto, se identifican una serie de alternativas generales de desarrollo del nuevo puerto de Manzanillo. Cabe destacar que el objetivo de las alternativas seleccionadas es reducir el elevado impacto que supondría su construcción sobre las islas del interior de la Laguna y sobre la hidrodinámica lagunar; así como el impacto para el colectivo pesquero.

5.2.1 Alternativa 1

Desde el punto de vista técnico, la alternativa representa una expansión portuaria interior sobre el vaso lagunar No. II de Cuyutlán, estructurada a partir de un nuevo frente de atraque lineal dispuesto paralelamente a la barra costera, con el objetivo de no afectar a las Islas Cocodrilo I y II.

Figura 5.1 Propuesta No. 1 del Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán.



La Figura 5.1 muestra una alineación continua de muelles rectos con múltiples posiciones de atraque, asociadas a amplias explanadas de contenedores organizadas en módulos ortogonales. La geometría de patios es claramente reticular, con vialidades longitudinales y transversales que permiten circulación interna de equipo portuario pesado (grúas RTG o sistemas automatizados), y una zona central destinada a servicios operativos y control. La configuración se ha planteado como un desarrollo por etapas, dado que los módulos de patio se repiten con superficies del orden de decenas de miles de metros cuadrados, lo que indica una estrategia de crecimiento progresivo dentro del polígono de reserva.

Las áreas de navegación incorporan una dársena interior con un círculo de maniobra claramente delimitado con un diámetro de 800 m, para la operación de buques de 400 m de eslora con capacidad de giro asistido. Se plantea un canal interior curvo que conecta la zona de atraque con el cuerpo principal de la laguna implica la necesidad de dragado significativo tanto en canal como en la dársena de ciaboga. La solución plantea la navegación interna, lo que técnicamente reduce la exposición al oleaje, pero incrementa la dependencia del régimen hidrodinámico lagunar. El dimensionamiento de las dársenas de ciaboga considera maniobras seguras con el apoyo de remolcadores y márgenes laterales adecuados para evitar la deriva hacia la orilla de la dársena.

A diferencia de la propuesta original, esta se ha planteado de tal forma que no interfiera con las Islas Cocodrilo I y II, ya que se plantea el desarrollo portuario en la margen sur de la Lagun de Cuyutlán, en una franja paralela a la línea de costa, lo que requiere se realicen rellenos confinados entre la laguna y la barra arenosa.

La conexión terrestre se resuelve mediante vialidades que enlazan los patios de almacenamiento de las terminales con la infraestructura existente, sin embargo, las conexiones viales y de ferrocarril de la zona sur de desarrollo, presentan el problema que deben usar la infraestructura existente. Los tramos de carretera federal y viaducto que enlazan con la Barra de Campos solo disponen de un carril por sentido para la circulación de camiones y vehículos particulares, en caso de un aumento del flujo de camiones derivado de la construcción del puerto en Cuyutlán, sería necesario plantear el desarrollo de nueva infraestructura, de cara a garantizar un mínimo de 2 carriles por sentido.

Asimismo, se debe considerar que este viaducto carretero que enlaza con la Barra de Campos cruza por una la zona urbana en la que cohabitan el tráfico de camiones con el tráfico vehicular de los vecindarios anexos. La ejecución de un posible proyecto de ampliación de la infraestructura podría llevar a una situación de oposición social, por lo que quizás sería necesario plantear un viaducto carretero complementario a través del Vaso II de la Laguna.

Desde el punto de vista ambiental, la alternativa se implanta directamente sobre el sistema lagunar de alta sensibilidad ecológica. La transformación de superficies de agua somera en

explanadas implica la pérdida directa de hábitat acuático y la modificación del patrón de circulación hidrodinámica del vaso. El dragado de las áreas de navegación interna en la laguna alteraría el equilibrio sedimentario, pudiendo generar resuspensión de sedimentos finos y cambios en turbidez, salinidad y oxigenación. Al tratarse de una laguna conectada dinámicamente con el mar y con presencia de humedales y manglares en su entorno, cualquier modificación en secciones hidráulicas o en la geometría del vaso puede alterar tiempos de residencia del agua y gradientes salinos, con efectos potenciales en comunidades de peces, crustáceos y aves.

La ocupación de la franja contigua a la barra costera también modifica la función natural de amortiguamiento ante eventos extremos. El sistema lagunar y los manglares asociados actúan como disipadores de energía frente a tormentas y marejadas; al sustituir superficies naturales por infraestructura rígida, se incrementa la reflexión de energía y la dependencia de soluciones estructurales para control de inundaciones. Asimismo, la operación de las terminales de contenedores de gran escala introduce presiones permanentes como emisiones atmosféricas, ruido, iluminación nocturna y riesgo de derrames, lo que exige sistemas de manejo de aguas pluviales con tratamiento previo a descarga, planes de contingencia ambiental y monitoreo continuo de calidad de agua.

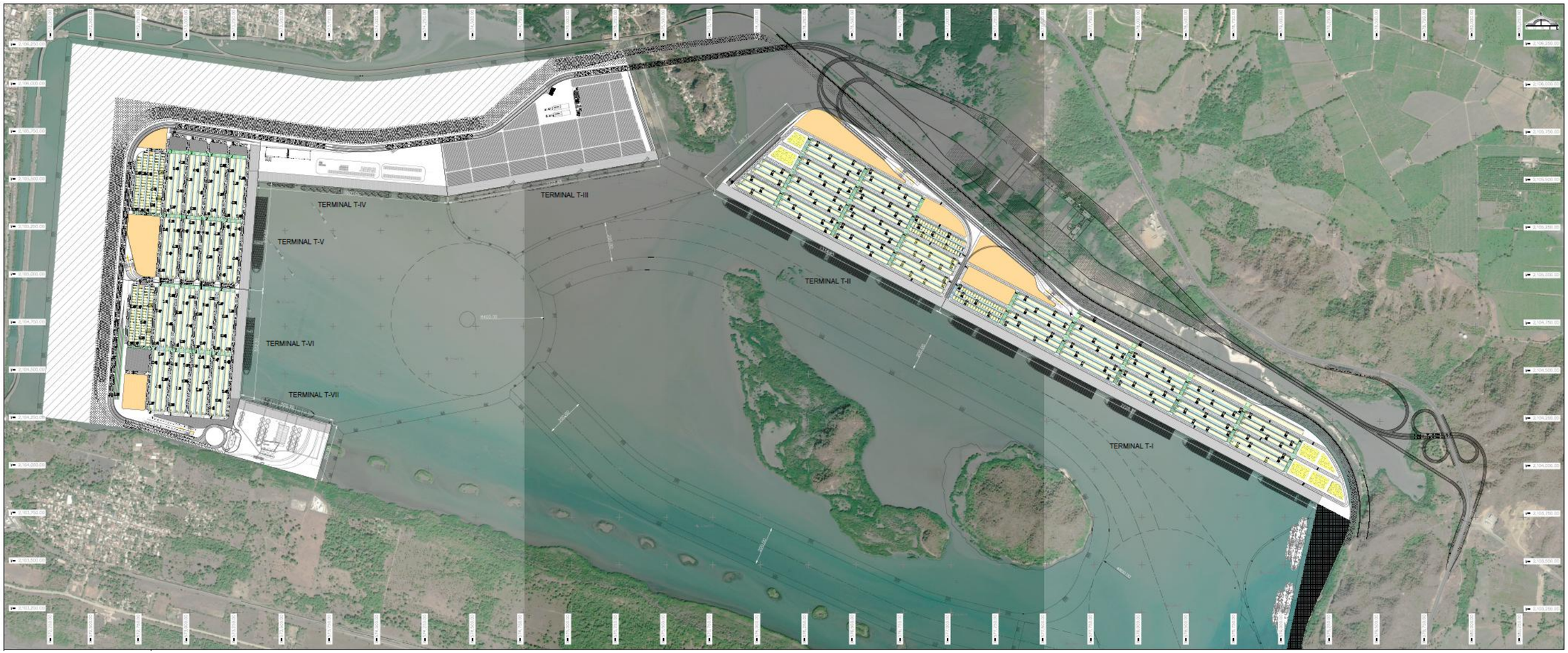
En términos de ordenamiento territorial, la propuesta requiere de una transición de uso de suelo predominantemente natural a industrial-portuario, con efectos acumulativos que deben evaluarse no sólo por la huella directa del relleno sino por la reorganización de flujos terrestres y marítimos, la generación de infraestructura complementaria y la posible expansión futura dentro del mismo polígono.

En síntesis, la alternativa de desarrollo en Cuyutlán No. I corresponde a una solución técnicamente coherente para ampliar capacidad portuaria mediante áreas interiores de navegación, frente lineal de atraque y amplios patios modulares, con operación potencial para buques de gran tamaño. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental implica una reconfiguración del sistema lagunar que requiere control hidrodinámico y evaluación detallada para asegurar su estabilidad.

5.2.2 Alternativa 2

Desde el punto de vista técnico, esta segunda alternativa muestra una configuración distinta respecto a la primera, al concentrar el desarrollo en un esquema más estructurado en torno a la dársena central de ciaboga y un frente de atraque segmentado por terminales en el costado oeste del vaso No. II de la laguna. El diseño presenta muelles en escuadra que genera una envolvente casi ortogonal alrededor del área operativa, lo que permite múltiples posiciones de atraque distribuidas en tramos rectos. Esta geometría facilita la especialización funcional por terminal y la posible concesión por fases, ya que cada tramo puede operar relativamente independiente del resto.

Figura 5.2 Propuesta No. 2 del Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán.



Las áreas de navegación interior se integran al sistema lagunar existente, lo que indica que la alternativa mantiene el concepto de navegación interior, pero con una organización espacial más definida y jerarquizada. La dársena de ciaboga con un diámetro de 800 m se garantiza radios de giro suficientes y con los márgenes de seguridad adecuados dentro del vaso No. II de la laguna.

La alternativa No. 2 evidencia un esquema de patios modulares bien organizados, con una retícula de almacenamiento alineada paralelamente al frente de atraque. Se presentan conexiones viales en el extremo sur que articula el recinto con infraestructura externa, así como un distribuidor vehicular principal. La disposición sugiere una planificación logística integral que contempla accesos controlados y posible integración ferroviaria futura.

Desde el punto de vista constructivo, esta alternativa implica igualmente un volumen significativo de dragado para conformar las dársenas y canales de navegación. La forma más compacta del vaso podría optimizar los volúmenes respecto a una configuración más extendida, aunque concentraría mayores profundidades en una zona definida. El relleno para conformar las explanadas portuarias ocupa una superficie importante entre la laguna y la zona terrestre existente, lo que implica estabilización de suelos, sistemas de contención perimetral y probablemente estructuras tipo tablestacado anclado o muelle sobre pilotes dependiendo de la profundidad final proyectada.

En términos ambientales, la segunda alternativa mantiene una intervención directa sobre el sistema lagunar de Cuyutlán, con transformación de áreas actualmente acuáticas en plataformas portuarias y modificación de la morfología interna del vaso. Sin embargo, al concentrar la dársena en un espacio más claramente delimitado y estructurado, podría generar un patrón hidrodinámico más predecible que una expansión longitudinal extensa. Aun así, el dragado altera los gradientes de salinidad, la circulación interna y la dinámica de sedimentos, pudiendo modificar tiempos de residencia del agua y procesos ecológicos asociados.

La ocupación de superficie lagunar representa pérdida directa de hábitat acuático y potencial afectación a zonas de alimentación y reproducción de especies. Asimismo, la creación de bordos y muros perimetrales modifica la conectividad entre subvasos de la laguna y puede alterar intercambios entre los ciclos de marea. La concentración de infraestructura en el oeste de la laguna podría reducir la fragmentación espacial del ecosistema comparado con un esquema más disperso, pero intensifica la presión local en el área intervenida.

Durante la fase constructiva, los impactos principales estarían asociados a la resuspensión de sedimentos, incremento de turbidez, generación de ruido subacuático y tránsito de maquinaria pesada. En operación, las terminales introducirían fuentes permanentes de emisiones atmosféricas, ruido, iluminación nocturna y riesgo de derrames, especialmente si se consideran múltiples terminales operando simultáneamente. La magnitud del patio y el número de posiciones de atraque sugieren una capacidad significativa, lo que implica aumento en tráfico marítimo y terrestre, con efectos acumulativos sobre calidad del aire y entorno social cercano.

En términos comparativos, esta segunda alternativa parece técnicamente más ordenada y funcionalmente sectorizada, con mejor definición de las áreas de navegación interna, lo que puede traducirse en mayor eficiencia náutica y operativa. Ambientalmente, aunque la huella directa sigue siendo considerable, la configuración compacta podría facilitar la implementación de medidas de mitigación y monitoreo al concentrar la intervención en un polígono claramente definido. No obstante, la alteración estructural del sistema lagunar continúa siendo significativa y requeriría estudios hidrodinámicos y ecológicos detallados para evaluar efectos acumulativos y de largo plazo.

5.2.3 Alternativa 3

Desde el punto de vista técnico, la tercera alternativa es similar a la segunda alternativa, la principal diferencia es que el control aduanero se realiza en el interior de cada terminal, con lo cual se logra reducir la afectación hacia las zonas de mangle que existe en la laguna.

La configuración del frente de atraque es lineal en el costado norte y oeste de la laguna, con patios de contenedores adyacentes organizados en retícula ortogonal. Esto confirma que la tercera alternativa busca consolidar un corredor integrando por terminales especializadas de contenedores con las futuras terminales de hidrocarburos y posiblemente con el tráfico de cabotaje.

La presencia de áreas marcadas como “Áreas de Desarrollo Portuario” y la proximidad al Ejido de Campos evidencian que el proyecto se inserta en un entorno mixto industrial–rural. El esquema vial perimetral y el acceso principal sugieren una conexión directa con infraestructura terrestre estratégica, lo cual es coherente con una plataforma logística de gran escala. La organización espacial es más alargada que en la segunda alternativa, extendiéndose longitudinalmente a lo largo de la barra costera, pero con una dársena central que articula los distintos tipos de terminal.

Desde el punto de vista constructivo, esta opción es similar a la segunda alternativa implica.

En términos ambientales, la creación de las áreas de navegación interior altera el régimen natural de intercambio entre laguna y mar, modificando salinidades, corrientes, tiempos de residencia del agua y patrones de sedimentación. El incremento en energía hidráulica por efecto de mareas y oleaje penetrando al sistema puede cambiar hábitats acuáticos y afectar comunidades biológicas adaptadas a condiciones más estables.

Figura 5.3 Propuesta No. 3 del Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán.



La pérdida directa de superficie lagunar por relleno es significativa, pero el impacto más relevante es el cambio en dinámica hidrodinámica. A ello se suma la incorporación de terminales energéticas y de hidrocarburos, que elevan el riesgo ambiental asociado a derrames, fugas o incidentes mayores. La proximidad a instalaciones como la regasificadora y la termoeléctrica refuerza el carácter industrial del polígono y la acumulación de riesgos tecnológicos en un mismo enclave.

Durante la fase constructiva, los impactos incluirían dragado masivo, disposición de sedimentos, incremento de turbidez, ruido subacuático y modificación de hábitats costeros. En operación, el tráfico marítimo sería más intenso y diverso que en las alternativas centradas solo en contenedores, incorporando buques tanque y graneleros de gran porte. Esto implica mayores exigencias en control de seguridad marítima, planes de contingencia y monitoreo ambiental continuo.

Comparativamente, esta tercera opción ofrece una mayor diversificación de cargas y una mejora eficiencia náutica. Sin embargo, ambientalmente representa la alteración profunda del sistema costero–lagunar similar a la segunda alternativa, al intervenir tanto el cuerpo de agua interior como la barra y la línea de costa marina. **Su viabilidad dependería en gran medida de estudios hidrodinámicos detallados, modelación de transporte de sedimentos y una evaluación ambiental estratégica que considere efectos acumulativos y sinérgicos con la infraestructura energética existente**.

5.2.4 Comparativa de Alternativas

La primera alternativa se caracteriza por un desarrollo longitudinal relativamente extendido sobre el vaso lagunar, con frentes de atraque lineales y patios modulares repetitivos. Desde el punto de vista operativo es una solución funcional y escalable, pero su geometría más dispersa tiende a generar mayores recorridos internos y potencial interferencia entre maniobras y zonas activas si el crecimiento no se gestiona por etapas claramente separadas. Su eficiencia es buena en términos de expansión progresiva, pero no necesariamente óptima en compactación logística.

Ambientalmente, la primera alternativa implica una ocupación extensa de superficie lagunar con rellenos relativamente distribuidos. La alteración hidrodinámica podría ser significativa porque se modifica una porción amplia del espejo de agua, ya que actualmente la laguna de Cuyutlán presenta amplias áreas con profundidades someras y con el desarrollo estas serán profundizadas. Asimismo, el impacto se concentra en pérdida de hábitat y modificación de circulación interna, pero mantiene la condición general de sistema lagunar cerrado. En términos relativos, su intervención es alta en superficie, pero moderada en transformación estructural del régimen costero.

Tabla 5.1 Comparación de Alternativas de Desarrollo Portuario en Cuyutlán

CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Configuración general	Desarrollo longitudinal extendido sobre el vaso lagunar con frentes lineales continuos y patios modulares repetitivos.	Terminales especializadas con frentes sectorizados por terminal y organización más jerarquizada. Punto de revisión aduanero fuera del área operativa de terminales.	Terminales especializadas con frentes sectorizados por terminal y organización más jerarquizada. Punto de revisión aduanero dentro del área operativa de terminales.
Tipo de operación predominante	Principalmente contenedores.	Contenedores con organización modular optimizada.	Contenedores con organización modular optimizada.
Eficiencia náutica	Adecuada	Alta	Muy Alta
Eficiencia logística interna	Buena escalabilidad, pero mayor dispersión espacial y recorridos internos más largos.	Alta eficiencia por compactación y mejor organización de patios y accesos.	Alta eficiencia por compactación y mejor organización de patios y accesos.
Capacidad estratégica de crecimiento	Alta por expansión modular progresiva.	Alta, con posibilidad de concesiones por terminales definidas.	Muy alta; modelo de plataforma logística e industrial integral.
Intervención sobre superficie lagunar	Alta ocupación directa y relleno distribuido.	Alta, pero más concentrada espacialmente.	Alta, pero más concentrada espacialmente.
Alteración hidrodinámica	Modificación interna del vaso lagunar sin cambio estructural del régimen mar–laguna.	Similar a la Alternativa 1, pero potencialmente más controlable por concentración espacial.	Similar a la Alternativa 1, pero potencialmente más controlable por concentración espacial.
Impacto ecosistémico relativo	Muy alto; afecta laguna, barra costera y dinámica litoral.	Alto por pérdida de hábitat lagunar.	Alto por pérdida de hábitat lagunar.
Riesgos técnicos principales	Asentamientos en rellenos, dragado de mantenimiento, sedimentación interna.	Asentamientos en rellenos, dragado de mantenimiento, sedimentación interna.	Asentamientos en rellenos, dragado de mantenimiento, sedimentación interna.
Complejidad constructiva	Alta, principalmente por volumen de relleno y dragado.	Alta, principalmente por volumen de relleno y dragado.	Alta, principalmente por volumen de relleno y dragado.
Riesgo ambiental acumulativo	Medio–alto.	Medio–alto (ligeramente menor relativo).	Medio–alto (ligeramente menor relativo).
Balance eficiencia / impacto ambiental	Intermedio.	Máxima eficiencia estratégica, pero mayor impacto y riesgo ambiental.	Mejor equilibrio relativo entre eficiencia operativa e impacto.

La comparación entre alternativas muestra que, si bien existen diferencias en la magnitud y distribución de los impactos ambientales, la evaluación integral debe considerar no solo la intervención inicial, sino el comportamiento del sistema en el tiempo. En este sentido, las configuraciones que permiten un mayor control de procesos hidrodinámicos y una mejor organización operativa reducen la probabilidad de impactos acumulativos y reconfiguraciones futuras no evaluadas.

Sus principales riesgos técnicos radican en la estabilidad de rellenos sobre suelos blandos, el control de asentamientos diferenciales en las plataformas de almacenamiento de contenedores y el mantenimiento de profundidades operativas mediante dragado de mantenimiento periódico. También existe riesgo de sedimentación acelerada si la nueva geometría altera flujos internos.

La segunda alternativa presenta una configuración más compacta y sectorizada, con una dársena claramente definida y frentes organizados por terminales. Desde el punto de vista operativo, esta propuesta es más ordenada en términos portuarios. El dimensionamiento de las áreas de navegación, maniobra y frentes de atraque mejora la seguridad de navegación y facilita concesiones por módulos. Logísticamente, la disposición de los patios y las salidas con el nodo exterior de revisión aduanero sugieren recorridos más eficientes y menor dispersión espacial. Por ello, en términos de eficiencia operativa dentro de un esquema exclusivamente de contenedores, esta alternativa puede considerarse superior a la primera.

En el plano ambiental, aunque la superficie intervenida sigue siendo considerable, la concentración de la dársena en un polígono más definido podría generar un patrón hidrodinámico más predecible y acotar la fragmentación del ecosistema. En términos relativos, frente a la primera alternativa, la segunda podría implicar una intervención ambiental ligeramente menor en dispersión espacial, aunque no necesariamente menor en volumen de dragado profundo, su impacto es significativo, pero algo más contenido en términos de configuración. Sin embargo, la propuesta de dejar fuera la zona de control aduanera implica una mayor afectación a la zona de mangle.

Los riesgos técnicos principales se asocian al dragado profundo concentrado, a la estabilidad de taludes submarinos en una dársena amplia y a la necesidad de garantizar radios de giro seguros para buques de gran tamaño sin afectar estructuras adyacentes. También existe riesgo de congestión futura si el crecimiento supera la capacidad de la dársena central.

La tercera alternativa es la más ambiciosa y compleja. Desde el punto de vista operativo es la más versátil y la que potencialmente ofrece mayor capacidad total y diversificación de carga. La consideración de un doble canal de navegación interior, implementado un canal de acceso y otro de salida reduce la navegación interna y puede disminuir tiempos de tránsito. En términos de eficiencia macro–portuaria y conectividad marítima, es la opción de mayor alcance estratégico.

Sin embargo, ambientalmente, al igual que la alternativa dos, implica transformación estructural. Con el dragado de las áreas internas de la laguna modifica el régimen hidráulico natural, altera salinidades y transporte de sedimentos, y puede inducir procesos erosivos o cambios morfodinámicos en la barra costera. Comparativamente, es la alternativa también tiene una intervención ambiental relativa y para su implementación deberán realizarse tareas de mitigación y propuestas de reforestación de la zona de mangle.

Sus riesgos técnicos son similares a la opción dos, el control de sedimentación en las áreas de navegación interior, la interacción entre corrientes marinas y lagunares, y la gestión integral de riesgos asociados a hidrocarburos y GNL en proximidad a otras instalaciones industriales.

En síntesis, la alternativa con mayor eficiencia operativa especializada en contenedores es la tercera, por su configuración compacta y mejor organización náutica. Asimismo, es la alternativa con mayor eficiencia estratégica y diversificación de carga, aunque con mayor complejidad técnica.

Por otra parte, la alternativa que representa una transformación ecosistémica. La primera se sitúa en un punto intermedio en impacto ambiental, pero con menor optimización espacial que la segunda y la tercera.

5.3 Matriz de Evaluación

Con el objeto de identificar la alternativa de desarrollo portuario que presente el mejor equilibrio entre desempeño operativo, viabilidad ambiental y factibilidad técnica, se aplicó una metodología de Evaluación Multicriterio (EMC). Esta herramienta permite comparar opciones de proyecto mediante criterios estructurados y ponderados, incorporando variables técnicas, ambientales y de riesgo dentro de un marco sistemático y transparente.

La metodología parte del reconocimiento de que la selección de alternativa no puede sustentarse exclusivamente en criterios de capacidad operativa o expansión física, sino que debe considerar de manera integral la interacción del proyecto con el entorno costero–lagunar, así como los riesgos constructivos y operativos asociados a su implementación.

Para ello, se definieron tres dimensiones de análisis: Operativa–Logística, Ambiental y Riesgo Técnico–Constructivo, asignando a cada una un peso relativo en función de su relevancia estratégica dentro del contexto del proyecto.

5.3.1 Definición de Dimensiones y Ponderaciones

La ponderación global se estableció considerando el carácter portuario del proyecto, su ubicación en un sistema lagunar ambientalmente sensible y la magnitud de las obras marítimas requeridas.

La Dimensión Operativa–Logística recibió un peso del 40%, dado que el objetivo principal del proyecto es ampliar y optimizar la capacidad portuaria, garantizando eficiencia en maniobras, productividad logística y competitividad regional.

La Dimensión Ambiental se ponderó con 35%, reflejando la alta sensibilidad ecológica del sistema lagunar de Cuyutlán y la necesidad de minimizar impactos estructurales sobre el régimen hidrodinámico y los ecosistemas asociados.

La Dimensión de Riesgo Técnico–Constructivo se asignó con 25%, considerando la importancia de la factibilidad constructiva, la estabilidad geotécnica y la gestión de riesgos tecnológicos en infraestructura portuaria de gran escala.

La suma de estas ponderaciones asegura un equilibrio entre desempeño funcional y sostenibilidad territorial, coherentes con un proyecto de esta magnitud en zona ambientalmente sensible.

5.3.2 Subcriterios de Evaluación

5.3.2.1 Dimensión Operativa – Logística

a. Eficiencia náutica.

Evalúa el desempeño de la configuración portuaria desde el punto de vista de la navegación y maniobra de buques. Considera la geometría del canal de acceso, amplitud y ubicación del círculo de maniobra de la dársena de ciaboga, separación entre frentes de atraque y áreas de navegación, alineación de muelles respecto a corrientes y vientos dominantes, y grado de interferencia entre operaciones simultáneas de arribo y salida. Una alternativa con alta eficiencia náutica minimiza riesgos de colisión o varadura, reduce tiempos de maniobra y optimiza la capacidad operativa por ventana de marea.

b. Eficiencia logística interna.

Analiza la funcionalidad del diseño en términos de flujo terrestre y organización de patios. Incluye la disposición reticular de áreas de almacenamiento, distancias promedio de traslado interno, accesibilidad a puertas de entrada y salida, posibilidad de integración ferroviaria, segregación de flujos (carga, equipo, vehículos ligeros) y potencial para automatización. Una alta eficiencia logística se traduce en menores tiempos de ciclo, menor consumo energético interno y mayor productividad por hectárea.

c. Capacidad de crecimiento modular.

Valora la posibilidad de ampliar la infraestructura por etapas sin afectar la operación existente. Considera la disponibilidad de reservas territoriales, facilidad de extender frentes de atraque, continuidad estructural del diseño y viabilidad de desarrollar módulos independientes. Una alternativa con alta capacidad modular permite ajustar la inversión a la demanda real y reduce riesgos financieros y operativos.

d. Flexibilidad de tipos de carga.

Mide el grado en que la alternativa admite distintos segmentos de mercado portuario. Incluye la capacidad para recibir buques de diferentes tamaños y tipologías (contenedores, graneles, hidrocarburos), la posibilidad de adaptar patios y muelles a nuevas tecnologías y la resiliencia ante cambios en el comercio internacional. Una mayor flexibilidad incrementa la competitividad estratégica del puerto a largo plazo.

5.3.2.2 Dimensión Ambiental

a. Intervención sobre superficie lagunar

Evalúa la magnitud de ocupación directa del cuerpo de agua y humedales asociados mediante rellenos, conformación de explanadas o infraestructura permanente. Considera la superficie transformada y la pérdida directa de hábitat acuático o ribereño. A mayor superficie intervenida, mayor presión ecológica.

b. Alteración hidrodinámica

Analiza el grado en que la alternativa modifica la circulación natural del sistema lagunar y su intercambio con el mar. Incluye cambios en salinidad, tiempos de residencia del agua, transporte de sedimentos, energía de corrientes y estabilidad de la barra costera. Una alteración estructural (como la apertura de una nueva bocana) implica un impacto hidrodinámico mayor que una modificación interna del vaso.

c. Impacto ecosistémico acumulativo

Considera los efectos combinados del proyecto con infraestructura existente o proyectada en el entorno. Incluye presión sobre manglares, fauna acuática, aves migratorias, calidad del agua y servicios ecosistémicos como amortiguamiento ante tormentas. Este subcriterio integra tanto impacto directo como indirecto y de largo plazo.

5.3.2.3 Dimensión Riesgo Técnico – Constructivo

a. Complejidad constructiva

Evalúa la dificultad técnica asociada a la ejecución de obras marítimas y terrestres. Incluye volumen de dragado, necesidad de rompeolas o escolleras, estabilización de taludes, control de infiltraciones, cimentación en suelos blandos y/o duros, y coexistencia con infraestructura existente. A mayor complejidad, mayor probabilidad de sobrecostos y retrasos.

b. Riesgo geotécnico

Analiza la incertidumbre asociada al comportamiento de suelos y sedimentos en rellenos y cimentaciones. Considera la presencia de depósitos blandos, potencial de asentamientos diferenciales, licuación, consolidación primaria y secundaria, y estabilidad global de terraplenes.

c. Riesgo morfodinámico / sedimentación

Evalúa la probabilidad de cambios en patrones de erosión y depósito que afecten la navegabilidad o estabilidad costera. Incluye riesgo de azolve acelerado en canales y dársenas, erosión en bocanas, migración de barras arenosas y necesidad de dragado de mantenimiento intensivo.

d. Riesgo tecnológico (energéticos y materiales peligrosos)

Considera el riesgo asociado a la operación de terminales de hidrocarburos, GNL u otras sustancias peligrosas. Incluye probabilidad y consecuencias de derrames, incendios o explosiones, así como la complejidad de planes de contingencia y zonas de amortiguamiento industrial.

5.3.3 Sistema de Calificación.

Se utilizó una escala ordinal de cinco niveles, donde el valor 1 representa desempeño muy desfavorable o alto impacto/riesgo, y el valor 5 representa desempeño muy favorable o bajo impacto/riesgo. Las calificaciones se asignaron con base en análisis técnico comparativo de la configuración espacial, requerimientos constructivos y alcance funcional de cada alternativa.

En resumen, la escala utilizada es de 1 a 5, donde:
1 = Muy desfavorable
2 = Desfavorable
3 = Intermedio
4 = Favorable
5 = Muy favorable

El resultado final para cada alternativa se obtuvo mediante promedio ponderado, multiplicando cada calificación por el peso relativo del subcriterio y sumando los resultados parciales dentro de cada dimensión, para posteriormente integrar el valor global.

Tabla 5.2 Matriz de Evaluación Multicriterio del Proyecto de Desarrollo Portuario en Cuyutlán.

	Criterio	Peso	Alternativa		
			1	2	3
Dimensión Operativa – Logística	Eficiencia náutica	15%	3	4	4
	Eficiencia logística interna	10%	3	4	5
	Capacidad de crecimiento modular	10%	4	5	5
	Flexibilidad de tipos de carga	5%	5	5	5
	Subtotal Ponderado	**40%**	**3.50**	**4.38**	**4.63**
Dimensión Ambiental	Intervención sobre superficie lagunar	15%	2	2	2
	Alteración hidrodinámica	10%	3	2	2
	Impacto ecosistémico acumulativo	10%	2	3	3
	Subtotal Ponderado	**35%**	**2.29**	**2.29**	**2.29**
Dimensión Riesgo Técnico–Constructivo	Complejidad constructiva	10%	3	3	3
	Riesgo geotécnico	5%	2	2	2
	Riesgo morfodinámico / sedimentación	5%	3	3	3
	Riesgo tecnológico (energéticos)	5%	3	3	3
	Subtotal Ponderado	**25%**	**2.80**	**2.80**	**2.80**
Total Ponderado		**100%**	**8.59**	**9.46**	**9.71**

Fuente: Elaboración propia, 2026.

5.3.4 Alcances y Limitaciones

La evaluación multicriterio constituye una herramienta comparativa preliminar que orienta la toma de decisión estratégica. No sustituye estudios de detalle hidrodinámicos, geotécnicos o ambientales específicos, los cuales deberán desarrollarse en fases posteriores para optimizar el diseño definitivo.

Sin embargo, el método permite identificar de manera estructurada la alternativa que ofrece el mejor balance entre eficiencia portuaria, viabilidad ambiental y control de riesgos, proporcionando sustento técnico a la selección recomendada.

5.3.5 Resultados de la Evaluación

Con base en el análisis técnico–operativo, ambiental y de riesgos constructivos desarrollado para las tres alternativas de expansión portuaria en Cuyutlán, se realizó una evaluación comparativa estructurada mediante metodología multicriterio ponderada, considerando eficiencia logística, desempeño náutico, magnitud de intervención ambiental y nivel de complejidad técnica.

La aplicación del modelo de ponderación arrojó los siguientes resultados globales:

- Alternativa 1: 8.59
- Alternativa 2: 9.46
- Alternativa 3: 9.71

La Alternativa 1 presenta una solución funcional y escalable, con adecuada capacidad de crecimiento modular; sin embargo, su configuración longitudinal genera mayor dispersión operativa y una ocupación extensa del vaso lagunar, lo que implica impactos ambientales relevantes sin alcanzar el nivel óptimo de eficiencia logística observado en otras configuraciones.

La Alternativa 3 implica una intervención de mayor escala sobre el sistema lagunar en comparación con las otras alternativas, particularmente por la reconfiguración geométrica del vaso y la modificación de patrones de circulación interna. No obstante, a diferencia de las alternativas con configuraciones parciales o dispersas, esta intervención se plantea bajo un enfoque integral de control hidrodinámico y estabilidad morfológica, lo que permite gestionar de manera más efectiva los impactos inducidos.

En este sentido, el impacto de la Alternativa 3 no se considera menor en términos absolutos, sino más controlable y predecible, siempre que el diseño definitivo se sustente en modelaciones hidrodinámicas, de transporte de sedimentos y de calidad del agua, que permitan definir medidas de mitigación, compensación y ajuste geométrico con base en evidencia técnica. Esta condición implica que su viabilidad ambiental estará sujeta a la validación de dichos estudios, a fin de demostrar la compatibilidad del proyecto con el funcionamiento del sistema lagunar.

Desde el punto de vista ambiental, la Alternativa 2 presenta una menor intervención inicial y una configuración espacial más contenida, lo que puede traducirse en impactos más acotados en el corto plazo. Sin embargo, la Alternativa 3, al plantear una reconfiguración integral del sistema portuario, permite reducir presiones operativas futuras, evitar soluciones parciales y disminuir la probabilidad de impactos acumulativos no controlados en el mediano y largo plazo.

En este contexto, si bien la Alternativa 2 presenta ventajas en términos de intervención inicial, la Alternativa 3 ofrece una solución estructural más consistente con la evolución del sistema portuario, al mejorar la eficiencia sistémica, incrementar la resiliencia operativa y reducir la probabilidad de reconfiguraciones futuras no evaluadas ambientalmente.

El análisis ponderado posiciona a la Alternativa 3 como la opción de mayor viabilidad técnica, ambiental y operativa relativa, al ofrecer un mejor balance integral entre capacidad portuaria, eficiencia logística y gestión de riesgos, bajo el entendido de que los impactos asociados a su implementación pueden ser prevenidos, mitigados o compensados mediante el desarrollo de ingeniería de detalle y estudios ambientales específicos.

Finalmente, es importante señalar que la selección de la alternativa con base en la presente evaluación no constituye una validación automática de su viabilidad ambiental, sino una base técnica para el desarrollo del proyecto definitivo, el cual deberá ser evaluado conforme a la normatividad aplicable y a los requerimientos de la autoridad ambiental competente.

5.3.6 Selección de Alternativa

Con base en los resultados obtenidos mediante la Evaluación Multicriterio y el análisis técnico integral desarrollado, se concluye que la Alternativa 3 representa la opción más viable para el desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán, al ofrecer el mejor desempeño integral en términos de capacidad operativa, eficiencia logística, viabilidad técnica y gestión de riesgos.

Si bien la Alternativa 2 presenta ventajas en términos de menor intervención inicial y una configuración espacial más contenida, dichas condiciones no resultan suficientes para garantizar el desempeño del sistema portuario en escenarios de crecimiento sostenido, ni para evitar presiones operativas que puedan derivar en impactos indirectos o acumulativos en el mediano y largo plazo.

En contraste, la Alternativa 3 plantea una solución estructural de mayor alcance, que permite optimizar la organización funcional del puerto, mejorar el desempeño náutico, incrementar la capacidad efectiva del sistema y fortalecer su resiliencia ante variaciones en la demanda y condiciones operativas.

Desde la perspectiva ambiental, la selección de la Alternativa 3 no se sustenta en una menor magnitud de impacto en términos absolutos, sino en la posibilidad de gestionar dichos impactos de manera más controlada, predecible y técnicamente sustentada, mediante el desarrollo de estudios especializados y la incorporación de criterios de diseño orientados a la estabilidad hidrodinámica y morfológica del sistema lagunar.

En este sentido, se considera que la Alternativa 3 ofrece un mejor balance entre desarrollo portuario y sostenibilidad ambiental en el largo plazo, al reducir la probabilidad de

reconfiguraciones futuras no evaluadas y permitir una gestión más eficiente de los procesos físicos y operativos del sistema.

No obstante, es importante señalar que la selección de esta alternativa no constituye una validación automática de su viabilidad ambiental, sino una base técnica para el desarrollo del proyecto definitivo, el cual deberá ser sometido a evaluación conforme a la normatividad aplicable, incorporando estudios de detalle que permitan verificar la compatibilidad del diseño con el sistema lagunar.

Dichos estudios deberán incluir, entre otros, modelación hidrodinámica, análisis de transporte de sedimentos, evaluación de calidad del agua y análisis de impactos acumulativos, a fin de asegurar que los efectos del proyecto puedan ser prevenidos, mitigados o compensados de manera verificable.

En consecuencia, desde una perspectiva técnica, ambiental y estratégica, se recomienda seleccionar la Alternativa 3 como esquema base para el desarrollo del proyecto, sujeta al cumplimiento de los estudios y condiciones anteriormente señalados.

6.0 PROPUESTA DE DESARROLLO PORTUARIO EN LA LAGUNA DE CUYUTLÁN.

Tomando en consideración los resultados obtenidos de la evaluación comparativa multicriterio, se acuerda seleccionar la alternativa 3 como la más adecuada para el desarrollo del nuevo puerto de la Laguna de Cuyutlán.

6.1 Caracterización y Diseño de las Instalaciones Portuarias.

6.1.1 Buque De Diseño.

6.1.1.1 Antecedentes.

El comercio exterior, tal y como lo conocemos fue impulsado por el explosivo aumento del transporte marítimo pos Segunda Guerra Mundial. En la actualidad, parte importante de las importaciones y exportaciones de los países se hace por vía marítima, ya que es un medio de transporte de carga eficiente y económicamente conveniente. Entre las diversas formas existentes de comercio marítimo, el contenedor representa una de las más eficaces y seguras.

El contenedor es ampliamente utilizado como forma de importar y exportar diferentes bienes (carga general). Actualmente existen empresas navieras que operan buques portacontenedores en rutas estándares con una frecuencia establecida. El proceso de implementación del contenedor fue conocido como contenerización[7] y permitió la automatización del manejo de la carga unitaria y un aumento sustancial en la productividad del comercio marítimo. El contenedor y los gigantescos buques que los transportan, son el resultado de un desarrollo tecnológico que llevó décadas.

1. Situación Pre-contenerización.

Previo al contenedor, el transporte marítimo de carga era muy diferente. Los barcos se cargaban de forma manual y las faenas se apoyaban con pescantes, cintas transportadoras y grúas para alivianar la alta carga física asociada. Esto implicaba largas estadías en puerto, una embarcación podía estar amarrada al muelle alrededor de una semana mientras se descargaban y cargaban los bienes transportados. En términos de costo, la tendencia era similar, entre un 60% a 75% del valor de trasladar carga por vía marítima, era única y exclusivamente por los largos periodos que el barco estaba detenido, ver Figura 6.1.

Las condiciones laborales de los trabajadores portuarios eran muy deficientes. Los turnos eran inciertos, el trabajo era informal y existían mafias en donde los capataces le cobraban a los mismos trabajadores para seleccionarlos. Levinson (2016) afirma que, de 51.000 estibadores

[7] La contenedorización es un sistema de transporte intermodal de mercancías que utiliza contenedores intermodales (también llamados contenedores de envío o contenedores ISO).

registrados en Nueva York, solo algunos pocos eran contratados a jornada completa, mientras que la gran mayoría eran casuales o informales.

Figura 6.1 Actividades de Carga y Descarga previo a la Contenerización.



Fuente: www.zarca.es.

El descontento y malestar en los sindicatos se manifestaba en constantes protestas que impactaban la eficiencia de la industria. Los trabajadores portuarios representaban la vanguardia del radicalismo sindical, entre los años 1948-1952 se perdieron 1MM de días hombre por

concepto de protestas en Gran Bretaña. La precariedad de los sueldos generaba altos índices de robo de mercancías por parte de los mismos trabajadores, que lo justificaban como una forma de complementar sus bajos ingresos. Adicionalmente, la gran cantidad de trabajadores dependientes de la industria producía una férrea resistencia a cualquier modernización que implicara disminución de trabajadores.

La solución era conocida; en vez de manejar la carga de forma separada en cientos de distintos tamaños y formas se planteó mover toda la carga dentro de cajas de mayor tamaño. A pesar de la simpleza del concepto, su implementación y desarrollo llevó décadas, pero significó un cambio radical en la industria marítima.

El principal precursor y conocido como el inventor de este sistema es Malcom McLean, ver Figura 6.2, quien fue el fundador de SeaLand, una de las primeras navieras de portacontenedores. La naviera Matson también fue pionera, pero su estrategia era totalmente distinta a la de Sealand.

Figura 6.2 Evolución de la Contenerización.



Nota: (a) Malcom McLean, (b) Terminal moderna de carga contenerizada, (c) Primer buque portacontenedores SS Ideal-X (Eslora: 160 m, Manga: 9.10 m y Puntal: 21 m), (d) Portacontenedores moderno (Tipo: ULCS Eslora: 400 m, Manga: 59 m y Calado: 16 m),
Fuente: Elaboración propia con información de www.panoramamaritimoylogistico.com y www.merchantnavydecoded.com.

En 1956, Sealand marcó uno de los hitos más importantes de la industria con el zarpe del Ideal-X (ver Figura 4.2), desde Nueva Jersey a Houston, transportando 58 contenedores. Este fue el primer trayecto de un buque portacontenedores y marcó lo que sería el futuro de esta industria, en donde el foco ya no estaría en la navegación, sino que en el manejo y transporte de carga. El desarrollo de tecnología de SeaLand se basaban en la experiencia e intuición de sus profesionales, quienes tenían un enfoque práctico al momento de diseñar.

Mientras tanto, Matson, naviera experimentada en el rubro, centraba sus desarrollos desde una perspectiva teórica. Financió la investigación académica, enfocada en el manejo de carga y cómo hacer este proceso más eficiente. Por ejemplo, fueron capaces de precisar que contenerizando su ruta California-Hawaii con contenedores de 20 y 25 pies podían reducir sus costos a la mitad. Los tamaños escogidos de contenedor permitían maximizar el uso de las grúas.

La implementación del contenedor siguió su curso con distintos desarrollos y nuevos actores, que vieron en esta tecnología una forma de mejorar lo ineficiente que era el manejo y movimiento de carga no contenerizada, ver Figura 6.3. La oposición por parte de los trabajadores portuarios era enérgica y no permitió inicialmente aprovechar la automatización inherente al contenedor. Los sindicatos obligaron a saturar las faenas con personal innecesario. Gradualmente, esto se fue ajustando hasta que se llegó al equilibrio en donde en los patios de carga se encontraban con el personal estrictamente necesario.

Figura 6.3 El Primer Contenedor.



Fuente: www.bbc.com.

Un acontecimiento histórico importante en el desarrollo del contenedor fue la guerra de Vietnam. A finales de 1965, posterior a una inspección en terreno efectuada por SeaLand a las instalaciones del ejército de Estados Unidos en Vietnam, se determinó que la logística completa se podía optimizar mediante la contenerización. El ejército decidió subcontratar el servicio completo, debido a su desconocimiento del tema. SeaLand se adjudica la licitación, porque ofrecía el suministro completo desde los buques y contenedores hasta la infraestructura portuaria y terrestre necesaria para el manejo de carga. Además, cobraba una tarifa de flete fija por tonelada trasladada. Gracias a esto, SeaLand estableció un servicio semanal de movimiento de carga contenerizada entre Estados Unidos y Vietnam, haciendo paradas intermedias en Filipinas y Japón. Esto la convierte en la primera empresa en operar un servicio internacional de contenedores, de forma similar a lo que hace hoy en día.

2. Proceso de Estandarización

La estandarización de los buques, los contenedores y el manejo de carga fue un proceso extenso y costoso. Estandarizar sobrepasaba el dominio de los buques, establecer medidas estándar del contenedor iba a generar una sinergia entre el transporte marítimo y terrestre, con consecuencias insospechadas para el comercio internacional. Esto es conocido como intermodalidad y se define básicamente como la articulación entre distintos medios de transporte utilizando una única unidad de carga, generalmente un contenedor.

Posterior al éxito del SS Ideal-X, McLean decidió transformar seis cargueros que serían la primera generación de buques portacontenedores. Era necesario aumentar la capacidad de carga mediante una estiba segura. SeaLand diseñó e implementó, el primer sistema de celdas que cumplía con estos requerimientos y que consistía en un grupo de guías verticales que dirigían al contenedor hasta su posición final. También, le daban firmeza al contenedor evitando cualquier desplazamiento debido a los movimientos de la embarcación en altamar. El sistema tenía una capacidad de 226 contenedores, tres veces superior al SS Ideal-X. Este principio de operación basado en celdas se utiliza hasta la actualidad, debido a su versatilidad y facilidad de operación.

Cuando el contenedor llegaba a su posición final, se requería un sistema de agarre, que permitiera fijar los contenedores, tanto entre sí como a la cubierta. SeaLand diseñó el primer sistema de conos semiautomático que permitía afirmar y soltar de forma rápida los contenedores a bordo y/o en los remolques de los camiones, mediante la activación de una palanca, agilizando el proceso de carga y descarga. Al igual que las celdas estos conos se siguen usando, aunque, en la actualidad son completamente automáticos.

El tiempo demostró que las grúas debían estar en tierra objeto mejorar los tiempos de carga y descarga, aumentando la capacidad de manejar los contenedores y, por ende, potenciar la intermodalidad. Uno de los primeros sistemas de manejo de carga con grúas terrestres fue el Seatrain system, el cual movía los contenedores a bordo a través de unos rieles y utilizaba una

cuna de levante para estos. Su capacidad máxima era de 125 ton. Posteriormente, se determinó que era más eficiente que el movimiento lateral lo tuvieran las grúas y no el contenedor, siendo esta la forma actual de funcionamiento.

En 1958, algunas compañías navieras ya estaban transportando contenedores, sin embargo, los beneficios aún no eran visibles en términos de costos, debido a la falta de estandarización. La gran variedad de tamaños, formas y pesos que tenían los contenedores, no tendían hacia la intermodalidad y una mala estandarización no permitiría su implementación. Este proceso se inició en Estados Unidos, y una gran cantidad de stakeholders, tanto del ámbito público como privado, tenían intereses en su materialización.

La primera fase de estandarización fue impulsada por dos organizaciones distintas; la United States Maritime Administration (Marad) y la American Standard Asociation (ASA). La primera, una agencia gubernamental netamente marítima y la segunda, una organización privada no ligada exclusivamente al ámbito marítimo. La fase inicial generó una infinidad de distintas medidas; el ancho y la altura fueron rápidamente estandarizados, sin embargo, el largo quedó pendiente debido a la gran cantidad de medidas existentes. El ASA estableció una primera estandarización, basada en los largos existentes, siendo suficiente para los ferrocarriles y camiones, pero insuficiente para los barcos. El sistema de celdas no daba flexibilidad entre los largos muy distintos de contendores, lo que implicaba altos costos de readaptación del sistema. Es importante destacar que, desde sus inicios, el proceso se amplió para actores ajenos al ámbito marítimo, lo que permitió trabajar siempre en pos de la intermodalidad.

Esta primera fase de estandarización finalizó con la intervención y las gestiones de Herbert Hall, máxima autoridad de la ASA. Hall estimaba que, teniendo contenedores de 10, 20, 30 y 40 pies de largo y de 8 pies de ancho y altura se lograba una relación aritmética que generaba flexibilidad en la estiba de la carga al interior del contenedor. A pesar de la oposición, estas medidas fueron establecidas como el estándar de la industria en 1961. Esto perjudicó a Matson y SeaLand y favoreció a los que recién entraban al negocio, dando un nuevo impulso a la actividad, con bases sólidas que permitían la asignación de créditos y subsidios.

Si se quería lograr la intermodalidad era necesario estandarizar a nivel global. Para esto, la International Organization for Standarization (ISO) debía interceder y analizar la contenerización. Los patrones establecidos para Estados Unidos fueron la base para el resto del mundo. La discusión se centró en las falencias que podían afectar la intermodalidad. Pese a que las medidas estaban listas, había vacíos que debían ser estudiados.

Los portacontendores requieren grandes inversiones de capital para operar. El objetivo es minimizar las estadías en puerto y maximizar los tiempos en que la embarcación se encuentra en trayecto transportando carga. La correcta elección del sistema de enganche de contenedores era decisiva. Según Matson retrasos mínimos en el proceso de carga y descarga, podían significar pérdidas de hasta 4,000 dólares por buque al año. Cada empresa tenía un diseño propio y

presionaba para que su diseño fuera el estándar. Finalmente, en 1965, después de varias comisiones y distintas discusiones técnicas, se decidió estandarizar el sistema de conos semiautomático diseñado por SeaLand, debido a la sencillez del diseño y bajos costos de manufacturación.

La falta de definición respecto al peso máximo del contenedor generaba una gran cantidad de incidentes. Sin este dato, no se podía establecer tanto el grosor de las paredes donde iban instalados los conos y tampoco, la capacidad de carga máxima de grúa. Mediante la designación de un panel ad hoc, se estableció el grosor de las paredes y, por ende, los pesos aceptables por tamaño de contenedor y la capacidad de levante de grúa.

Los tamaños que ya utilizaban Matson y SeaLand, no fueron considerados, sin embargo, ellos siguieron operando con sus antiguos contenedores. Su preocupación no era la inversión que debían hacer para adaptarse, sino, más bien, las ineficiencias que este cambio les produciría en sus respectivas rutas de carga. Finalmente, la presión por obtener los subsidios los hizo ceder e ir migrando de manera paulatina a las medidas establecidas.

En 1970, el comité técnico de la ISO, finalmente, publicó lo que serían las medidas estándar de la industria. Esto significó un avance significativo a la intermodalidad entre compañías y medios de transporte.

Figura 6.4 Estandarización del Contenedor.



Fuente: www.pelicancontainers.com.

3. Consolidación de la industria

Posterior a la publicación de los estándares ISO, se continuó un proceso de desarrollo en donde cada vez se construyeron buques de mayor capacidad. Los barcos de primera generación tenían distintos sistemas de manejo de carga y todos eran cargueros de la segunda guerra mundial adaptados para el transporte de contenedores. El que no fueran diseñados para estos fines los hacía deficientes en términos de capacidad de contenedores, ya que la forma de los cascos no permitía el uso eficiente del fondo de las bodegas. Este problema se fue mejorando con el incremento de la manga en el pantoque de los cascos. Las velocidades de operación se van aumentando paulatinamente hasta los 24 nudos, velocidad de operación estándar actual con condiciones de mercado normal.

En la década de 1980, la industria se expandió y las economías de escala logradas, condujeron a la construcción de barcos de mayor capacidad, lo que permitió una disminución del costo por tonelada transportada.

El estándar Panamax se define en base a las dimensiones máximas que puede tener una embarcación que pretende transitar por este canal. En 1985, se alcanzó este estándar con buques capaces de cargar 4,000 TEU's[8] Posteriormente, se construyeron los buques Post Panamax con una manga mayor a 32.2 m, que debido a su incapacidad para cruzar el canal requerían mayor capacidad de carga para ser rentables. Una vez sobrepasado el umbral Panamax, el tamaño de los barcos aumentó cada vez más rápido generando importantes cambios en la infraestructura portuaria. El alcance de las 8,000 TEU's aumentó el calado de las embarcaciones y obligó a los puertos a eliminar estas restricciones.

En el 2006, la capacidad se incrementó a 12,500 TEU's, generándose la tercera generación de buques Post Panamax; los Very Large Containership (VLCS). Ingresan al mercado, con la presentación de los barcos clase Emma de Maersk, VLCS con capacidades entre los 11,000 y 14,500 TEU's. En el 2013, fueron presentados los Ultra Large Containership (ULCS) o clase Triple E, con capacidades de 18,000 TEU's y un largo de 400 m. Actualmente, los ULCS están en el rango de los 23,000 TEU's.

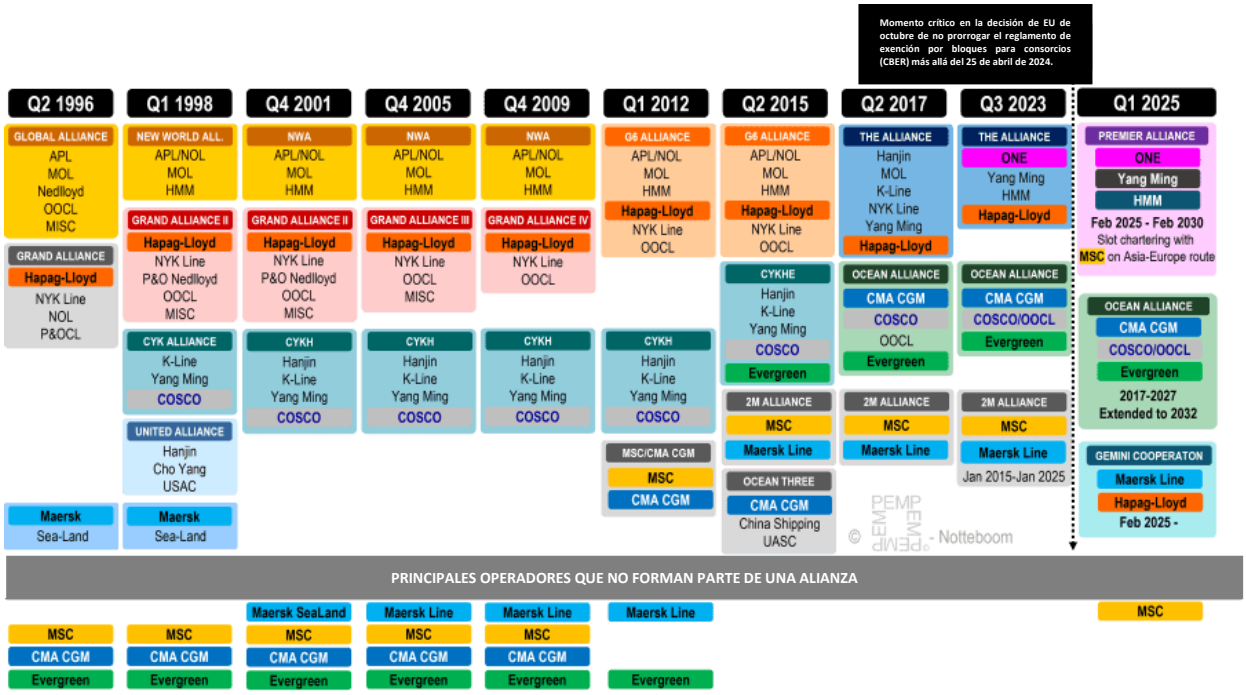
En el 2016, con la ampliación del canal de Panamá los buques Post Panamax pudieron transitar y surgió un nuevo estándar, el New Panamax. Estos barcos no pueden navegar por el canal, pero utilizan rutas alternativas con mayores distancias que son amortiguadas por las economías de escala.

[8] TEU es la sigla en inglés de "Twenty-foot Equivalent Unit", que se traduce como "unidad equivalente a veinte pies". Es una unidad de medida que se usa en el comercio exterior y en el transporte marítimo

6.1.1.2 Características del mercado de portacontenedores

Actualmente existe una gran cantidad de empresas navieras que operan servicios de portacontenedores, sin embargo, solo unas pocas concentran las mayores cuotas de mercado. En los últimos años y como respuesta al incremento de costos, debido, entre otras cosas, al endurecimiento en las normas de seguridad, operación y medioambientales, los armadores se han visto obligados a formar alianzas estratégicas. En el 2023, se hizo la última gran reestructuración de la industria y se crearon tres grandes alianzas, ver Figura 6.5.

Figura 6.5 Alianzas Estratégicas.



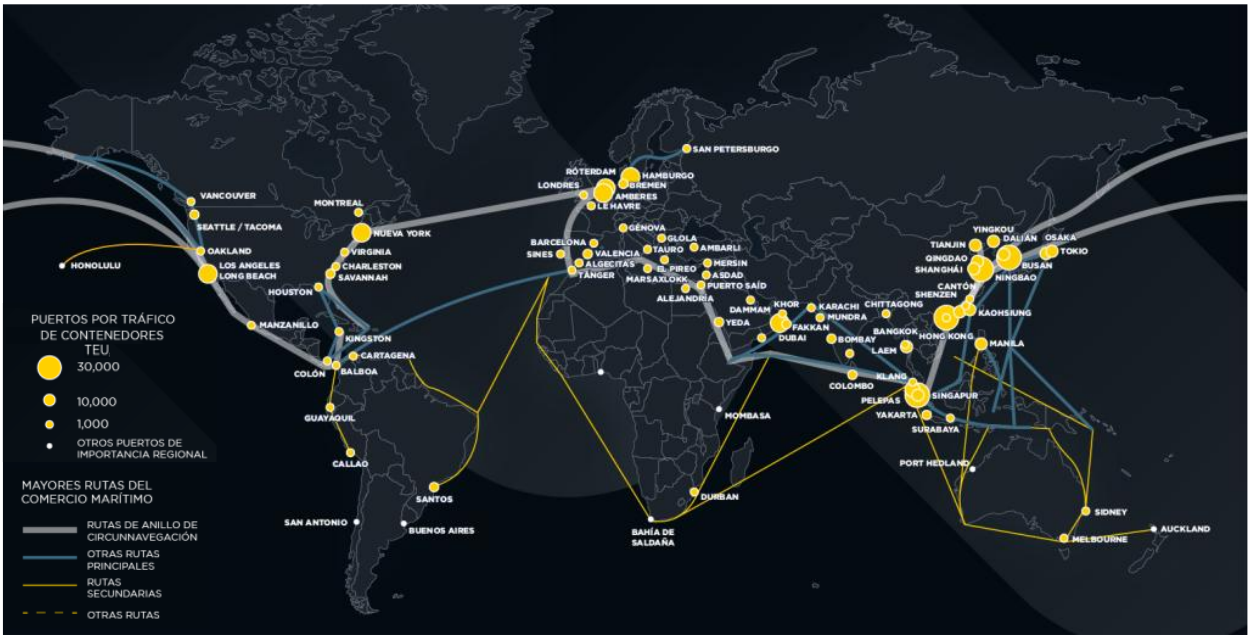
Fuente: www. porteconomicsmanagement.org.

Los servicios de portacontenedores proveen un itinerario regular de puertos fijados previamente, lo que es una diferencia sustancial con la carga a granel (granos, concentrado de hierro, etc.), que opera con itinerarios de puertos variables. La regularidad del servicio incide directamente en los costos fijos, ya que cuando hay desbalances entre la oferta y la demanda, los buques siguen navegando, pero en niveles de carga con márgenes de rentabilidad bajos o inclusive con pérdidas para el armador. El sector granelero mitiga esto, disminuyendo la velocidad de

operación o sacando de circulación el tonelaje menos eficiente. Los portacontenedores solo pueden disminuir la velocidad de operación, pero deben mantener la frecuencia de los barcos.

El movimiento de contenedores a nivel mundial se basa en itinerarios fijos de puertos, los cuales se clasifican en términos de distancia y dirección de movimiento. Existen más de 1,024 potenciales rutas de portacontenedores, las cuales son establecidas por los armadores de acuerdo con el tamaño de los buques disponibles, la demanda de carga y las características de los puertos de llamada. Las rutas se clasifican de acuerdo con la dirección de movimiento del barco. Están las rutas de Este a Oeste, de Sur a Norte y las intrarregionales, ver Figura 6.6. La ruta que actualmente mueve mayor cantidad de carga es la transpacífico, con un volumen contabilizado, en el 2019, de 30 MM de TEU's.

Figura 6.6 Principales Rutas Marítimas.



Fuente: www.blog.bego.ai.

En resumen, la introducción del contenedor en el transporte de carga marítima significó un cambio radical en la forma en que operaba la industria hasta ese momento. Las condiciones previas a la contenerización hacían inviable la masificación del comercio internacional.

Los inicios fueron difíciles, las presiones de ciertos grupos de poder y la incertidumbre, fueron factores que retrasaron su implementación. La estandarización permitió materializar la ejecución de este proceso y articular la forma en que la industria debía operar para disminuir sus

costos operacionales. Además, pero de forma indirecta, la estandarización consolidó la intermodalidad.

Con la estandarización la industria comenzó a crecer, produciendo un aumento sostenido en la capacidad de transporte de los buques. Existen distintas limitaciones de tamaño, basándose en la tolerancia de los buques para navegar por los tramos más estrechos de las rutas existentes.

En la actualidad la industria es una red compleja de rutas e itinerarios estándar, que no pueden ser modificados y que generan costos fijos de operación, que no existen en otros sectores del transporte marítimo. Sin embargo, los grandes volúmenes de carga transportados generan economías de escala que permiten mitigar estos problemas.

6.1.1.3 El Buque Portacontenedores.

Desde que en los años cincuenta se crearon los contenedores, los buques han aumentado exponencialmente su tamaño. Los buques portacontenedores son una parte importante de la cadena logística mundial y, por tanto, el tamaño y la eficiencia del navío se debe aumentar para mejorar las economías de escala.

Las aspiraciones por buques más grandes están siempre presentes. En las últimas décadas se motivaba a pensar en grandes buques portacontenedores, como el Malacca-Max (limitado por el calado del estrecho de Malacca). Se fue avanzando en el agrandamiento de los buques, incluyendo las mejoras tecnológicas. En el año 2008 los astilleros surcoreanos STX anunciaban que tenían diseñado un buque de 22.000 TEU, en 2011 se rumoreaba que Maersk ordenaría buques de 18.000 TEU, y de 20.000 TEU para 2014.

Todas estas estimaciones de grandes buques han sido superadas, y hoy navegan buques de hasta 24.000 TEU, adaptados a la tecnología y condicionantes actuales. Los buques significativos más grandes y la cantidad de buques de su serie suman 89 buques entre 18.000 y 24.000 TEU, siendo en su mayoría buques de MAERSK (35%), MSC (20%), COSCO (19%), EVERGREEN (12%), MOL (7%) y UASC (7%); asimismo resalta que hay encargado un total de 32 buques “MGX-24” o Megamax-24 (buques con 24 filas en 61,5 m de manga) para HMM, MSC y CMA-CGM. También se observa que los buques en servicio de entre 18.000 y 24.000 TEU indicados, tienen una eslora de 400 m, una manga entre 58,6 m y 61,5 m y un calado entre 16 y 16,5m. El MSC GÜLSÜN representa un hito, además de superar en tamaño con su capacidad de 23.756 TEU incorpora nuevas tecnologías para evitar accidentes, optimización del espacio y protección del océano y el ambiente.

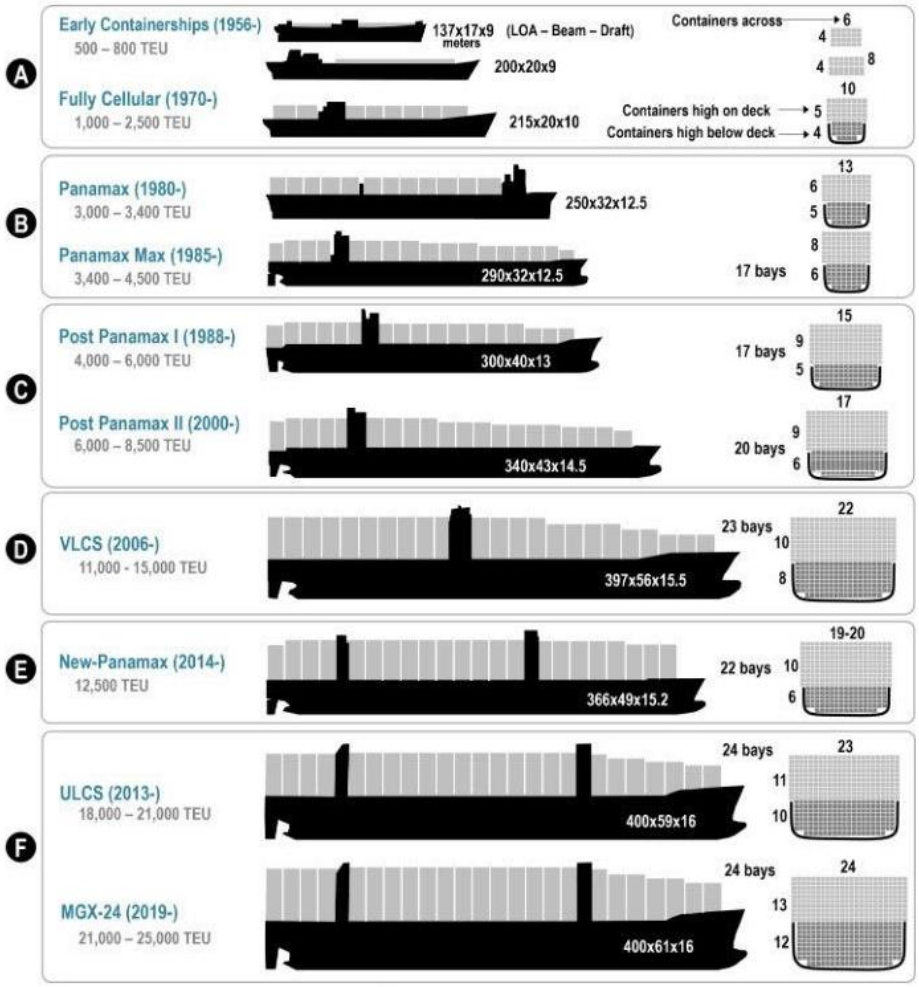
1. Tendencia en el Tamaño de los Portacontenedores.

Durante las últimas dos décadas, la capacidad de los buques portacontenedores se ha triplicado, y los astilleros cuentan ahora con navíos que pueden soportar hasta 23.000 TEU. A

pesar del crecimiento exponencial de este sector, algunos cuestionan si se pudiera alcanzar un límite, como sucedió con los buques graneleros.

Primero de todo, es importante entender por qué ha habido seis olas de cambios substanciales en los buques portacontenedores, cada una representada por una nueva generación de navíos, ver Figura 6.7.

Figura 6.7 Evolución de los Portacontenedores.



La primera generación consistió, básicamente, en buques graneleros con una capacidad de hasta 1,000 TEU's. No obstante, todo evolucionó rápidamente desde entonces. Los navíos continuaron aumentando su capacidad y sus dimensiones hasta que ya no podían pasar por el

Canal de Panamá, en 1985, con una capacidad que rondaba los 4,000 TEU's. Estos navíos se conocen como generación Panamax.

En 1988, los primeros buques se construyeron con una anchura de más de 32.3 metros, suponiendo los inicios de la generación post-Panamax de buques portacontenedores. Esto condujo a problemas infraestructurales en muchos puertos de todo el mundo, ya que tuvieron que invertir en grúas pórtico más grandes y dragar las zonas portuarias para tener el calado necesario para este tipo de buques.

A principios de los 2000, la demanda y el tamaño continuaban creciendo. Desde el 2001 hasta el 2006, el crecimiento del volumen comercial fue, de promedio, tres veces superior al del PIB. Así, las compañías navieras más punteras, que empezaron a hacer acuerdos estratégicos, vieron la necesidad de una nueva generación de buques portacontenedores. En el 2006, con el lanzamiento del Emma Mærsk, entró en servicio el primer buque portacontenedores de gran tamaño VLCS (Very Large Container Ships). Los buques portacontenedores de mayor tamaño reducían aún más el costo por TEU, lo que aumentó la demanda y, por tanto, impulsó los buques aún más grandes.

Este circuito de retroalimentación terminó cuando estalló la crisis financiera en el 2008 y la demanda empezó a decaer. Sin embargo, el poder comercial de los acuerdos y el ascenso de los mercados emergentes como China continuaban aumentando aún más el tamaño de los buques portacontenedores, a pesar de que la demanda no iba a la par. Así pues, diez años después, se lanzaron los buques portacontenedores Ultra Large Container Ship (ULCS), con capacidades superiores a 20,000 TEU's.

Hasta el año 2022, el buque portacontenedores más grande en cuanto a capacidad es el MSC Gülsün, con 23,756 TEU, 400 metros de eslora, 61.5 metros de manga y un calado de 16.5 metros, ver Figura 6.8. En junio de 2022, el astillero chino Hudong Zhonghua Shipbuilding entregó oficialmente a Evergreen el Ever Alot, ver Figura 6.11, el mayor buque portacontenedores construido hasta la fecha. Con una capacidad de 24.004 TEU, es el primero en superar la barrera de los 24.000 TEU's. El buque fue ordenado en noviembre de 2019 y pertenece a la clase A de Evergreen, una serie de 13 portacontenedores encargados por la naviera a tres astilleros asiáticos. En breve se entregará el MSC Tessa, con dimensiones similares al Ever Alot, pero con una capacidad ligeramente superior 24,116 TEU's.

Aunque la capacidad ha aumentado considerablemente, el tamaño de los últimos buques portacontenedores no ha cambiado mucho los últimos años

En mayo de 2022 había cerca de 900 portacontenedores en construcción o por encargo en todo el mundo con una capacidad total de 6.8 millones de TEU's. Los recientes pedidos realizados por las navieras nos dan una pista de la evolución del sector:

Figura 6.8 Portacontenedores MSC Gülsün.



Nota: El MSC Gülsün, en el momento de su botadura en 2019, era el buque portacontenedores más grande del mundo. Construido por Samsung Heavy Industries en Corea del Sur, tiene casi 61.5 m (201 pies 9 pulgadas) de manga y 399.9 m (1.312 pies 0 pulgadas) de eslora y un calado operativo de 16.5 m y un máximo de 17.7 m. Con un sistema de carga diseñado por MacGregor International AB, el barco tiene una capacidad de 23.756 contenedores (23.756 TEU's) en filas de 24 de ancho
Fuente: Mediterranean Shipping Company.

- En marzo de 2021, la propia Evergreen realizó un encargo de 20 portacontenedores de 15,000 TEU's de capacidad a entregar en 2024/2025.

- OOCL ordenó en septiembre de 2021 diez nuevos buques con una capacidad de 16,000 TEU's cada uno.

- Por su parte, MSC encargó en abril de 2021 cuatro ULCS de 24.100 TEU de capacidad a entregar en 2023. En abril de este año, ha ampliado el pedido con catorce nuevos buques de 8,000 TEU's y otras seis unidades de 7,900 TEU's, a entregar en 2025. En junio, sumó al encargo veinte nuevos buques, diez de 8,100 TEU's y 10 de 11,400 TEU's.

- En la misma línea, CMA-CGM ha encargado en junio de este año seis buques de 15,000 TEU's de capacidad que se entregarán en 2025.

De hecho, hasta un total de 561 portacontenedores fueron encargados en 2021. Comparados con los 114 en 2020 o los 107 en 2019, marcan una inflexión más que notable respecto a la tendencia de los últimos años. Estos pedidos nos permiten ver cómo está evolucionando el mercado de nuevos buques.

2. Factores Determinantes que Podrían Producir un Cambio en el Tamaño de los Buques Portacontenedores.

Para entender qué factores pueden llevar al desarrollo de una nueva generación de megabuques, es necesario revisar los factores determinantes y las interdependencias, que se pueden dividir en seis categorías:

- Tecnología
- Sostenibilidad
- Mercado
- Coste de la infraestructura
- Infraestructura portuaria
- Rutas marítimas

En la Figura 6.9 muestra varios factores para cada categoría y nuestra suposición sobre si conducirán a un aumento o descenso del tamaño de los buques.

Para predecir un desarrollo futuro, se han analizado las dimensiones de buques portacontenedores anteriores, de acuerdo con la base de datos de Lloyds. En la Figura 4.10 se muestran la eslora, la manga, el puntal y el calado en relación con la capacidad en TEU's.

Al analizar la relación entre las dimensiones de los buques portacontenedores y su capacidad en TEU podemos deducir las siguientes tendencias:

- El calado no cambia significativamente al superar los 12,000 TEU's. De hecho, parece que se estabiliza alrededor de los 16 y los 16.5 metros.

- El puntal parece fijarse en alrededor de 30 metros en buques de más de 12,000 TEU's, pero ha aumentado a 35 metros en los últimos ULCS (buques portacontenedores ultragrandes) con una capacidad mayor que 20,000 TEU's.

- La eslora se estabiliza en unos 400 metros en buques de más de 15,000 TEU's.

- Proporcionalmente, la manga es la dimensión que muestra un mayor crecimiento.

Figura 6.9 Factores Sobre si Conducirán a un Aumento o Descenso del Tamaño de los Buques Portacontenedores.



- La manga, la eslora y el puntal están aumentando claramente a intervalos, basándose en las nuevas filas de TEU's añadidas.

- El aumento de la capacidad en los VLCS y los ULCS está relacionada con los cambios de la eslora, el puntal y la manga, aunque es más significativo en esta última. Con respecto al calado, es la dimensión menos afectada en los megabuques actuales.

Analizando en conjunto la Figura 6.10, podemos apreciar que las dimensiones van en aumento con una capacidad mayor. No obstante, el gradiente está decreciendo en todas, lo que significa que se están consiguiendo mayores capacidades sin un aumento sustancial del tamaño del buque. De acuerdo con los últimos desarrollos de los buques, la manga parece la dimensión que mejor se amolda a la capacidad superior de TEU's en comparación con las demás dimensiones.

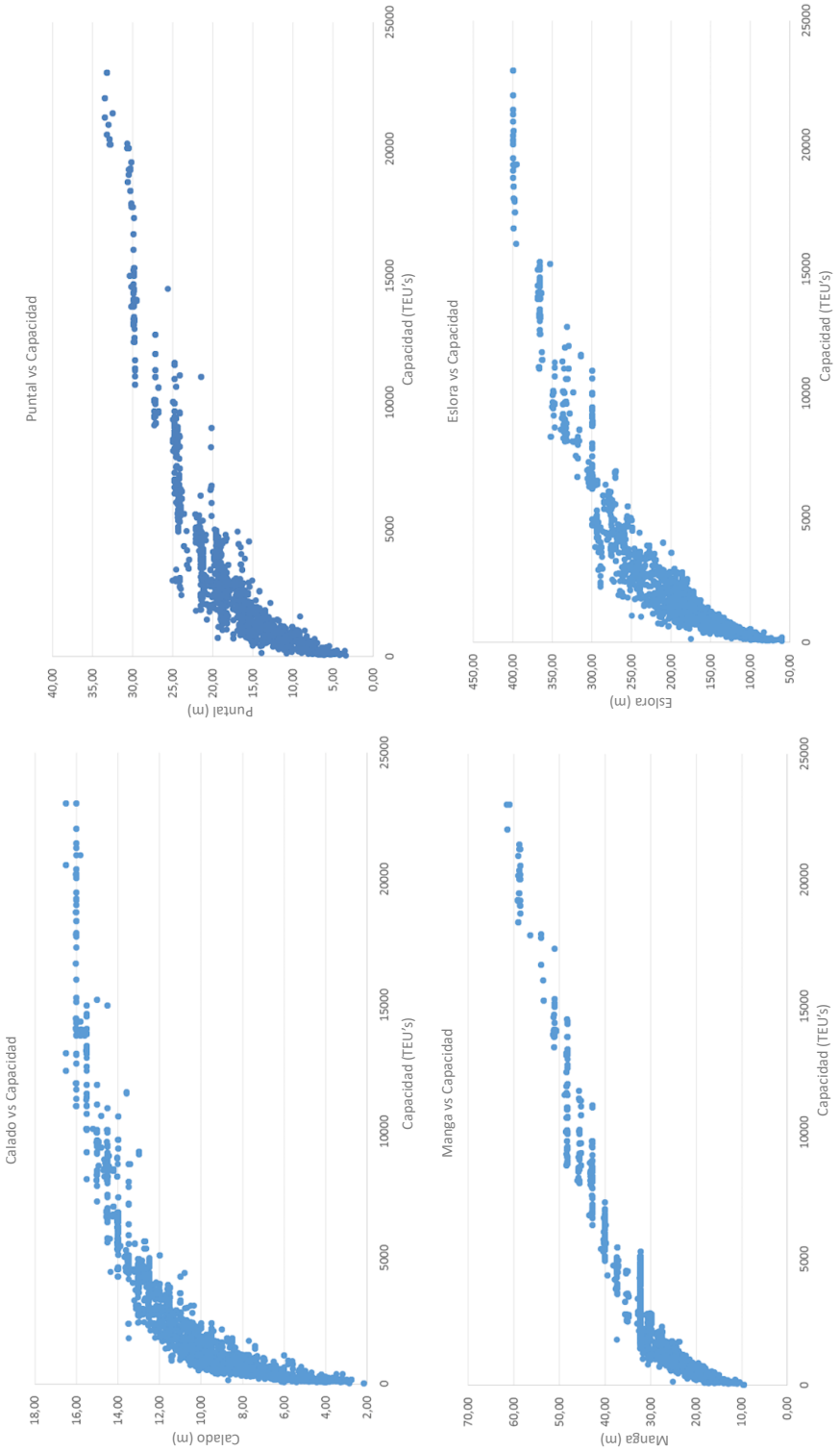


Figura 6.10 Relación Entre el Calado, Puntal, Manga, Eslora y la Capacidad (TEU) de los Buques Portacontenedores desde 1964.

Una vez que se han analizado las estadísticas precedentes, podemos extrapolar los resultados al futuro. Así pues, de acuerdo con la Figura 6.10, podemos estimar que, si no se produce un cambio significativo en la evolución del tamaño del buque, un buque portacontenedores con una capacidad de 30,000 TEU's no excedería los 17 metros de calado y la eslora apenas alcanzaría los 425 metros. Con respecto a la manga, las tendencias muestran un posible aumento de su dimensión, así que probablemente llegue a los 65 metros. A pesar de que el tamaño de los buques va en aumento, está claro que las dimensiones no van a cambiar mucho en proporción a la capacidad.

De hecho, no se espera un crecimiento sustancial del tamaño de los portacontenedores, siendo el límite estimado de 30,000 TEU's por varios motivos:

- Las restricciones físicas de las rutas y los puertos.
- Agotamiento de las economías de escala de los costos de navegación.
- Tendencias de demanda y económicas mundiales.

En resumen, la evolución de los buques portacontenedores no ha terminado. Basándonos en las estadísticas precedentes, podemos predecir las dimensiones de un buque portacontenedores con una capacidad de 30,000 TEU's. Sin embargo, cualquier alteración tecnológica podría cambiar esta evolución de manera importante. Situamos estas estimaciones en un contexto mayor al analizar diferentes factores determinantes y sus dependencias. Cualquier nueva generación de buques portacontenedores tendría que afrontar un número en declive de puertos capaces de atenderlos.

Otro factor importante para tener en cuenta es que los límites del tamaño de los buques portacontenedores parece mucho más condicionado por la estrategia comercial y las dimensiones del canal que por las limitaciones técnicas.

Los factores medioambientales podrían ser determinantes dada la actual crisis climática ocasionada por el calentamiento global.

Para concluir, es importante destacar que el tamaño ideal de portacontenedor dependerá mucho de la demanda mundial, que puede variar de forma significativa con los procesos de relocalización de empresas. También dependerá del mix energético, afectado por una elevada volatilidad a consecuencia de los cambios tecnológicos que llegarán para afrontar el cambio climático.

6.1.1.4 El Buque de Diseño.

Los portacontenedores más grandes del mundo tienen 400 metros de eslora y alrededor de 60 metros de manga. Es, más o menos, el límite superior actual para estos buques y hay una

buena cantidad de razones que impiden su crecimiento. Incluso, es poco probable que se vean buques portacontenedores mucho más grandes que los actuales.

Hay alrededor de 5,500 portacontenedores en el mundo y juntos son capaces de transportar 25 millones de TEU's. Las órdenes globales para nuevos buques aumentarán esa capacidad colectiva total en un gigantesco 25% en solo unos pocos años. Estamos viendo que se están construyendo muchos más portacontenedores ULCS, la proporción de naves nuevas que movilizan más de 14.000 TEU's es asombrosa.

Sólo en la última década, la capacidad promedio de un portacontenedor ha aumentado de menos de 3,000 TEU's a alrededor de 4,500 TEU's. Y actualmente hay más de 50 naves con una capacidad de 21,000 TEU's o más. Prácticamente todos ellos fueron construidos en los últimos cinco años.

Sin embargo, estos buques superan los límites incluso de los puertos más grandes del mundo, ver Tabla 6.1. Para cargar y descargar contenedores, las grúas deben cruzar completamente los buques y éstos también deben girar y pasar por los canales de Suez y Panamá, que tienen restricciones de tamaño.

También es crucial que eviten encallar. En algunos puertos, los buques más grandes están tan sumergidos en el agua que tocan el fondo y se deslizan a través del sedimento en lugar de flotar.

Para acomodar naves mayores que las más grandes que existen hoy, se requeriría de una gran revisión de la infraestructura portuaria, lo que sería increíblemente costoso. Los buques más grandes también están restringidos en cuanto a las rutas por las que navegan porque son muy vulnerables a las inclemencias del tiempo. Es por eso por lo que los buques de gran tamaño se acercan a la costa, para que no enfrenten grandes olas, es una cuestión de estabilidad[9].

Como es posible observar en la Tabla 6.1, la mayoría de los principales puertos en el movimiento de contenedores no son lo suficientemente amplios y profundos para albergar este tipo de portacontenedores. De hecho, sólo un puñado de naves con capacidades cercanas a los 20.000 TEU's han arribado a estos puertos.

[9] Cuando navegan directamente en una secuencia de olas, las naves pueden experimentar un fenómeno llamado balanceo paramétrico. Cuando las olas pasan a lo largo de un buque portacontenedores muy ancho, su proa y su popa pueden despejar el agua siempre que el peak de la ola esté en el punto medio del buque. Esto deja a la parte superior de la proa y la popa sin el apoyo del agua. La variación en este soporte, a medida que las olas pasan, puede hacer que el buque se balancee de forma extraña de un lado a otro.

Tabla 6.1 Top Mundial de los 30 Principales Puertos en 2023.

No.	Puerto	País	Profundidad (m)	Volumen (TEU's al año)
1	**Shanghái**	**China**	**-20**	**49,158,000**
2	Singapur	Singapur	Varía entre -7 hasta -16	39,012,954
3	Ningbo-Zhoushan	China	-17	35,300,000
4	Qingdao	China	-16	30,000,000
5	Shenzhen	China	-17.40	29,900,000
6	Guangzhou	China	-17	25,040,000
7	Busan	Corea del Sur	Varía entre -9.4 y -10 en el canal y de -7.1 a- 9.1 en muelle	23,151,328
8	Tianjin	China	-22	22,160,000
9	Los Angeles /Long Beach	EE. UU.	-10.6 a -16 / -7.3	16,648,349
10	Dubai/Jebel Ali	E.A.U.	-15 / Varía entre -15 y -17	14,473,000
11	Hong Kong	China	Varía entre -14.2 y -16	14,342,000
12	Port Kelang	Malasia	-17.5	14,061,022
13	**Rotterdam**	**P. Bajos**	**-24**	**13,446,709**
14	Xiamen	China	-17	12,550,000
15	Antwerp-Brugges	Bélgica	-16	12,500,000
16	**Tanjung Pelepas**	**Malasia**	**-19**	**10,480,537**
17	Laem Chabang	Tailandia	-16	8,868,200
18	Kaohsiung	Taiwán	-16	8,833,831
19	Tanger Med	Marruecos	-18	8,614,400
20	Ho Chi Minh City	Vietnam	-11	8,396,600
21	Nueva York/Nueva Jersey	EE. UU.	-12 / -15	7,810,051
22	Hamburgo	Alemania	-16.5	7,755,000
23	Mundra	India	-18	7,231,000
24	Colombo	Sri Lanka	-18	6,949,912
25	Jacarta	Indonesia	-16	6,750,302
26	Nhava Sheva	India	-11	6,354,400
27	Qinzhou	China	-15	6,120,000
28	Rizhao	China	-14	6,104,000
29	Lianyungang	China	-16.5	6,100,000
30	Cai Mep	Vietnam	-11	5,593,400
		PRINCIPALES PUERTOS MEXICANOS		
1	**Manzanillo**	**México**	**-17.5**	**3,698,582**
2	Lázaro Cárdenas	México	-18	1,869,293
3	Altamira	México	-13.5	856,414
4	Veracruz / Ampliación	México	-12.8 / -18	1,148,325

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Además de todas las causas anteriores, hay un clima económico con el que lidiar. El precio del petróleo es extremadamente alto en este momento y que los portacontenedores más grandes requieren grandes volúmenes de combustible. Sin embargo, invertir en naves aún más grandes podría no ser la opción financiera más inteligente en el futuro. Aunque, en este momento estos costos están más que cubiertos por las astronómicas tarifas de flete en todo el mundo.

Para que los portacontenedores con una capacidad muy superior a 25,000 TEU's sean viables, la economía de operarlos tendría que cambiar.

El Canal de Suez probablemente siempre actuará como un cuello de botella para las naves que viajan desde Asia a Europa, pero no es imposible imaginar un buque de 30,000 TEU's o similar atravesando una ruta desde China, por ejemplo, a un puerto africano o latinoamericano en auge como es el caso del puerto de Manzanillo.

El límite de 24,000 TEU's en la capacidad de los buques portacontenedores que vemos hoy a nivel mundial es, más o menos, un reflejo de los límites económicos tanto como los de la infraestructura portuaria, la forma de las vías fluviales más transitadas del mundo y la ingeniería.

Figura 6.11 Portacontenedores Ever Alot.



Nota: Ever Alot es un buque portacontenedores a partir de 2022, el buque portacontenedores más grande del mundo tanto por TEU como por tonelaje bruto. El barco fue botado en junio de 2022. Tiene 61.5 metros (203 pies 5 pulgadas) de manga y 400 metros (1.312 pies 4 pulgadas) de eslora. El barco tiene una capacidad de 24,004 contenedores (24,004 TEU's). Ever Alot es operado por Evergreen Marine Corporation. Es el primer buque portacontenedores en tener una capacidad de 24.000 TEU.
Fuente: Evergreen Marine Corporation.

Finalmente, la ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán debe contemplar una flota de diseño que cubra los intereses comerciales del puerto a medio y largo plazo. Si bien parece claro que los buques SMX y VLCC están claramente definidos, se recomienda que, de cara a la terminal de contenedores, se tengan en cuenta las tendencias actuales en la flota.

De acuerdo con lo descrito en párrafos anteriores, en cuanto a la flota de buques portacontenedores, se mencionan 3 buques tipo de gran relevancia que permitirán valorar el más adecuado:

- Maxi Neo-Panamax [369 x 51.2 x 15], buque de mayores dimensiones que ha pasado por las nuevas esclusas de Panamá, cargando hasta 14.500 TEU's.

- Nuevos Clase E [E = 398 m, Manga = 56 m y Calado = 15.5 m], buques con hasta 21.000 TEU's de capacidad.

- Megamax 24 (MGX24), [E = 400 m, Manga = 61.5 y Calado = 16.5 m (max = 17.7 m)[10]], buques con hasta 24.000 TEU's de capacidad.

6.1.2 Factores que Condicionan la Configuración de una Terminal Especializada de Contenedores.

Uno de los aspectos relevantes en la planificación, gestión y capacidad de una Terminal Especializada de Contenedores (TEC), es la configuración del patio de almacenamiento. Por un lado, cuanto más compacta sea la terminal menor será el recorrido medio realizado por los equipos. Sin embargo, la escasez de espacio obliga a un aumento de la altura de apilado, incrementándose el número de movimientos y consecuentemente unas operaciones poco eficientes y reducción de los rendimientos.

Por otro lado, la configuración del patio de una TEC depende y está condicionada principalmente por la elección del equipo principal de almacenamiento, obteniéndose diferentes densidades de almacenamiento en función de la tipología de equipos. La determinación del espacio mínimo necesario en cada TEC está directamente relacionada con el cálculo de su capacidad y, depende de factores tales como la densidad superficial del equipamiento empleado, la altura de apilado, el tiempo medio de permanencia de un contenedor en patio y el volumen de tráfico.

[10] Dimensiones tomadas del portacontenedores Ever Alot tipo ULCS (Ultra Large Container Ship), construido en 2022.

Figura 6.12 Configuración y Capacidad Estática del Patio en Función del Equipo.



Nota: (1) El straddle carrier (carretilla pórtico) es un vehículo autopropulsado esencial en terminales de contenedores, diseñado para elevar, transportar y apilar contenedores ISO hasta en 4 alturas. A horcajadas, mueve cargas de hasta 60 toneladas, agilizando el flujo entre grúas pórtico (STS) y el almacenamiento en patio sin necesitar equipos adicionales.

(2) Las grúas RTG (Rubber Tyred Gantry o grúas pórtico sobre neumáticos) son equipos autopropulsados esenciales en terminales de contenedores para apilar, organizar y manipular contenedores en el patio de almacenamiento. Funcionan moviéndose sobre ruedas de caucho para estibar contenedores (usualmente 6 filas de ancho y 5-6 de alto) y cargarlos/descargarlos de camiones o tractores.

(3) Las grúas RMG (Rail Mounted Gantry) y ASC (Automated Stacking Cranes) son equipos esenciales de alto rendimiento para el apilamiento y movimiento de contenedores en terminales portuarias modernas, operando sobre rieles para maximizar la densidad de almacenamiento y eficiencia. Las RMG se usan principalmente para transferencia intermodal, mientras que las ASC son unidades automatizadas (frecuentemente sin operario) para el manejo rápido de contenedores de patio.

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Además, existen múltiples posibilidades a la hora de establecer la configuración del patio de una TEC en función de la disposición de las pilas en planta, anchos y disposición de los pasillos y vialidades, configuración de las pilas, distancias entre ellas, bloques y contenedores, agrupación de los tráficos en función de sus orígenes/destinos, sentido de circulación, geometría del patio de la terminal, entre otros.

La búsqueda de la optimización del uso del espacio en la terminal está motivada por varios factores: económicos, productivos (capacidad) y energéticos. Por un lado, el costo de la utilización del suelo (tasa de ocupación) es proporcional a su tamaño. Por otro lado, se debe buscar la maximización de la capacidad del patio a través de la optimización de la altura de apilado (en función del equipo empleado), minimizando las remociones.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética la disminución de la superficie de almacenamiento de la terminal reduce los recorridos tanto de los equipos de almacenamiento como de los vehículos de transporte horizontal que interconectan el patio de la terminal con el muelle. La minimización de dichos recorridos supone la

reducción del tiempo de ciclo de carga/descarga y de las demás operativas, lo que conlleva el aumento de la eficiencia, y un importante ahorro de combustible. Este segundo aspecto además de generar beneficios económicos para la terminal es también beneficioso en términos ambientales debido a la reducción de las emisiones de CO_2.

La determinación óptima de la configuración del patio una TEC puede llegar a representar para la misma un incremento de la capacidad de almacenamiento de hasta el 25% y llegar a reducir el costo por movimiento de contenedor en un 5%.

En definitiva, algunas de las cuestiones de importancia en cuanto a la optimización del uso del patio y su influencia en la mejora de la eficiencia son:

- Elección del equipamiento de almacenamiento en función de la tipología y volumen de tráfico.
- Orientación de las pilas de contenedores en planta en función del equipo utilizado.
- Ancho y disposición de pasillos y vialidades en la zona de almacenamiento.
- Posicionamiento de los equipos.
- Configuración de las pilas de contenedores.
- Sentido de circulación de las vialidades.

A continuación, se presentan algunas medidas relacionadas con estos aspectos para lograr una mejor optimización del uso del patio de una TEC.

6.1.2.1 Organización de las Zonas de Almacenamiento de Contendores

1. Orientación de las Zonas de Almacenamiento de Contenedores.

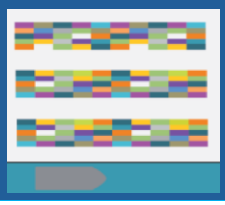
La organización de las zonas de almacenamiento en una terminal marítima especializada en contenedores responde a criterios operativos, logísticos, estructurales y de seguridad que buscan maximizar la productividad, minimizar movimientos improductivos y garantizar trazabilidad y control en tiempo real. El ordenamiento no es únicamente geométrico, sino funcional, y se diseña a partir del flujo físico del contenedor desde el muelle hasta la salida terrestre o viceversa.

El primer criterio fundamental es la proximidad operativa al frente de atraque. Los patios deben disponerse de manera que los bloques destinados a contenedores de importación y exportación estén estratégicamente ubicados respecto a las grúas de muelle y a las zonas de transferencia horizontal. En terminales modernas, el área inmediatamente posterior al muelle suele destinarse a zonas de transferencia o buffers operativos donde se produce el intercambio entre grúas de muelle y equipos de patio. Reducir distancias horizontales disminuye tiempos de ciclo y consumo energético, y aumenta la productividad por hora de grúa.

Un segundo criterio es la segregación por tipo de operación. Los contenedores de importación, exportación, transbordo y vacíos presentan patrones de permanencia y rotación distintos. Los de importación suelen permanecer más tiempo en patio y requieren accesibilidad frecuente desde el lado terrestre, mientras que los de exportación deben ordenarse en función del plan de estiba del buque, siguiendo una lógica de pre-stacking que facilite la secuencia de carga. El transbordo requiere proximidad tanto al muelle como a áreas de alta rotación, ya que su permanencia suele ser corta. Los contenedores vacíos pueden ubicarse en zonas más periféricas debido a su menor urgencia operativa.

El tercer criterio es la organización en bloques modulares. Los patios se estructuran en bloques rectangulares alineados paralelamente al muelle o a los ejes principales de circulación. Cada bloque se subdivide en bahías, filas y niveles de apilamiento. Esta organización permite que el sistema de gestión de terminal (TOS) asigne posiciones optimizadas en función de destino, peso, tipo de contenedor y ventana de salida. La modulación facilita expansión futura y mantenimiento sin interrumpir toda la operación.

Tabla 6.2 Ventajas y Desventajas de la Orientación de las Pilas en Función del Equipo.

Equipo	Paralelas al Muelle 	Perpendiculares al Muelle 
Straddle Carrier (SC)	Mayores recorridos promedio de los equipos.	Reduce las distancias de recorridos promedio de los equipos.
Rubber Tyred Gantry (RTG)	Necesidad de menos espacio en la zona de muelle. Las maniobras de los RTG's no interfieren en el funcionamiento de la operación marítima.	Necesidad de mucho espacio en la zona de muelle para maniobras de los RTG's. La maniobra de los RTG's en la zona de muelle dificulta la circulación de los vehículos. Reduce las distancias de recorridos promedio de los equipos.
Rail Mounted Gantry (RMG)	Mayores recorridos de los elementos de transporte horizontal. Zonas de almacenamiento demasiado largas, por lo que se hace necesario separarlas con vialidades aumentando así la superficie de almacenamiento y las distancias a recorrer por los equipos. Problemática en la circulación de los vehículos entre las zonas de almacenamiento.	Reduce las distancias de recorridos de los equipos, los vehículos de transporte horizontal dejan los contenedores en las cabeceras de las zonas de almacenamiento. Zona operativa, tanto marítima como terrestre, sin necesidad de vialidades de separación, para ello las zonas de almacenamiento no deben medir más de 300 – 400 m de longitud. No requieren vialidades entre las zonas de almacenamiento para los vehículos de transporte vertical.

Fuente: Elaboración propia, 2026

En relación con la orientación de las zonas de almacenamiento respecto al muelle, existen dos posibilidades de diseño del arreglo del patio de una TEC, con las zonas de almacenamiento paralelas o perpendiculares al muelle. Este factor está condicionado por la geometría de la terminal y por el equipo de almacenamiento empleado. En función de éste es más aconsejable orientar las pilas de la TEC de una forma u otra para que se pueda optimizar la superficie de esta.

Otro criterio esencial es la jerarquización de flujos internos. Las vialidades principales deben permitir circulación continua de equipos como RTG, RMG, straddle carriers o vehículos automatizados, evitando cruces innecesarios entre tráfico de muelle y tráfico terrestre. El diseño del patio debe minimizar interferencias entre flujos longitudinales y transversales, garantizando seguridad y eficiencia. En terminales de alta capacidad, la separación física entre flujos de equipo pesado y vehículos externos mejora significativamente el desempeño operativo.

La especialización por características del contenedor también condiciona la zonificación. Los contenedores refrigerados requieren áreas específicas equipadas con infraestructura eléctrica y sistemas de monitoreo, por lo que su ubicación debe considerar acceso técnico y redundancia energética. Los contenedores peligrosos deben almacenarse en zonas segregadas conforme a normativas internacionales, con distancias de seguridad y planes de contingencia específicos. Asimismo, cargas sobredimensionadas o especiales requieren superficies reforzadas y espacios de maniobra adicionales.

El criterio estructural del suelo es igualmente determinante. Las zonas con mayor densidad de apilamiento deben diseñarse sobre plataformas con mayor capacidad portante y menor deformabilidad, considerando que los esfuerzos transmitidos al terreno aumentan significativamente con alturas de apilamiento superiores a cuatro o cinco niveles. La geotecnia condiciona la distribución de cargas y puede influir en la localización de bloques de mayor rotación.

Desde la perspectiva de planificación dinámica, el ordenamiento del patio también responde a criterios temporales. Los contenedores se organizan en función de ventanas de arribo y salida, aplicando estrategias como segregación por buque, por puerto destino o por prioridad logística. Esto permite reducir reacomodos y movimientos improductivos, que son uno de los principales factores de ineficiencia en terminales de contenedores.

Finalmente, el diseño debe considerar la integración tecnológica. La automatización creciente en terminales modernas exige geometrías compatibles con grúas pórtico automatizadas, sistemas guiados o patios con control remoto. La disposición ordenada y repetitiva de bloques facilita implementación de sensores, sistemas de posicionamiento y control centralizado.

2. Disposición de las Vialidades y Posicionamiento de los Equipos.

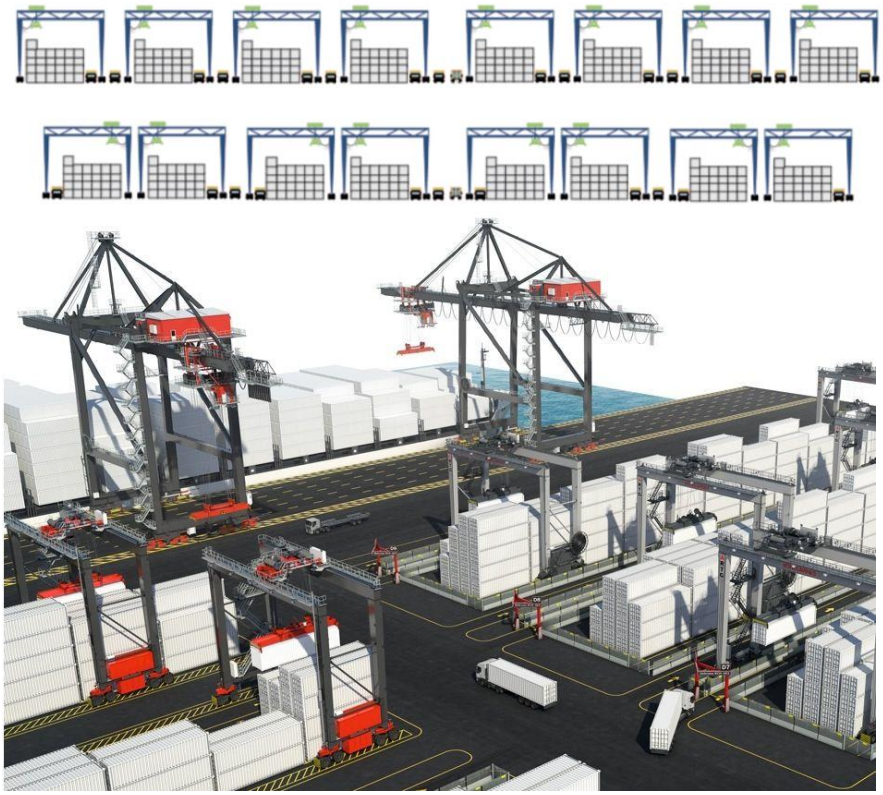
Otra cuestión a tener en cuenta para la optimización del espacio, además de la orientación de las pilas, es la disposición de los viales y el posicionamiento de los equipos.

En el caso de las terminales que utilizan RTGs como equipos de almacenamiento se consideran dos posibles arreglos:

- Un carril de circulación entre cada pila, estando las grúas RTG posicionadas de forma que el carril de circulación bajo pórtico está siempre del mismo lado (por ejemplo, lado tierra con relación a la zona de almacenamiento).

- Un único carril de circulación cada dos pilas, estando las grúas RTG posicionadas de forma contraria en cada una de ellas (por ejemplo, uno con el carril de circulación bajo pórtico del lado tierra y el otro del lado mar).

Figura 6.13 Disposición de las RTG's y de las Vialidades de Circulación.



Fuente: Elaboración propia, 2026

Considerando el mismo ancho de carriles en ambos casos, en la primera opción se necesitaría más superficie de zona de almacenamiento. Ambas configuraciones presentan ventajas y desventajas.

Tabla 6.3 Comparativa Entre Distintos Arreglos de Terminales con Grúas RTG.

	
Todas las zonas de almacenamiento van necesariamente separadas por un carril de circulación, más el espacio para la circulación de las RTG's. **Necesidad de menos espacio en la cabecera de las zonas de almacenamiento, el equipo se desplaza lateralmente para cambiar de una zona de almacenamiento a otra.** **Mejor accesibilidad a los contenedores almacenados por otro tipo de equipamiento, por ejemplo, Reach Stacker.**	**Otimiza más el espacio por reducir el número de carriles de las vialidades.** **Se necesita más espacio en la cabecera de las zonas de almacenamiento para que el equipo pueda cambiar de zona de almacenamiento (giro de 180°).** **Dificultad para acceder a los contenedores que estén ubicados entre dos zonas de almacenamiento que no tengan carril de separación entre ellas mediante otro equipo que no sea una grúa RTG.**

Fuente: Elaboración propia, 2026

3. Agrupación de los Tráficos

Normalmente, en la gestión del patio de almacenamiento se definen distintas áreas de agrupación de tráficos: zonas diferenciadas para los contenedores de importación, exportación y transbordo, contenedores vacíos, contenedores de 20' y 40', contenedores con mercancías peligrosas, contenedores especiales (sobredimensionados, reefers, etc.), carga y descarga del ferrocarril, etc. Además, en el caso de las grandes terminales, en cada una de estas áreas pueden reservarse espacios para grandes clientes y determinados servicios (líneas). Todos estos condicionantes minimizan la optimización del uso del patio, aumentando la superficie de almacenamiento y, por consiguiente, incrementando los recorridos medios tanto de los equipos de almacenamiento como de los de interconexión.

La mejor opción en este caso es la adopción del régimen caótico de almacenamiento, donde el TOS de la terminal es el que asignaría el "mejor" posicionamiento de los contenedores sin una previa planificación por parte del personal de la terminal. Es decir, en este caso no habría (o habría muy poca) agrupación de tráficos.

De acuerdo con lo anterior, en función de la geometría de la terminal (si esta es un condicionante) y del equipamiento de almacenamiento utilizado se debería estudiar con detenimiento cual será, en cada caso, la orientación de las zonas de almacenamiento, la disposición de los carriles viales, así como los anchos de estos, el posicionamiento de los equipos y la agrupación de los tráficos que mejor optimice la superficie de la terminal.

En resumen, el ordenamiento de zonas de almacenamiento en una terminal especializada de contenedores se fundamenta en la optimización de flujos, la segregación funcional por tipo de operación y carga, la modulación estructural del patio, la compatibilidad con equipos de manejo y la adaptación a criterios de seguridad y regulación. Cuando estos elementos se integran coherentemente, la terminal maximiza productividad por hectárea, reduce tiempos de ciclo y mejora su competitividad en el sistema portuario regional.

6.1.3 Otros Factores Condicionantes.

Los principales factores que condicionan la planeación de la ampliación del puerto en la laguna de Cuyutlán son, por una parte, la calidad del terreno y el medio físico donde se llevaran a cabo. A ello se le añaden otros factores que en un momento dado pueden resultar claves como, la proximidad de zonas urbanas, las regulaciones ambientales, determinadas circunstancias asociadas al tráfico marítimo, etc. Analizando estos factores, tenemos lo siguiente:

a. Características del desarrollo portuario.

Los condicionantes impuestos por el desarrollo portuario son de gran importancia y conviene dedicarles un estudio preliminar. Dentro de estas características, hay que tener en cuenta, al menos, las siguientes:

- **Las condiciones físicas de la zona**: Entre las condicionantes físicos está, en primer lugar, el clima marítimo del emplazamiento (el oleaje, las corrientes, mareas, etc.) y, en segundo lugar, los factores meteorológicos (los vientos reinantes, la posibilidad de precipitaciones torrenciales que provoquen avenidas o desbordamientos, las nieblas) y por último las condiciones físicas del terreno (dimensiones, profundidad, rellenos, etc.).

- **La naturaleza de los terrenos**: Los tipos de suelo a los que se puede encontrar en la naturaleza. Por lo tanto, nos encontramos con una amplia variedad de suelos en cuanto a composición, estructura, dureza, densidad, granulometría, etc. Es fundamental un conocimiento perfecto de los suelos en la zona de desarrollo ya que esto repercutirá sobre el diseño.

- **La proximidad a zonas habitadas**: La proximidad a zonas habitadas suele influir negativamente en el desarrollo de la infraestructura. De hecho, puede ser un impedimento para la realización de los trabajos por los inconvenientes que suponen para la población (malos olores, ruidos, etc.).

b. Condicionantes ambientales.

Un análisis medioambiental de la zona de desarrollo y el impacto que este tipo de obras tendrá en los ecosistemas de la zona, será una condición importante por tomar en cuenta, ya que, cada vez es un condicionante de mayor peso por la exigencia de la sociedad en su conjunto de respeto al medio natural.

6.1.3.1 Características de los Suelos.

Las obras de dragado son normalmente complejas y caras. Muchas veces constituyen el componente económico principal de las obras marítimas. Para poder proyectar de forma adecuada las obras de dragado se requiere un buen conocimiento del material a dragar y de los condicionantes ambientales.

De acuerdo con el estudio de mecánica de suelos desarrollado, la estratigrafía encontrada en la zona de proyecto permite reconocer tres formaciones principales, la más superficial está conformada generalmente por depósitos arcillosos de consistencia errática, muy blanda a muy firme, que se prolonga a una profundidad que oscila entre -3.5 y -5.5 m.

Le siguen suelos arenosos mayormente medianamente compactos que se extienden a una profundidad que varía entre -5.5 y -8.8 m. Finalmente aparece el Estrato Resistente constituido por arenas muy compactas, dando lugar incluso a reconocerlos como geomateriales, con algunos estratos compactos no continuos, que se prolonga hasta el final de los sondeos, o sea más allá de -31 m.

Las características de las tres formaciones principales encontradas se describen a continuación.

Formación 1:	Suelos arcillosos de resistencia errática: muy blanda a muy firme
horizonte superior:	nivel del fondo actual, entre -0.3 y -2.8 m
horizonte inferior:	entre -3.5 y -5.8 m
espesor:	entre 3.2 y 5.30 m
material:	Arcilla o arcilla muy poco arenosa (CH) color café gris, gris o gris oscuro, con vestigios de concha. Su consistencia es errática ya que va de muy blanda a muy firme.

Formación 2:	Suelos arenosos medianamente compactos
horizonte superior:	entre -3.5 y -5.8 m
horizonte inferior:	entre -5.5 y -8.8 m
espesor:	entre 1.2 a 5.0 m
material:	Arena mal graduada (SP, SP-SM), mayormente en estado medianamente compacto con estratos sueltos a compactos no continuos, color café gris, gris o gris oscuro, con poca pedacería de concha.

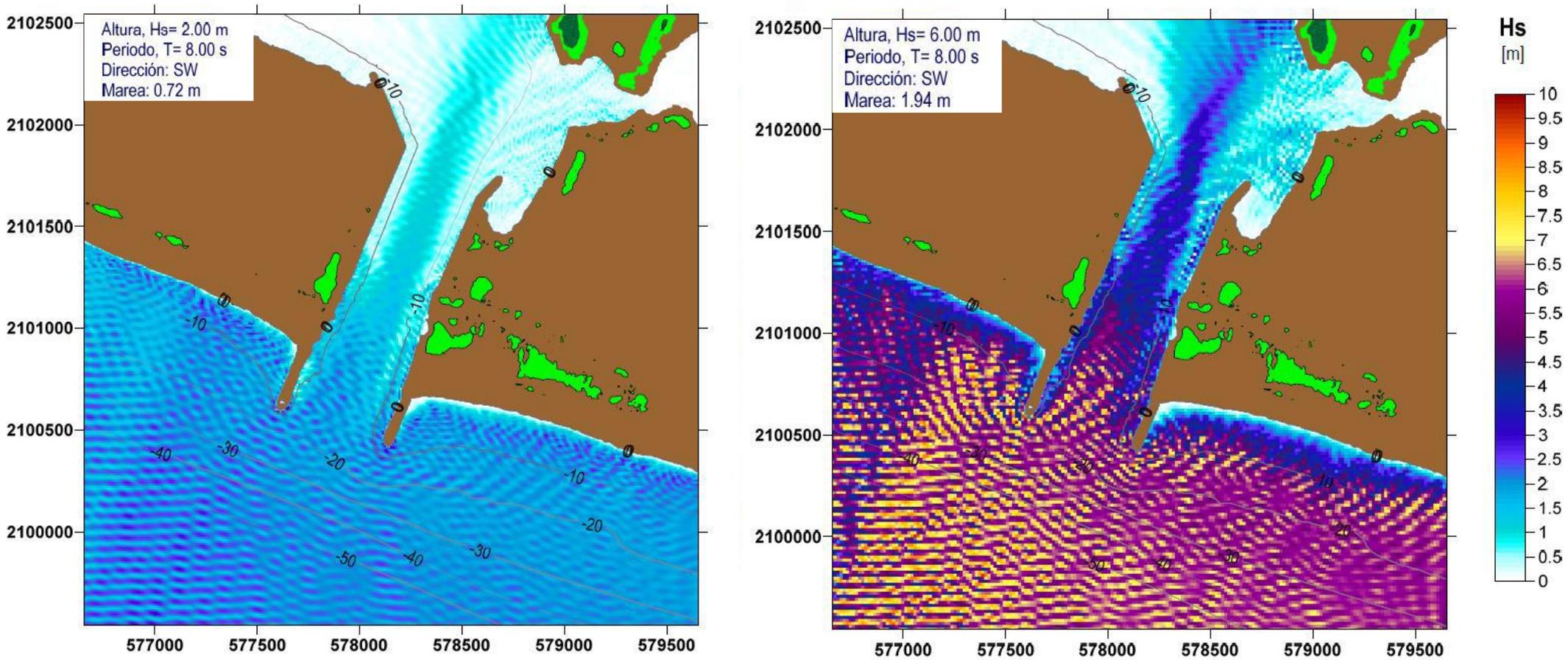
Formación 3:	Arena muy compacta (geomaterial)
horizonte superior:	entre -5.5 y -8.8 m
horizonte inferior:	más allá de -30.9 m
espesor:	mayor de 23 m
material:	Asociado al Estrato Resistente se encuentran arenas mal graduadas (SP, SP-SM) color café gris, gris claro o gris oscuro, en estado muy compacto (geomaterial), con algunos estratos compactos no continuos, con poca pedacería de concha.

6.1.3.2 Características Físicas de la Zona de Proyecto.

Se ha analizado la caracterización del oleaje y las corrientes en la Laguna de Cuyutlán, la escasa profundidad actual de la Laguna de Cuyutlán supone que el oleaje se encuentre limitado por fondo en la mayor parte de esta, de forma que las alturas de ola no son representativas de las esperadas en el futuro una vez se altere esta condición de profundidad. Sin embargo, la disipación del oleaje a su paso por el canal de Tepalcates sí permite establecer una primera valoración sobre el oleaje que penetra en el interior de la Laguna y que además podría ser considerado como un comportamiento hacia el interior de esta.

Como se aprecia en la Figura 6.4, en el escenario de clima medio se produce una disipación del 70% de la energía del oleaje a lo largo del canal, mientras que en el escenario de tormenta (correspondiente a la simulación del Huracán Patricia) la disipación es del 50%. Esta atenuación supone que en el caso de clima medio las alturas de ola significante en la dársena de ciaboga principal sean inferiores a 0.50 metros por lo que no limitarían las operaciones hacia el interior de la Laguna de Cuyutlán. En el caso extremal la altura de ola significante en la dársena de ciaboga supera los 3 metros, lo que sí podría tener un cierto impacto en las alternativas con terminales en el norte de la Laguna.

Figura 6.14 Propagación de Olaje en el Canal de Acceso en la Laguna de Cuyutlán.



Fuente: Proyecto Ejecutivo de Dragado del Muelle para el Manejo de Combustibles en la Laguna de Cuyutlán, en Manzanillo Colima, Logística de Fluidos y Graneles S.A. de C.V., 2019

En cuanto a las corrientes, existen corrientes de cierta intensidad en la margen noreste de la Laguna bajo condiciones de clima medio, en la boca de comunicación del Vaso II y III, pero esta situación no condicionaría las operaciones de entrada o salida de los buques ya que sus intensidades disminuyen rápidamente hacia el centro del Vaso II donde se encontrarían los canales de navegación. Bajo el escenario de tormenta las magnitudes fueron bastante elevadas en la zona del puente, pero igualmente los valores se atenúan hacia el centro de la Laguna y cabe recordar que el huracán ocurrió al inicio de un periodo de mareas vivas incrementando la cantidad de agua que entró al sistema lagunar.

Dadas las particularidades comentadas, se recalca la necesidad de confirmar los patrones de oleaje y de corrientes esperables mediante modelaciones una vez seleccionada la configuración conceptual de la ampliación del puerto en el interior de la Laguna de Cuyutlán para verificar los impactos reales en el diseño y las operaciones futuras. Dicho estudio será realizado por personal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

6.2 Áreas de Navegación.

El desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán con su disposición en planta y de los canales de acceso, áreas de maniobra y dársenas, deben garantizar unas condiciones de operatividad y seguridad mínimas.

La definición correcta de un área de navegación o fondeo precisa la determinación de los elementos siguientes:

- La configuración geométrica de los espacios de agua y terrestres utilizados, mediante las definiciones precisas en planta y alzado de ejes, alineaciones, curvas, cotas, niveles y cuantos elementos sean necesarios para una determinación inequívoca de tales espacios.

- El balizamiento de señalización marítima que se prevea instalar para la identificación «in situ» de tales espacios, cuya definición deberá ser especialmente concreta en el caso de que se haya afinado el dimensionamiento basándose en la precisión de determinadas ayudas a la navegación.

- Las condiciones climáticas marítimas y atmosféricas límites que permitan la utilización de las áreas de navegación o fondeo en condiciones normales de operación. Estas condiciones podrán ser diferentes según e tipo y dimensiones de los buques, los remolcadores disponibles, o en función de cualquier otra condición particular que se haya definido en cada caso.

- Los requerimientos básicos de remolque que se precise disponer para la utilización de las áreas de navegación o fondeo por determinados tipos de buque, asociados a las condiciones climáticas en que puedan desarrollarse estas maniobras en condiciones normales de operación.

Un área de navegación o fondeo no queda definida, por tanto, solamente por sus características geométricas y su balizamiento, sino también por sus condiciones operativas y por la necesidad o no de utilización de remolcadores u otras ayudas a la navegación, circunstancias que determinan, no sólo el que pueda disponerse de mayores o menores porcentajes de tiempo aptos para la operación de los buques, sino también las propias dimensiones de los espacios de agua requeridos.

Por tal motivo, el procedimiento recomendado para la definición de las áreas de navegación en el interior de la Laguna de Cuyutlán es el siguiente:

- Establecer las características de la flota de buques que operará en la zona en los diferentes años a futuro que vayan a considerarse dentro de la vida útil; en general se dispondrá de la siguiente flota atendiendo a las previsiones de tráfico.

  En este caso en particular, de acuerdo con lo descrito anteriormente, la flota de buques portacontenedores de diseño, se compone de 3 buques:

  – Maxi Neo-Panamax [Eslora = 369 m, Manga = 51.2 m y Calado = 15 m], buque de mayores dimensiones que ha pasado por las nuevas esclusas de Panamá, cargando hasta 14.500 TEU’s.

  – Nuevos Clase E [Eslora = 398 m, Manga = 56 m y Calado = 15.5 m], buques con hasta 21.000 TEU’s de capacidad.

  – Megamax 24 (MGX24), [Eslora = 400 m, Manga = 61.5 y Calado = 16.5 m (max = 17.7 m)], buques con hasta 24.000 TEU’s de capacidad.

  Siendo el buque MGX24, por sus dimensiones, el más relevante para el diseño de las áreas de navegación.

- Prefijar las condiciones climáticas marítimas y atmosféricas límites para las distintas maniobras de buques que puedan desarrollarse en la zona que se considere. Estas condiciones se muestran en la tabla 6.2.

Tabla 6.3 Condiciones Físicas.

Oleaje[1] (Dirección / Hs)	Viento Dirección / Velocidad)	Corriente Superficial	
		Exterior Dirección / Velocidad)	Interior (Velocidad)
SSW / 2.0 m	NNE – SE – SSW – WNW / 20 nudos	ESE – WNW / 2.0 nudos	0.50 nudos[2]

Nota: (1) Oleaje en el exterior del canal de acceso, en la zona de morros de las escolleras.
(2) Velocidad en la boca de comunicación entre el Vaso II y el Vaso III.
Fuente: Elaboración propia, 2026.

Considerando el clima local es posible establecer las condiciones climáticas para el dimensionamiento de las áreas de navegación.

De acuerdo con la información del viento y a las características del área de proyecto se consideran las siguientes direcciones de análisis:

– Por su alta frecuencia de presentación se consideran las direcciones NNE y WNW, donde la primera no tiene gran influencia en el acceso al puerto, debido a su alineamiento con el canal Tepalcates y su baja intensidad. La segunda complica la maniobra debido a su transversalidad al canal de acceso.

– Por su elevada intensidad se consideran las condiciones SE y SSW, donde la primera complica la maniobra debido a su dirección transversal y la segunda perjudica la parada del buque en la dársena de ciaboga, al incidir por popa en el canal de acceso.

Con base a la información del oleaje disponible, se considera un único escenario de referencia por su alta frecuencia de presentación, con oleaje SSW de 14 segundos de periodo (periodo de pico promedio), considerando una altura de ola significante de referencia de 2.0 m, debido a la complejidad que supone tanto para la conexión como para la operación de los remolcadores.

El nivel de agua no se considera un factor relevante para el estudio, por lo que, de forma genérica, se considera el valor del nivel de bajamar medio inferior como el nivel de referencia (NBMI, 0.0 m), que, además, reduce el resguardo bajo quilla, siendo por lo tanto una situación desfavorable para la navegación.

Según la conversación mantenida con los Prácticos locales se ha confirmado la siguiente información relativa a la corriente:

- Las corrientes son paralelas a la costa, en los dos sentidos, y completamente transversales al canal de acceso. No se ha podido determinar estacionalidad o dependencia en la dirección del oleaje con otros factores.

- La intensidad máxima de la corriente observada es de unos 2.5 nudos, y esta ocurre tras un fuerte temporal, y la mínima de unos 0.2 nudos. La velocidad de la corriente, de forma general, suele encontrarse en valores entre 0.5 nudos y 1.5 nudos.

- Una vez el buque ha superado los morros de las escolleras no se aprecia corriente.

- En ocasiones, la dirección de la corriente varía significativamente entre la recalada y el canal de acceso. Para conocer la corriente cerca del canal de acceso emplean una embarcación menor, dejándola derivar para determinar la corriente, ya que no se dispone de más información ni elementos de medida de la corriente, que se han solicitado en numerosas ocasiones.

En nuestro caso, la corriente de referencia en mar abierto (zona de morros en las escolleras del canal de acceso) es paralela a la costa, de componentes ESE y WNW que no penetra en el canal de acceso. Como velocidad de corriente superficial de referencia se considera 2 nudos en ambos casos.

En el interior de la laguna puede verse afectado por corrientes locales, debidas principalmente al flujo y reflujo de la marea entre los distintos vasos. En concreto, en la zona de estudio, y en épocas de lluvias, se produce una importante corriente de desagüe del Vaso III al Vaso II que se presenta en la zona de maniobra de la dársena de ciaboga No. I. Para la corriente en el interior de la Laguna de Cuyutlán se considera una corriente de 0.50 nudos, asociada al flujo y reflujo de la marea.

La definición geométrica de las Áreas de Navegación y maniobra está basada en el conocimiento de los espacios ocupados por los buques, que dependen de:

- El propio buque y los factores que afectan a sus movimientos.
- El nivel de las aguas y los factores que afectan a su variabilidad.

Para que la navegación se efectúe en condiciones de seguridad, estos espacios ocupados por el buque deberán tener cabida suficiente dentro de los espacios físicos disponibles en el emplazamiento, para lo cual será necesario tomar en consideración los factores de incertidumbre relacionados con el contorno (suelo, paramentos, otros buques navegando o en flotación, elementos que afecten a los gálibos, etc.). Con objeto de mantener un adecuado margen de seguridad, se precisa disponer de unos espacios adicionales entre los requeridos por los buques y los disponibles según las condiciones de contorno del emplazamiento.

Para la valoración de los resguardos de seguridad se toma en consideración los diferentes supuestos de riesgo que pueden presentarse atendiendo a la siguiente tipología de modos de fallo o estados límite últimos:

- Colisión entre embarcaciones en navegación.
- Colisión de una embarcación en navegación con un objeto flotante (embarcación fondeada o amarrada, boya, etc.).
- Impacto de un buque con un objeto fijo rígido (muelle, pila o tablero de un puente, etc.).
- Contacto de un buque con el fondo o taludes del suelo, tomando en cuenta la naturaleza de éste, así como la posibilidad de que se produzca una varada.

6.2.1 Determinación de Profundidades de Agua de Las Áreas de Navegación

Para la determinación de la profundidad de agua necesaria en las diferentes áreas de navegación (canal de acceso, dársenas de ciaboga, dársena de muelle y canales interiores), se realizó en cada caso tomando en consideración los factores siguientes:

- El calado de los buques y los factores relacionados con los barcos que puedan ocasionar que algún punto de su casco alcance una cota más baja que la correspondiente a quilla plana en condiciones estáticas en agua de mar.
- El nivel del agua que se considere y los factores que afectan a su variabilidad, que determinarán el plano de referencia para emplazar el buque.
- Los márgenes de seguridad que se establezcan para prevenir un contacto del buque con el fondo.

En general el análisis se efectuó suponiendo que los buques de diseño operarán a plena carga. Asimismo, se fijaron las condiciones climatológicas (mareas, vientos, oleajes, etc.) y de seguridad y ayudas a la navegación (resguardos, remolcadores, etc.), que permitiesen efectuar las operaciones requeridas en la ampliación del puerto en el interior de la Laguna de Cuyutlán.

6.2.2 Determinación de la Configuración y Dimensiones de las Áreas de Navegación.

La determinación de la configuración y dimensiones en planta necesarias en las diferentes áreas de navegación en el interior de la Laguna de Cuyutlán se tomó en cuenta las áreas planteadas en la planeación de la ampliación del puerto de Manzanillo en dicha laguna, para lo cual se realizó una revisión en cada caso tomando en consideración los factores siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques de diseño y los factores relacionados con los barcos, incluida la disponibilidad de remolcadores, de los que depende la superficie necesaria para la realización de la navegación,

maniobras o permanencia de los buques en el área que se considere (canal de acceso, dársenas de ciaboga, dársena de muelle y canales interiores).

- Las ayudas a la navegación disponibles y los factores que afectan a su exactitud y fiabilidad, que determinarán las líneas o puntos de referencia para emplazar el buque.

- Los márgenes de seguridad que se establezcan para prevenir un contacto del buque con los contornos de las áreas de navegación o flotación (a pie de muelle), o con otras embarcaciones u objetos fijos o flotantes que puedan existir en el entorno.

La consideración de los factores anteriores permite determinar la superficie y dimensiones mínimas requeridas en planta, o dimensiones nominales, que deberán ser exigidas a las profundidades nominales de agua en función de los buques de diseño.

6.2.3 Bocana del Canal de Acceso

La boca de entrada y salida de la Laguna de Cuyutlán se proyectó tomando en consideración los siguientes condicionantes principales:

- La configuración general de la ampliación del puerto y su integración con la infraestructura futura (muelles, dragados, etc.) y en sus áreas de flotación (canales de navegación, áreas de maniobras de buques, dársenas, etc.), así como la morfología y tipología estructural de los elementos que configuran la bocana.

- La navegación de entrada y salida de los buques a la ampliación del puerto, contemplando tanto las intensidades de tráfico previsibles, como los mayores buques de diseño que se prevea operen en el puerto, en las condiciones límites de operación que se establezcan.

- La limitación a la entrada de energía del oleaje en el interior de la ampliación del puerto, atendiendo al clima marítimo existente en el emplazamiento, de manera que la agitación que se produzca en las áreas de flotación utilizadas por el puerto sea la menor posible, en función de los usos que se prevea desarrollar en cada una de ellas.

- La conveniencia de limitar los períodos de cierre del puerto que se generen en la propia bocana, ocasionados por el clima marítimo existente en la zona y la configuración que se adopte para la bocana (rotura del oleaje en la boca del puerto, generación de fuertes corrientes transversales, etc.).

- La dinámica litoral existente en la zona y las modificaciones que se puedan producir en ella a consecuencia de las propias infraestructuras portuarias, tomando en consideración no sólo las afecciones que puedan producirse en el propio puerto

(aterramientos de la bocana y de otras áreas de navegación), sino también los que se pudieran ocasionar en otras zonas próximas o remotas afectadas por la misma dinámica litoral.

- Las características geológicas y geotécnicas en la zona de desarrollo y la idoneidad consecuente de los terrenos para recibir obras de infraestructuras o desarrollar sobre ellos áreas de flotación.

- Las previsibles ampliaciones del puerto y las limitaciones que a este respecto pudiera representar la configuración que se adopte para la bocana.

- Los impactos medioambientales que puedan producirse tanto en fase de construcción como en fase de servicio, etc.

- La incidencia de otros condicionantes de planificación diferentes estrictamente portuario, que pudieran afectar al desarrollo portuario en concreto que se analice, y en particular los que se deriven del planeamiento urbano y costero.

En la práctica, la consideración de todos estos condicionantes conducirá a soluciones en las que se consiga un equilibrio entre condicionantes que a veces resultarán contrapuestos (por ejemplo, la obtención de la mejor accesibilidad podría conllevar unos índices de agitación en el interior del puerto poco adecuados para el futuro desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán).

6.2.4 Áreas de Maniobra

Cuando un barco se aproxima a un puerto o a una terminal, ya sea navegando desde el mar abierto o por una vía de navegación, debe hacerlo a una velocidad mínima suficiente para mantener la navegación controlada en función de las características del emplazamiento y de las condiciones climáticas existentes. Antes de que el buque efectúe las maniobras de atraque debe poder reducir su velocidad prácticamente a cero, necesitando un espacio suficiente para que esta parada del buque pueda desarrollarse en condiciones de seguridad. Por otra parte, y simultánea o posteriormente a la operación anterior, es necesario en un gran número de casos que el buque cambie su orientación, girando en espacios reducidos para adecuarse a la alineación requerida por el muelle o atraque que vaya a ocupar.

El proceso es similar en las maniobras de salida, pudiendo requerirse reviro de buques y aceleración de su movimiento para alcanzar las condiciones necesarias de navegación para abandonar el puerto en condiciones de seguridad. Los espacios necesarios para esta doble función de parada (o aceleración) y reviro del buque se engloban dentro del concepto de áreas de maniobra, ya que frecuentemente son operaciones interconectadas y que en ocasiones pueden desarrollarse en un mismo espacio

El dimensionamiento de las áreas de maniobra depende fundamentalmente de los aspectos siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de los buques más desfavorables que se prevé recibir (que pudieran no ser los mayores, por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques).

- El volumen y naturaleza del tráfico, así como las velocidades admisibles de navegación con que los buques acceden a estas áreas.

- Las características geométricas de los espacios en los que deben desarrollarse estas maniobras.

- El clima marítimo existente en la zona y en particular las condiciones límites de operación que se establezcan para la realización de las maniobras.

- Los efectos de caída lateral de la popa que se producen en las fases finales de la maniobra y que son más acusados en los buques de formas llenas, a bajas velocidades, y más acentuados cuanto más elevada es la profundidad de agua y cuanto mayor es el régimen de máquina atrás utilizado en la maniobra.

- La disponibilidad de remolcadores y las características de estos para la realización de las diferentes operaciones asociadas a la maniobra.

En el análisis realizado, se parte del hecho que no se efectúan maniobras de dos o más buques simultáneamente, por lo que las dimensiones que se establecen están basadas en los espacios requeridos para un solo buque.

6.2.5 Canales de Navegación.

El proyecto de un canal de navegación depende principalmente de los siguientes factores:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques más desfavorables que se prevé recibir (que pudieran no ser los mayores, por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques); en el supuesto de que el estudio se realice considerando la flota subdividida en tramos se considerará el más desfavorable de cada tramo.

- El volumen y naturaleza del tráfico, así como las velocidades admisibles de navegación.

- El tipo de navegación que se prevea realizar, en función del número de vías de circulación disponibles.

- Las características geométricas de la alineación de la vía navegable y las condiciones del entorno en que se encuentre situada.

- El tipo de las ayudas a la navegación, así como sus características de exactitud y disponibilidad.

- La profundidad y características geométricas transversales de la vía navegable.

- La estabilidad de los taludes de la vía navegable.

- Las condiciones climáticas marítimas y meteorológicas existentes en la zona, especialmente la naturaleza e intensidad de las corrientes transversales y muy destacadamente la variación de estas corrientes a lo largo del eje de la vía navegable.

- La experiencia de los pilotos de puerto.

Para la revisión de las áreas de navegación se partirá de la traza definida de las áreas de navegación, determinándose a continuación la anchura requerida en todas sus secciones críticas, para establecer posteriormente las transiciones de anchura entre los diferentes tramos. El procedimiento será iterativo en la medida en que la consideración de los diferentes factores obligue a reconsiderar alguno de los parámetros iniciales de diseño.

Aunque la revisión del trazado en planta de las áreas de navegación depende en gran medida de la definición de las condiciones locales, se han seguido las siguientes recomendaciones generales para la dicha revisión del diseño:

- El canal de navegación debe ser lo más recto posible, evitando trazados en S (curva seguida de contracurva).

- El canal de navegación deberá seguir, si es factible, la dirección de las corrientes principales, de manera que se minimice el efecto de las corrientes transversales. Este criterio también deberá seguirse con vientos y oleajes, si bien será más difícil de conseguir dado que normalmente provendrán de diversas direcciones. Asimismo, se debe evitar las áreas de depósito de sedimentos, para minimizar los costos de mantenimiento.

- El canal de navegación de aproximación se orientará si es factible, de manera que se eviten los temporales de través, es decir, orientándolas preferentemente en la

dirección del oleaje reinante o cuanto más formando ángulo de hasta 15/20° entre eje de la vía de navegación y la dirección de estos oleajes reinantes.

- El canal de navegación de aproximación a la bocana de la laguna debe ser preferentemente recto evitando curvas en o próximas a la entrada, de manera que se evite la necesidad de que los buques tengan que efectuar correcciones de rumbo en una zona difícil y crítica para la navegación.

- El trazado de los canales de navegación tratará de evitar que los barcos tengan que efectuar la aproximación a muelles y atraques transversalmente a ellos, lo que podría producir un accidente en caso de pérdida de control del buque. De ser posible el canal de navegación deberá quedar situado paralelo a muelles y atraques para que esta maniobra se efectúe con mínimo riesgo. Esta precaución se extremará en caso de tratarse de tráfico de mercancías peligrosas.

- El paso de secciones estrechas (puentes, bocanas, etc.) se efectuará en tramos rectos bien balizados de la vía navegable, manteniendo la alineación recta en una distancia mínima de 5 esloras del buque máximo, a uno y otro lado de la sección estrecha.

- En caso de precisarse curvas es mejor una sola curva que una secuencia de pequeñas curvas a cortos intervalos, siempre y cuando la vía navegable esté correctamente balizada.

- El radio de las curvas será como mínimo de 5 esloras del buque de mayores dimensiones que se prevé utilizará la vía navegable, utilizándose preferiblemente radios de 10 esloras o más si es factible; los valores mayores se utilizarán cuanto más grande sea el ángulo entre las alineaciones rectas que definen la curva.

- La longitud de los tramos curvos no debe ser mayor que la mitad del radio de la curva, lo que significa que el ángulo entre alineaciones rectas no debe ser superior a 30°, si es factible.

- La distancia de visibilidad medida en el eje de la vía de navegación debe ser superior a la distancia de parada del buque de diseño suponiendo que navega a la velocidad máxima de navegación admisible en la vía.

- Las transiciones entre tramos de diferente anchura se efectuarán ajustando las líneas límites o de limitación mediante alineaciones rectas con variaciones en planta no mayores de 1:10 (preferentemente 1:20) en cada una de ellas.

6.2.6 Revisión de las Áreas de Navegación

La revisión de las áreas de navegación en el interior de la Laguna de Cuyutlán considera la alternativa número tres planteada en el apartado No. 4.1, así como la consideración de las recomendaciones de diseño (Manual de Dimensionamiento Portuario, Recomendaciones de Obras Marítimas, recomendaciones emitidas por el PIANC, las normas BS, etc.) para las áreas de navegación.

De acuerdo con el análisis desarrollado para la revisión de las áreas de navegación se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 Resumen de Resultados de Dimensiones de Áreas de Navegación.

Buque de Diseño				Ancho de Plantilla de Canal			Dársenas			
Tipo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Bocana (m)	Acceso (m)	Interno (m)	Ciaboga			Operativa en Muelles (m)
							No. I (m)	No. II (m)	No. III (m)	
Anteproyecto	–	–	–	300	300	200		800	600	146
New Panamax	370	45.80	17.70	234	138	138 a 182	600	800	800	138
MSC Gulsun	400	62.00	16.50 (mín.) 17.70 (máx.)	316	224	200	600	800	800	186

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La propuesta original planteada para el desarrollo portuario considera la ampliación de la plantilla del canal de acceso de 250 a 300 m de ancho y en el interior los canales de navegación. Considerando el análisis realizado, se tiene que para una embarcación de 400 m de eslora y una manga de 62 m y bajo las condiciones físicas existentes en la zona de proyecto, el ancho de la plantilla en la bocana del canal de acceso se requiere sea de 316 m, que resulta mayor de los 250 m que actualmente tiene, asimismo, el ancho de plantilla requerido en el resto del canal de acceso es de 224 m que resulta ser menor al existente. Por otra parte, para el caso de los canales interiores, el ancho de la plantilla de acceso se ha definido de 200 m siendo similar a lo planteado en el anteproyecto original.

Considerando lo anterior, se recomienda que el ancho de la plantilla del canal de acceso en la zona entre morros de la escollera se amplie a 316 m en una longitud de 270 m, posteriormente se tendría una transición para pasar de 316 m de ancho a 250 m, esta transición tendría una longitud de 450 m. El resto de la plantilla del canal de acceso sería de 250 m y con una longitud de 917.82 m, con lo cual, el canal de acceso tendría una longitud total de 1,637.82 m.

Por lo que respecta a las dársenas de ciaboga, el anteproyecto original contempla tres dársenas de ciaboga con diámetros de 600 m y 800 m. Considerando el análisis realizado y como se ha comentado anteriormente, la dársena existente o la dársena de ciaboga No. 1, mantiene su diámetro de 600 m de eslora para una primera etapa, ya que esta solo será utilizada por los buques gaseros de la empresa KMS y por los buquetanques de la empresa LFG. La dársena de ciaboga No. 2, que se localiza hacia el norte del canal de acceso, tendrá un diámetro de 800 m, la cual estará conectada con el canal de acceso por un canal de navegación de 250 m de ancho y con el canal interior de navegación Norte, el cual tendrá un ancho de 200 m.

La dársena de ciaboga No. 3, que se localiza en la zona noroeste del Vaso II de la laguna de Cuyutlán, el anteproyecto de planeación original contempla una dársena de ciaboga de 600 m de diámetro, sin embargo, considerando el análisis desarrollado esta dársena se propone con un diámetro de 800 m, similar a la dársena No. 2, lo anterior se fundamenta que esta zona en particular de la laguna, durante marea baja queda expuesto el fondo marino, lo anterior implica que la única zona profundizada sería la dársena de ciaboga y con las paredes a una distancia corta de la embarcación (100 m aproximadamente) podrían presentarse problemas de succión de la embarcación hacia las paredes de la dársena, asimismo, la visión que se tendría desde el puente de mando del buque sería deficiente por la altura del puente de mando con respecto a las orillas de la dársena.

Por último, los canales de navegación interna, se tendrá un canal localizado hacia el norte de la Laguna (canal de navegación norte), paralelo a los muelles de las terminales especializadas de contenedores, con un ancho de plantilla de 200 m, el cual conectará la dársena de ciaboga No 2 con la dársena de ciaboga No. 3. El segundo canal se localizará al sur de las islas cocodrilo (canal de navegación su), contará con un ancho de 200 m y conectará la dársena de ciaboga No. 3 con la dársena de ciaboga No. 2. En una primera etapa, el canal principal de navegación interna será el canal norte, esto es, que será este canal el que se use para entrar y salir del puerto, quedando el canal sur como un canal reservado para las embarcaciones de la Secretaría de Marina. Para una segunda etapa, el canal norte será utilizado solo de entrada, desde la bocana hasta la dársena de ciaboga No. 3 y el canal sur exclusivamente de salida, esto es, desde la dársena de ciaboga No. 3, hasta la bocana, lo anterior busca reducir los tiempos de maniobra de entradas y salidas del futuro puerto.

Las profundidades de dragado de las áreas de navegación definidas anteriormente se realizó el análisis correspondiente cuyos resultados se muestran en la Tabla 6.5. En la primera etapa de desarrollo, la profundidad de la bocana en el canal de acceso se tendrá una profundidad de -19.00 m y en el resto de las áreas de navegación interna se tendrá una profundidad de -18.00 m, solo en el canal de navegación sur la profundidad será de -10.00 m. Para la segunda etapa, la bocana tendrá una profundidad de -22.50 m y el resto de las áreas de navegación se profundizará a -21.00 m, incluyendo el canal de navegación sur.

Todas las profundidades están referidas al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI).

Tabla 6.5 Resumen de Resultados de Análisis de Profundidad de Áreas de Navegación.

Buque de Diseño				Profundidad en Plantilla de Canales			Dársenas			
							Ciaboga			Operativa en Muelles (m)
Tipo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Bocana (m)	Acceso (m)	Interno (m)	No. I (m)	No. II (m)	No. III (m)	
Anteproyecto	–	–	–	20	20	19	19	19	19	19
New Panamax	370	45.80	17.70	19	18	18	18	18	18	18
MSC Gulsun	400	62.00	16.50 (mín) 17.70 máx)	22.50	21	21	21	21	21	21

Fuente: Elaboración propia, 2026.

En resumen, las áreas de navegación quedan definidas de la siguiente forma:

I. Primera Etapa.

a. Canal de Acceso:

1. Bocana:

- Ancho: 316 m
- Largo: 270 m
- Profundidad de dragado: -19.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

2. Canal de Acceso Transición:

- Ancho: 316 m a 250 m
- Largo: 450 m
- Profundidad de dragado: de -19.00 m a -18.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

3. Canal de Acceso:

- Ancho: 250 m
- Largo: 917.82 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

La longitud total del canal de acceso es 1,637.82 m

b. Canal Interior:

1. Zona entre Dársenas 1 y 2:

- Ancho: 250 m
- Largo: 1,932.95 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 519.58 m
    - Radio: 800 m
  - Tramo Recto:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 1,153.10 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 260.27 m
    - Radio: 1,200 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

2. Zona entre Dársenas 2 y 3 (Canal Norte):

- Ancho: 200 m
- Largo: 4,178.58 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 652.00 m
    - Radio: 1,200 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,134.68 m
    - Radio: 1,200 m
  - Tramo Recto No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,561.96 m
  - Tramo Recto No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 829.94 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) arenas y 6:1 (H:V) arcillas

c. Canal Sur:

1. Zona entre Dársenas 3 y 2:

- Ancho: 200 m

- Largo: 3,983.25 m
  - Tramo Recto No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,032.77 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 399.14 m
    - Radio: 1,100 m
  - Tramo Recto No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,355.24 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 210.63 m
    - Radio: 1,100 m
  - Tramo Recto No. 3:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 985.47 m
- Profundidad de dragado: -10.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

Las tres dársenas de ciaboga presentan las siguientes características:

d. Dársena de Ciaboga No. 1:

- Diámetro: 600 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

e. Dársena de Ciaboga No. 2:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

f. Dársena de Ciaboga No. 3:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

II. Segunda Etapa.

a. Canal de Acceso:

1. Bocana:

- Ancho: 316 m
- Largo: 270 m
- Profundidad de dragado: -22.50 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

2. Canal de Acceso Transición:

- Ancho: 316 m a 250 m
- Largo: 450 m
- Profundidad de dragado: de -22.50 m a -21.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

3. Canal de Acceso:

- Ancho: 250 m
- Largo: 917.82 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

La longitud total del canal de acceso es 1,637.82 m

b. Canal Interior:

1. Zona entre Dársenas 1 y 2:

- Ancho: 250 m
- Largo: 1,932.95 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 519.58 m
    - Radio: 800 m
  - Tramo Recto:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 1,153.10 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 260.27 m
    - Radio: 1,200 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

2. **Zona entre Dársenas 2 y 3 (Canal Norte):**
   - Ancho: 200 m
   - Largo: 4,178.58 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 652.00 m
       - Radio: 1,200 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,134.68 m
       - Radio: 1,200 m
     - Tramo Recto No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,561.96 m
     - Tramo Recto No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 829.94 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) arenas y 6:1 (H:V) arcillas

c. **Canal Sur:**

1. **Zona entre Dársenas 3 y 2:**
   - Ancho: 200 m
   - Largo: 3,983.25 m
     - Tramo Recto No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,032.77 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 399.14 m
       - Radio: 1,100 m
     - Tramo Recto No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,355.24 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 210.63 m
       - Radio: 1,100 m
     - Tramo Recto No. 3:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 985.47 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m

- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

Las tres dársenas de ciaboga presentan las siguientes características:

d. Dársena de Ciaboga No. 1:

- Diámetro: 600 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

e. Dársena de Ciaboga No. 2:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

f. Dársena de Ciaboga No. 3:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

La superficie total navegable o de las zonas de navegación interior de la Laguna de Cuyutlán es de 372.35 ha[11].

6.3 Propuesta de Desarrollo.

Considerando el análisis de las tres alternativas, se ha seleccionado la alternativa No. 3 para el desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán, la cual se describe a continuación.

La ampliación del puerto de Manzanillo en la laguna de Cuyutlán será desarrollada en dos etapas, la primera de ellas tendrá una superficie total de 270.04 ha, ver Tabla 6.6. Del total de esta superficie el 68% esta destinada al desarrollo de las dos terminales especializadas de contenedores, lo que representa 184.57 ha. El 9% (24.71 ha) corresponde a la zona del estacionamiento para trailers.

Las vialidades externas a la plataforma donde serán desarrolladas las terminales representan el 8% (20.35 ha) de la superficie total de la primera etapa, por lo que respecta al área destinada para la localización de la zona administrativa y de servicios, ocupa el 10% (26.40 ha) de la superficie total. Por último, el restante 5% (14.32 ha) corresponde a las cuatro líneas de ferrocarril.

[11] La supercie no incluye la zona dragada de localización de las plataformas.

Tabla 6.6 Distribución de Superficie en la Primera y Segunda Etapa de Desarrollo.

Zona			Superficie (ha)
Etapa 1	Plataforma	TEC I	95.00
		TEC II	82.15
		Vialidades	7.42
		Subtotal	**184.57**
	Zona Administrativa		13.13
	UNAPROP		13.28
	Estacionamiento		24.71
	Vialidades[(1)]	Superficial	9.36
		elevada	10.99
		Subtotal	**20.35**
	Ferrocarril	Superficial	5.13
		elevada	9.18
		Subtotal	**14.32**
	Total		**270.36**
Etapa 2	Plataforma	TEC III	63.12
		TEC IV	82.15
		TEC V	15.00
		Subtotal	**160.27**
	Vialidades	Superficial	39.67
		elevada	3.54
		Subtotal	**43.22**
	Ferrocarril[(2)]		36.03
	Torres CFE		101.81
	Total		**341.33**
TOTAL			**611.69**

Nota: (1) Solo se considera el área de vialidades externas a la superficie de la plataforma para la localización de las dos terminales especializadas de contenedores.
(2) Todas las líneas de ferrocarril de la segunda etapa son superficiales.

Fuente: Elaboración propia, 2026.

En la segunda etapa de la ampliación del puerto, tiene una superficie total de 341.33 ha, las cuales se distribuyen de la siguiente forma, el 47% está destinada al desarrollo de las tres terminales especializadas (dos de contenedores y una TUM o terminal de Cabotaje), lo que representa 160.27 ha. El 30% (101.81ha) corresponde a la zona destinada para la reubicación de las torres de alta tensión de la CFE, mientras que el 13% (representando 43.22 ha) son destinadas a la construcción de las vialidades. Por último, el restante 11% corresponde a la superficie para la construcción de las vías de ferrocarril (aproximadamente 36.03 ha).

La decisión de dividir el desarrollo de la infraestructura portuaria para la ampliación del puerto de Manzanillo en el interior de la Laguna de Cuyutlán, se basa principalmente en las proyecciones de carga que podrían ser manejados por el sistema portuario Manzanillo–Cuyutlán, siendo Cuyutlán donde se concentraría la carga contenerizada, se ha estimado que entre la TEC I y la TEC II tendrán la capacidad suficiente para cubrir la demanda del movimiento de Contenedores hasta el 2025, por lo que el desarrollo de la segunda etapa, sería posterior a este año.

6.3.1 Primera Etapa de Desarrollo.

La primera etapa de desarrollo contempla la construcción de dos terminales especializadas en el manejo de contenedores.

a. Terminal Especializada de Contenedores No. I (TEC I)

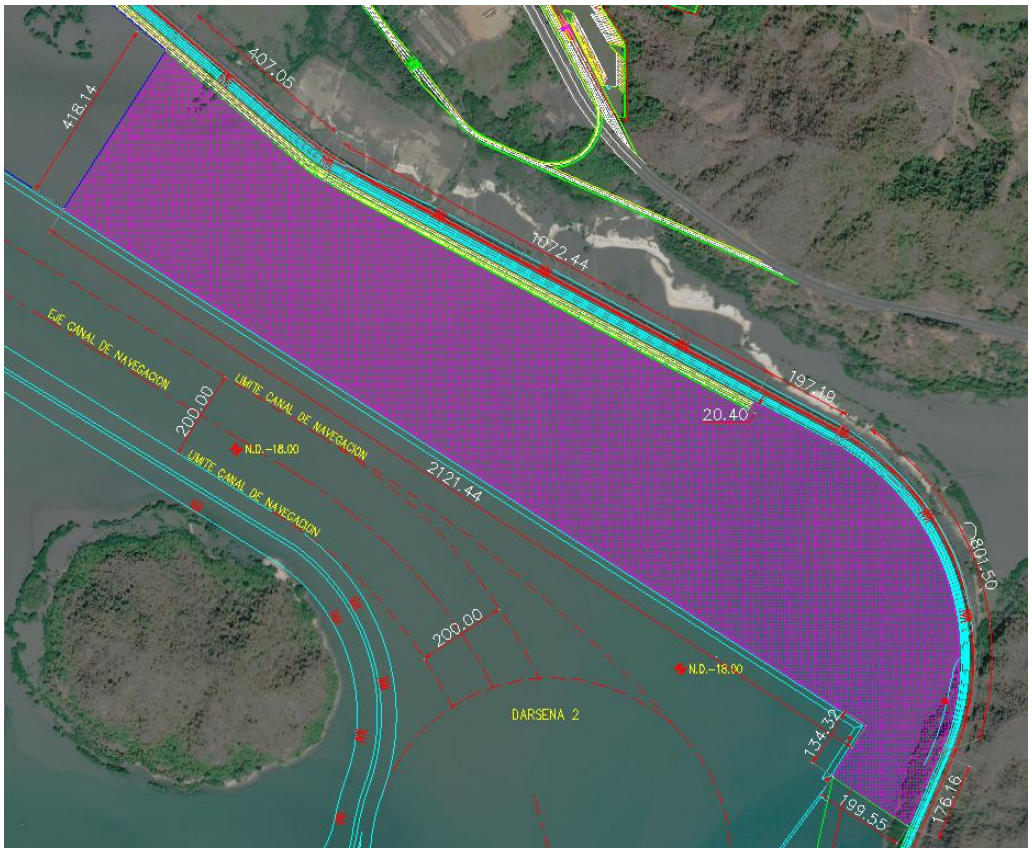
La TEC I será la primera terminal especializada en el manejo de contenedores en la ampliación del puerto en la Laguna de Cuyutlán, la cual será construida sobre terrenos ganados al cuerpo lagunar, esta se localizará contigua a la margen norte de la laguna, ver Figura 6.15.

Tendrá una superficie total de 95.00 ha, de las cuales 14.99 ha (lo que representa el 15.78% del total de la superficie) corresponden a la zona de revisión de contenedores.

La superficie de desarrollo para la infraestructura de la TEC I será de 80.01 ha, en la cual se estima una superficie de almacenamiento dinámico de contenedores de 4.24 millones de TEU’s anuales.

Tendrá un frente de atraque de 2,121.44 m, con la cual se podrá recibir hasta 3 portacontenedores tipo MGX-24 (eslora: 400 m, manga: 61 m y calado: 17.5 m) con una capacidad de 24,000 TEU’s y un portacontenedores tipo Post Panamax I (eslora: 300 m, manga: 40 m y calado: 13 m) con una capacidad de 6,000 TEU’s.

Figura 6.15 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. I.



Fuente: Elaboración propia, 2026

b. Terminal Especializada de Contenedores No. II (TEC II)

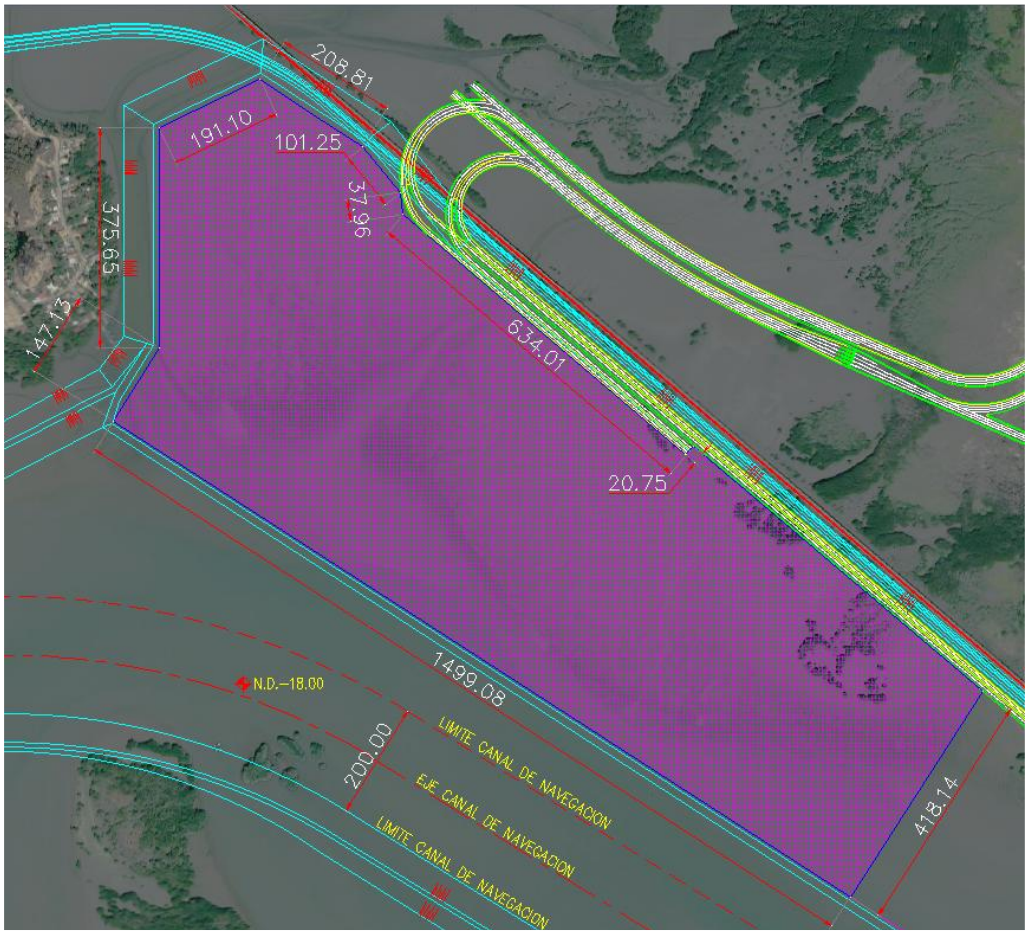
La TEC II, tendrá una superficie total de 82.15 ha, de las cuales 13.00 ha (lo que representa el 15.82% del total de la superficie) corresponden a la zona de revisión de contenedores., ver Figura 6.16.

Considerando lo anterior, la superficie de desarrollo para la infraestructura será de 69.15 ha, en la cual se estima una superficie de almacenamiento dinámico de contenedores de 3.66 millones de TEU's anuales.

Tendrá un frente de atraque de 1,499.08 m, con la cual se podrá recibir hasta 2 portacontenedores tipo MGX-24 (eslora: 400 m, manga: 61 m y calado: 17.5 m) con una capacidad de 24,000 TEU's y un portacontenedores tipo Post Panamax I (eslora: 300 m, manga: 40 m y calado: 13 m) con una capacidad de 6,000 TEU's.

La capacidad total de almacenamiento de contenedores entre las dos terminales de la primera etapa es de 7.90 millones de TEU´s, lo cual brinda una capacidad para cubrir la demanda hasta el año 2050.

Figura 6.16 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. II.



Fuente: Elaboración propia, 2026

c. Vías de Comunicación.

Las dos terminales se comunicarán a tierra mediante vialidades, tanto a nivel como viaductos elevados. La superficie total de las vialidades es de 27.40 ha, por lo tanto y de acuerdo

con la tabla 6.5, implica que 7.05 ha de vialidades se localizan dentro la plataforma donde se localizan las dos terminales especializadas de contenedores.

La longitud total de las vialidades suma 15.51 km, de los cuales 7.82 km son vialidades a nivel y 7.69 km son elevados, ver Tabla 6.7.

Tabla 6.7 Longitud de Vialidades en la Primer Etapa de Desarrollo.

No. de Carriles	Vialidades			
	A Nivel	Viaducto Elevado	Total	
	(m)	(m)	(m)	(%)
4	2,172.05	407.05	2,579.10	17%
8	290.73		290.73	2%
5	1,496.11	2,595.99	4,092.10	26%
3	3,686.70	1,111.17	4,797.87	31%
2	172.16	3,572.68	3,744.84	24%
Total	**7,817.74**	**7,686.89**	**15,504.63**	**100%**

Fuente: Elaboración propia, 2026

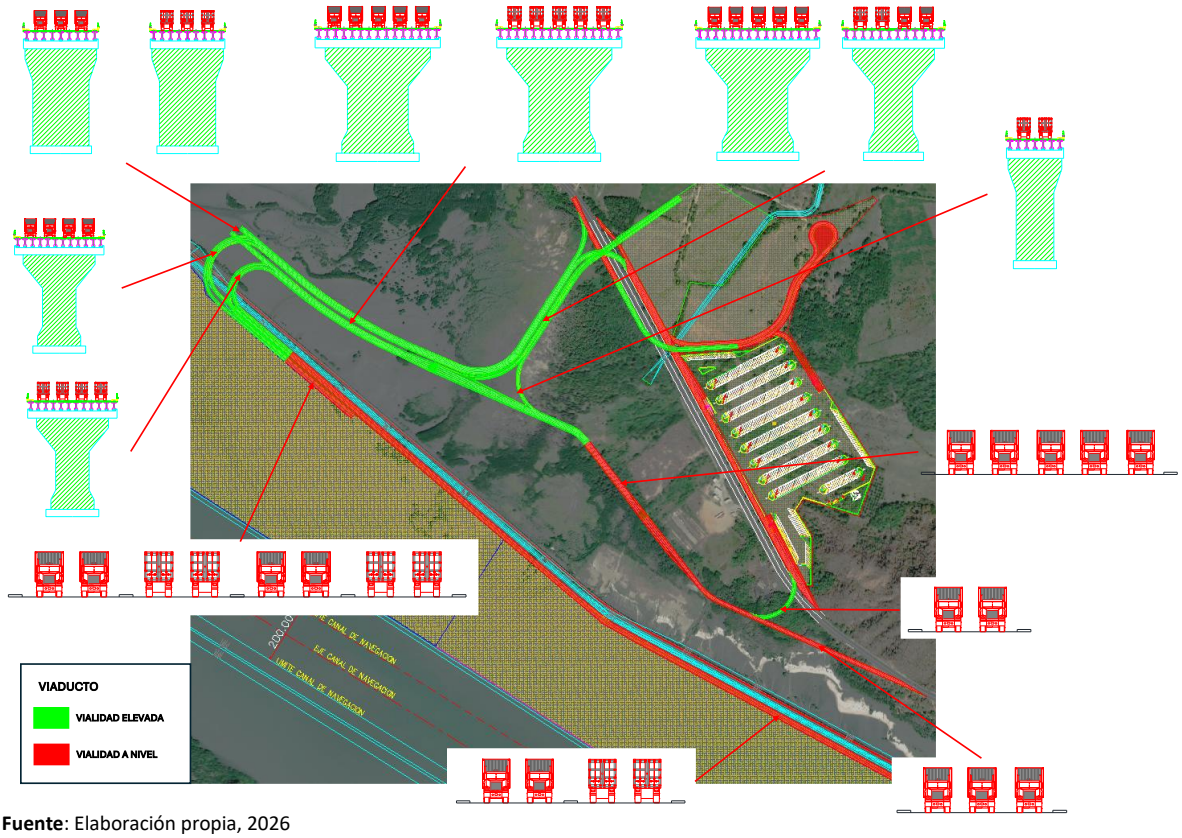
El 31% de la longitud total de las vialidades corresponde a vialidades de 3 carriles, de los 4.8 km de longitud, el 77% esta constituido por 3.70 km y el restante 23% (1.11 km) a tramos elevados. En segundo lugar, lo representa las vialidades de 5 carriles que representan el 26% (4.10 km) de la longitud total de la longitud de vialidades, de esta longitud el 63% (2.60 km) corresponde a tramos elevados y el restante 37% (1.50 km) a vialidades a nivel.

El tercer lugar lo ocupan las vialidades de dos carriles con el 24% de la longitud total, de los 3.74 km de longitud, el 95% (3.57 km) corresponde a tramos elevados y el restante 5% (0.17 km) a tramos a nivel. El tramo de 4 carriles ocupa el cuarto lugar con el 17% del total de la longitud (2.60 km), el 84% que representa 2.17 km son tramos a nivel y el restante 16% (0.41 km) a tramos elevados. El restante 2%, lo representa las vialidades de 8 carriles (0.29 km) de la longitud total, siendo el total a tramos a nivel.

d. Ferrocarril.

En el caso especial del ferrocarril, se ha planteado la necesidad de que el 70% de la carga sea movida por ferrocarril, lo anterior implica que la vía existente sea insuficiente para dicha tarea. Por tal motivo, se ha planteado la construcción de cuatro líneas adicionales a la existente, ver Figura 6.18.

Figura 6.17 Vialidades de la Primera Etapa de Desarrollo.



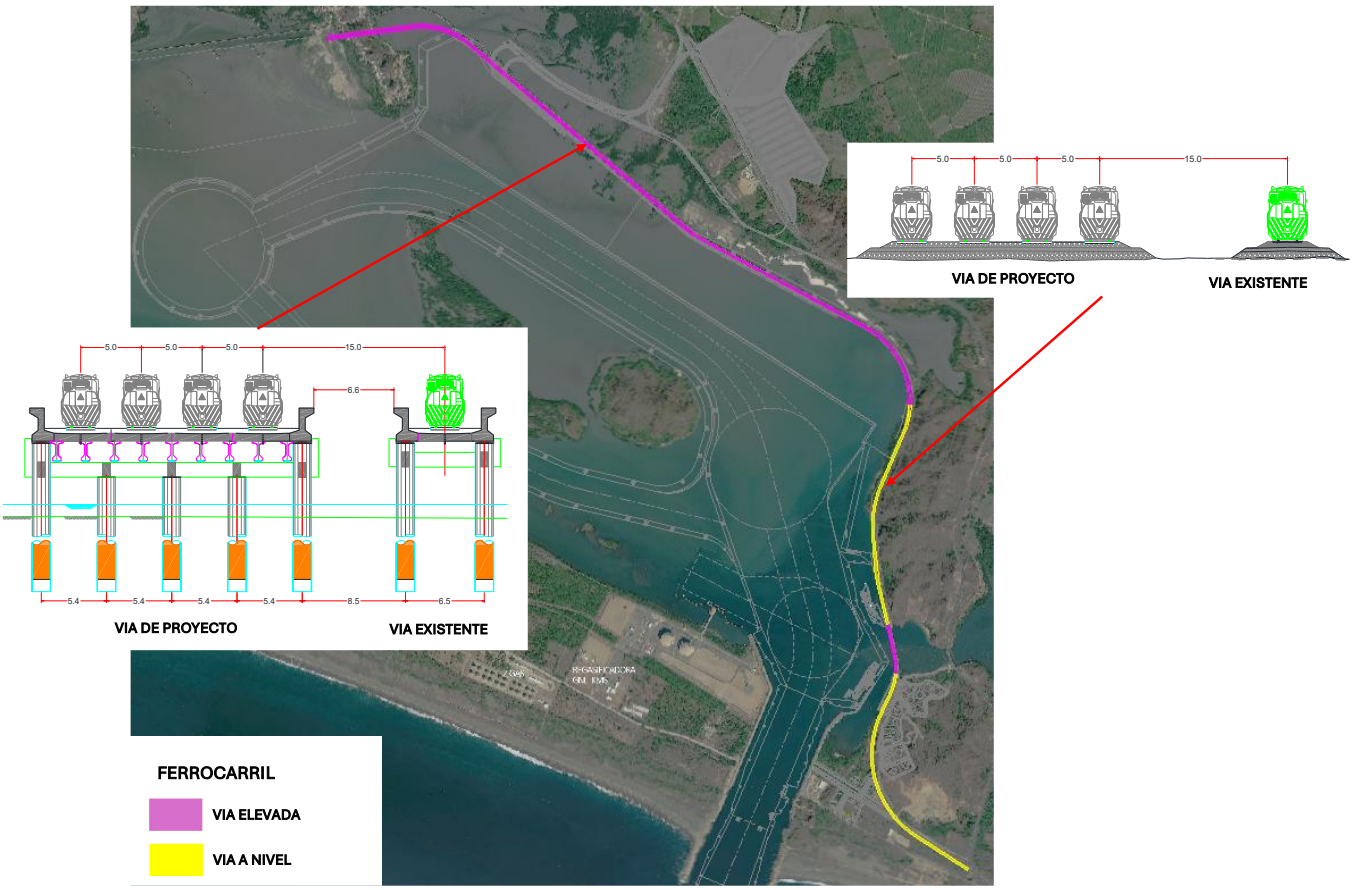
Fuente: Elaboración propia, 2026

Para la primera etapa, la línea de ferrocarril tendría una longitud de 8.28 km, de los cuales el 62% (lo que representa 5.17 km) deberán ser construidos mediante un viaducto elevado y el restante 38% (aproximadamente 3.11 km) deberán ser construido a nivel de terreno.

Por otra parte, si se considera que son cuatro líneas de ferrocarril, la longitud total de vías es de 33.11 km.

Por último, es importante comentar que el área que ocupará el desarrollo de la infraestructura ferroviaria suma en total 14.32 ha, de las cuales el 36% (5.13 ha) son tramos en superficie y el restante 64% (9.18 ha) corresponden a un viaducto elevado.

Figura 6.18 Sistema de Vías Férreas de la Primera Etapa de Desarrollo.



Fuente: Elaboración propia, 2026

e. Áreas Externas.

A parte del área destinada para el desarrollo de las dos terminales especializadas de contenedores, se han contemplado tres áreas externas, que en conjunto suman aproximadamente 51.12 ha, de las cuales el 25.97% (13.28 ha) corresponde a la superficie destina a complementar las actividades de revisión de los contenedores, el 22.68% que representa 13.13 ha corresponde a la superficie destinada a la zona administrativa y de servicios. El restante 48.35% (24.71 ha) estará destinado a un estacionamiento de tractocamiones, aproximadamente en esta superficie se tendría un mínimo de 640 cajones de estacionamiento.

Las áreas externas del desarrollo portuario estarán localizadas al norte de la Laguna de Cuyutlán contiguas a la autopista Colima–Manzanillo, en dirección hacia Manzanillo.

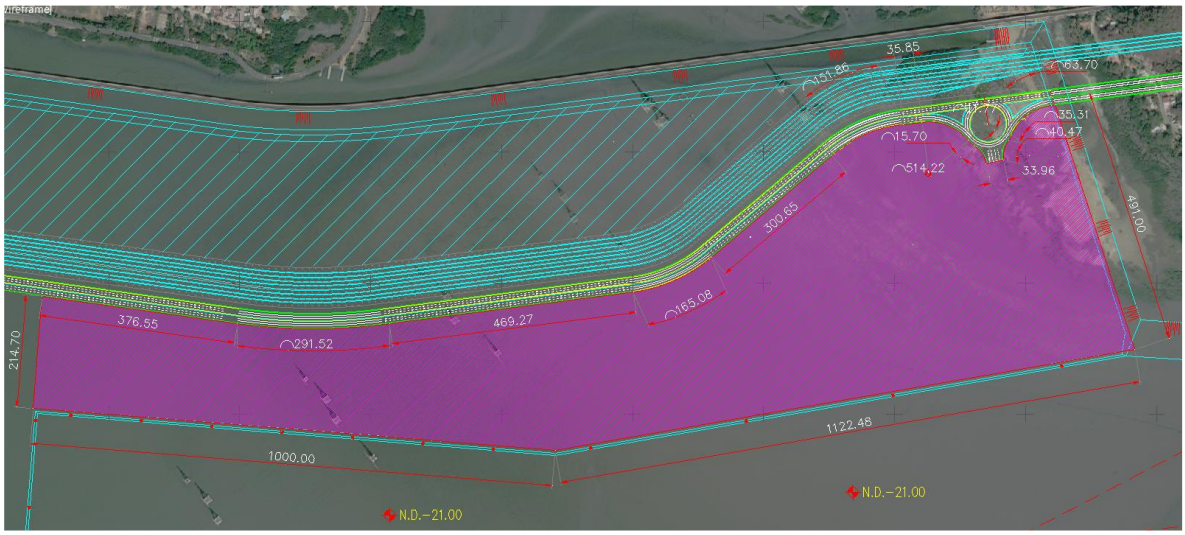
6.3.2 Segunda Etapa de Desarrollo.

La segunda etapa de desarrollo contempla la construcción de tres terminales especializadas, dos en el manejo de contenedores y una que tendrá la función de una terminal de usos múltiples o de cabotaje.

a. Terminal Especializada de Contenedores No. III (TEC III)

La TEC III será construida sobre terrenos ganados al cuerpo lagunar, esta se localizará hacia el noroeste de la laguna, ver Figura 6.19.

Figura 6.19 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. III.



Fuente: Elaboración propia, 2026

Tendrá una superficie total de 63.12 ha, del total de esta superficie se destinará el 20% (12.68 ha) a la zona de revisión de contenedores. Por lo tanto, la superficie de desarrollo para la infraestructura de la TEC I será de 50.44 ha, en la cual se estima una capacidad de almacenamiento dinámico de contenedores de 2.48 millones de TEU's anuales.

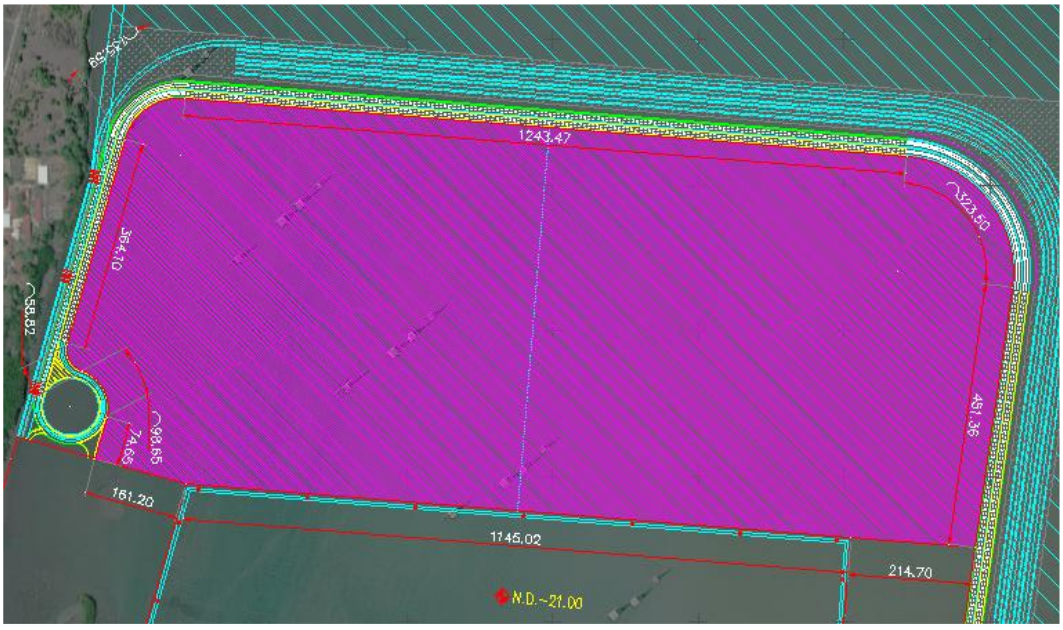
El frente de atraque estará dividido en dos muelles, debido a que la orientación del frente de atraque no es recto, el primero de ellos tendrá una longitud de 1,122.48 m y el segundo de

1,000.00 m, dando un total de 2,122.48 m, con la cual se podrá recibir hasta 4 portacontenedores tipo MGX-24 (eslora: 400 m, manga: 61 m y calado: 17.5 m) con una capacidad de 24,000 TEU's).

b. Terminal Especializada de Contenedores No. IV (TEC IV)

La TEC II, tendrá una superficie total de 82.15 ha, de las cuales 13.00 ha (lo que representa el 15.82% del total de la superficie) corresponden a la zona de revisión de contenedores., ver Figura 6.20.

Figura 6.20 Área de Desarrollo Terminal Especializada de Contenedores No. IV.



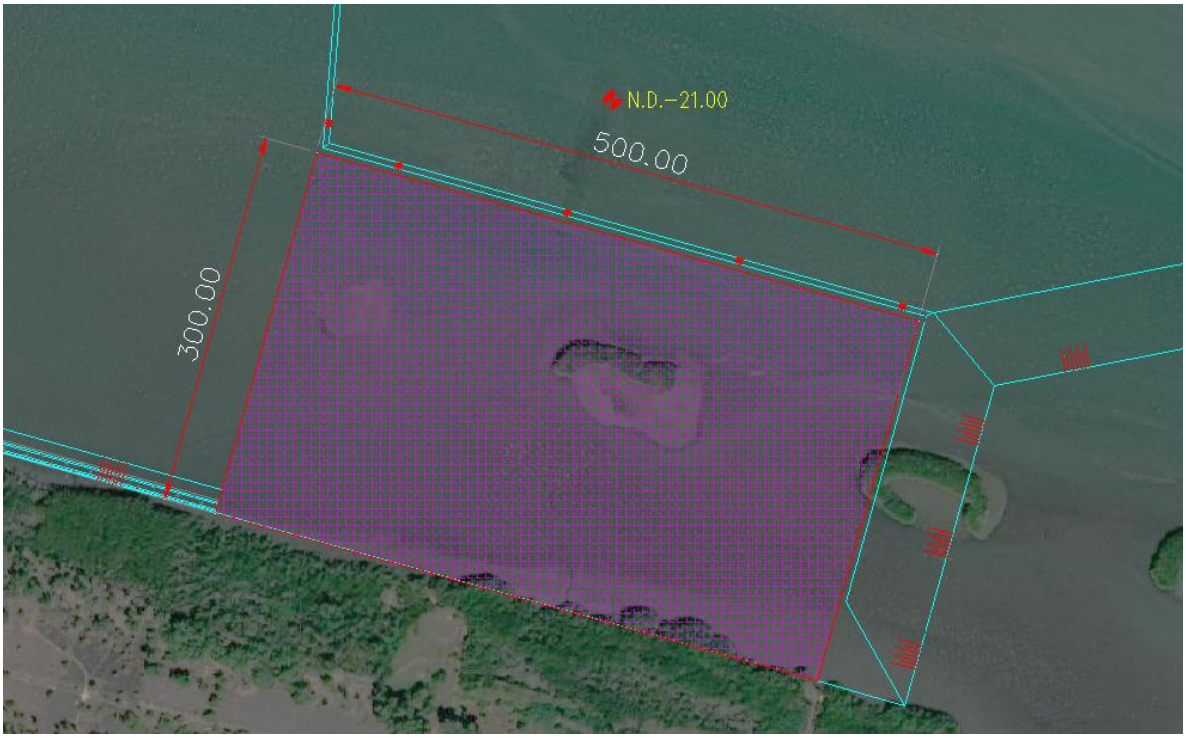
Fuente: Elaboración propia, 2026

c. Terminal de Usos Múltiples No. V (TUM V)

La ultima de las terminales estará destinada a una Terminal de Usos Múltiples (TUM) que también tendrá la función de atender el tráfico de cabotaje. Esta terminal tendrá una superficie de 15.00 ha, ver Figura 6.21.

Contará con un frente de atraque de 500 m, con lo cual, podrá recibir embarcaciones de 150,000 TPM (eslora de 294 m, manga de 45.9 y un calado de 17.5 m)

Figura 6.21 Área de Desarrollo de la Terminal de Usos Múltiples No. V.



Fuente: Elaboración propia, 2026

d. Vías de Comunicación.

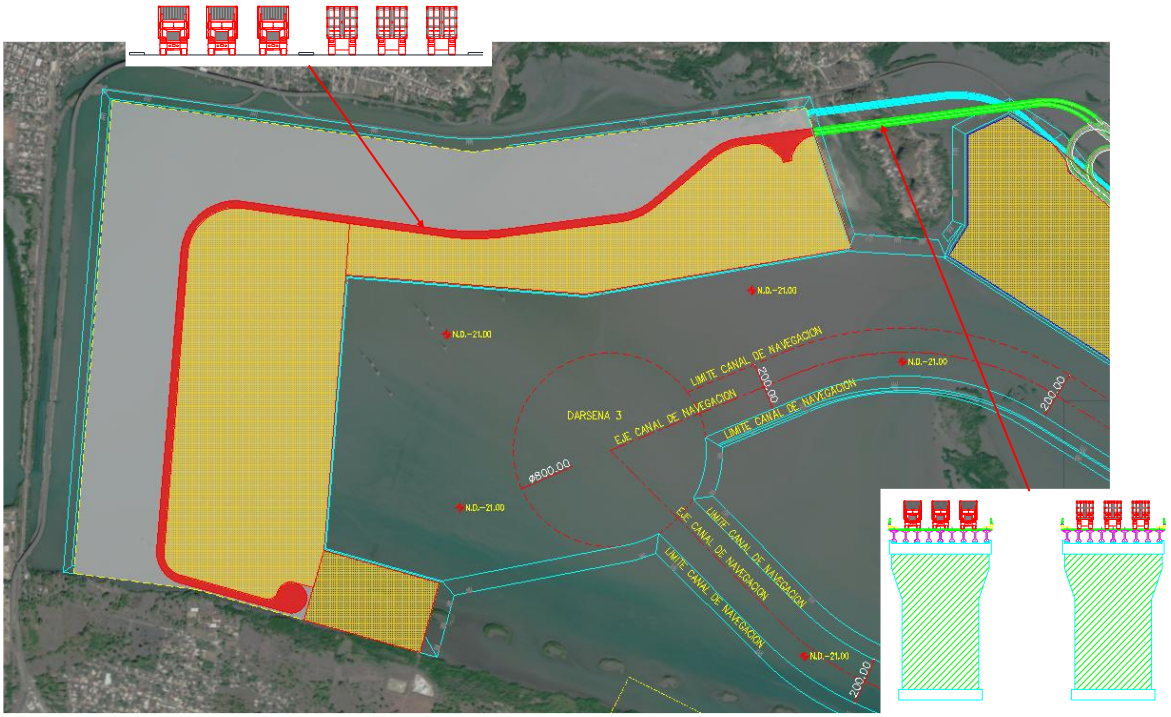
Las tres terminales se comunicarán a tierra mediante vialidades a nivel principalmente y un tramo elevado que se conecta a las vialidades construidas en la primera etapa. La superficie total de las vialidades es de 43.22 ha, de las cuales, 39.67 ha (92% del total) corresponden a vialidades a nivel y se localizan dentro de la plataforma y el restante 3.54 ha (8%) al tramo elevado.

Las vialidades de la segunda etapa tienen tres carriles, tanto el tramo superficial como el elevado. La longitud total de las vialidades suma 12.12 km, de los cuales 9.76 km son vialidades a nivel y 2.36 km son elevados, ver Tabla 6.8.

e. Ferrocarril.

Para la segunda etapa, la línea de ferrocarril contaría con 8 vías, las cuales tendrían una longitud de 4.12 km cada una, más un tramo de dos vías con una longitud de 0.85 km, todas construidas a nivel de terreno, ver Figura 6.23.

Figura 6.22 Vialidades de la Segunda Etapa de Desarrollo



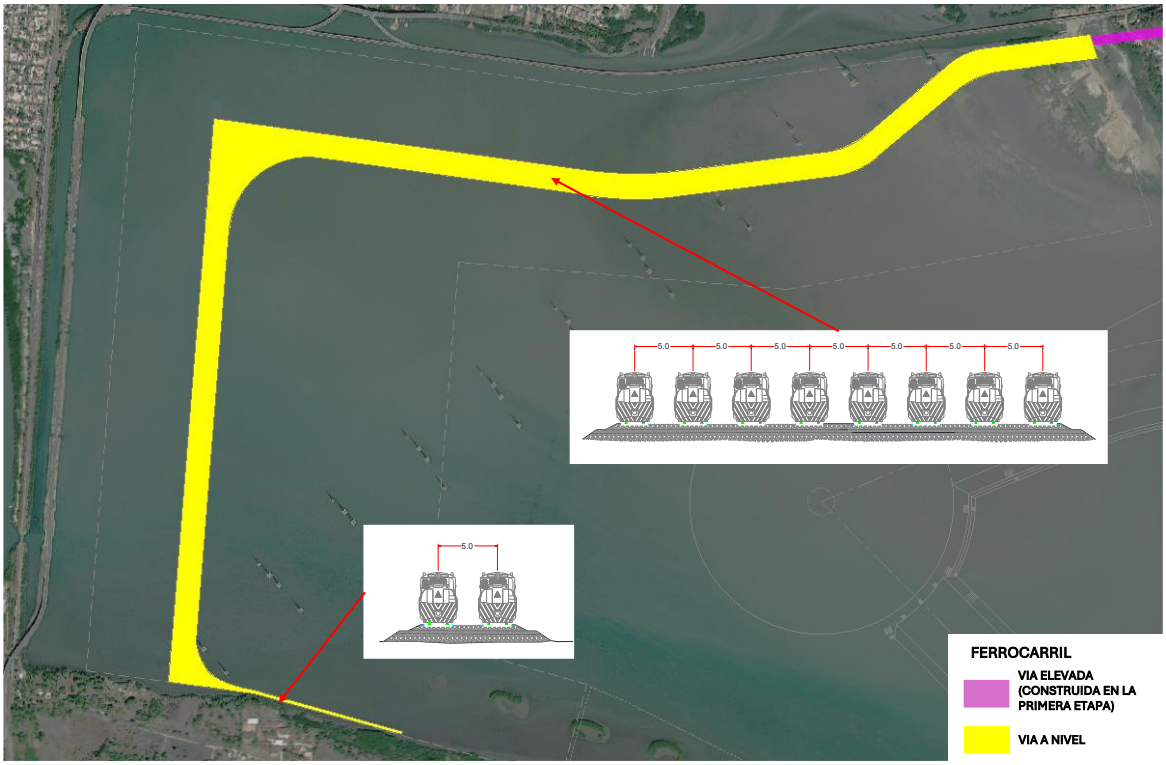
Fuente: Elaboración propia, 2026

Tabla 6.8 Longitud de Vialidades en la Segunda Etapa de Desarrollo.

No. de Carriles	Vialidad	
	A nivel	Viaducto Elevado
	(m)	(m)
3	9,760.09	2,361.75
Total		**12,121.84**

Fuente: Elaboración propia, 2026

Figura 6.23 Sistema de Vías Férreas de la Segunda Etapa de Desarrollo.



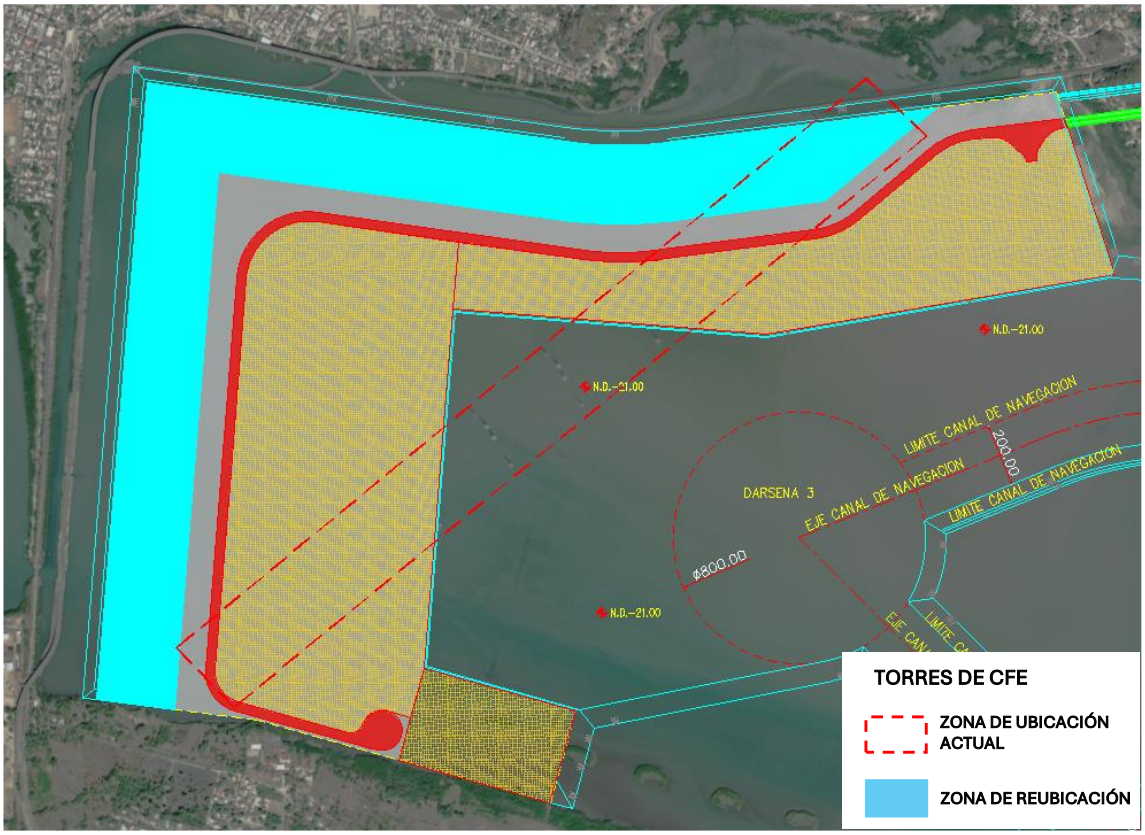
Fuente: Elaboración propia, 2026

Considerando todos los tramos de vías, la longitud total de vías es de 34.63 km. Por último, es importante comentar que el área que ocupará el desarrollo de la infraestructura ferroviaria suma en total 36.03 ha.

f. Área para Reubicación de las Torres de CFE.

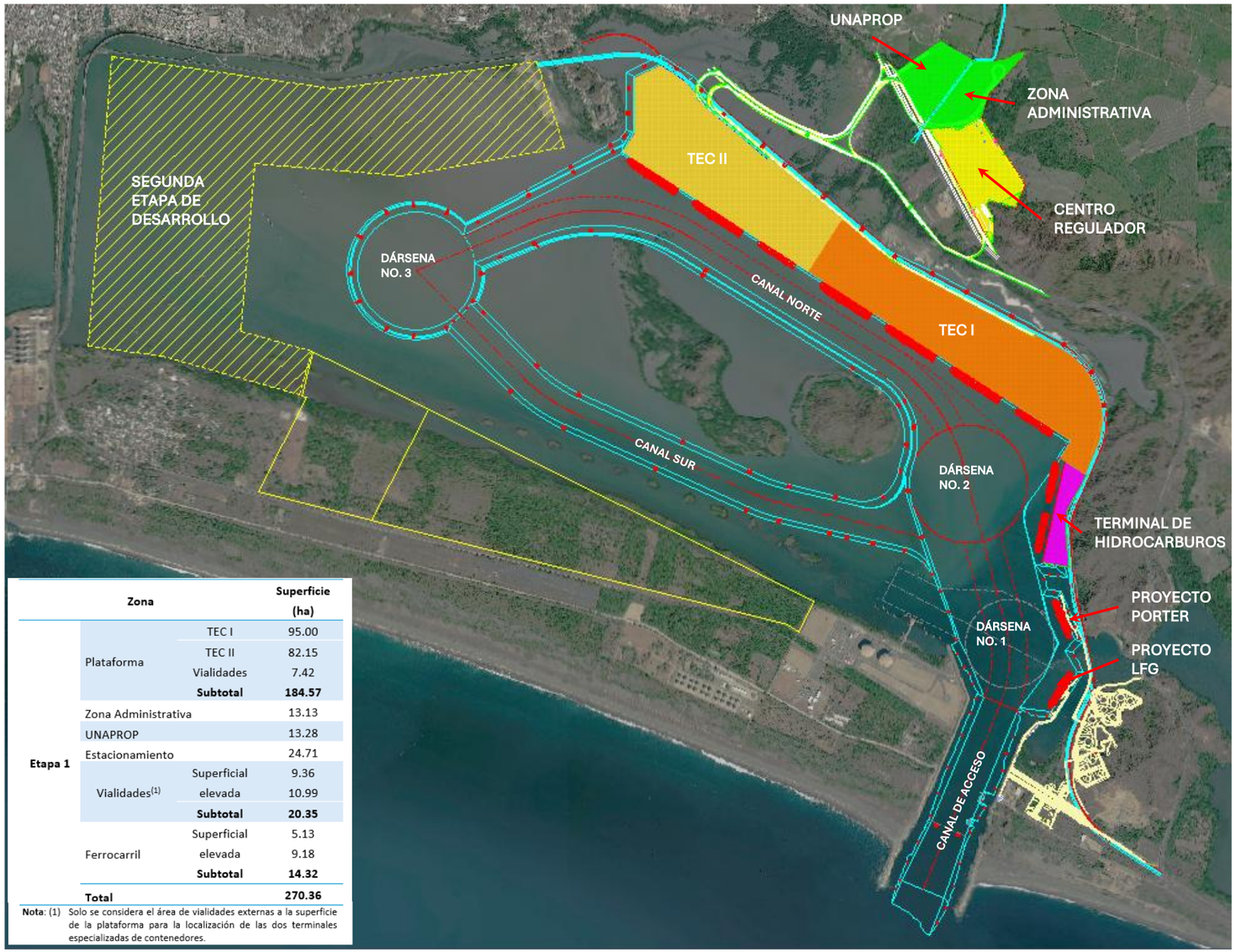
Para poder implementar la segunda etapa de desarrollo, es necesario reubicar las torres de alta tensión de CFE que se localizan en la zona de proyecto ver Figura 6.24, para tal caso, se ha destinado una superficie de 101.81 ha dentro de la plataforma de desarrolla de la segunda etapa, lo que representa el 30% de la superficie total.

Figura 6.24 Zona de Reubicación de Torres de Alta Tensión de CFE en la Segunda Etapa de Desarrollo.



Fuente: Elaboración propia, 2026

Figura 6.25 Primera Etapa de Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán.



	Zona		Superficie (ha)
Etapa 1	Plataforma	TEC I	95.00
		TEC II	82.15
		Vialidades	7.42
		Subtotal	**184.57**
	Zona Administrativa		13.13
	UNAPROP		13.28
	Estacionamiento		24.71
	Vialidades[(1)]	Superficial	9.36
		elevada	10.99
		Subtotal	**20.35**
	Ferrocarril	Superficial	5.13
		elevada	9.18
		Subtotal	**14.32**
	Total		**270.36**

Nota: (1) Solo se considera el área de vialidades externas a la superficie de la plataforma para la localización de las dos terminales especializadas de contenedores.

Fuente: Elaboración propia, 2026

a. Canal de Acceso:

1. **Bocana:**
   - Ancho: 316 m
   - Largo: 270 m
   - Profundidad de dragado: -19.00 m
   - Talud de dragado: 4:1 (H:V)

2. **Canal de Acceso Transición:**
   - Ancho: 316 m a 250 m
   - Largo: 450 m
   - Profundidad de dragado: de -19.00 m a -18.00 m
   - Talud de dragado: 4:1 (H:V)

3. **Canal de Acceso:**
   - Ancho: 250 m
   - Largo: 917.82 m
   - Profundidad de dragado: -18.00 m
   - Talud de dragado: 4:1 (H:V)

La longitud total del canal de acceso es 1,637.82 m

b. Canal Interior:

1. **Zona entre Dársenas 1 y 2:**
   - Ancho: 250 m
   - Largo: 1,932.95 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 519.58 m
       - Radio: 800 m
     - Tramo Recto:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 1,153.10 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 260.27 m
       - Radio: 1,200 m
   - Profundidad de dragado: -18.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

2. **Zona entre Dársenas 2 y 3 (Canal Norte):**
   - Ancho: 200 m
   - Largo: 4,178.58 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 652.00 m
       - Radio: 1,200 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,134.68 m
       - Radio: 1,200 m
     - Tramo Recto No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,561.96 m
     - Tramo Recto No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 829.94 m
   - Profundidad de dragado: -18.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) arenas y 6:1 (H:V) arcillas

c. Canal Sur:

1. **Zona entre Dársenas 3 y 2:**
   - Ancho: 200 m
   - Largo: 3,983.25 m
     - Tramo Recto No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,032.77 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 399.14 m
       - Radio: 1,100 m
     - Tramo Recto No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,355.24 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 210.63 m
       - Radio: 1,100 m
     - Tramo Recto No. 3:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 985.47 m
   - Profundidad de dragado: -10.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

d. Dársena de Ciaboga No. 1:

- Diámetro: 600 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

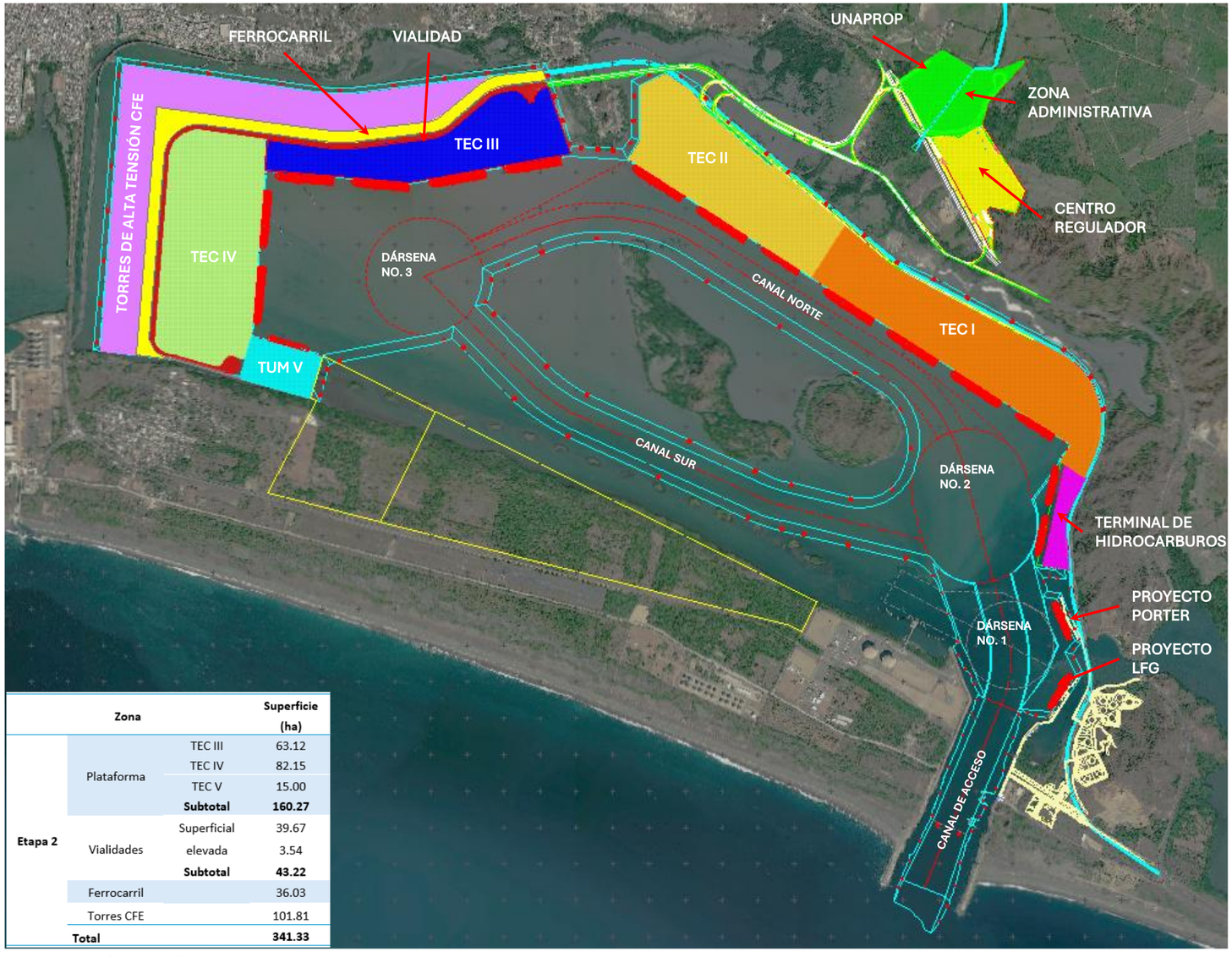
e. Dársena de Ciaboga No. 2:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

f. Dársena de Ciaboga No. 3:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

Figura 6.26 Segunda Etapa de Desarrollo Portuario en la Laguna de Cuyutlán.



Zona			Superficie (ha)
Etapa 2	Plataforma	TEC III	63.12
		TEC IV	82.15
		TEC V	15.00
		Subtotal	**160.27**
	Vialidades	Superficial	39.67
		elevada	3.54
		Subtotal	**43.22**
	Ferrocarril		36.03
	Torres CFE		101.81
	Total		**341.33**

Fuente: Elaboración propia, 2026

a. Canal de Acceso:

1. **Bocana:**
   - Ancho: 316 m
   - Largo: 270 m
   - Profundidad de dragado: -22.50 m
   - Talud de dragado: 4:1 (H:V)

2. **Canal de Acceso Transición:**
   - Ancho: 316 m a 250 m
   - Largo: 450 m
   - Profundidad de dragado: de -22.50 m a -21.00 m
   - Talud de dragado: 4:1 (H:V)

3. **Canal de Acceso:**
   - Ancho: 250 m
   - Largo: 917.82 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 4:1 (H:V)

La longitud total del canal de acceso es 1,637.82 m

b. Canal Interior:

1. **Zona entre Dársenas 1 y 2:**
   - Ancho: 250 m
   - Largo: 1,932.95 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 519.58 m
       - Radio: 800 m
     - Tramo Recto:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 1,153.10 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 260.27 m
       - Radio: 1,200 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

2. **Zona entre Dársenas 2 y 3 (Canal Norte):**
   - Ancho: 200 m
   - Largo: 4,178.58 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 652.00 m
       - Radio: 1,200 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,134.68 m
       - Radio: 1,200 m
     - Tramo Recto No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,561.96 m
     - Tramo Recto No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 829.94 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) arenas y 6:1 (H:V) arcillas

c. Canal Sur:

1. **Zona entre Dársenas 3 y 2:**
   - Ancho: 200 m
   - Largo: 3,983.25 m
     - Tramo Recto No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,032.77 m
     - Curva No. 1:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 399.14 m
       - Radio: 1,100 m
     - Tramo Recto No. 2:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 1,355.24 m
     - Curva No. 2:
       - Ancho: 250 m
       - Largo: 210.63 m
       - Radio: 1,100 m
     - Tramo Recto No. 3:
       - Ancho: 200 m
       - Largo: 985.47 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

d. Dársena de Ciaboga No. 1:
   - Diámetro: 600 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

e. Dársena de Ciaboga No. 2:
   - Diámetro: 800 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

f. Dársena de Ciaboga No. 3:
   - Diámetro: 800 m
   - Profundidad de dragado: -21.00 m
   - Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones.

1. El análisis integral del Puerto de Manzanillo y su proyección hacia el año 2050 confirma que el sistema portuario se encuentra en una etapa de transición estructural. La evolución histórica del tráfico contenerizado, que ha llevado al puerto a niveles cercanos a los cuatro millones de TEU's anuales y más de treinta millones de toneladas totales, ha generado un entorno operativo caracterizado por alta intensidad de uso, reducción progresiva de holguras y creciente sensibilidad a la variabilidad logística. Esta condición no representa una crisis inmediata, pero sí evidencia que el recinto histórico ha alcanzado un nivel de madurez avanzada donde el crecimiento adicional requiere una redefinición estratégica.

2. Las trayectorias proyectadas hacia 2050 —con rangos que oscilan entre aproximadamente cinco y más de los diez millones de TEU's— no dependen exclusivamente de la demanda internacional o del crecimiento económico nacional. Dependen, sobre todo, del régimen operativo que se adopte.

3. Si la ampliación hacia Cuyutlán se limita a incrementar capacidad física sin modificar la arquitectura logística, el sistema podrá sostener crecimiento en el corto y mediano plazo, pero tenderá a converger nuevamente hacia límites estructurales de capacidad efectiva. En este escenario incremental, el puerto ampliado seguiría operando bajo una lógica de recinto concentrado, con patios como reguladores forzados y accesos terrestres como factor determinante del techo operativo. El crecimiento sería real, pero con rendimientos decrecientes y mayor exposición a variabilidad.

   En contraste, si la expansión se concibe bajo un modelo port-led maduro, la transformación no será únicamente espacial sino funcional. El desacople entre muelle, patio y el hinterland permitiría elevar la capacidad máxima efectiva sin depender exclusivamente del aumento de superficie interna. La integración de plataformas externas, la consolidación de la intermodalidad ferroviaria y la coordinación institucional sistémica reducirían la variabilidad operativa y mejorarían la resiliencia del sistema. En este contexto, el puerto ampliado no solo crecería en volumen, sino en estabilidad y confiabilidad logística.

4. El escenario de mayor ambición, en el cual Cuyutlán se convierte en el nuevo polo dominante, implica una reconfiguración geográfica del sistema portuario. Esta opción permitiría posicionar al sistema Manzanillo–Cuyutlán como un nodo logístico de referencia en el Pacífico ampliado, con capacidad para absorber volúmenes superiores a los diez millones de TEU´s hacia 2050. No obstante, este escenario exige condiciones técnicas y de gobernanza más complejas, así como inversiones significativas y una gestión ambiental rigurosa, particularmente en un entorno lagunar sensible.

5. El análisis comparativo demuestra que la diferencia entre escenarios no es meramente cuantitativa. Se trata de elegir entre un crecimiento que amplía infraestructura y uno que transforma arquitectura. La capacidad nominal puede incrementarse mediante obra física, pero la capacidad efectiva solo se eleva de manera sostenida cuando el sistema reduce su variabilidad, mejora su integración territorial y fortalece su gobernanza.

6. En términos estratégicos, el escenario central emerge como la trayectoria óptima de planeación. Este escenario equilibra ambición y factibilidad, eleva la capacidad efectiva, reduce el riesgo de saturación estructural y preserva la posibilidad de evolucionar hacia un modelo dominante si las condiciones económicas y comerciales lo justifican. Representa una transformación gradual pero profunda, en la que la expansión hacia Cuyutlán no se limita a agregar muelles, sino que articula un sistema logístico ampliado.

7. La decisión estratégica para el sistema Manzanillo–Cuyutlán no debe centrarse exclusivamente en cuánto construir, sino en cómo operar. La infraestructura es condición necesaria, pero no suficiente. La sostenibilidad al 2050 dependerá de la capacidad del sistema para funcionar como red integrada, reducir la dependencia de nodos individuales, desacoplar funciones críticas y gestionar de manera coordinada la interacción entre mar y territorio.

8. En definitiva, el futuro del Puerto de Manzanillo no está determinado únicamente por el comercio global, sino por la arquitectura operativa que se decida implementar. La ampliación hacia Cuyutlán representa una oportunidad histórica para transitar de un modelo de crecimiento incremental a un modelo de desarrollo sistémico. La magnitud del impacto regional y nacional dependerá de la profundidad con la que se asuma esta transformación.

9. La decisión estratégica no es solo construir más puerto, sino construir un sistema.

10. El límite de 24,000 TEU’s en la capacidad de los buques portacontenedores que vemos hoy a nivel mundial es, más o menos, un reflejo de los límites económicos tanto como los de la infraestructura portuaria, la forma de las vías fluviales más transitadas del mundo y la ingeniería. La ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán debe contemplar una flota de diseño que cubra los intereses comerciales del puerto a medio y largo plazo. Si bien parece claro que los buques SMX y VLCC están claramente definidos, se recomienda que, de cara a la terminal de contenedores, se tengan en cuenta las tendencias actuales en la flota.

    Principalmente porque en la mayoría de los puertos, para que estos puedan recibir las embarcaciones más grandes que existen hoy, se requeriría de una gran revisión de la infraestructura portuaria, lo que sería increíblemente costoso. Los buques más grandes también están restringidos en cuanto a las rutas por las que navegan porque son muy vulnerables a las inclemencias del tiempo.

11. El buque de diseño queda definido por la siguiente flota de buques portacontenedores:

    - Maxi Neo-Panamax [369 x 51.2 x 15], buque de mayores dimensiones que ha pasado por las nuevas esclusas de Panamá, cargando hasta 14.500 TEU's.

    - Nuevos Clase E [E = 398 m, Manga = 56 m y Calado = 15.5 m], buques con hasta 21.000 TEU's de capacidad.

    - Megamax 24 (MGX24), [E = 400 m, Manga = 61.5 y Calado = 16.5 m (max = 17.7 m)], buques con hasta 24.000 TEU's de capacidad.

12. En las obras de dragado, el condicionante más decisivo es el tipo de barco que utilizará las instalaciones portuarias de la ampliación en la Laguna de Cuyutlán y las características de estas dimensiones (eslora, manga y calado), condiciones de maniobrabilidad y necesidades de superficie de fondeo.

    En la planificación de la ampliación se deberá tener en cuenta, como base de los cálculos, el barco máximo que deba entrar a puerto junto con las características que se fijen para la navegación. Asimismo, la profundidad a que debe dragarse las áreas de navegación se estimará teniendo en cuenta que se deberá disponer en todo momento y circunstancia la profundidad para que la navegación del buque en la zona portuaria sea segura siempre deberá existir una profundidad de agua adecuada por debajo del buque denominada zona de resguardo.

13. El Vaso II de la Laguna de Cuyutlán constituye un ecosistema lagunar somero con alto valor ecológico y elevada sensibilidad ambiental. Su estabilidad depende de procesos hidrológicos delicados y del equilibrio entre productividad y reciclaje de nutrientes.

    Con base en condiciones hidrológicas, estructura vegetal y presiones identificadas, el manglar del Vaso II puede considerarse funcional pero vulnerable. Su persistencia depende del mantenimiento de conectividad hídrica adecuada, control de aportes contaminantes y prevención de nuevas fragmentaciones.

    Las presiones actuales incrementan la probabilidad de simplificación biológica y pérdida de funcionalidad si no se implementan medidas de manejo integradas basadas en monitoreo continuo, restauración de hábitats y regulación de actividades que alteren su dinámica hidrológica.

    El estado puede clasificarse como intermedio, con tendencia a deterioro en ausencia de manejo específico orientado a restauración hidrológica y conservación de bordes vegetados.

14. El Vaso II de la Laguna de Cuyutlán constituye un subsistema ambientalmente sensible cuyo funcionamiento depende de la interacción equilibrada entre componentes abióticos y bióticos. La capacidad de carga del sistema está estrechamente vinculada a su morfología somera, su régimen hidrodinámico natural y la presencia de manglar e islotes que actúan como reguladores físicos.

    Cualquier ampliación portuaria deberá dimensionarse dentro de estos límites físicos y ecológicos, incorporando criterios de diseño adaptativo y monitoreo permanente que permitan mantener la integridad funcional del sistema lagunar.

15. Dentro de esta dimensión se evaluaron cuatro subcriterios. El primero corresponde a la eficiencia náutica, que analiza la calidad geométrica del canal de acceso, la suficiencia del círculo de maniobra, la disposición de frentes de atraque y la seguridad en operaciones simultáneas. Este subcriterio incide directamente en la productividad portuaria y en la reducción de riesgos marítimos.

    El segundo subcriterio es la eficiencia logística interna, que valora la organización espacial de patios, conectividad terrestre, distancias operativas y potencial de automatización. Una configuración compacta y jerarquizada favorece menores tiempos de ciclo y mayor rendimiento por hectárea.

    El tercer subcriterio corresponde a la capacidad de crecimiento modular, entendida como la posibilidad de ampliar el desarrollo por etapas sin afectar operaciones en curso. Este aspecto es fundamental para reducir riesgos financieros y permitir adaptación progresiva a la demanda.

    El cuarto subcriterio es la flexibilidad de tipos de carga, que mide la capacidad de la alternativa para atender distintos segmentos del mercado marítimo, incluyendo contenedores de ultra gran tamaño, graneles y energéticos, así como su adaptabilidad a cambios futuros en patrones de comercio.

    La aplicación del modelo de ponderación arrojó los siguientes resultados globales:

    - Alternativa 1: 8.59
    - Alternativa 2: 9.46
    - Alternativa 3: 9.71

    La Alternativa 3 obtuvo la calificación más alta, derivado de su configuración, destacó por su alto potencial estratégico, adecuada organización náutica y menor nivel de alteración estructural del sistema lagunar en comparación con la alternativa que contempla una nueva bocana oceánica.

16. En atención a los criterios emitidos por la autoridad ambiental, se reconoce que la viabilidad del proyecto está condicionada a la demostración técnica de la compatibilidad del diseño propuesto con el sistema lagunar.

    En este sentido, la selección de la Alternativa 3 no constituye una validación automática de su viabilidad ambiental, sino una **base técnica para el desarrollo de un proyecto definitivo**, el cual deberá ser sometido a evaluación mediante una Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional (MIA-R), incorporando:

    - Modelación hidrodinámica tridimensional calibrada
    - Análisis de transporte de sedimentos y colmatación
    - Evaluación de cambios en salinidad, tiempos de residencia y calidad del agua
    - Análisis de afectación a manglar y hábitats asociados
    - Evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos

    La viabilidad final del proyecto dependerá del cumplimiento de estos elementos y de la capacidad del diseño para demostrar que los impactos pueden ser evitados, mitigados o compensados de manera verificable.

17. El dimensionamiento del proyecto no se define exclusivamente por criterios de capacidad portuaria, sino por la capacidad ambiental del sistema receptor, la cual actúa como condicionante del diseño

ANEXO A

El "cuello de botella" ambiental-institucional se puede describir con bastante precisión porque, según reportes de prensa basados en el resolutivo de la DGIRA (SEMARNAT), la autoridad no solo "pidió aclaraciones": determinó que el trámite no podía continuar en la forma en que se presentó, porque las modificaciones y reconfiguraciones planteadas para el "Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo en el Vaso II" rebasaban el alcance de la evaluación original y, por tanto, podían implicar impactos no evaluados y riesgos potencialmente irreversibles para el sistema lagunar.

A.1 Qué significa, en términos técnicos y administrativos, el "no autorizó" de SEMARNAT.

Lo que se reporta es que la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) revisó la MIA-R (y/o su modificación) y concluyó que los ajustes propuestos por la promovente para "reducir afectación al manglar" y disminuir impactos directos sobre islotes (mencionados públicamente como "Islas Cocodrilo I y II") no eran ajustes menores, sino una redistribución integral del puerto. Esa redistribución, a su vez, implicaría nuevas obras, nuevos dragados y uso de superficies no contempladas originalmente, con consecuencias sobre la hidrodinámica del vaso y el trasvase/redistribución de sedimentos dentro del sistema lagunar.

En términos prácticos, esto coloca el problema en un punto muy específico: la autoridad considera que el "proyecto real" (tal como terminaría construido) ya no coincide con el "proyecto evaluado". Cuando ocurre esa divergencia, SEMARNAT/DGIRA suele exigir que el promovente reingrese con una evaluación que corresponda a la configuración que realmente pretende ejecutar, en vez de "parchar" la evaluación con modificaciones que cambian sustancialmente la huella, el diseño y los procesos físicos (dragado, rellenos, circulación) que determinan el impacto. De hecho, en notas que citan el resolutivo se señala que, para replantear o modificar el proyecto, la promovente tendría que presentar una nueva MIA en modalidad regional, conforme al marco aplicable.

Esa decisión convierte la "compatibilidad ambiental" en el problema inmediato porque, mientras el proyecto no tenga una autorización vigente y consistente con el diseño final, no existe una base legal-técnica para ejecutar obras, y además persiste el riesgo de que cualquier avance físico incremente el conflicto y agrave el criterio precautorio, como también se ha discutido públicamente.

A.2 Qué pide "en el fondo" SEMARNAT, aunque no lo exprese como lista de requisitos

Lo que la DGIRA está poniendo sobre la mesa es una exigencia de coherencia técnica y cierre de incertidumbre sobre procesos clave del Vaso II: si la reconfiguración introduce nuevos dragados, nuevas superficies y trayectorias hidráulicas, entonces deben evaluarse formalmente los

efectos sobre circulación, tiempos de residencia, salinidad, transporte de sedimentos, colmatación y erosión, y los impactos derivados sobre manglar, planicies someras e islotes.

En una laguna somera, esos procesos no son “detalles”: son los mecanismos que definen si el sistema cambia de régimen, y por eso la autoridad habla de riesgos potencialmente irreversibles.

A.3 Soluciones para dar cumplimiento a lo indicado por SEMARNAT y destrabar el cuello de botella.

La solución no es “defender el documento”, sino rearmar el caso técnico para que el proyecto evaluado sea el proyecto ejecutable, y para que los impactos identificados (incluidos los de mayor magnitud) tengan una ruta verificable de evitación, minimización y manejo. En términos concretos, las soluciones se agrupan en cinco frentes que se refuerzan entre sí.

1. Reingresar la evaluación con un proyecto definitivo y trazable

La primera medida es asumir la implicación del resolutivo: si la DGIRA concluye que la modificación “rebasa el alcance”, lo procedente es presentar una nueva MIA-R que describa la configuración final (geometría de canal y dársenas, polígonos de relleno, huella de terminales, fases) y que documente alternativas reales (incluida alternativa de localización, alternativa de menor huella, alternativa por fases). Esto está alineado con lo que se reporta que SEMARNAT señaló: para cualquier replanteamiento, debe ingresarse una nueva MIA-R conforme a LGEEPA y reglamentación.

Aquí la clave es evitar una nueva “brecha” entre lo evaluado y lo ejecutado. El expediente debe incluir control de cambios de ingeniería, planos y memorias consistentes, y un modelo de fases que impida que la obra “se reconfigure” durante construcción sin volver a evaluar.

2. Cerrar la incertidumbre hidrodinámica y sedimentaria con modelación calibrada

Dado que DGIRA menciona explícitamente alteraciones hidrodinámicas y trasvase de sedimentos como preocupación técnica, el corazón de la solución es desarrollar y anexar un paquete robusto de modelación, no solo descriptivo.

Eso implica, como mínimo, un modelo hidrodinámico 2D/3D calibrado con campañas estacionales en el Vaso II (marea, viento, salinidad, temperatura, OD, velocidades) y un modelo de transporte de sedimentos (finos cohesivos) que permita comparar “sin proyecto” vs “con proyecto” y, crucialmente, “con proyecto por fases”. El objetivo es demostrar, con métricas, que el diseño no dispara tiempos de residencia, no crea zonas muertas persistentes, no incrementa hipersalinidad/estratificación y no genera un patrón de erosión/colmatación que haga inviable el

mantenimiento. Esta evidencia es la que responde directamente al núcleo del resolutivo reportado.

3. Rediseño geométrico condicionado por capacidad de carga del Vaso II

La tercera solución es de ingeniería: si el resolutivo advierte que la reconfiguración implica nuevas obras y dragados con efectos sistémicos, entonces el diseño debe redimensionarse para que el Vaso II no se convierta en un sistema dependiente de dragado crónico y defensas permanentes.

Eso típicamente requiere reducir huella de rellenos, optimizar secciones del canal (ancho y taludes al mínimo de seguridad), limitar áreas profundas, conservar o recrear estructuras morfodinámicas (por ejemplo, mantener islotes donde sea compatible o generar "islotes funcionales" de baja elevación para disipación/depósito), y definir velocidades máximas de navegación internas para reducir socavación en márgenes y estrés sobre manglar. La compatibilidad con manglar e islotes deja de ser un "programa de reforestación" y se vuelve un "diseño por restricción física".

4. Mitigación basada en desempeño y verificación, no solo en compromisos

Para que SEMARNAT considere que el riesgo de irreversibilidad está atendido, no basta prometer medidas; hay que proponer un sistema de gestión adaptativa con umbrales y consecuencias. Esto se traduce en un programa de monitoreo ambiental con indicadores operativos (turbidez, OD, salinidad, nutrientes, tasas de colmatación, estabilidad de márgenes, condición del manglar) y reglas tipo "si ocurre X, se detiene/ajusta Y". Es decir, pasar de mitigación "de papel" a mitigación "por desempeño", con capacidad real de corregir.

5. Fortalecimiento del componente social y de transparencia del proceso

Aunque el resolutivo que citas es ambiental-técnico, el contexto público muestra que el proyecto está rodeado de controversia y de demanda de información y consulta efectiva.

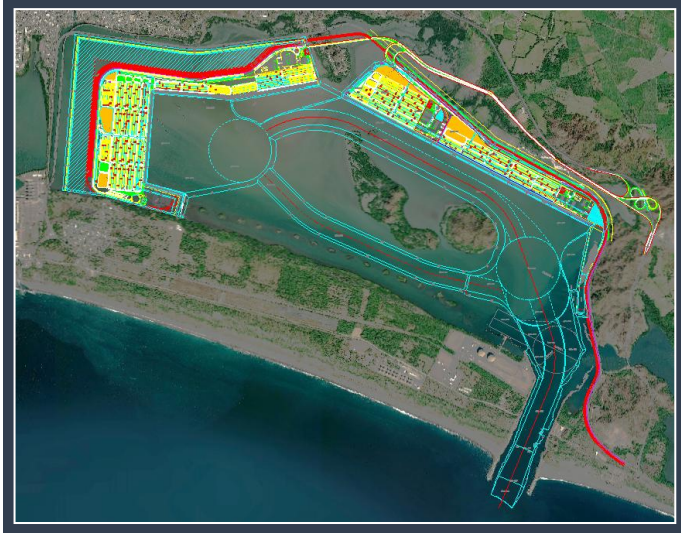
Una ruta de cumplimiento y viabilidad suele requerir, además de la nueva MIA-R robusta, un paquete de comunicación técnica pública, mesas de trabajo y acuerdos verificables con sectores dependientes de la laguna (pesca, salinas), y trazabilidad de cómo se incorporan sus preocupaciones en el diseño (por ejemplo, preservación de accesos, zonas de resguardo, programas de compensación y reconversión cuando aplique). Esto reduce el riesgo de que el proyecto vuelva a trabarse por conflictividad y por cuestionamientos al proceso.

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL







PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

INFORME PARCIAL
PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DE REDES PRINCIPALES

MARZO 2026

Preparado por:

RHG INGENIERIA

PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN.

I N F O R M E P A R C I A L
PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DE REDES PRINCIPALES

MARZO 2026

INDICE GENERAL

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo Principal. 2
2.2 Objetivos Particulares. 2
3.0 MATRIZ BASE PARA EL PLANTEAMIENTO DE REDES PRINCIPALES. 3
3.1 Matriz Base para el Planteamiento de Redes Principales. 3
3.1.1 Estructura general de la matriz 4
3.1.2 Explicación técnica de los sistemas considerados en la matriz 4
3.1.3 Evaluación de la matriz 7
3.2 Criterios de Ingeniería para el Planteamiento de Redes. 17
3.2.1 Red eléctrica 18
3.2.2 Red de agua potable y servicios 18
3.2.3 Red contra incendio 19
3.2.4 Drenaje pluvial 19
3.2.5 Drenaje sanitario 20
3.2.6 Telecomunicaciones 20
3.3 Integración de redes en corredores de utilidades. 21
3.4 Dimensionamiento preliminar de redes. 21
3.4.1 Dimensionamiento Preliminar del Sistema Eléctrico. 22
3.4.2 Dimensionamiento Preliminar del Sistema de Agua Potable y de Servicios. 22
3.4.3 Dimensionamiento Preliminar de la Red Contra Incendio 23
3.4.4 Dimensionamiento Preliminar del Drenaje Pluvial 23
3.4.5 Dimensionamiento Preliminar del Drenaje Sanitario 24
3.4.6 Dimensionamiento Preliminar de la Red de Telecomunicaciones 24
3.5 Criterios de Localización de Nodos de Infraestructura del Puerto 24
3.5.1 Localización de la Subestación Eléctrica Principal 25
3.5.2 Localización de Nodos Hidráulicos 25
3.5.3 Localización de Estaciones de Bombeo 25
3.5.4 Localización del Centro de Control Portuario 25

3.5.5 Localización de Corredores de Utilidades 26
4.0 SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE. 27
4.1 Introducción. 27
4.2 Configuración General del Sistema. 27
4.3 Características Técnicas del Sistema de Abastecimiento 32
4.3.1 Características del Pozo de Abastecimiento 35
4.3.2 Características de la planta potabilizadora 38
4.3.3 Sistema de almacenamiento y distribución 41
4.4 Aspecto Normativo 44
4.5 Consideraciones operativas 46
5.0 CENTRO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL PORTUARIO. 47
5.1 Criterios Generales de Planeación 48
5.2 Justificación Técnica del Centro. 50
5.2.1 Soporte a la Infraestructura Portuaria 51
5.2.2 Monitoreo Ambiental Permanente. 51
5.2.3 Gestión de Riesgos y Contingencias. 52
5.2.4 Vinculación social y cumplimiento normativo 53
5.3 Estructura Funcional del Centro 54
5.3.1 Edificio Administrativo y Dirección. 54
5.3.2 Laboratorios e Investigación. 56
5.3.3 Centro de Monitoreo Ambiental y Datos. 58
5.3.4 Edificio de Educación Ambiental y Vinculación. 59
5.3.5 Alojamiento para Investigadores. 59
5.3.6 Talleres, Almacenes y Servicios Técnicos 59
5.3.7 Unidad de Conservación Ecológica y Vivero 59
5.3.8 Unidad de Rescate y Manejo de Fauna. 60
5.3.9 Embarcadero y Apoyo Operativo. 60
5.3.10 Obras Complementarias. 60
5.4 Personal y Capacidad Operativa 60
5.4.1 Personal técnico y científico 62

5.4.2 Personal operativo 63
5.4.3 Personal de soporte 64
5.5 Etapas de Desarrollo 65
5.6 Criterios Técnicos de Diseño 67
5.6.1 Criterios funcionales 68
5.6.2 Criterios climáticos 68
5.6.3 Criterios de resiliencia 69
5.6.4 Criterios normativos 70
5.7 Criterios de Ingeniería para Anteproyecto 71
5.8 Matriz de Criticidad Operativa e Interdependencias 78
5.8.1 Matriz de criticidad operativa 78
5.8.2 Matriz de interdependencias entre áreas. 80
5.9 Diagrama de Flujo Operativo del CIAP 81
5.10 Análisis de Modos de Falla (FMEA) por Área Crítica 82
5.10.1 FMEA de los Laboratorios 84
5.10.2 FMEA del centro de monitoreo ambiental y datos 85
5.10.3 FMEA del embarcadero y apoyo operativo de campo 86
5.10.4 FMEA de obras complementarias e infraestructura crítica 86
5.10.5 FMEA de talleres y almacenes 88
5.10.6 Síntesis de prioridades del FMEA 88
5.11 Matriz de Requerimientos de Diseño por Edificio 90
5.12 Matriz de Pre-dimensionamiento de Instalaciones por Edificio 93
5.12.1 Criterios base de estimación 96
5.12.2 Interpretación técnica de los parámetros preliminares 96
6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 100
6.1 Conclusiones 100
6.2 Recomendaciones. 100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Sistema Conceptual de Suministro de Agua Potable. 28
Figura 5.1 Localización del CIAP. 47
Figura 5.2 Distribución del CIAP. 61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Matriz Base para Planteamiento de Redes Principales. 8
Tabla 4.1 Capacidades Aproximadas del Sistema de Agua Potable. 34
Tabla 4.2 Características del Pozo del Sistema de Agua Potable. 37
Tabla 4.3 Características de la Planta Potabilizadora del Sistema de Agua Potable 40
Tabla 4.4 Características del Sistema de Distribución del Sistema de Agua Potable 43
Tabla 4.5 Normativa. 46
Tabla 5.1 Parámetros de Planeación del CIAP. 50
Tabla 5.2 Variables de Monitoreo. 52
Tabla 5.3 Vinculación Social y Cumplimiento Normativo. 54
Tabla 5.4 Distribución de Áreas del CIAP. 55
Tabla 5.5 Distribución de Laboratorios. 56
Tabla 5.6 Personal Técnico y Científico. 62
Tabla 5.7 Personal Operativo. 63
Tabla 5.8 Personal de Soporte o Administrativo. 64
Tabla 5.9 Personal de Soporte o Administrativo. 67
Tabla 5.10 Principios Funcionales del CIAP. 68
Tabla 5.11 Criterios de Diseño Climático. 69
Tabla 5.12 Criterios de Resilencia. 70
Tabla 5.13 Criterios Normativos. 70
Tabla 5.14 Criterios Normativos. 77
Tabla 5.15 Matriz de Criticidad Operativa. 79
Tabla 5.16 Implicaciones de Diseño Derivadas de la Criticidad. 80
Tabla 5.17 Matriz de Interdependencias entre Áreas 81
Tabla 5.18 Matriz de Interdependencias entre Áreas 83
Tabla 5.19 Matriz de Flujo Operativo 83
Tabla 5.20 Criterios de Evaluación del FMEA. 84
Tabla 5.21 Criterios de Evaluación del FMEA de los Laboratorios. 85
Tabla 5.22 Criterios de Evaluación del FMEA del Centro de Monitoreo Ambiental y Datos. 86
Tabla 5.23 Criterios de Evaluación del FMEA del Embarcadero y Apoyo Operativo de Campo. 87
Tabla 5.24 Criterios de Evaluación del FMEA de Obras Complementarias e Infraestructura Crítica. 88
Tabla 5.25 Criterios de Evaluación del FMEA de Talleres y Almacenes. 89
Tabla 5.26 Síntesis de Prioridades del FMEA. 89
Tabla 5.27 Matriz de Requerimientos de Diseño por Edificio. 91
Tabla 5.28 Matriz Resumida de Prioridad de Ingeniería por Edificio. 94

Tabla 5.29 Matriz de Pre-dimensionamiento Preliminar por Edificio..... 95
Tabla 5.30 Síntesis de prioridad de Pre-dimensionamiento por Sistema. 98

1.0 INTRODUCCIÓN

Con base en las propuestas correspondientes a la primera y segunda etapa de desarrollo, se advierte que el proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán presenta una estructura territorial y funcional claramente definida a nivel de implantación general. Se reconoce una organización lineal del desarrollo portuario sobre el borde norte de la laguna, con una secuencia de terminales, frentes de atraque, patios de respaldo, corredor vial principal, infraestructura ferroviaria, áreas de apoyo logístico y zonas administrativas y de servicios.

Asimismo, en el presente documento se formula exclusivamente para establecer el planteamiento conceptual de las redes principales, es decir, de la infraestructura troncal, común o estructurante que deberá ser prevista, desarrollada y coordinada por el plan maestro para hacer posible la operación integral del puerto ampliado y su crecimiento por etapas. Por tal motivo, no comprende el desarrollo detallado de los proyectos internos de cada terminal, en tanto que estos serán responsabilidad de los respectivos cesionarios.

Este documento parte de la premisa de que el desarrollo portuario no puede entenderse únicamente como una suma de terminales yuxtapuestas, sino como un sistema integrado que requiere una base común de servicios, accesos, seguridad, energía, agua, drenaje, telecomunicaciones y control. Bajo esa lógica, el planteamiento de redes constituye una fase indispensable para pasar del esquema de implantación territorial a la definición de la infraestructura habilitadora del conjunto.

2.0 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Principal.

El objetivo principal de los servicios descritos en el presente documento es:

- El objeto del presente documento es establecer el planteamiento conceptual de las redes principales del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán, definiendo para cada sistema su función dentro del plan maestro, su criterio general de implantación, su lógica de crecimiento por etapas y su relación con las terminales concesionadas.

  No se pretende desarrollar en esta fase la ingeniería de detalle de cada red, ni determinar de manera definitiva capacidades, diámetros, calibres, cotas, equipos o especificaciones finales. El propósito consiste en formular una base técnica ordenada y coherente que sirva posteriormente para la elaboración de la ingeniería básica, la delimitación de responsabilidades, la identificación de nodos estratégicos, el establecimiento de corredores de utilidades y la definición de interfases con los cesionarios.

2.2 Objetivos Particulares.

Los objetivos particulares de los servicios descritos en el presente documento son:

- El presente planteamiento conceptual comprende la red eléctrica principal, el alumbrado exterior común, la red de agua potable y agua de servicios, la red contra incendio maestra, el drenaje pluvial maestro, el drenaje sanitario troncal, la red de telecomunicaciones y fibra óptica, el centro de control y monitoreo, el sistema general de accesos y seguridad perimetral, los corredores de utilidades asociados a vialidades, la coordinación de cruces con infraestructura ferroviaria, la atención de la zona administrativa y de servicios comunes, el abastecimiento de las áreas de apoyo logístico y estacionamiento de tractocamiones, así como la definición conceptual de las interfases entre la infraestructura del plan maestro y las futuras terminales concesionadas.

  Quedan fuera del alcance del presente documento las redes internas de distribución eléctrica, hidráulica, sanitaria, pluvial, contra incendio y de telecomunicaciones de cada terminal, así como sus edificaciones, equipos, patios y sistemas particulares de operación. No obstante, sí se establece la base conceptual para la conexión de dichas instalaciones a la infraestructura general del puerto.

3.0 MATRIZ BASE PARA EL PLANTEAMIENTO DE REDES PRINCIPALES.

El proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán contempla el desarrollo progresivo de nuevas superficies portuarias, terminales especializadas, infraestructura ferroviaria, vialidades, áreas logísticas y zonas de apoyo administrativo. La configuración territorial del proyecto, presenta una organización predominantemente longitudinal sobre el borde norte de la laguna, en la que las terminales y áreas operativas se distribuyen en secuencia a lo largo de un eje común de acceso, circulación y servicios.

En este tipo de desarrollos portuarios, la implantación de terminales no puede entenderse como un conjunto de proyectos independientes, sino como un sistema integrado que requiere una base común de infraestructura que permita su operación coordinada. Dentro de esa base común se encuentran las redes principales de servicios, las cuales constituyen la infraestructura troncal del recinto portuario.

El plan maestro tiene la responsabilidad de definir dicha infraestructura troncal, mientras que el diseño interno de cada terminal será desarrollado posteriormente por los respectivos cesionarios. En consecuencia, resulta necesario establecer desde la etapa de planeación un marco técnico que permita identificar los sistemas que deben formar parte de la infraestructura común, así como su relación con las terminales concesionadas y su crecimiento por etapas.

Para atender esta necesidad se formuló una matriz base para el planteamiento de redes principales, la cual constituye una herramienta de análisis y organización técnica del proyecto.

3.1 Matriz Base para el Planteamiento de Redes Principales.

La matriz base tiene como objetivo estructurar de manera sistemática la planificación de la infraestructura troncal del plan maestro, permitiendo identificar de forma clara los sistemas de servicios que deben ser previstos desde la planeación general del puerto, así como su alcance, su relación con las terminales concesionadas y su implementación a lo largo de las distintas etapas de desarrollo.

En proyectos portuarios de gran escala, la infraestructura de servicios no puede desarrollarse de manera aislada o en función exclusiva de las necesidades inmediatas de cada terminal. Si ello ocurriera, se producirían redes fragmentadas, interferencias entre instalaciones, falta de capacidad para el crecimiento futuro y conflictos en la delimitación de responsabilidades entre el plan maestro y los cesionarios.

La matriz permite evitar estos problemas al establecer, desde la fase conceptual, una estructura ordenada para el desarrollo de las redes principales. A través de ella se identifican los sistemas que deben considerarse infraestructura común del recinto portuario, se define el alcance

que corresponde al plan maestro y se delimita el ámbito que será responsabilidad de los cesionarios dentro de sus respectivas terminales.

Asimismo, la matriz permite analizar cada sistema en función de su papel dentro del desarrollo general del puerto, determinando qué elementos deben construirse desde la primera etapa y cuáles pueden ampliarse o consolidarse en etapas posteriores. Este enfoque es particularmente relevante en el caso del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo, donde el desarrollo se llevará a cabo de forma progresiva y donde la infraestructura inicial debe diseñarse de manera que permita el crecimiento ordenado del sistema completo.

Desde el punto de vista técnico, la matriz cumple también la función de identificar los nodos principales de infraestructura, los corredores de utilidades, los puntos de interconexión con terminales y los elementos estructurales de cada red, lo cual facilita posteriormente la elaboración de la ingeniería básica y el planteamiento conceptual de las redes.

En síntesis, la matriz constituye una herramienta de planeación que permite asegurar que el desarrollo portuario se apoye en una infraestructura de servicios coherente, escalable y técnicamente integrada.

3.1.1 Estructura general de la matriz

La matriz base organiza el análisis de cada sistema de servicios considerando cinco aspectos fundamentales: el sistema o infraestructura a analizar, el alcance del plan maestro, el alcance que corresponde al cesionario, la forma en que el sistema se implementa en la primera etapa y en la segunda etapa del desarrollo, y finalmente los nodos o elementos principales que deben ser considerados dentro de la red.

Este enfoque permite visualizar cada sistema no solo como una instalación aislada, sino como parte de una estructura integrada que debe responder a las necesidades del conjunto del puerto.

3.1.2 Explicación técnica de los sistemas considerados en la matriz

3.1.2.1 Red eléctrica principal.

La red eléctrica principal constituye uno de los sistemas estructurales más importantes dentro de la infraestructura portuaria, ya que de ella depende el suministro de energía para la operación de las terminales, las áreas comunes del recinto, la iluminación exterior, los sistemas de seguridad y las instalaciones administrativas.

Desde el punto de vista del plan maestro, la red eléctrica debe concebirse como un sistema troncal que permita distribuir la energía de forma ordenada a lo largo del desarrollo

portuario. Esto implica definir el punto de interconexión con la red regional de suministro eléctrico, establecer la ubicación de una subestación principal o nodo de transformación, prever los corredores de media tensión que recorrerán el recinto y definir los puntos de entrega hacia las terminales.

La responsabilidad del plan maestro consiste en garantizar que exista una infraestructura eléctrica capaz de abastecer tanto las áreas comunes como las futuras terminales. Por su parte, los cesionarios serán responsables de desarrollar las redes de distribución interna dentro de sus predios, incluyendo la transformación a baja tensión, los centros de carga, la iluminación de patios y las instalaciones eléctricas de equipos.

La planificación de esta red debe considerar desde la primera etapa la capacidad necesaria para el crecimiento del puerto, de manera que la ampliación en etapas posteriores pueda realizarse sin necesidad de modificar la infraestructura principal.

3.1.2.2 Alumbrado exterior común.

El sistema de alumbrado exterior común forma parte de la infraestructura de seguridad y operación del recinto portuario. Su función es proporcionar condiciones adecuadas de visibilidad en accesos, vialidades, áreas administrativas, estacionamientos y espacios de circulación que forman parte de la infraestructura compartida del puerto.

El plan maestro debe definir la red de alumbrado que cubra estas áreas comunes, incluyendo postes, canalizaciones eléctricas, centros de control y criterios de iluminación. La continuidad del alumbrado a lo largo del corredor vial principal es particularmente importante para garantizar la seguridad operativa durante las horas nocturnas.

Las terminales concesionadas serán responsables del alumbrado interno de sus patios, muelles y edificios, pero la iluminación de las áreas comunes del recinto debe mantenerse bajo la responsabilidad del plan maestro para asegurar uniformidad en los niveles de iluminación y en los criterios de seguridad.

3.1.2.3 Red de agua potable y agua de servicios.

La red de agua potable y agua de servicios constituye el sistema encargado de abastecer las necesidades hidráulicas del recinto portuario. Este sistema no se limita al suministro para consumo humano, sino que también incluye el abastecimiento de agua para limpieza, servicios sanitarios, instalaciones administrativas y otras funciones operativas del puerto.

Desde el punto de vista técnico, el plan maestro debe definir el punto de abastecimiento, la infraestructura de almacenamiento y regulación, las líneas principales de conducción y los puntos de entrega hacia las terminales. La red debe diseñarse de manera que permita mantener

presiones adecuadas a lo largo de todo el desarrollo y que pueda ampliarse conforme el puerto crezca.

Los cesionarios desarrollarán sus redes internas de distribución dentro de cada terminal, pero deberán conectarse a la red principal del plan maestro en los puntos establecidos para tal efecto.

3.1.2.4 Red contra incendio maestra.

La red contra incendio constituye un sistema fundamental para la seguridad del recinto portuario. Debido a la naturaleza de las operaciones portuarias y a la presencia potencial de cargas peligrosas o inflamables, es indispensable contar con una infraestructura de protección que cubra las áreas comunes del puerto.

El plan maestro debe prever una red troncal contra incendio que incluya un sistema de almacenamiento de agua, equipos de bombeo, tuberías principales y puntos de hidrantes en áreas estratégicas del recinto. Esta red debe ser capaz de proporcionar cobertura a las áreas comunes y servir como respaldo para los sistemas internos de las terminales.

Cada cesionario será responsable de instalar sus propios sistemas de protección contra incendio dentro de su terminal, pero dichos sistemas deberán coordinarse con la red maestra del puerto.

3.1.2.5 Drenaje pluvial maestro.

El drenaje pluvial maestro es el sistema encargado de captar, conducir y disponer adecuadamente las aguas de lluvia que se generan en las superficies impermeables del puerto, tales como patios, vialidades y plataformas operativas.

En el caso del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo, este sistema reviste especial importancia debido a la localización del desarrollo en una zona lagunar con niveles topográficos bajos. La planificación del drenaje pluvial debe considerar la topografía general del sitio, las pendientes de las plataformas, la ubicación de colectores principales y las estructuras de descarga o regulación.

El plan maestro debe definir el sistema general de colectores pluviales que reciba las aportaciones de las áreas comunes y de las terminales. Por su parte, cada cesionario será responsable de diseñar el drenaje pluvial interno de su terminal y de conectarlo al sistema maestro en los puntos previamente definidos.

3.1.2.6 Drenaje sanitario troncal.

El drenaje sanitario troncal es el sistema encargado de conducir las aguas residuales generadas en las áreas administrativas, instalaciones de servicio y terminales del recinto portuario.

El plan maestro debe establecer la red principal de colectores sanitarios, así como los posibles puntos de bombeo o tratamiento requeridos para su funcionamiento. Este sistema debe mantenerse completamente separado del drenaje pluvial para evitar problemas operativos y ambientales.

Las terminales concesionadas deberán desarrollar sus redes internas de drenaje sanitario y conectarlas al sistema troncal en los puntos definidos por el plan maestro.

3.1.2.7 Red de telecomunicaciones y fibra óptica.

La red de telecomunicaciones constituye el sistema de conectividad que permite integrar las funciones de control, seguridad y operación del recinto portuario. Este sistema incluye la infraestructura de ductería, fibra óptica y nodos de telecomunicaciones necesarios para soportar servicios de transmisión de datos, videovigilancia, control de accesos y comunicaciones operativas.

El plan maestro debe establecer un backbone[1] de telecomunicaciones que recorra el puerto y que permita la conexión de los distintos nodos del sistema, incluyendo el centro de control, los accesos principales, las áreas administrativas y las terminales.

Cada cesionario podrá desarrollar su propia red interna de telecomunicaciones dentro de su terminal, pero deberá conectarse al sistema troncal del puerto en los puntos designados.

3.1.3 Evaluación de la matriz

La matriz no debe entenderse como una simple lista de instalaciones. En realidad, funciona como una herramienta de estructuración técnica del proyecto, porque permite distinguir qué sistemas deben ser concebidos como infraestructura común, qué elementos corresponden a cada cesionario, cómo debe organizarse el crecimiento por etapas y cuáles son los nodos que deben reservarse o definirse desde la planeación base. En proyectos portuarios de gran escala, esta diferenciación es indispensable para evitar vacíos de alcance, duplicidad de obras, conflictos entre infraestructuras y soluciones improvisadas en fases posteriores.

[1] Un backbone (red troncal o columna vertebral) es la infraestructura central de alta velocidad que interconecta redes más pequeñas, transportando grandes volúmenes de datos a través de países o continentes. Utiliza fibra óptica y enrutadores de gran capacidad para asegurar el tráfico rápido, eficiente y fiable entre diferentes áreas geográficas o dentro de redes locales

Tabla 3.1 Matriz Base para Planteamiento de Redes Principales.

Sistema / infraestructura	Alcance del proyecto maestro	Alcance del cesionario	Etapa 1	Etapa 2	Nodos / elementos principales requeridos	Observaciones técnicas
Red eléctrica principal	Definir fuente de alimentación, interconexión con CFE, subestación principal, corredores de media tensión, canalizaciones troncales y puntos de entrega a terminales	Red interna de distribución en baja/media tensión dentro de cada terminal, centros de carga, equipos y alumbrado propio	Debe quedar resuelta la alimentación troncal inicial y capacidad reservada para crecimiento	Ampliación de capacidad, nuevos ramales y refuerzo del sistema general	Punto de interconexión CFE, subestación principal, subestaciones auxiliares, ductos/bancos de ductos, registros, puntos de entrega	Tema crítico por la presencia/reubicación de torres de CFE; conviene diseñar desde inicio con capacidad de expansión
Alumbrado exterior común	Alumbrado de vialidades principales, accesos, patios comunes, zonas administrativas y áreas exteriores comunes	Alumbrado interior de patios, edificios y zonas operativas de cada terminal	Debe incluir accesos, vialidades y zonas comunes operativas	Extensión del sistema a nuevas áreas y refuerzo de niveles de iluminación	Postes, canalización, tableros, circuitos, centros de control	Debe coordinarse con red eléctrica y criterios de seguridad portuaria
Agua potable / agua de servicios	Definir fuente, línea principal, almacenamiento, regulación y red troncal con puntos de entrega a terminales y áreas comunes	Distribución interna dentro de terminales, edificios propios y consumos operativos particulares	Debe resolverse la fuente y red primaria para zona administrativa, servicios y primeras terminales	Incremento de capacidad, anillos y nuevas derivaciones	Punto de abastecimiento, tanque/cisterna, estaciones de bombeo, red primaria, válvulas, macromedición, puntos de entrega	Conviene separar consumo común y consumo por cesionario desde el planteamiento conceptual
Red contra incendio maestra	Reserva de agua, cuarto de bombas, red troncal o anillo principal en áreas comunes y puntos de conexión a terminales	Red contra incendio interna de terminales, edificios y patios concesionados	Debe dejarse prevista desde el inicio, al menos en corredores troncales y zonas comunes	Ampliación del anillo y refuerzo de cobertura	Tanque contra incendio, casa de bombas, anillo troncal, hidrantes exteriores, válvulas seccionales, conexiones a terminales	Sistema prioritario; no debe posponerse si condiciona la operación segura del conjunto
Drenaje pluvial maestro	Definir pendientes generales, colectores principales, obras de conducción, regulación y descarga del desarrollo completo	Drenaje interno de patios/edificios de cada terminal hasta su punto de conexión	Debe resolverse estructuralmente desde etapa 1 por plataformas, vialidades y condicionantes lagunares	Ampliación de colectores, obras complementarias y refuerzo de control hidráulico	Colectores troncales, cunetas/canales, rejillas, bocas de tormenta, cárcamos, descargas, estructuras de control	Uno de los sistemas más críticos por topografía baja, mareas y gran superficie impermeable futura
Drenaje sanitario troncal	Red sanitaria principal, colectores, estaciones de bombeo y tratamiento o punto de descarga general	Redes sanitarias internas de terminales y edificios concesionados hasta punto de conexión	Debe quedar resuelta para zona administrativa, servicios comunes y primeros desarrollos	Extensión de red y crecimiento de capacidad	Colectores, pozos de visita, cárcamos, línea de impulsión, planta de tratamiento o punto de entrega	Debe quedar claramente separado del sistema pluvial
Telecomunicaciones / fibra óptica	Ductería troncal, backbone de comunicaciones, red de fibra principal, puntos de interconexión y soporte para sistemas comunes	Redes internas de datos, voz, automatización y control dentro de cada terminal	Debe implementarse backbone inicial y ductos troncales principales	Ampliación a nuevas terminales y redundancia	Ductos, registros, nodos de telecom, fibra óptica, cuartos técnicos, puntos de entrega	Conviene dejar reserva de ductos para crecimiento futuro
Centro de control y monitoreo	Definir edificio o nodo maestro de control, seguridad, monitoreo y coordinación operativa del puerto en áreas comunes	Centros de control internos del cesionario, integrables o no con el sistema maestro	Debe quedar previsto al menos conceptualmente y con espacio reservado	Consolidación operativa al crecer el puerto	Centro de control, salas de monitoreo, enlaces de telecom, respaldo eléctrico	Puede integrar CCTV, accesos, comunicaciones y coordinación operativa
Control de accesos y seguridad perimetral	Accesos generales, filtros, casetas, CCTV común, cercado/perímetro del desarrollo maestro	Controles internos de acceso en terminales concesionadas	Debe resolverse en accesos principales desde etapa 1	Ampliación de filtros, cobertura CCTV y áreas nuevas	Casetas, carriles de inspección, barreras, CCTV, cercado, lectores y sistemas	Debe coordinarse con vialidades, estacionamientos y logística de tractocamiones
Vialidades con corredor de utilidades	Diseño de vialidades principales incorporando franjas o corredores para redes maestras	Adecuaciones internas en terminales a partir del punto de entrega	Deben quedar reservados desde la etapa 1	Continuidad y expansión hacia nuevas zonas	Derecho de vía, franjas técnicas, cruces, ductos, registros, servidumbres	Es clave que las vialidades funcionen también como soporte de utilidades
Cruces y corredores ferroviarios con redes	Coordinar cruces de redes maestras con infraestructura ferroviaria y vial del puerto	Cruces internos dentro de la terminal, si aplican	Deben resolverse desde el diseño base	Se amplían conforme crece el sistema ferroviario	Cruces protegidos, camisas, pasos técnicos, registros especiales	Evita interferencias futuras y sobrecostos por relocalización
Zona administrativa y de servicios comunes	Proveer servicios troncales, accesibilidad, drenajes, energía y telecomunicaciones para edificios comunes	Equipamiento interno de edificios específicos del cesionario	Debe quedar operativa en etapa 1	Se amplía según crecimiento del puerto	Nodo hidráulico, sanitario, eléctrico y telecom	Conviene identificarla como uno de los primeros nodos de servicios
Estacionamiento de tractocamiones y áreas de apoyo	Dotar de servicios principales, drenaje, alumbrado, control y abastecimiento básico	Equipamientos complementarios si alguna terminal integra áreas propias	Debe entrar en etapa 1 por impacto operativo	Ampliación o refuerzo por demanda	Alumbrado, agua, sanitario, pluvial, telecom, control de accesos	Es parte del sistema logístico común, no solo un accesorio
Ayudas a la operación marítima / control marítimo	Reserva de espacio e integración con sistemas de control y telecom del puerto, en su caso	Equipamiento específico terminal-marítimo si aplica al operador	Puede quedar como previsión o nodo reservado	Mayor desarrollo conforme aumente complejidad operativa	Edificio/nodo, telecom, energía, enlaces	No necesariamente debe detallarse a nivel de edificio final, pero sí reservarse e identificarse
Manejo de residuos y servicios ambientales comunes	Áreas comunes y red/base de manejo ambiental general fuera de terminales	Manejo interno de residuos propios del cesionario	Debe quedar prevista la infraestructura mínima común	Consolidación y especialización por crecimiento	Área de residuos, drenajes controlados, servicios básicos	Relevante por el entorno lagunar y criterios ambientales
Interfases puerto–terminal	Definir en plano y memoria los puntos oficiales de entrega de cada servicio	Recibir y continuar la red dentro de la terminal	Deben quedar definidos desde etapa 1	Se replican y ajustan para nuevas terminales	Punto de entrega eléctrico, hidráulico, sanitario, pluvial y telecom	Esta fila es clave para delimitar responsabilidades y evitar vacíos de alcance

Fuente: Elaboración propia, 2026

a. La red eléctrica principal constituye el primer sistema estructurante porque toda la operación del desarrollo dependerá de ella, tanto en áreas comunes como en los puntos de entrega a terminales.

   Desde el punto de vista técnico, la red eléctrica del plan maestro no se limita a “llevar energía al sitio”, sino que debe organizar la arquitectura general del abastecimiento. Esto implica definir el punto de interconexión con la infraestructura regional, prever la interfase con CFE, establecer la necesidad de una subestación principal y, en su caso, subestaciones o nodos seccionales, además de los corredores de media tensión y las canalizaciones que recorrerán el desarrollo.

   La razón por la cual esta red debe ser resuelta por el plan maestro es que la energía no puede distribuirse de manera ordenada si cada terminal parte de soluciones aisladas o toma decisiones independientes sobre su acometida principal. La estructura lineal del proyecto hace aún más evidente la necesidad de una espina dorsal eléctrica longitudinal que permita abastecer secuencialmente las áreas comunes y, después, dejar puntos de entrega hacia las terminales. Al cesionario le corresponderá la distribución interna dentro de su predio, incluyendo transformación final, tableros, centros de carga, alumbrado propio y energía para equipos operativos.

   Sin embargo, nada de ello podrá funcionar adecuadamente si no existe una infraestructura troncal que garantice continuidad, capacidad suficiente y posibilidad de expansión hacia la segunda etapa. El alumbrado exterior común, la videovigilancia, el centro de control y las instalaciones de acceso dependen también de esta red, por lo que su definición temprana es fundamental.

b. El alumbrado exterior común debe entenderse como un sistema propio de la infraestructura general del puerto y no como una extensión menor de la red eléctrica.

   Técnicamente, su función no se agota en proporcionar visibilidad; forma parte de la seguridad operacional, del control perimetral, de la circulación segura en horario nocturno y de la reducción de riesgos en vialidades, accesos, glorietas, viaductos, estacionamientos y zonas administrativas. En un recinto portuario como el que se plantea, la iluminación de las áreas comunes no puede quedar sujeta a decisiones particulares de cada concesionario, porque las vialidades y espacios de transición sirven al sistema completo y deben mantener continuidad funcional entre una terminal y otra.

   Por ello, el plan maestro debe prever postes, canalizaciones, alimentación, centros de control y criterios de cobertura para todas las áreas compartidas. Al cesionario le corresponderá iluminar sus patios, edificios, muelles concesionados y áreas interiores,

pero la iluminación de la estructura común del puerto debe emanar de una red maestra planificada desde el inicio. Esto es particularmente importante en la Etapa 1, ya que es ahí donde se forman las condiciones básicas de accesibilidad y seguridad que deberán mantenerse cuando el sistema crezca en la Etapa 2.

c. La red de agua potable y agua de servicios representa otro sistema troncal que debe ser organizado por el plan maestro.

   En términos técnicos, la red no solo debe abastecer agua para consumo humano, sino también agua para servicios generales, limpieza, edificios comunes, áreas de apoyo y, eventualmente, algunos usos operativos que queden fuera de la responsabilidad de los cesionarios.

   La razón por la cual esta red debe ser prevista desde la planeación maestra es que el abastecimiento hidráulico del puerto no puede depender de soluciones dispersas, tomas independientes o pequeños sistemas aislados por terminal. La infraestructura común debe definir la fuente de abastecimiento, el punto de conexión con la red exterior, la necesidad de almacenamiento y regulación, las líneas principales de conducción, la sectorización y los puntos de entrega. Si esto no se hace desde el principio, la consecuencia habitual es la proliferación de tuberías desordenadas, pérdida de presión, falta de control de consumos y ocupación ineficiente de los corredores de servicios.

   En el proyecto cuya configuración es esencialmente longitudinal, la lógica técnica más consistente es que la conducción principal recorra la franja interior del desarrollo, alimentando primero la zona administrativa y de servicios, luego las áreas comunes y finalmente los puntos de entrega a las terminales. Cada cesionario desarrollará a partir de ahí su red interior de distribución. Lo importante es que el puerto defina desde ahora la arquitectura general del suministro y deje previstas las reservas de capacidad para la ampliación posterior.

d. La red contra incendio maestra es uno de los sistemas más delicados desde la perspectiva de seguridad y, por tanto, uno de los que más claramente deben ser resueltos por el plan maestro.

   En un desarrollo portuario de la escala planteada, no es técnicamente aceptable que la protección contra incendio de las áreas comunes dependa exclusivamente de redes privadas o de soluciones internas de terminales aisladas. El puerto debe disponer de una infraestructura general de respuesta que proteja los accesos, las vialidades, la zona administrativa, los espacios de regulación del autotransporte, los corredores comunes y los puntos de conexión con terminales. Esto implica prever una reserva de agua, un cuarto o casa de bombas, un anillo o troncal principal, hidrantes exteriores,

válvulas seccionales y puntos de enlace con las futuras terminales. El cesionario será responsable de sus sistemas interiores especializados, tales como rociadores, monitores, redes de hidrantes internas o sistemas específicos para sus propias áreas de riesgo, pero la estructura general del recinto requiere un soporte común que forme parte del plan maestro.

Desde el punto de vista técnico, esta red debe coordinarse con la red de agua de servicios, con la accesibilidad de vehículos de emergencia y con la sectorización del desarrollo. Además, al igual que los demás sistemas, no puede ser vista como una infraestructura secundaria: debe plantearse desde la Etapa 1 con capacidad suficiente para el arranque y con criterios de expansión para la Etapa 2.

e. El drenaje pluvial maestro es probablemente uno de los sistemas más sensibles del proyecto por la localización en la Laguna de Cuyutlán, la previsión de grandes superficies impermeables y la necesidad de operar de manera confiable incluso bajo eventos intensos de lluvia y posibles condicionantes de nivel lagunar o de marea.

   Técnicamente, el drenaje pluvial no puede resolverse por fragmentos ni dejarse a decisión de cada terminal, porque depende de la topografía general, de las rasantes del proyecto, de la configuración de plataformas, de la ubicación de vialidades y de la interacción entre todas las superficies aportantes del conjunto. El plan maestro debe, por tanto, definir la lógica completa del escurrimiento del puerto, estableciendo pendientes generales, colectores longitudinales, puntos de captación, obras de cruce, estructuras de regulación, posibles cárcamos y descargas controladas.

   La primera etapa debe resolver por completo el comportamiento hidráulico del ámbito inicial, pero al mismo tiempo debe hacerlo de manera compatible con el crecimiento de la segunda etapa. Si esto no se prevé desde el comienzo, la ampliación futura podría obligar a rehacer colectores, modificar rasantes o aceptar encharcamientos y fallas funcionales en áreas críticas. El cesionario resolverá el drenaje interno de sus patios y edificios, pero siempre deberá conectarse a un sistema maestro que ya haya definido criterios de capacidad, ubicación y descarga.

   En este tipo de proyectos, el drenaje pluvial no es un complemento de la urbanización; es una condición estructural de viabilidad operativa y ambiental.

f. El drenaje sanitario troncal debe entenderse como el sistema general que recoge y conduce las aguas residuales de las áreas comunes del recinto y, posteriormente, las aportaciones provenientes de las terminales a través de puntos de conexión definidos.

   A diferencia del drenaje pluvial, cuyo comportamiento está estrechamente ligado a la conformación superficial del territorio, el sistema sanitario se vincula con edificios,

servicios al personal, estacionamientos, áreas administrativas y futuras descargas internas de cada terminal. No obstante, ello no reduce su importancia como infraestructura troncal. El plan maestro debe definir colectores principales, pozos de visita, posibles estaciones de bombeo, impulsiones y la solución final de tratamiento o punto de disposición.

En este caso, la claridad conceptual es especialmente importante porque el drenaje sanitario debe mantenerse totalmente separado del drenaje pluvial, tanto en la planeación como en la ejecución posterior. La falta de definición temprana suele conducir a mezclas indebidas, sobrecargas en el sistema, problemas ambientales y costos adicionales. Cada cesionario diseñará su red interior sanitaria, pero deberá contar con un punto claro de entrega o incorporación al sistema común. Por ello, la responsabilidad del plan maestro es establecer la traza general, la capacidad prevista por etapas y la forma en que la segunda fase se incorporará a la infraestructura inicialmente construida.

g. La red de telecomunicaciones y fibra óptica debe tratarse como un servicio estructural y no como un simple componente auxiliar.

   La operación moderna de un puerto depende en gran medida de la conectividad de datos, de la videovigilancia, del control de accesos, de la comunicación operativa y de la capacidad de integrar distintos sistemas en una sola arquitectura tecnológica. En ese sentido, el plan maestro debe prever la ductería troncal, los registros, los nodos de telecomunicaciones, el backbone de fibra óptica y los puntos de enlace con las terminales.

   No resulta técnicamente conveniente dejar que cada cesionario tienda sus propias infraestructuras de comunicación a través del recinto, porque ello produciría desorden físico, falta de interoperabilidad, ocupación innecesaria de corredores y dificultades de integración con los sistemas de control del puerto. La lógica más consistente es que el backbone recorra la misma franja longitudinal que las demás redes principales, enlazando el acceso general, la zona administrativa, el centro de control, las áreas comunes y los puntos de conexión con las terminales.

   En la primera etapa deberá quedar resuelta la infraestructura base y previstas las reservas de ductería y capacidad para la segunda etapa. El cesionario desplegará a partir de esa interfase sus redes internas de datos, automatización o comunicaciones operativas, pero la plataforma común debe nacer del plan maestro.

h. El centro de control y monitoreo es un nodo funcional que sintetiza la necesidad del puerto de operar como sistema integrado. No se trata solamente de una edificación o

de una sala de videowall; es la pieza donde convergen la seguridad, el monitoreo, la coordinación de accesos, la supervisión de áreas comunes y la respuesta a incidentes.

La razón técnica para incluirlo en la matriz y asignarlo al plan maestro es que ninguna terminal, por sí sola, puede asumir la gobernanza de los espacios compartidos del recinto. El centro de control debe ubicarse en una posición estratégica respecto del acceso general, de la zona administrativa y del nodo principal de telecomunicaciones, de forma que pueda supervisar el conjunto.

Desde el punto de vista del diseño, lo importante en esta fase no es resolver en detalle su arquitectura, sino reservar su localización, garantizar su conectividad y asegurar que reciba alimentación eléctrica y de datos suficiente. En la primera etapa conviene habilitar al menos su versión inicial, escalable, y en la segunda consolidarlo como nodo completo de coordinación. Los cesionarios podrán tener sus propios centros de control internos, pero la operación del sistema común del puerto exige una instalación rectora bajo el ámbito del plan maestro.

i. El control de accesos y la seguridad perimetral forman parte de la infraestructura básica del recinto y no pueden dejarse como consecuencia espontánea de la operación terminal por terminal.

   Técnicamente, el acceso principal al puerto, las casetas, los carriles de revisión, las barreras, el cercado perimetral, la iluminación de seguridad y la cobertura de CCTV constituyen la frontera operativa del proyecto. Su papel es ordenar el ingreso y egreso del sistema completo antes de que el tránsito se disperse hacia las distintas terminales. Esto es particularmente importante en un puerto ampliado con alto movimiento de camiones, personal, proveedores y operaciones logísticas. Si la gobernanza del acceso se fragmenta, se pierde trazabilidad, se multiplican puntos vulnerables y disminuye la eficiencia del sistema.

   Por ello, el plan maestro debe definir la ubicación, capacidad y funcionamiento de los accesos generales desde la primera etapa, incluyendo su coordinación con el estacionamiento de tractocamiones y las vialidades principales. Los cesionarios asumirán el control interno de sus predios, pero la puerta de entrada al sistema debe mantenerse como responsabilidad común y centralizada.

j. Las vialidades con corredor de utilidades representan un criterio de diseño de enorme importancia, porque en realidad articulan físicamente la mayor parte de las redes anteriores.

   La matriz las incluye no como una red independiente, sino como la estrategia espacial para alojar ordenadamente la infraestructura troncal. En proyectos lineales como el

que se revisa, las vialidades principales deben diseñarse simultáneamente como vías de circulación y como soporte de ductos, tuberías, cables y registros.

Técnicamente, esto significa reservar desde el plan maestro una franja de utilidades continua, asociada al eje vial principal, dentro de la cual puedan organizarse la red eléctrica, la red de agua, la red contra incendio, el backbone de telecomunicaciones y, donde resulte adecuado, ciertas conducciones de drenaje. La ventaja de este enfoque es clara: reduce interferencias, facilita construcción y mantenimiento, da legibilidad al sistema y, sobre todo, permite que la primera etapa deje instalada la base física para que la segunda solo prolongue el corredor sin alterar lo ya construido.

Si esto no se considera desde el inicio, la ampliación futura suele traducirse en apertura de pavimentos, invasión de zonas operativas y soluciones técnicas poco elegantes y costosas.

k. Los cruces y corredores ferroviarios con redes constituyen un tema específico, pero crítico, debido a la presencia del sistema ferroviario como parte estructurante del proyecto. Toda red troncal que deba cruzar o acompañar la infraestructura ferroviaria necesita una coordinación anticipada, porque no es admisible resolver esas interfases de manera improvisada en obra.

   Técnicamente, ello implica prever camisas, pasos técnicos, distancias de seguridad, registros especiales y localizaciones muy claras de los cruces indispensables. El plan maestro debe identificar desde la planeación dónde las redes irán paralelas a las vías y dónde se concentrarán los cruces transversales. Esta definición es su responsabilidad, porque depende de la configuración territorial global del puerto y no de las necesidades particulares de una terminal. El cesionario resolverá sus cruces internos dentro de su propio lote si los requiere, pero la coexistencia entre utilidades comunes y ferrocarril en el recinto portuario solo puede ser ordenada desde el plan maestro.

   En la práctica, una buena definición temprana de estos cruces evita interferencias, costos extraordinarios y riesgos para la operación.

l. La zona administrativa y de servicios comunes aparece en la matriz porque, aunque a veces se la perciba como una pieza secundaria frente a los muelles o las terminales, en realidad funciona como uno de los nodos de mayor importancia para la infraestructura común. Ahí se concentran oficinas generales, servicios al personal, áreas de apoyo, posibles instalaciones de atención al transportista y espacios que forman parte del soporte operativo del recinto pero que no pertenecen a ninguna terminal en particular.

Desde el punto de vista técnico, esta zona debe ser uno de los primeros puntos servidos por las redes del plan maestro y, de hecho, puede convertirse en el ancla de la primera etapa para varios sistemas, energía, agua, drenaje, telecomunicaciones, seguridad y accesibilidad deben llegar a este nodo desde el inicio.

El cesionario resolverá solo sus áreas administrativas internas si así lo requiere, pero la existencia de una zona administrativa común fortalece la coherencia operativa del puerto y debe ser tratada como parte esencial del sistema estructurante.

m. El estacionamiento de tractocamiones y las áreas de apoyo también integran la matriz porque cumplen una función logística común imprescindible. En puertos de esta naturaleza, estas áreas regulan flujos, disminuyen saturación en los accesos, permiten ordenar tiempos de espera y sirven de soporte al sistema terrestre completo.

   Técnicamente, no basta con reservarles espacio; deben contar con alumbrado, drenaje pluvial, agua, servicios sanitarios, telecomunicaciones, control de acceso y conectividad con las vialidades principales. Si esta infraestructura no se incluye en el plan maestro, el resultado suele ser la aparición de zonas improvisadas de espera o regulación, con efectos negativos sobre seguridad y eficiencia logística.

   Por ello, la primera etapa debe contemplar este nodo como parte integrante del sistema, y la segunda deberá ampliarlo o reforzarlo según lo demande el crecimiento operativo.

n. Las ayudas a la operación y el control marítimos se incorporan en la matriz como un sistema que, aunque pueda no estar completamente definido en su detalle arquitectónico o institucional, sí debe ser reconocido por el plan maestro como una necesidad funcional futura.

   A medida que el puerto crezca y aumente la complejidad de maniobras, accesos náuticos y coordinación de la operación, será necesario contar con espacios, conectividad y servicios compatibles con esas funciones. No necesariamente significa que el plan maestro deba diseñar en esta fase una torre definitiva o un centro marítimo completo, pero sí implica que debe reservar espacio, prever la llegada de energía y telecomunicaciones y asegurar la compatibilidad de su localización con la operación del conjunto. De lo contrario, la expansión portuaria podría terminar sin espacio adecuado para incorporar estas funciones, obligando a soluciones forzadas o poco eficientes.

o. El manejo de residuos y los servicios ambientales comunes tienen una importancia particular en este proyecto por el entorno lagunar de la Laguna de Cuyutlán. La matriz los incluye porque el plan maestro no puede limitarse a conducir utilidades

tradicionales; también debe prever la infraestructura común mínima necesaria para gestionar residuos, escurrimientos potencialmente contaminados en áreas no concesionadas y servicios ambientales básicos del recinto.

Técnicamente, esto significa reservar áreas para acopio temporal, prever condiciones de abastecimiento y drenaje controlado en ciertas zonas comunes y garantizar que la operación exterior a las terminales mantenga criterios compatibles con el contexto ambiental sensible. Cada cesionario será responsable de sus residuos y de sus medidas internas, pero el sistema portuario compartido debe contar con una base ambiental común. Esto no solo responde a criterios regulatorios, sino a la lógica de proteger un medio receptor especialmente delicado.

p. Finalmente, las interfases puerto-terminal son probablemente el punto más importante de toda la matriz, porque en ellas se define con precisión dónde termina la responsabilidad del plan maestro y dónde comienza la del cesionario.

Técnicamente, una interfase no es una idea abstracta; es un punto físico de entrega o conexión para cada servicio. Debe establecerse dónde se entrega la energía, dónde se entrega el agua, cómo se conecta la red contra incendio, en qué punto se incorporan los drenajes sanitarios y pluviales y desde qué registro o nodo se enlazan las telecomunicaciones. Si estas interfases no se definen con claridad, aparecen vacíos de alcance, controversias contractuales, incompatibilidades de diseño y retrasos en la implantación de las terminales. Por ello, la matriz incluye este rubro de forma expresa.

La responsabilidad del plan maestro es fijar esos puntos y garantizar sus condiciones de capacidad, localización y operación. A partir de ellos, el cesionario continuará la red dentro de su predio. En un proyecto por etapas como este, la claridad de las interfases es lo que permitirá que la expansión futura se produzca sin pérdida de coherencia ni conflictos entre partes.

En conjunto, la matriz demuestra que el plan maestro no debe limitarse a definir superficies terminales y corredores de transporte, sino que debe crear el esqueleto funcional completo del puerto ampliado. Esa es, en realidad, la razón de ser de la infraestructura troncal: permitir que el desarrollo crezca como un sistema ordenado, ampliable y técnicamente coherente.

La primera etapa debe construir esa base y la segunda debe apoyarse en ella para prolongarla, reforzarla y consolidarla. Esa lógica aplica especialmente a la red eléctrica, a la red de agua, a la red contra incendio, al drenaje pluvial maestro, al drenaje sanitario, al backbone de telecomunicaciones y a las interfases con terminales, que son los elementos más estratégicos de la matriz y los que, en conjunto, condicionarán la solidez técnica del proyecto.

3.2 Criterios de Ingeniería para el Planteamiento de Redes.

El plan maestro del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán deberá establecer la infraestructura troncal necesaria para habilitar la operación integral del recinto portuario. Esta infraestructura estará conformada por las redes principales de servicios, los nodos de infraestructura y los corredores de utilidades que permitirán la conexión de las terminales concesionadas.

El desarrollo de dichas redes deberá realizarse con una visión de largo plazo, considerando la capacidad requerida para el desarrollo completo del puerto y no únicamente para la etapa inicial. La planeación deberá garantizar que la infraestructura construida en la primera etapa sea compatible con las ampliaciones previstas para etapas posteriores.

El plan maestro tendrá la responsabilidad de definir los corredores de infraestructura, los nodos principales de cada sistema y los puntos de entrega hacia las terminales. A partir de estos puntos, cada cesionario desarrollará las redes internas de su terminal de acuerdo con sus necesidades operativas.

Por lo tanto, el planteamiento de las redes de servicios principales dentro del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán debe desarrollarse bajo criterios de ingeniería que garanticen confiabilidad operativa, escalabilidad, seguridad, facilidad de mantenimiento e integración con la infraestructura portuaria existente y futura. La definición de estas redes no debe limitarse únicamente a la cobertura de las necesidades inmediatas del proyecto, sino que debe considerar el desarrollo progresivo del recinto portuario, la incorporación de nuevas terminales y la interacción con los sistemas logísticos terrestres y marítimos que conforman el sistema portuario.

Desde el punto de vista técnico, el diseño de estas redes debe apoyarse en estándares reconocidos a nivel nacional e internacional, entre los cuales destacan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), los manuales de diseño de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), los lineamientos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) para sistemas contra incendio, así como las recomendaciones contenidas en guías técnicas de infraestructura portuaria desarrolladas por organismos como PIANC (World Association for Waterborne Transport Infrastructure) y AASHTO para infraestructura logística y de transporte.

Asimismo, el planteamiento de las redes debe considerar las características particulares del sitio, especialmente su condición de entorno lagunar con cotas topográficas bajas, la proximidad con el mar, la presencia de suelos blandos típicos de ambientes costeros y la necesidad de mantener condiciones adecuadas de drenaje y estabilidad hidráulica.

La adecuada planificación de estas redes permitirá garantizar la operación eficiente del puerto, optimizar el uso del espacio disponible y evitar interferencias entre infraestructuras. Asimismo, facilitará la integración de nuevas terminales conforme el puerto se expanda.

3.2.1 Red eléctrica

El sistema de suministro eléctrico del recinto portuario debe diseñarse como una red jerárquica estructurada a partir de una subestación principal de transformación que reciba energía desde la red regional de transmisión o subtransmisión de la Comisión Federal de Electricidad. A partir de este punto de interconexión se debe desarrollar una red de distribución en media tensión que recorra longitudinalmente el puerto a través de corredores de infraestructura ubicados preferentemente en las franjas técnicas de las vialidades principales.

La planificación de esta red debe seguir los criterios establecidos en el Manual de Distribución de la Comisión Federal de Electricidad, particularmente en lo referente al dimensionamiento de alimentadores, niveles de tensión, esquemas de protección y confiabilidad del sistema. En desarrollos portuarios de gran escala se recomienda la utilización de configuraciones en anillo o redes malladas que permitan mantener la continuidad del servicio ante fallas o mantenimientos programados.

La capacidad de la subestación principal debe dimensionarse considerando no solamente la demanda eléctrica inicial de las primeras terminales, sino también la demanda proyectada para el desarrollo completo del puerto. Este enfoque responde a los principios de ingeniería de sistemas eléctricos industriales, en los cuales se busca evitar ampliaciones estructurales de gran magnitud en etapas posteriores del proyecto.

Las terminales concesionadas deberán recibir el suministro eléctrico a través de puntos de entrega definidos en la red troncal y desarrollar sus propias redes internas de distribución conforme a sus requerimientos operativos, incluyendo centros de transformación, subestaciones internas y sistemas de alimentación para grúas portuarias, patios de contenedores y equipos especializados.

3.2.2 Red de agua potable y servicios

El sistema de abastecimiento de agua del recinto portuario debe diseñarse con base en principios de ingeniería hidráulica que aseguren disponibilidad continua del recurso, estabilidad de presión en la red y capacidad suficiente para cubrir las demandas operativas y de servicios del puerto.

La fuente de abastecimiento puede provenir de redes municipales, pozos autorizados o sistemas regionales de suministro, dependiendo de la disponibilidad local del recurso. En cualquier caso, el diseño debe cumplir con los lineamientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana

NOM-127-SSA1, referente a la calidad del agua para uso y consumo humano, así como con los criterios técnicos de diseño de redes de distribución establecidos por la CONAGUA.

La infraestructura del sistema debe incluir elementos de almacenamiento y regulación hidráulica, tales como tanques elevados o cisternas de gran capacidad, que permitan estabilizar la presión de la red y garantizar el suministro en caso de interrupciones temporales del abastecimiento externo. Desde estos nodos hidráulicos se debe desarrollar una red de distribución principal que siga el eje longitudinal del puerto y que permita derivaciones hacia las áreas administrativas, las zonas logísticas y las terminales portuarias.

El diseño hidráulico debe considerar pérdidas de carga, velocidad del flujo, sectorización del sistema y la posibilidad de aislar tramos de la red para mantenimiento sin afectar la operación general del recinto.

3.2.3 Red contra incendio

La red contra incendio del puerto debe concebirse como un sistema independiente del suministro de agua potable, diseñado específicamente para garantizar la disponibilidad de caudales y presiones adecuados en situaciones de emergencia. Este sistema debe cumplir con los lineamientos establecidos en normas internacionales como NFPA 24 (Standard for the Installation of Private Fire Service Mains) y NFPA 13 (Standard for the Installation of Sprinkler Systems), las cuales son ampliamente utilizadas en instalaciones industriales y portuarias.

El sistema debe incluir un tanque de almacenamiento exclusivo para protección contra incendios, así como una casa de bombas equipada con bombas principales, bombas de reserva y bombas jockey que mantengan la presión constante en la red. Desde este punto se debe desarrollar una red troncal de tuberías que cubra las áreas comunes del recinto portuario y que permita la instalación de hidrantes en puntos estratégicos.

La ubicación de estos hidrantes debe considerar distancias de cobertura adecuadas para la operación de equipos de combate contra incendios, así como la proximidad a áreas de riesgo potencial, tales como zonas de almacenamiento de combustibles o terminales especializadas.

Las terminales concesionadas deberán instalar sus propios sistemas internos de protección contra incendio, los cuales deberán ser compatibles hidráulicamente con la red maestra del puerto.

3.2.4 Drenaje pluvial

El sistema de drenaje pluvial del proyecto debe diseñarse considerando las características hidrológicas y topográficas del sitio, así como los eventos de precipitación característicos de la región. En este sentido, el dimensionamiento de colectores y estructuras de captación debe

basarse en análisis hidrológicos que consideren periodos de retorno apropiados para infraestructura crítica, generalmente entre 25 y 50 años.

El diseño del sistema debe seguir los lineamientos establecidos en los manuales de drenaje urbano de CONAGUA, así como las metodologías de cálculo hidrológico utilizadas en proyectos de infraestructura mayor. En áreas portuarias es fundamental considerar la gran extensión de superficies impermeables, tales como patios de contenedores y plataformas logísticas, las cuales generan escurrimientos significativos durante eventos de lluvia intensa.

El sistema pluvial debe estructurarse mediante colectores principales que conduzcan el agua hacia puntos de descarga controlados dentro del sistema lagunar o hacia estructuras de regulación hidráulica. En zonas con cotas topográficas bajas, como es el caso de la Laguna de Cuyutlán, puede ser necesario incorporar estaciones de bombeo pluvial para asegurar la evacuación del agua durante mareas altas o eventos extremos.

3.2.5 Drenaje sanitario

El sistema de drenaje sanitario debe diseñarse como una red independiente del drenaje pluvial, de acuerdo con los principios básicos de ingeniería sanitaria. Esta separación permite evitar la sobrecarga de las instalaciones de tratamiento y reducir el riesgo de contaminación ambiental.

El diseño de esta red debe seguir los criterios establecidos en las normas y manuales de CONAGUA para sistemas de alcantarillado sanitario, los cuales establecen parámetros para el cálculo de caudales, pendientes mínimas de tuberías, diámetros recomendados y espaciamiento de pozos de visita.

La red sanitaria troncal debe conducir las aguas residuales generadas en las áreas administrativas, edificios de servicios y terminales hacia un punto de tratamiento o disposición final autorizado. Dependiendo de la configuración topográfica del sitio, puede ser necesario incorporar cárcamos de bombeo sanitario que permitan elevar el flujo hacia colectores principales o plantas de tratamiento.

3.2.6 Telecomunicaciones

La red de telecomunicaciones del puerto constituye una infraestructura crítica para la operación logística y de seguridad del recinto. Este sistema debe diseñarse a partir de un backbone de fibra óptica que recorra el puerto a lo largo de los corredores de utilidades y que conecte los principales nodos operativos del sistema portuario.

Entre estos nodos se incluyen el centro de control portuario, los accesos principales, las áreas administrativas, las instalaciones de seguridad y las terminales concesionadas. El diseño de

esta red debe considerar redundancia en las rutas de fibra óptica para garantizar la continuidad de las comunicaciones en caso de fallas o cortes accidentales.

Asimismo, la infraestructura de telecomunicaciones debe incluir ductos, registros y cámaras de inspección que permitan la instalación y mantenimiento de cables de fibra óptica, así como la posible expansión futura del sistema.

3.3 Integración de redes en corredores de utilidades.

Un criterio fundamental en el diseño de redes dentro de desarrollos portuarios consiste en la organización de las distintas infraestructuras dentro de corredores de utilidades comunes. Estos corredores se ubican generalmente en las franjas técnicas de las vialidades principales y permiten concentrar en un mismo eje las redes eléctricas, hidráulicas, sanitarias y de telecomunicaciones.

La utilización de corredores de utilidades facilita la construcción, operación y mantenimiento de las redes, reduce interferencias entre infraestructuras y permite realizar ampliaciones futuras sin afectar las áreas operativas del puerto.

El planteamiento de las redes de servicios principales debe desarrollarse con una visión integral del sistema portuario, considerando tanto las necesidades operativas actuales como las condiciones de crecimiento futuro del recinto. La correcta planificación de estas infraestructuras permitirá asegurar la continuidad operativa del puerto, optimizar el uso del espacio disponible y garantizar la compatibilidad entre las distintas instalaciones que conforman el sistema logístico portuario.

3.4 Dimensionamiento preliminar de redes.

El dimensionamiento preliminar de las redes de servicios principales del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán debe realizarse considerando el desarrollo progresivo del recinto portuario y la naturaleza altamente intensiva en infraestructura de las operaciones portuarias modernas. Desde el punto de vista de la ingeniería, el dimensionamiento de estas redes debe responder a un enfoque de capacidad futura, en el cual los sistemas principales se diseñan para atender la demanda total prevista del puerto una vez que el desarrollo alcance su máxima ocupación operativa.

Este enfoque es particularmente importante en desarrollos portuarios, ya que la ampliación posterior de redes troncales suele implicar intervenciones complejas en áreas operativas, lo cual puede afectar la continuidad de las actividades logísticas. Por esta razón, la infraestructura principal debe concebirse como un sistema con capacidad estructural suficiente para absorber el crecimiento del proyecto.

3.4.1 Dimensionamiento Preliminar del Sistema Eléctrico.

El dimensionamiento del sistema eléctrico del puerto debe considerar las cargas típicas asociadas a las operaciones portuarias modernas, especialmente aquellas relacionadas con terminales de contenedores, las cuales demandan cantidades significativas de energía para la operación de grúas pórtico tipo STS, grúas RTG o RMG, equipos de manipulación de carga, sistemas de refrigeración de contenedores y edificios logísticos.

De acuerdo con experiencias internacionales y referencias de proyectos portuarios comparables, el consumo eléctrico de una terminal de contenedores puede variar entre 5 y 15 MW dependiendo del nivel de automatización y del volumen de operaciones. En el caso de un desarrollo portuario con múltiples terminales especializadas, el dimensionamiento de la subestación principal debe considerar la suma de las demandas máximas probables de las terminales, aplicando factores de simultaneidad adecuados para evitar sobredimensionamientos excesivos.

El sistema de distribución en media tensión debe diseñarse conforme a los criterios establecidos en el Manual de Distribución de la Comisión Federal de Electricidad, considerando tensiones típicas de operación de 13.8 kV o 23 kV, dependiendo de la configuración del sistema regional. Los alimentadores principales deben dimensionarse para transportar la demanda prevista del conjunto del puerto, considerando pérdidas de potencia, caída de tensión y condiciones de operación en régimen permanente y en contingencia.

Asimismo, el diseño del sistema debe prever la instalación de esquemas de protección, seccionamiento y redundancia que permitan mantener el suministro eléctrico en caso de fallas en algún tramo de la red.

3.4.2 Dimensionamiento Preliminar del Sistema de Agua Potable y de Servicios.

El dimensionamiento del sistema hidráulico del puerto debe considerar las demandas de agua asociadas tanto a las áreas administrativas como a las operaciones portuarias. En términos generales, el consumo de agua potable en instalaciones portuarias está relacionado principalmente con servicios sanitarios, edificios administrativos, áreas de mantenimiento y actividades de limpieza.

Para efectos de dimensionamiento preliminar, puede considerarse una dotación promedio de entre 100 y 150 litros por persona por día para instalaciones administrativas, conforme a los criterios de diseño utilizados en sistemas urbanos de abastecimiento de agua. Sin embargo, en áreas operativas portuarias es común considerar consumos adicionales asociados a limpieza de patios, control de polvo y mantenimiento de equipos.

El sistema debe diseñarse con capacidad suficiente para atender la demanda máxima diaria del puerto, considerando además un volumen de almacenamiento que permita garantizar la continuidad del suministro en caso de interrupciones temporales del abastecimiento externo. Este almacenamiento suele dimensionarse para cubrir entre 24 y 48 horas de consumo del sistema.

El análisis hidráulico de la red debe considerar velocidades de flujo adecuadas en las tuberías, generalmente entre 0.6 y 2.5 m/s, con el fin de evitar problemas de sedimentación o pérdidas de carga excesivas. Los diámetros de las tuberías principales deben seleccionarse de manera que permitan mantener presiones operativas adecuadas en toda la red, incluso en las terminales ubicadas en los puntos más alejados del sistema.

3.4.3 Dimensionamiento Preliminar de la Red Contra Incendio

El dimensionamiento del sistema contra incendio debe cumplir con los criterios establecidos en normas internacionales como NFPA 24 y NFPA 13. Estas normas establecen que el sistema debe ser capaz de suministrar caudales suficientes para la operación simultánea de hidrantes y sistemas de rociadores automáticos en áreas de riesgo.

En instalaciones industriales y portuarias, los caudales requeridos para sistemas contra incendio suelen situarse entre 2,000 y 5,000 galones por minuto, dependiendo del tipo de riesgo asociado a las instalaciones protegidas. En el caso de terminales portuarias con almacenamiento de contenedores y carga general, el sistema debe dimensionarse para cubrir escenarios de incendio en áreas abiertas de gran superficie.

El tanque de almacenamiento contra incendio debe tener capacidad suficiente para sostener el caudal de diseño durante un periodo mínimo de dos horas, conforme a las recomendaciones de las normas NFPA. La red de tuberías debe dimensionarse para garantizar presiones adecuadas en los hidrantes más alejados del sistema, considerando pérdidas de carga y condiciones de operación simultánea.

3.4.4 Dimensionamiento Preliminar del Drenaje Pluvial

El diseño del sistema de drenaje pluvial debe basarse en un análisis hidrológico que considere las intensidades de lluvia características de la región de Manzanillo. Estas intensidades deben obtenerse a partir de curvas de intensidad-duración-frecuencia desarrolladas para estaciones meteorológicas cercanas.

En áreas portuarias con grandes superficies impermeables, el cálculo de caudales de escurrimiento puede realizarse mediante el método racional, utilizando coeficientes de escurrimiento elevados que reflejen la baja infiltración del suelo en patios pavimentados. Los colectores pluviales deben dimensionarse para transportar los caudales generados por eventos de lluvia con periodos de retorno adecuados para infraestructura crítica.

El diseño del sistema debe considerar la posibilidad de mareas elevadas y niveles variables de la laguna, lo cual puede influir en la capacidad de descarga del sistema. En ciertos casos puede ser necesario incorporar estaciones de bombeo pluvial o estructuras de compuertas que permitan controlar el flujo hacia los cuerpos de agua receptores.

3.4.5 Dimensionamiento Preliminar del Drenaje Sanitario

El dimensionamiento del sistema sanitario debe basarse en la estimación de las aguas residuales generadas por las instalaciones administrativas, las áreas de servicio y las terminales portuarias. En términos generales, el caudal de aguas residuales puede estimarse como un porcentaje del consumo de agua potable, considerando factores de retorno típicos entre 80 y 90 por ciento.

El diseño hidráulico del sistema debe garantizar pendientes adecuadas en las tuberías para asegurar la autolimpieza de los conductos, evitando acumulación de sólidos. Las velocidades mínimas de flujo deben mantenerse por encima de 0.6 m/s para evitar sedimentación.

Dependiendo de la topografía del sitio, puede ser necesario incorporar estaciones de bombeo sanitario que permitan transportar el flujo hacia plantas de tratamiento o puntos de descarga autorizados.

3.4.6 Dimensionamiento Preliminar de la Red de Telecomunicaciones

El sistema de telecomunicaciones debe dimensionarse considerando las necesidades de conectividad del puerto en términos de transmisión de datos, control operativo, videovigilancia y comunicaciones institucionales. La red troncal de fibra óptica debe diseñarse con capacidad suficiente para soportar múltiples servicios simultáneos, incluyendo redes de datos, sistemas de seguridad, control de accesos y monitoreo de operaciones.

La infraestructura de ductería debe prever espacio adicional para cables futuros, lo cual permitirá la expansión del sistema sin necesidad de realizar excavaciones adicionales.

3.5 Criterios de Localización de Nodos de Infraestructura del Puerto

La localización de los nodos principales de infraestructura constituye un aspecto crítico en la planificación de redes dentro de desarrollos portuarios. Estos nodos representan puntos estratégicos desde los cuales se distribuyen los servicios hacia las distintas áreas del recinto portuario.

Desde el punto de vista de la ingeniería, la selección de la ubicación de estos nodos debe basarse en criterios de accesibilidad, eficiencia hidráulica o eléctrica, seguridad operativa y compatibilidad con el crecimiento futuro del puerto.

3.5.1 Localización de la Subestación Eléctrica Principal

La subestación principal debe ubicarse en una zona del puerto que permita una conexión eficiente con la red eléctrica regional y que al mismo tiempo facilite la distribución de energía hacia las terminales. En términos generales, esta instalación debe localizarse cerca de los accesos terrestres del puerto, donde es posible realizar la interconexión con líneas de transmisión o subtransmisión existentes.

Asimismo, la ubicación de la subestación debe considerar la disponibilidad de espacio suficiente para ampliaciones futuras, así como la accesibilidad para vehículos de mantenimiento y la separación adecuada respecto a áreas operativas con alto tránsito de carga.

3.5.2 Localización de Nodos Hidráulicos

Los nodos principales del sistema hidráulico, incluyendo tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo, deben ubicarse en puntos que permitan una distribución equilibrada del agua a lo largo del recinto portuario. En proyectos de gran extensión, suele ser conveniente ubicar estos nodos cerca del centro geométrico del desarrollo, lo cual reduce las pérdidas de carga en la red y facilita el control hidráulico del sistema.

La ubicación de estos elementos también debe considerar condiciones topográficas que permitan optimizar la presión del sistema y minimizar la necesidad de bombeo adicional.

3.5.3 Localización de Estaciones de Bombeo

Las estaciones de bombeo asociadas a sistemas pluviales o sanitarios deben ubicarse en puntos bajos del terreno donde converjan los flujos naturales de escurrimiento. En el caso del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo, la proximidad con la Laguna de Cuyutlán y la baja elevación del terreno hacen particularmente importante el análisis de las cotas hidráulicas para definir la ubicación adecuada de estos equipos.

3.5.4 Localización del Centro de Control Portuario

El centro de control portuario constituye el nodo principal para la gestión operativa del recinto. Este centro debe ubicarse en una zona segura del puerto, preferentemente cercana a las áreas administrativas y con acceso directo a las redes de telecomunicaciones y energía eléctrica.

Desde este punto se coordinan funciones críticas como la videovigilancia, el control de accesos, la gestión de tráfico interno y la supervisión de las operaciones portuarias.

3.5.5 Localización de Corredores de Utilidades

Los corredores de utilidades deben localizarse preferentemente a lo largo de las vialidades principales del puerto, donde es posible concentrar múltiples redes de infraestructura sin interferir con las áreas operativas de las terminales. Esta configuración facilita la instalación y mantenimiento de las redes y permite ampliar los sistemas en etapas futuras.

4.0 SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.

4.1 Introducción.

El desarrollo del sistema de suministro de agua potable para el proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán constituye un componente estratégico para garantizar la operación continua, segura y sostenible de las instalaciones portuarias. Dada la ubicación del proyecto en un entorno costero-lagunar, caracterizado por condiciones geotécnicas complejas y posible influencia salina en acuíferos, el diseño del sistema debe responder a criterios de confiabilidad, redundancia, calidad sanitaria y adaptabilidad a condiciones variables del recurso hídrico.

El presente capítulo define las características técnicas que debe cumplir el sistema de abastecimiento, integrado por fuente de extracción subterránea, planta potabilizadora, almacenamiento, rebombeo y red de distribución, así como los lineamientos normativos aplicables en el contexto mexicano.

4.2 Configuración General del Sistema.

La configuración general del sistema de suministro de agua potable para el desarrollo portuario de Cuyutlán debe entenderse como una infraestructura hidráulica integral, concebida para captar, acondicionar, potabilizar, almacenar, bombear y distribuir agua en condiciones de continuidad, seguridad sanitaria y confiabilidad operativa. En un proyecto portuario de esta escala, el sistema no puede plantearse como una instalación aislada o de respuesta inmediata a una demanda puntual, sino como una red estructurada que debe operar de manera permanente, con capacidad de crecer por etapas conforme avance la ocupación del puerto, aumente la densidad de servicios y se consoliden nuevas áreas operativas, administrativas y logísticas.

Desde el punto de vista funcional, el sistema debe estar compuesto por cinco subsistemas principales, ver Figura 4.1. El primero corresponde a la fuente de abastecimiento, constituida por uno o más pozos profundos de extracción de agua subterránea. El segundo subsistema corresponde a la conducción de agua cruda, es decir, el conjunto de tuberías, válvulas, instrumentación y elementos de control encargados de transportar el agua desde el pozo hasta las instalaciones de tratamiento. El tercer subsistema es la planta potabilizadora, concebida como el núcleo del sistema, donde el agua extraída recibe los tratamientos requeridos para cumplir con los parámetros de calidad sanitaria aplicables para uso y consumo humano. El cuarto subsistema corresponde al almacenamiento y rebombeo, cuya función es regular caudales, mantener reservas operativas y asegurar una presión adecuada en la red. El quinto subsistema es la red de distribución interna del puerto, a través de la cual el agua potable se conduce hasta los diferentes puntos de consumo.

Figura 4.1 Sistema Conceptual de Suministro de Agua Potable.



Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

La decisión de estructurar el sistema de esta manera obedece a la necesidad de asegurar una operación estable en un entorno con múltiples fuentes de incertidumbre. La Laguna de Cuyutlán presenta condiciones particulares que influyen directamente en el diseño del sistema hidráulico, entre ellas la cercanía al mar, la posible influencia de intrusión salina, la agresividad ambiental sobre equipos y materiales, la alta humedad, la complejidad de los suelos y la previsión de crecimiento progresivo del desarrollo portuario. En consecuencia, la configuración general debe responder a criterios de robustez, modularidad y redundancia, evitando soluciones únicas o rígidas que limiten la continuidad del servicio o dificulten la expansión futura.

En términos conceptuales, la fuente primaria de abastecimiento debe considerarse subterránea, mediante aprovechamiento controlado del acuífero local, siempre condicionado a la disponibilidad real del recurso y a los permisos aplicables. Esto implica que el sistema debe diseñarse no solo a partir de una necesidad de consumo, sino de un equilibrio entre demanda proyectada, capacidad de extracción sostenible, calidad del agua cruda y viabilidad regulatoria. En este sentido, la configuración general no debe descansar sobre un solo pozo como fuente exclusiva, ya que esa condición introduce vulnerabilidad operativa. La práctica técnicamente recomendable para instalaciones estratégicas es prever al menos una configuración con redundancia parcial, ya sea mediante dos pozos de producción, un pozo principal y uno de respaldo, o una solución escalable donde la segunda fuente pueda incorporarse en la siguiente etapa del desarrollo.

Una vez extraída, el agua no debe pasar directamente a la red de consumo ni a la planta sin regulación previa. Por ello, dentro de la configuración general resulta necesario incorporar una línea de agua cruda y un sistema de amortiguamiento hidráulico, normalmente mediante un tanque o cisterna de agua cruda. Este componente cumple varias funciones esenciales. En primer lugar, desacopla la operación del pozo respecto de la planta potabilizadora, lo cual permite absorber variaciones de caudal y estabilizar el régimen de operación del tratamiento. En segundo lugar, facilita maniobras de mantenimiento, paro y arranque sin comprometer de inmediato la disponibilidad del recurso. En tercer lugar, actúa como punto de control donde pueden realizarse mediciones, toma de muestras y evaluaciones de calidad antes del proceso de potabilización.

La planta potabilizadora debe configurarse como una instalación modular. Este criterio es especialmente importante en una infraestructura portuaria, donde la demanda no es estática y la expansión funcional puede modificar significativamente los requerimientos de agua potable con el paso del tiempo. La modulación significa que la planta no debe proyectarse como un bloque único de capacidad fija, sino como un conjunto de unidades o trenes de tratamiento que puedan operar de manera independiente o conjunta. Este enfoque permite mantener continuidad durante mantenimientos, facilita la ampliación por etapas y reduce la vulnerabilidad del sistema frente a fallas parciales.

En términos de operación, una configuración tipo dos módulos al cincuenta por ciento o tres módulos al treinta y tres por ciento representa una solución técnicamente adecuada. Bajo este esquema, el sistema puede seguir suministrando agua aun cuando uno de los módulos salga temporalmente de servicio. Esto resulta especialmente valioso en un puerto, donde la interrupción del suministro puede afectar oficinas, sanitarios, edificios operativos, puestos de inspección, talleres, comedores, sistemas de atención al personal y otras instalaciones esenciales.

La configuración del proceso de potabilización debe mantenerse flexible en la etapa conceptual. En un entorno costero, no es prudente asumir desde el inicio que el agua subterránea tendrá siempre características favorables. Por ello, el sistema debe admitir dos rutas de diseño. La primera corresponde a un tratamiento convencional reforzado, aplicable cuando el agua cruda presenta baja turbidez, contenidos controlables de hierro, manganeso o dureza, y ausencia de salinidad significativa. La segunda corresponde a un tratamiento avanzado compatible con remoción de sales, particularmente mediante membranas, si los estudios posteriores demuestran presencia relevante de conductividad elevada o riesgo de intrusión marina. La importancia de esta dualidad radica en que evita sobredimensionar innecesariamente el sistema, pero al mismo tiempo impide que la infraestructura quede limitada frente a una calidad de agua más exigente.

Después del tratamiento, la configuración general debe incorporar almacenamiento de agua potable. Este componente no es simplemente un tanque de reserva, sino un elemento de regulación estratégica dentro del sistema. Su presencia permite absorber variaciones horarias de demanda, asegurar continuidad durante eventos de mantenimiento o fallas momentáneas y

disponer de un volumen de seguridad frente a contingencias. En desarrollos portuarios, donde la continuidad del servicio es prioritaria, la reserva operativa debe plantearse con criterio conservador, buscando al menos cubrir un periodo suficiente para enfrentar interrupciones transitorias sin comprometer la operación esencial del puerto.

El almacenamiento de agua potable debe complementarse con una estación de rebombeo. La función de esta estación es mantener la presión de servicio necesaria para conducir el agua desde el punto de producción hasta los distintos sectores del desarrollo portuario. En una configuración técnicamente sólida, las bombas no deben plantearse como unidades únicas, sino bajo esquemas redundantes del tipo duty-standby o equivalente, donde exista al menos una bomba en operación y otra en respaldo. Este arreglo mejora la confiabilidad del sistema y permite mantenimiento sin detener el servicio. Adicionalmente, en proyectos de gran extensión, el rebombeo puede requerir sectorización hidráulica o incluso estaciones secundarias conforme se expanda el polígono portuario.

La red de distribución constituye el último subsistema de la configuración general, pero su papel es tan relevante como el de la fuente o la planta. La red debe diseñarse como una infraestructura primaria de servicio estratégico y no únicamente como una instalación complementaria. En términos conceptuales, es recomendable que la distribución se estructure mediante una red principal anillada o mallada en las zonas críticas, en lugar de una red estrictamente ramificada. Una red mallada ofrece ventajas importantes: mejora la continuidad del suministro, facilita el aislamiento de tramos por mantenimiento, permite un mejor balance de presiones y reduce el riesgo de dejar sectores completos fuera de servicio ante fallas localizadas.

Además, la configuración general debe prever desde su concepción la sectorización del sistema. Esto significa dividir hidráulicamente la red en zonas funcionales o de consumo, de modo que puedan controlarse caudales, detectar pérdidas, administrar presiones y priorizar servicios en caso de contingencia. En un entorno portuario, esta sectorización puede responder tanto a criterios hidráulicos como operativos, separando por ejemplo zonas administrativas, zonas de servicios, edificios técnicos, áreas de mantenimiento y otras unidades funcionales.

Otro aspecto clave de la configuración general es la diferenciación entre agua potable y agua para usos no potables. Aunque el presente sistema se refiere al suministro de agua potable, desde la ingeniería básica es recomendable reconocer que no todos los consumos del puerto requieren calidad de potabilización. Esto abre la posibilidad de que, en etapas posteriores, el sistema general del puerto se complemente con circuitos diferenciados para servicios, riego, ciertos lavados, reserva contra incendio o usos industriales, dejando que la red potabilizada atienda únicamente los puntos que realmente requieren calidad sanitaria. Esta separación mejora la eficiencia del sistema, reduce costos de tratamiento y permite una gestión más racional del recurso.

La configuración general también debe contemplar un sistema de instrumentación, control y monitoreo. En la actualidad, un sistema hidráulico de este tipo no debería concebirse sin elementos básicos de automatización. Esto incluye medición de caudales en extracción y distribución, monitoreo de niveles en tanques, control de presiones, parámetros de calidad del agua y alarmas operativas. La incorporación de supervisión remota o telemetría permite mejorar la capacidad de respuesta ante fallas, optimizar la operación del sistema y reducir el riesgo de interrupciones prolongadas. En un puerto moderno, esta capacidad de monitoreo no debe verse como un complemento, sino como parte constitutiva del sistema.

Desde la perspectiva constructiva, la configuración general también debe responder a la realidad física del sitio. Los equipos, tanques, conducciones y edificios de la planta deberán localizarse en áreas seguras, accesibles y técnicamente aptas, considerando la estabilidad del terreno, el riesgo de inundación, la facilidad de acceso para mantenimiento y la protección frente al ambiente marino. La configuración espacial debe asegurar que la planta y los tanques cuenten con vialidades de servicio, áreas de maniobra, espacio para sustitución de equipos, posibilidad de ampliación y protección perimetral adecuada. En la Laguna de Cuyutlán, estos criterios son particularmente relevantes debido a la sensibilidad del entorno y a la necesidad de construir sobre suelos potencialmente blandos o mejorados.

En el caso específico del pozo, su integración dentro de la configuración general exige considerar no solo la perforación, sino también la protección sanitaria, la instrumentación, la caseta de control, las líneas de descarga y la posibilidad de conexión con la planta sin introducir vulnerabilidades. La localización del pozo debe alejarse de posibles fuentes de contaminación, prever accesibilidad permanente y permitir su operación segura sin interferir con el resto de los sistemas del puerto. Además, si el sistema contempla más de un pozo, la configuración general debe distribuirlos de manera que se minimicen interferencias hidráulicas entre sí y se preserve la sostenibilidad de la extracción.

En términos de crecimiento, la configuración general debe ser escalable. Esto significa que la primera etapa del sistema no debe sobredimensionarse hasta volverse ineficiente, pero tampoco debe quedar tan ajustada que impida la expansión futura. La solución recomendada es un esquema por etapas, donde la infraestructura troncal esencial quede definida desde el inicio y ciertos componentes, como módulos de tratamiento, bombas adicionales, tanques complementarios o ampliaciones de red, puedan incorporarse conforme avance el desarrollo del puerto. Esta lógica permite equilibrar inversión inicial y capacidad futura, manteniendo coherencia técnica y operativa.

En síntesis, la configuración general del sistema de suministro de agua potable para el desarrollo portuario de Cuyutlán debe concebirse como un sistema integrado, redundante, modular, escalable y controlado, compuesto por fuente subterránea, conducción de agua cruda, potabilización, almacenamiento, rebombeo y distribución. Su diseño debe responder no solo a criterios hidráulicos y sanitarios, sino también a la lógica operativa de una instalación portuaria

estratégica, a las restricciones del entorno lagunar y a la necesidad de asegurar continuidad y confiabilidad a largo plazo. Bajo esta visión, el sistema deja de ser un simple conjunto de tuberías y equipos, y se convierte en una infraestructura crítica de soporte al funcionamiento del puerto ampliado.

4.3 Características Técnicas del Sistema de Abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo portuario de Cuyutlán debe definirse a partir de criterios técnicos que garanticen su confiabilidad, eficiencia hidráulica, calidad sanitaria y adaptabilidad a las condiciones particulares del sitio. A diferencia de sistemas urbanos convencionales, en los que la variabilidad de la demanda y las condiciones del entorno suelen ser más estables, un sistema portuario debe responder a dinámicas operativas cambiantes, demandas concentradas en ciertos puntos y la necesidad de continuidad absoluta del servicio. En este contexto, las características técnicas del sistema no deben entenderse como parámetros aislados, sino como un conjunto de atributos interrelacionados que definen su desempeño global.

Desde el punto de vista estructural, el sistema debe diseñarse como una infraestructura modular, escalable y redundante. La modulación implica que los principales componentes, particularmente la planta potabilizadora y los sistemas de bombeo, se encuentren divididos en unidades independientes que puedan operar de manera individual o conjunta. Esta característica permite ajustar la capacidad del sistema a las diferentes etapas de desarrollo del puerto, evitando sobredimensionamientos iniciales y facilitando ampliaciones futuras. Al mismo tiempo, la redundancia operativa debe incorporarse como criterio fundamental, de manera que la falla o mantenimiento de un componente no implique la interrupción total del servicio.

En términos de capacidad, el sistema debe dimensionarse con base en una demanda proyectada por etapas. Como criterio conceptual, una capacidad inicial de producción del orden de 15 a 30 litros por segundo resulta adecuada para una primera etapa, equivalente aproximadamente a entre 1,296 y 2,592 metros cúbicos por día. Conforme el puerto incremente su actividad, el sistema debe escalar hacia rangos de 30 a 50 litros por segundo en una etapa intermedia, y eventualmente hacia 50 a 80 litros por segundo en una fase de consolidación. Esta evolución confirma la necesidad de un diseño modular desde el origen.

La eficiencia hidráulica constituye un aspecto clave en la definición técnica del sistema. Las pérdidas de carga deben mantenerse dentro de rangos controlados mediante el diseño adecuado de diámetros, selección de materiales y disposición de equipos. La presión de operación en la red debe garantizar el suministro en todos los puntos de consumo, manteniéndose típicamente en rangos conceptuales del orden de 2.5 a 5.0 kg/cm². Para lograr esto, el sistema debe incorporar almacenamiento estratégico y estaciones de bombeo adecuadamente dimensionadas.

El sistema debe incluir almacenamiento tanto de agua cruda como de agua potable. El tanque de agua cruda permite estabilizar la operación del pozo y asegurar una alimentación

continua a la planta potabilizadora. A nivel conceptual, este tanque puede dimensionarse entre 4 y 8 horas de producción, lo que equivale aproximadamente a 300 a 900 metros cúbicos en una etapa inicial. Por su parte, el almacenamiento de agua potable debe cubrir al menos un día de consumo, recomendándose rangos preliminares entre 1,500 y 5,000 metros cúbicos en etapas iniciales, incrementándose conforme crece la demanda del puerto.

En lo que respecta al pozo de abastecimiento, sus características técnicas deben asegurar una extracción eficiente y sostenible. Un pozo típico en este tipo de desarrollo puede diseñarse con capacidades del orden de 10 a 20 litros por segundo, profundidades entre 60 y 150 metros y diámetros aproximados de 12 a 18 pulgadas. Es recomendable considerar al menos dos pozos en configuración operativa o de respaldo, con el fin de reducir riesgos y mejorar la confiabilidad del sistema. El diseño debe incluir ademe sanitario, sección filtrante adecuada, sellado superior y sistemas de monitoreo de caudal y niveles.

La planta potabilizadora debe configurarse como un sistema modular. Para una primera etapa, puede plantearse una configuración de dos módulos de 15 litros por segundo o tres módulos de 10 litros por segundo. Este arreglo permite mantener la operación aun cuando uno de los módulos se encuentre fuera de servicio. El proceso de tratamiento debe incluir pretratamiento, filtración y desinfección, y debe mantener flexibilidad para incorporar tecnologías avanzadas como ósmosis inversa en caso de detectarse salinidad. En este último caso, debe considerarse una recuperación conceptual del orden de 70% a 85%, lo que impacta directamente en el volumen de agua cruda requerido.

El sistema de bombeo debe diseñarse con redundancia. A nivel conceptual, se recomienda una configuración de dos a tres bombas, con esquemas tipo duty-standby. Para una etapa inicial de 20 a 30 litros por segundo, las bombas pueden dimensionarse entre 10 y 20 litros por segundo por unidad, con cargas dinámicas estimadas del orden de 20 a 40 metros de columna de agua, dependiendo de la red.

La red de distribución debe estructurarse como una red troncal primaria con configuración mallada en zonas críticas. A nivel conceptual, los diámetros principales pueden ubicarse entre 8 y 14 pulgadas, mientras que las líneas secundarias pueden variar entre 2 y 8 pulgadas, dependiendo del consumo local. La sectorización de la red es fundamental para mejorar el control hidráulico, facilitar mantenimiento y detectar fugas.

En términos de materiales, todos los componentes del sistema deben ser resistentes a condiciones de ambiente marino, incluyendo tuberías de polietileno de alta densidad, PVC hidráulico o acero protegido, así como estructuras con recubrimientos anticorrosivos. Este criterio es esencial en la Laguna de Cuyutlán debido a la agresividad ambiental.

El sistema debe incorporar instrumentación y control. Es indispensable medir caudales de extracción, producción y distribución, niveles en tanques, presiones en la red y parámetros de

calidad como turbidez, pH, conductividad y cloro residual. A nivel conceptual, el sistema debe contemplar automatización básica con capacidad de monitoreo remoto.

Desde la perspectiva de implantación, una planta modular inicial de 20 a 30 litros por segundo puede requerir entre 2,000 y 5,000 metros cuadrados de superficie, considerando áreas de operación, mantenimiento y expansión futura. Este aspecto debe integrarse desde la planeación para evitar limitaciones en etapas posteriores. A continuación, en la Tabla 4.1, se integran las capacidades aproximadas.

Tabla 4.1 Capacidades Aproximadas del Sistema de Agua Potable.

COMPONENTE	ETAPAS		
	PRIMERA	INTERMEDIA	CONSOLIDADA
Producción	15–30 l/s	30–50 l/s	50–80 l/s
Producción diaria	1,296–2,592 m^3/día	2,592–4,320 m^3/día	4,320–6,912 m^3/día
Continuidad de operación	24/7	24/7	24/7
Redundancia	Alta	Alta	Alta
Pozos	1 + 1 reserva	2	3
Gasto por pozo	10–20 l/s	15–20 l/s	15–25 l/s
Tanque agua cruda	300–900 m^3	600–1,200 m^3	1,000–2,000 m^3
Almacenamiento potable	1,500–5,000 m^3	3,000–8,000 m^3	5,000–12,000 m^3
Presión en red	2.5 – 5.0 kg/cm^2	2.5 – 5.0 kg/cm^2	2.5 – 5.0 kg/cm^2
Bombas	2–3	3	3–4
Capacidad de bombas	10–20 l/s	15–25 l/s	20–30 l/s
Red troncal	8 – 12 in	10 – 14 in	12 – 16 in
Automatización	Básica con monitoreo	Avanzada	Avanzada
Tratamiento	Convencional	Convencional/ avanzado	Convencional/ avanzado

Nota: En conjunto, estas características técnicas, complementadas con capacidades aproximadas, permiten definir un sistema robusto, modular, redundante y escalable, adecuado para las condiciones del desarrollo portuario de Cuyutlán.
Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Estas capacidades aproximadas permiten brindar una idea de una escala más útil para planeación. Sin embargo, es importante insistir en que los valores finales deberán ajustarse con

base en el estudio de demanda, el estudio geohidrológico, la calidad del agua cruda, la modelación hidráulica y la estrategia de crecimiento del puerto. En otras palabras, estos rangos deben leerse como una base de ingeniería conceptual que orienta la toma de decisiones y no como un diseño definitivo.

La confiabilidad del sistema se fortalece mediante la integración de instrumentación y control. El sistema debe contar con medición continua de caudales de extracción, producción y distribución, niveles en tanques, presiones en la red y parámetros de calidad como turbidez, pH, conductividad y cloro residual. A nivel conceptual, debe considerarse la implementación de un sistema de control automatizado con capacidad de monitoreo remoto, lo que permite operar el sistema de manera eficiente y detectar desviaciones de forma oportuna.

En síntesis, las características técnicas del sistema con capacidades aproximadas permiten visualizar con mayor claridad la escala de infraestructura requerida para el puerto de Cuyutlán. Asimismo, se confirma que el sistema debe concebirse como una instalación robusta, modular, redundante y escalable, capaz de suministrar agua potable en forma continua, de adaptarse al crecimiento del puerto y de responder a las condiciones particulares del entorno costero-lagunar. Bajo este enfoque, la definición conceptual del sistema gana solidez técnica y proporciona una base más clara para la ingeniería de detalle y la planeación integral del proyecto.

4.3.1 Características del Pozo de Abastecimiento

El pozo de abastecimiento constituye el elemento primario del sistema de suministro de agua potable y, por tanto, su definición técnica debe abordarse con un alto nivel de rigor, ya que de él dependen la disponibilidad, calidad y sostenibilidad del recurso hídrico. En el contexto del desarrollo portuario de Cuyutlán, el diseño del pozo no puede limitarse a un criterio hidráulico simple de extracción, sino que debe integrar consideraciones geohidrológicas, constructivas, operativas, sanitarias y regulatorias, particularmente debido a la cercanía con el litoral y el riesgo potencial de intrusión salina.

Desde el punto de vista geohidrológico, el diseño del pozo debe basarse en un estudio detallado del acuífero, que incluya la caracterización estratigráfica del subsuelo, la identificación de horizontes permeables, la determinación de niveles estáticos y dinámicos, así como la evaluación de la transmisividad y almacenamiento del acuífero. Este estudio debe complementarse con pruebas de bombeo escalonadas y de larga duración, que permitan establecer el gasto sostenible del pozo, evitando sobreexplotación o abatimientos excesivos que puedan inducir la migración de agua salina hacia el punto de extracción.

En términos de capacidad, el pozo debe diseñarse para operar dentro de un rango conceptual de entre 10 y 20 litros por segundo en una etapa inicial, con posibilidad de incrementarse hasta valores de 20 a 25 litros por segundo en etapas avanzadas, dependiendo de la respuesta del acuífero. Este rango permite integrar el pozo dentro de un sistema modular,

donde múltiples fuentes pueden operar de manera conjunta o alternada, reduciendo la dependencia de una sola captación y mejorando la confiabilidad del sistema.

La profundidad del pozo estará determinada por la ubicación del acuífero aprovechable y la calidad del agua, pero a nivel conceptual puede estimarse dentro de un rango de 60 a 150 metros. Este intervalo es consistente con acuíferos costeros de media profundidad, aunque la definición final deberá basarse en la exploración geofísica y en los resultados de la perforación piloto. El diámetro del pozo, por su parte, debe ser suficiente para alojar el ademe, la sección filtrante y el equipo de bombeo, ubicándose típicamente entre 12 y 18 pulgadas en esta etapa conceptual.

La configuración constructiva del pozo debe incluir un ademe sanitario en la sección superior, cuya función es aislar el pozo de infiltraciones superficiales y proteger la calidad del agua. En la zona productiva, el pozo debe contar con una sección filtrante diseñada en función de la granulometría del material geológico, permitiendo la entrada de agua y evitando la migración de finos hacia el interior del pozo. Cuando las condiciones lo requieran, se debe incorporar un empaque de grava entre la pared del pozo y el ademe, lo que mejora la eficiencia hidráulica y prolonga la vida útil de la captación.

El sellado sanitario en la parte superior del pozo es un elemento crítico, particularmente en entornos donde existe riesgo de contaminación superficial. Este sellado debe impedir la entrada de aguas pluviales, contaminantes o material superficial, garantizando que el agua extraída provenga exclusivamente del acuífero protegido. Adicionalmente, el cabezal del pozo debe diseñarse como una estructura segura, accesible y protegida, que permita la operación del equipo de bombeo y el monitoreo de parámetros sin comprometer la integridad del sistema.

El equipo de bombeo debe seleccionarse en función del gasto de diseño, la profundidad del pozo y la carga dinámica total. En un pozo de estas características, es común el uso de bombas sumergibles multietapa, diseñadas para operar de manera continua y eficiente. La potencia del equipo dependerá de la profundidad de instalación y del caudal requerido, pero debe considerarse siempre la incorporación de sistemas de protección eléctrica, arranque suave y control de operación.

Desde el punto de vista operativo, el pozo debe contar con instrumentación que permita monitorear su desempeño en tiempo real. Esto incluye medidores de caudal, sensores de nivel dinámico, válvulas de control, puertos de muestreo y sistemas de medición de energía. La información generada por estos dispositivos es fundamental para evaluar el comportamiento del acuífero, detectar anomalías y optimizar la operación del sistema.

En términos de calidad del agua, es indispensable realizar análisis fisicoquímicos y bacteriológicos completos, tanto durante la fase de exploración como en la operación regular del pozo. Estos análisis permiten definir el tipo de tratamiento requerido en la planta potabilizadora y

detectar posibles cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo. En un entorno costero, la conductividad eléctrica y el contenido de cloruros son parámetros especialmente relevantes para identificar la presencia de intrusión salina.

La ubicación del pozo dentro del proyecto debe seleccionarse cuidadosamente, considerando la distancia a posibles fuentes de contaminación, la accesibilidad para operación y mantenimiento, y la interacción con otros componentes del sistema. En proyectos portuarios, es recomendable ubicar los pozos en zonas protegidas, fuera de áreas de tráfico pesado o riesgo industrial, pero con conexión eficiente hacia la planta potabilizadora.

Desde el punto de vista de redundancia, el sistema no debe depender de un solo pozo. La configuración recomendada consiste en al menos dos pozos, uno en operación y otro en reserva o en operación alternada, lo que permite realizar mantenimiento, enfrentar contingencias y gestionar de manera más eficiente el recurso hídrico. En etapas posteriores del desarrollo, puede considerarse la incorporación de un tercer pozo, dependiendo de la demanda y de la capacidad del acuífero. En la Tabla 4.2 se muestran las características técnicas aproximadas del pozo de abastecimiento a nivel conceptual.

Tabla 4.2 Características del Pozo del Sistema de Agua Potable.

PARÁMETRO	VALOR CONCEPTUAL
Tipo de pozo	Pozo profundo entubado
Gasto de diseño	10 – 20 l/s (hasta 25 l/s en etapas avanzadas)
Profundidad	60 – 150 m
Diámetro	12 – 18 pulgadas
Tipo de ademe	Acero o PVC sanitario
Sección filtrante	Según granulometría del acuífero
Empaque de grava	Según condiciones geológicas
Sellado sanitario	Obligatorio
Tipo de bomba	Sumergible multietapa
Instrumentación	Caudal, nivel, presión, muestreo
Pruebas requeridas	Escalonada y larga duración
Calidad del agua	Análisis fisicoquímico y bacteriológico
Número de pozos	1 operativo + 1 reserva (mínimo)

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Finalmente, el diseño del pozo debe alinearse con criterios de sostenibilidad y protección del acuífero. Esto implica operar dentro de los límites de extracción permitidos, evitar abatimientos excesivos, monitorear continuamente la calidad del agua y cumplir con los requisitos regulatorios aplicables. En este sentido, el pozo no solo debe concebirse como una obra de captación, sino como un elemento estratégico dentro del sistema hidráulico del puerto, cuya correcta operación garantizará la viabilidad del abastecimiento a largo plazo.

4.3.2 Características de la planta potabilizadora

La planta potabilizadora constituye el núcleo del sistema de abastecimiento de agua potable, ya que es el elemento encargado de transformar el agua cruda proveniente del acuífero en agua apta para uso y consumo humano, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos en la normativa aplicable. En el contexto del desarrollo portuario de Cuyutlán, su diseño debe responder a condiciones particulares de operación continua, variabilidad potencial en la calidad del agua y requerimientos de alta confiabilidad, propios de una infraestructura crítica.

Desde el punto de vista conceptual, la planta debe diseñarse bajo un esquema modular, escalable y redundante. La modulación permite dividir la capacidad total de producción en unidades independientes, lo cual facilita la operación flexible del sistema, la ampliación por etapas y la continuidad del servicio durante actividades de mantenimiento. Una configuración técnica adecuada para la etapa inicial consiste en dos módulos de 15 litros por segundo o tres módulos de 10 litros por segundo, lo que permite cubrir una producción total de entre 20 y 30 litros por segundo con redundancia operativa. En etapas posteriores, pueden incorporarse módulos adicionales hasta alcanzar capacidades del orden de 50 a 80 litros por segundo.

El proceso de potabilización debe seleccionarse en función de la calidad del agua cruda. En condiciones favorables, donde el agua subterránea presenta baja turbidez y niveles controlables de hierro, manganeso o dureza, el sistema puede estructurarse mediante un tren convencional que incluya pretratamiento, filtración y desinfección. El pretratamiento puede consistir en procesos de aireación u oxidación para remover gases disueltos y facilitar la precipitación de metales. Posteriormente, la filtración puede realizarse mediante filtros multimedia a presión o por gravedad, diseñados para manejar cargas hidráulicas del orden de 5 a 15 $m^3/m^2 \cdot h$, dependiendo del tipo de medio filtrante.

La desinfección constituye la etapa final del tratamiento y es indispensable para garantizar la eliminación de microorganismos patógenos. A nivel conceptual, la cloración es el método más común, debiendo garantizarse un tiempo de contacto adecuado y un residual de cloro libre en la red conforme a la normativa vigente. Alternativamente, pueden considerarse sistemas complementarios como radiación ultravioleta, particularmente en esquemas donde se busque reducir subproductos de desinfección.

En un entorno como Cuyutlán, donde existe la posibilidad de intrusión salina o variaciones en la conductividad del agua subterránea, la planta debe diseñarse con flexibilidad para incorporar tratamientos avanzados. En estos casos, la ósmosis inversa se presenta como una tecnología viable para la remoción de sales disueltas. A nivel conceptual, un sistema de membranas puede diseñarse con recuperaciones del orden de 70% a 85%, lo que implica que una fracción del agua alimentada será rechazada como concentrado. Este aspecto debe considerarse desde la ingeniería básica, tanto en el dimensionamiento del sistema como en el manejo de descargas.

El dimensionamiento hidráulico de la planta debe asegurar que todos los procesos operen dentro de rangos adecuados de velocidad, presión y tiempo de contacto. Por ejemplo, los sistemas de filtración deben diseñarse para permitir retrolavados periódicos sin interrumpir la operación global, lo que refuerza la necesidad de contar con múltiples unidades en paralelo. Asimismo, los tanques de contacto para desinfección deben garantizar tiempos mínimos de retención que permitan la inactivación efectiva de patógenos.

La planta debe contar con sistemas auxiliares indispensables para su operación. Entre ellos se incluyen sistemas de dosificación química, equipos de almacenamiento y preparación de reactivos, sistemas de retrolavado de filtros, drenajes controlados y sistemas de ventilación. La dosificación de productos químicos, como coagulantes, oxidantes o desinfectantes, debe realizarse mediante equipos dosificadores precisos, con capacidad de ajuste en función de la calidad del agua.

Desde el punto de vista estructural, la planta debe diseñarse considerando el ambiente marino. Esto implica la selección de materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable, recubrimientos especiales, plásticos de alta resistencia o concreto con protección adecuada. Los equipos deben instalarse en áreas accesibles, con suficiente espacio para operación, mantenimiento y reemplazo, y con una disposición que permita la ampliación futura sin afectar la operación existente.

La automatización de la planta constituye un elemento esencial de su diseño. El sistema debe contar con instrumentación para medir variables clave como caudal, presión, turbidez, pH, conductividad y cloro residual. Estos datos deben integrarse en un sistema de control que permita la operación automática bajo condiciones normales, así como la supervisión remota desde un centro de control. La automatización mejora la eficiencia operativa, reduce la dependencia de operación manual y permite una respuesta rápida ante desviaciones en la calidad del agua.

En términos de consumo energético, la planta debe diseñarse con criterios de eficiencia, seleccionando equipos que operen dentro de rangos óptimos y minimicen pérdidas. En el caso de sistemas con membranas, el consumo energético puede ser significativo, por lo que debe evaluarse cuidadosamente su incorporación y optimizarse mediante la selección adecuada de equipos y condiciones de operación.

La implantación de la planta dentro del proyecto debe considerar su accesibilidad, seguridad y relación con otros sistemas. A nivel conceptual, una planta con capacidad de 20 a 30 litros por segundo puede requerir entre 2,000 y 5,000 metros cuadrados de superficie, incluyendo áreas de tratamiento, almacenamiento, circulación, mantenimiento y expansión futura. Esta superficie debe incrementarse conforme se amplíe la capacidad del sistema. A continuación, en la Tabla 4.3 se presentan las características técnicas aproximadas de la planta potabilizadora.

Tabla 4.3 Características de la Planta Potabilizadora del Sistema de Agua Potable.

PARÁMETRO	VALOR CONCEPTUAL
Tipo de planta	Modular
Capacidad inicial	15 – 30 l/s
Capacidad futura	Hasta 80 l/s
Configuración	2x50% o 3x33%
Tipo de tratamiento	Convencional / avanzado
Pretratamiento	Aireación / oxidación
Filtración	Multimedia (5–15 $m^3/m^2 \cdot h$)
Desinfección	Cloración / UV
Tratamiento avanzado	Ósmosis inversa (si aplica)
Recuperación (membranas)	70% – 85%
Automatización	Sistema SCADA básico
Instrumentación	Caudal, presión, turbidez, pH, conductividad, cloro
Materiales	Resistentes a ambiente marino
Área estimada	2,000 – 5,000 m^2
Operación	Continua 24/7

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

En conjunto, estas características permiten definir una planta potabilizadora robusta, flexible y adaptable, capaz de responder a las condiciones del entorno lagunar y a las necesidades del desarrollo portuario. Su correcta definición desde la etapa conceptual garantiza no solo el cumplimiento de los estándares de calidad, sino también la continuidad operativa y la sostenibilidad del sistema de abastecimiento en el largo plazo.

4.3.3 Sistema de almacenamiento y distribución

El sistema de almacenamiento y distribución de agua potable constituye el componente encargado de garantizar la continuidad del servicio, la regulación hidráulica del sistema y la entrega del recurso en condiciones adecuadas de presión y calidad a todos los puntos de consumo del desarrollo portuario. En el contexto del proyecto de Cuyutlán, este subsistema adquiere una relevancia estratégica, ya que permite desacoplar la producción de agua respecto de la demanda, absorber variaciones operativas y asegurar el suministro ante contingencias o mantenimientos programados.

Desde el punto de vista funcional, el sistema se compone de tres elementos principales: almacenamiento de agua potable, estación de bombeo y red de distribución. Estos elementos deben operar de manera coordinada, de modo que el agua tratada en la planta potabilizadora pueda almacenarse temporalmente, impulsarse con la presión adecuada y distribuirse de forma eficiente a las distintas zonas del puerto.

El almacenamiento de agua potable representa el primer nivel de regulación del sistema. Su función principal es actuar como reserva operativa que permita mantener el suministro aun cuando la producción de la planta se vea interrumpida o limitada. En un desarrollo portuario, donde la continuidad del servicio es crítica, el volumen de almacenamiento debe dimensionarse con criterios conservadores. A nivel conceptual, se recomienda que el sistema cuente con una reserva mínima equivalente a un día de consumo promedio, pudiendo incrementarse hasta 1.5 o 2 días en función del nivel de seguridad requerido. Para una etapa inicial con demandas del orden de 1,500 a 2,500 metros cúbicos por día, esto implica capacidades de almacenamiento entre 1,500 y 5,000 metros cúbicos. En etapas de mayor desarrollo, este volumen puede incrementarse hasta rangos de 5,000 a 12,000 metros cúbicos.

Desde el punto de vista constructivo, los tanques de almacenamiento pueden ser de concreto reforzado, acero o materiales prefabricados, dependiendo de las condiciones del sitio y de los criterios de durabilidad. En el caso de Cuyutlán, es indispensable considerar la agresividad del ambiente marino, lo que implica el uso de recubrimientos anticorrosivos, concreto con diseño adecuado para ambientes agresivos o materiales poliméricos de alta resistencia. Asimismo, los tanques deben contar con sistemas de ventilación, drenaje, acceso para mantenimiento y dispositivos de medición de nivel.

La ubicación de los tanques dentro del sistema debe responder a criterios hidráulicos y operativos. Idealmente, deben situarse en puntos que permitan una distribución eficiente hacia la red, minimizando pérdidas de carga y facilitando la operación del sistema de bombeo. En proyectos de gran extensión, puede ser conveniente distribuir el almacenamiento en más de un punto, generando subzonas hidráulicas que mejoren el control del sistema.

La estación de bombeo constituye el elemento encargado de proporcionar la energía necesaria para impulsar el agua desde el almacenamiento hacia la red de distribución. Su diseño debe garantizar la presión requerida en todos los puntos de consumo, considerando las pérdidas por fricción, la topografía del terreno y las demandas simultáneas del sistema. A nivel conceptual, la presión de servicio en la red debe mantenerse en un rango aproximado de 2.5 a 5.0 kg/cm², suficiente para cubrir edificios, instalaciones operativas y servicios portuarios.

La configuración del sistema de bombeo debe incluir redundancia. Una disposición típica consiste en dos o tres bombas, donde al menos una opere como respaldo. En una etapa inicial con capacidades de 20 a 30 litros por segundo, las bombas pueden dimensionarse con capacidades unitarias de 10 a 20 litros por segundo. En etapas posteriores, estas capacidades pueden incrementarse hasta 20 o 30 litros por segundo por bomba, manteniendo siempre el criterio de respaldo. La carga dinámica total de diseño puede estimarse conceptualmente entre 20 y 40 metros de columna de agua, aunque este valor deberá ajustarse mediante modelación hidráulica detallada.

El sistema de bombeo debe incluir válvulas de control, válvulas de retención, sistemas de protección contra sobrepresión, dispositivos de arranque suave y sistemas de control automático. La incorporación de variadores de frecuencia puede mejorar la eficiencia energética y permitir un ajuste dinámico de la operación en función de la demanda.

La red de distribución representa el componente final del sistema y es responsable de conducir el agua potable hasta los distintos puntos de consumo dentro del puerto. A diferencia de redes simples, en este caso debe diseñarse como una infraestructura primaria, capaz de operar con confiabilidad, flexibilidad y control hidráulico. En términos conceptuales, se recomienda que la red adopte una configuración mallada en las zonas críticas, lo que permite mantener el suministro aun en caso de fallas o mantenimiento en ciertos tramos.

Los diámetros de la red deben definirse en función de los caudales requeridos, las longitudes de conducción y las pérdidas de carga admisibles. A nivel conceptual, la red troncal puede diseñarse con diámetros entre 8 y 14 pulgadas en etapas iniciales, incrementándose hasta 16 pulgadas en etapas de consolidación. Las líneas secundarias, que alimentan edificios y áreas específicas, pueden variar entre 2 y 8 pulgadas, dependiendo del consumo local.

La sectorización de la red constituye un elemento fundamental para la operación del sistema. Dividir la red en sectores hidráulicos permite controlar presiones, medir consumos, detectar fugas y realizar mantenimientos sin afectar la totalidad del sistema. En un entorno portuario, esta sectorización puede alinearse con la zonificación funcional del proyecto, separando áreas administrativas, operativas, de servicios y de infraestructura crítica.

En cuanto a materiales, la red debe construirse con tuberías resistentes a la corrosión y adecuadas para el ambiente marino. Materiales como el polietileno de alta densidad, el PVC

hidráulico o el acero con recubrimientos especiales son opciones viables, siempre que cumplan con los requisitos de presión y durabilidad. La selección final deberá considerar tanto criterios técnicos como económicos y de mantenimiento.

El sistema de distribución debe complementarse con instrumentación que permita monitorear su desempeño. Esto incluye medidores de caudal en puntos estratégicos, sensores de presión, válvulas de control y dispositivos para detección de fugas. La integración de estos elementos en un sistema de control centralizado permite mejorar la operación y reducir pérdidas de agua. A continuación, en la Tabla 4.4, se presentan las características técnicas aproximadas del sistema de almacenamiento y distribución.

Tabla 4.4 Características del Sistema de Distribución del Sistema de Agua Potable.

PARÁMETRO	VALOR CONCEPTUAL
Reserva de agua potable	1 a 2 días de consumo
Volumen inicial	1,500 – 5,000 m^3
Volumen futuro	5,000 – 12,000 m^3
Tipo de tanque	Concreto, acero o prefabricado
Presión en red	2.5 – 5.0 kg/cm^2
Número de bombas	2 – 3 (con respaldo)
Capacidad por bomba	10 – 30 l/s
Carga dinámica	20 – 40 m.c.a.
Configuración de red	Mallada
Diámetro red troncal	8 – 16 pulgadas
Diámetro red secundaria	2 – 8 pulgadas
Material de tubería	HDPE, PVC, acero protegido
Sectorización	Requerida
Instrumentación	Caudal, presión, control de fugas

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

El sistema de almacenamiento y distribución debe diseñarse como un subsistema robusto y flexible, capaz de garantizar la continuidad del suministro, adaptarse al crecimiento del puerto y operar de manera eficiente en un entorno complejo. Su correcta integración con la planta

potabilizadora y la fuente de abastecimiento es fundamental para asegurar el desempeño global del sistema hidráulico del desarrollo portuario de Cuyutlán

4.4 Aspecto Normativo.

El sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo portuario de Cuyutlán debe diseñarse, construirse y operarse en estricto cumplimiento del marco normativo vigente en México, el cual regula tanto la calidad del agua para consumo humano como la explotación de fuentes subterráneas, la construcción de infraestructura hidráulica y la protección ambiental. El cumplimiento de este marco no solo es un requisito legal, sino también un elemento esencial para garantizar la seguridad sanitaria, la sostenibilidad del recurso hídrico y la viabilidad del proyecto a largo plazo.

Desde el punto de vista sanitario, la normativa principal que rige la calidad del agua potable es la NOM-127-SSA1-2021, la cual establece los límites permisibles de calidad del agua para uso y consumo humano. Esta norma define parámetros físicos, químicos y microbiológicos que deben cumplirse en el punto de entrega al usuario, incluyendo límites para turbidez, color, pH, sólidos disueltos totales, metales, compuestos orgánicos y microorganismos patógenos. En este sentido, la planta potabilizadora debe diseñarse de manera que garantice el cumplimiento continuo de estos parámetros, independientemente de las variaciones en la calidad del agua cruda.

Complementariamente, la NOM-230-SSA1-2002 establece los requisitos sanitarios para la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Esta norma regula aspectos como la protección de las fuentes de abastecimiento, las condiciones de operación de los sistemas, la limpieza y desinfección de tanques, la frecuencia de muestreo y la vigilancia de la calidad del agua. En el caso del proyecto de Cuyutlán, esta norma es particularmente relevante para definir los procedimientos operativos del sistema, incluyendo el monitoreo de calidad y las actividades de mantenimiento preventivo.

En lo que respecta a la infraestructura hidráulica, la NOM-001-CONAGUA-2011 establece los criterios de hermeticidad que deben cumplir las redes de agua potable. Esta norma tiene como objetivo minimizar pérdidas de agua y evitar la contaminación del sistema durante su operación. Su cumplimiento implica la correcta selección de materiales, la ejecución adecuada de juntas y conexiones, así como la realización de pruebas de presión y hermeticidad durante la construcción.

El aprovechamiento de agua subterránea está regulado por la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, los cuales establecen que cualquier extracción de agua debe contar con un título de concesión otorgado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Este título define el volumen máximo de extracción permitido, las condiciones de uso y las obligaciones del concesionario. En este contexto, el diseño del sistema debe alinearse con la disponibilidad del

acuífero y con los volúmenes autorizados, evitando sobreexplotación y garantizando la sostenibilidad del recurso.

Adicionalmente, la disponibilidad media anual del acuífero correspondiente debe ser considerada como un insumo fundamental para la planeación del sistema. Esta información, publicada por CONAGUA, permite determinar si el volumen requerido por el proyecto es viable desde el punto de vista hídrico y si existen restricciones que deban incorporarse en el diseño.

En materia de construcción de pozos, aunque las especificaciones técnicas pueden variar, existen lineamientos emitidos por CONAGUA que establecen criterios para la perforación, equipamiento, mantenimiento y cierre de pozos, con el objetivo de prevenir la contaminación de acuíferos. Estos lineamientos deben considerarse en el diseño del pozo de abastecimiento, particularmente en lo referente al sellado sanitario, la protección del cabezal y la integridad estructural de la obra.

Desde el punto de vista ambiental, el sistema debe cumplir con las disposiciones aplicables en materia de impacto ambiental, especialmente aquellas relacionadas con la protección de cuerpos de agua, manejo de descargas y preservación del entorno lagunar. En el caso de la planta potabilizadora, esto incluye el manejo adecuado de residuos, como el agua de retrolavado de filtros o el concentrado de sistemas de ósmosis inversa, los cuales deben ser dispuestos conforme a la normativa ambiental vigente.

Asimismo, el proyecto debe considerar las disposiciones en materia de eficiencia energética y uso sostenible de recursos, promoviendo el uso de tecnologías que minimicen el consumo energético y reduzcan la huella ambiental del sistema. Aunque estos aspectos no siempre están regulados por una norma específica, forman parte de las mejores prácticas en el diseño de infraestructura hidráulica moderna. En la Tabla 4.5 se presenta el resumen del marco normativo aplicable al sistema de abastecimiento de agua potable.

El cumplimiento de este marco normativo debe integrarse desde la etapa de diseño conceptual, de manera que las soluciones técnicas adoptadas sean compatibles con los requisitos legales y regulatorios. Esto implica no solo diseñar infraestructura que cumpla con las normas, sino también establecer procedimientos operativos, programas de monitoreo y sistemas de control que permitan mantener el cumplimiento a lo largo del tiempo.

En conclusión, el aspecto normativo del sistema de abastecimiento de agua potable no debe considerarse como un elemento externo o posterior al diseño, sino como un componente estructural que condiciona la definición técnica del proyecto. Su adecuada integración garantiza la seguridad sanitaria, la sostenibilidad del recurso y la viabilidad legal del sistema dentro del desarrollo portuario de Cuyutlán.

Tabla 4.5 Normativa.

NORMA / INSTRUMENTO	ALCANCE	APLICACIÓN EN EL PROYECTO
NOM-127-SSA1-2021	Calidad del agua potable	Diseño del tratamiento y control de calidad
NOM-230-SSA1-2002	Requisitos sanitarios	Operación, mantenimiento y monitoreo
NOM-001-CONAGUA-2011	Hermeticidad de redes	Diseño y construcción de la red
Ley de Aguas Nacionales	Uso de aguas nacionales	Concesión y explotación del pozo
Reglamentos de CONAGUA	Construcción de pozos	Diseño y operación del pozo
Disponibilidad de acuíferos	Balance hídrico	Viabilidad del abastecimiento
Normativa ambiental	Protección ambiental	Manejo de descargas y residuos

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

4.5 Consideraciones operativas

El sistema debe diseñarse con un enfoque de operación continua, incluyendo respaldo eléctrico, mantenimiento programado y monitoreo en tiempo real. La separación entre agua potable y agua para servicios no potables debe considerarse desde la fase conceptual, con el fin de optimizar costos y eficiencia del sistema.

La automatización del sistema permitirá reducir riesgos operativos y facilitar la toma de decisiones, particularmente en situaciones de contingencia o variación en la calidad del agua.

En síntesis el sistema de suministro de agua potable para el desarrollo portuario de Cuyutlán debe concebirse como una infraestructura crítica, diseñada bajo principios de redundancia, modularidad y adaptabilidad. La integración adecuada entre el pozo de abastecimiento, la planta potabilizadora y la red de distribución garantiza la viabilidad operativa del puerto y el cumplimiento de los estándares sanitarios.

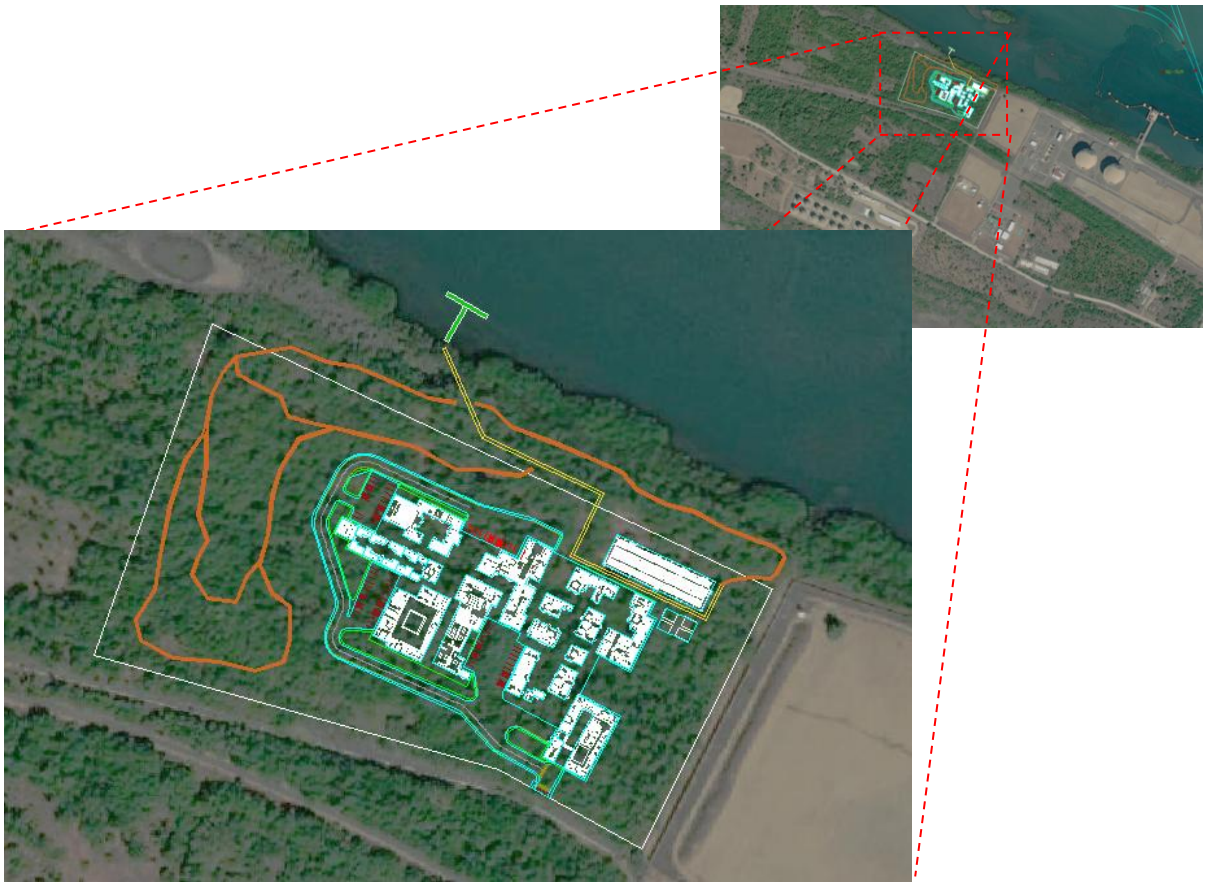
El cumplimiento del marco normativo y la incorporación de criterios técnicos adecuados desde la etapa conceptual permitirán desarrollar un sistema robusto, capaz de operar de manera eficiente en un entorno complejo y exigente como el de la Laguna de Cuyutlán.

5.0 CENTRO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL PORTUARIO.

El presente capítulo describe técnica y conceptualmente la propuesta del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP). El CIAP se concibe como una infraestructura estratégica para apoyar el desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, integrando investigación científica, monitoreo ambiental, operación de campo, conservación ecológica y vinculación social.

Su prediseño responde a las condiciones particulares del sistema lagunar–costero, caracterizado por alta sensibilidad ambiental, dinámica hidrosedimentológica compleja y creciente presión por actividades portuarias.

Figura 5.1 Localización del CIAP.



Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.1 Criterios Generales de Planeación

El planteamiento del (CIAP) se fundamenta en un conjunto de criterios de planeación que integran variables territoriales, ambientales, operativas, normativas y de crecimiento a largo plazo, propias de una infraestructura científica estratégica localizada en un sistema lagunar–costero con interacción directa con actividades portuarias. Estos criterios constituyen la base del anteproyecto y definen las condiciones bajo las cuales el conjunto debe evolucionar hacia etapas posteriores de ingeniería.

Desde el punto de vista territorial, el rango de superficie del predio, establecido entre 30,000 y 50,000 m², no responde únicamente a una disponibilidad de suelo, sino a la necesidad de garantizar distancias operativas, separación funcional entre edificios, amortiguamiento ambiental, reservas para crecimiento y compatibilidad con usos exteriores como viveros, senderos interpretativos, patios técnicos, vialidades internas y zonas de restauración ecológica. Este dimensionamiento permite evitar configuraciones compactas que comprometan la bioseguridad, la operación simultánea de múltiples procesos y la adaptación a condiciones climáticas propias de la zona costera. Para nuestro caso y de acuerdo con la disponibilidad de terrenos en la zona de proyecto el CIAP se desarrollará en una superficie de 76,848.46 m^2.

La superficie construida estimada de 29,218.16 m² se establece como una cifra de control que equilibra la capacidad científica, operativa y de vinculación del centro con la viabilidad técnica y económica del proyecto. Esta superficie no debe entenderse como un límite rígido, sino como una referencia base que permite dimensionar instalaciones, redes de servicio, cargas estructurales, consumos energéticos y requerimientos hidráulicos. Su definición se sustenta en la integración de diez unidades funcionales con distintos niveles de criticidad, desde laboratorios altamente especializados hasta áreas públicas y de apoyo, lo cual exige una distribución espacial que minimice interferencias y optimice flujos.

En términos de capacidad operativa, el rango de 50 a 70 personas en operación simultánea se adopta como parámetro de diseño para dimensionar áreas de trabajo, servicios sanitarios, sistemas de ventilación, consumos de agua, cargas eléctricas, rutas de evacuación y estacionamientos. Este valor incorpora no sólo al personal permanente, sino también a investigadores visitantes, técnicos de campo, personal de mantenimiento y usuarios de áreas de vinculación. Desde una perspectiva normativa, este parámetro se vincula con criterios de ocupación, seguridad y habitabilidad establecidos en reglamentos de construcción, normas de protección civil y estándares de diseño de espacios laborales y educativos.

El horizonte de crecimiento de veinte años constituye un criterio estructural del anteproyecto, ya que obliga a plantear un esquema de implantación modular y escalable. Este horizonte no sólo responde a una proyección temporal, sino a la expectativa de incremento en la complejidad de las actividades científicas, la incorporación de nuevas líneas de investigación, el

aumento en la instrumentación tecnológica y la ampliación de capacidades de monitoreo ambiental. En consecuencia, la planeación debe prever reservas territoriales, sobredimensionamiento estratégico de redes primarias (eléctricas, hidráulicas y de telecomunicaciones) y una traza urbana interna que permita ampliaciones sin afectar la operación existente.

El esquema de desarrollo por etapas representa una estrategia técnica para gestionar inversión, riesgo y maduración funcional del centro. La secuencia planteada, que inicia con un núcleo operativo, continúa con la consolidación científica y culmina con la vinculación pública y residencia, responde a una lógica de priorización en la que primero se asegura la capacidad de generación de información y operación de campo, posteriormente se amplían las capacidades de análisis y restauración, y finalmente se fortalece la interacción con la sociedad y la comunidad científica. Este enfoque se alinea con metodologías de planeación de infraestructura estratégica y con criterios de implementación progresiva utilizados en proyectos portuarios y centros de investigación de gran escala.

La configuración del conjunto mediante edificios independientes pero articulados se fundamenta en principios de ingeniería funcional, bioseguridad y resiliencia. La separación física entre unidades permite controlar riesgos asociados a contaminación cruzada, manejo de reactivos, presencia de fauna, operación de maquinaria y tránsito de usuarios externos. Al mismo tiempo, la articulación mediante plazas, andadores, patios técnicos y vialidades internas garantiza conectividad operativa, eficiencia logística y legibilidad espacial del conjunto. Esta configuración es consistente con criterios internacionales de diseño de campus científicos y con recomendaciones para instalaciones en ambientes con riesgos diferenciados.

Desde el punto de vista ambiental y climático, la planeación del CIAP debe responder a condiciones de alta humedad, salinidad, radiación solar intensa y eventos meteorológicos extremos. La disposición de edificios separados favorece la ventilación natural, reduce la acumulación de calor y permite orientar adecuadamente cada volumen para minimizar el asoleamiento crítico. Este criterio se alinea con estrategias de diseño bioclimático y eficiencia energética, que buscan reducir la dependencia de sistemas mecánicos en áreas no críticas, al tiempo que concentran los recursos de climatización en espacios que realmente lo requieren, como laboratorios y centros de datos.

La resiliencia del conjunto ante condiciones costeras constituye otro eje fundamental de planeación. Esto implica considerar desde esta etapa la elevación de plataformas respecto a niveles de inundación, la definición de pendientes y escurrimientos, la protección de instalaciones críticas, la redundancia en sistemas de energía y datos, y la capacidad de mantener operación parcial o total ante eventos extremos. Estos criterios se sustentan en prácticas de diseño resiliente para infraestructura crítica, así como en lineamientos derivados de la gestión de riesgos en zonas costeras y portuarias.

En términos normativos, la planeación del CIAP debe integrarse con el marco regulatorio aplicable en materia de construcción, medio ambiente, seguridad, accesibilidad y operación de instalaciones científicas. Esto incluye, de manera no limitativa, reglamentos de construcción locales, normas oficiales mexicanas relacionadas con seguridad e higiene, manejo de residuos, calidad del agua, accesibilidad universal, así como lineamientos de protección civil y, en su caso, referencias internacionales aplicables a laboratorios, instalaciones de monitoreo y centros de datos. La incorporación temprana de estos criterios evita rediseños en etapas posteriores y asegura que el anteproyecto sea técnicamente viable desde su origen.

Para sintetizar los principales parámetros de planeación se presentan en la Tabla 5.1, la cual sirve como referencia para la toma de decisiones en etapas subsecuentes:

Tabla 5.1 Parámetros de Planeación del CIAP.

PARÁMETRO	VALOR DE REFERENCIA	BASE TÉCNICA	IMPLICACIÓN DE DISEÑO
Superficie del predio	50,000 – 70,000 m²	Separación funcional, crecimiento, áreas exteriores	Permite campus abierto y modular
Superficie construida	15,500 m²	Balance entre capacidad y viabilidad	Dimensiona redes y estructuras
Capacidad operativa	50 – 70 personas	Ocupación, servicios, seguridad	Define instalaciones y evacuación
Horizonte de crecimiento	20 años	Escalabilidad y evolución científica	Requiere reservas y redes sobredimensionadas
Desarrollo por etapas(1)	3 fases	Gestión de inversión y maduración funcional	Permite implementación progresiva
Configuración	Edificios separados articulados	Bioseguridad, resiliencia, ventilación	Evita interferencias operativas

Nota: (1) Lo recomendable es implementar el CIAP en una sola fase, pero depende de los recursos que le sean destinados.
Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

En conjunto, estos criterios establecen un marco técnico sólido para el desarrollo del CIAP, asegurando que el anteproyecto no sólo responda a un programa arquitectónico, sino que integre las condiciones reales del sitio, las exigencias operativas del sistema portuario y los requerimientos de una infraestructura científica de largo plazo.

5.2 Justificación Técnica del Centro.

La justificación técnica del CIAP se fundamenta en la necesidad de contar con una infraestructura especializada que permita integrar, de manera continua y sistemática, información

científica, operativa y ambiental para la toma de decisiones en el desarrollo y operación del Puerto Nuevo Manzanillo. La Laguna de Cuyutlán constituye un sistema lagunar–costero altamente sensible, en el que convergen procesos hidrodinámicos, sedimentológicos, ecológicos y antrópicos, por lo que cualquier intervención asociada a infraestructura portuaria requiere soporte técnico permanente, validado y trazable.

En este contexto, el CIAP no debe entenderse como un equipamiento complementario, sino como un componente estructural del sistema portuario, cuya función es reducir incertidumbre, anticipar impactos, optimizar diseños y garantizar el cumplimiento de condicionantes ambientales y operativas.

5.2.1 Soporte a la Infraestructura Portuaria.

El desarrollo portuario en ambientes lagunares implica modificaciones sustanciales en la morfología del sistema, incluyendo dragados, rellenos, construcción de dársenas, canales de navegación, escolleras y obras de protección. Estas intervenciones alteran los patrones de circulación, transporte de sedimentos, intercambio hidráulico y calidad del agua, por lo que su diseño y operación deben sustentarse en información técnica actualizada y validada.

El CIAP proporciona la base científica para este soporte mediante la integración de modelación numérica, monitoreo en campo y análisis de laboratorio. Desde el punto de vista de ingeniería, esto permite establecer condiciones de frontera, calibrar modelos hidrodinámicos, validar escenarios de diseño y evaluar el comportamiento del sistema ante distintas configuraciones de obra. La referencia conceptual para este tipo de análisis se encuentra en metodologías de ingeniería portuaria y costera ampliamente utilizadas, como las recomendaciones PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) y manuales de ingeniería costera, que establecen la necesidad de estudios integrales previos y durante la operación de infraestructura marítima.

Asimismo, el soporte técnico continuo permite ajustar estrategias de dragado, definir programas de mantenimiento, optimizar alineamientos de canales y reducir riesgos de azolvamiento o erosión no controlada. En ausencia de este tipo de infraestructura científica, las decisiones de ingeniería se basan en información puntual o desactualizada, incrementando la probabilidad de sobrecostos, fallas operativas o impactos ambientales no previstos.

5.2.2 Monitoreo Ambiental Permanente.

El monitoreo ambiental permanente constituye uno de los pilares técnicos del CIAP, ya que permite caracterizar la línea base del sistema, detectar cambios en el tiempo y evaluar la efectividad de medidas de mitigación. En un sistema como la Laguna de Cuyutlán, donde coexisten humedales, cuerpos de agua someros, intercambio con el mar y actividades industriales, el monitoreo debe ser continuo, multivariable y espacialmente representativo.

La base de diseño de este componente se sustenta en la integración de estaciones de monitoreo, sensores en tiempo real, campañas de muestreo y análisis de laboratorio, cubriendo variables como calidad del agua, parámetros fisicoquímicos, contaminantes, sedimentos, biodiversidad y condiciones meteorológicas. Este enfoque responde a lineamientos establecidos en evaluaciones de impacto ambiental y normas oficiales mexicanas relacionadas con calidad del agua, descargas y protección de ecosistemas, así como a buenas prácticas internacionales en monitoreo ambiental.

El carácter permanente del monitoreo permite generar series de tiempo que son fundamentales para la calibración de modelos, la identificación de tendencias y la detección temprana de anomalías. Además, facilita la trazabilidad de datos, requisito clave en procesos regulatorios y auditorías ambientales. Desde la perspectiva operativa, la disponibilidad de información en tiempo real permite establecer umbrales de alerta y activar protocolos de respuesta ante eventos como incrementos en turbidez, presencia de contaminantes o cambios abruptos en parámetros críticos.

En la Tabla 5.2 se resumen las principales variables de monitoreo y su implicación técnica:

Tabla 5.2 Variables de Monitoreo.

VARIABLE	BASE TÉCNICA	APLICACIÓN EN EL CIAP
Calidad del agua	Normas de calidad y descarga	Evaluación de impacto y cumplimiento ambiental
Sedimentos	Transporte y deposición	Control de azolvamiento y dragado
Meteorología	Interacción atmósfera–cuerpo de agua	Pronóstico y operación portuaria
Biodiversidad	Indicadores ecológicos	Seguimiento de impactos y restauración
Contaminantes	Riesgos ambientales	Detección y control de derrames

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.2.3 Gestión de Riesgos y Contingencias.

La operación de infraestructura portuaria en un entorno lagunar conlleva riesgos asociados a eventos naturales, fallas operativas y contingencias ambientales. Entre estos se

incluyen derrames de hidrocarburos, eventos meteorológicos extremos, fallas en infraestructura hidráulica, contaminación accidental y afectaciones a fauna.

El CIAP se concibe como un elemento clave en la gestión de estos riesgos, al integrar capacidades de monitoreo, análisis, modelación y respuesta técnica. Desde el punto de vista de ingeniería, esto implica contar con sistemas que permitan identificar condiciones de riesgo, evaluar su evolución y definir acciones correctivas en tiempo oportuno.

La base conceptual de este enfoque se encuentra en la gestión integral de riesgos, que combina identificación, análisis, evaluación y mitigación, así como en lineamientos de protección civil y continuidad operativa. El centro de monitoreo y la sala de crisis juegan un papel fundamental en este esquema, al concentrar información, coordinar respuestas y facilitar la comunicación entre actores institucionales.

El diseño del CIAP debe permitir que estas funciones se desarrollen sin interrupciones, lo que justifica la incorporación de sistemas redundantes de energía, telecomunicaciones y acceso a datos. Asimismo, la proximidad funcional entre monitoreo, laboratorios y operación de campo reduce tiempos de respuesta y mejora la eficacia de las acciones implementadas.

5.2.4 Vinculación social y cumplimiento normativo

La vinculación social y el cumplimiento normativo constituyen componentes estratégicos en proyectos de infraestructura portuaria, particularmente en contextos donde existen comunidades cercanas, ecosistemas sensibles y alta visibilidad pública.

El CIAP integra estas funciones a través de espacios de educación ambiental, difusión científica y participación social, lo que permite comunicar resultados, transparentar información y fortalecer la relación con comunidades, instituciones académicas y autoridades. Desde una perspectiva técnica, esto contribuye a la aceptación social del proyecto y reduce riesgos asociados a conflictos o retrasos por falta de información.

En términos normativos, el centro facilita el cumplimiento de condicionantes establecidas en evaluaciones de impacto ambiental, autorizaciones y permisos, al proporcionar evidencia técnica verificable sobre el estado del sistema y la efectividad de las medidas implementadas. Este soporte es fundamental en auditorías ambientales, inspecciones y procesos de seguimiento regulatorio.

El enfoque de vinculación también se alinea con tendencias internacionales en gestión de infraestructura, que promueven la transparencia, la participación informada y la integración de conocimiento científico en la toma de decisiones públicas. En la siguiente tabla se sintetiza la relación entre estas funciones y su impacto técnico.

Tabla 5.3 Vinculación Social y Cumplimiento Normativo.

COMPONENTE	BASE TÉCNICA	IMPACTO EN EL PROYECTO
Educación ambiental	Difusión científica	Mejora de percepción social
Participación social	Gestión de actores	Reducción de conflictos
Cumplimiento normativo	Regulación ambiental	Viabilidad legal del proyecto
Transparencia de datos	Trazabilidad	Confianza institucional

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

En conjunto, estos elementos consolidan la justificación del CIAP como una infraestructura esencial para garantizar que el desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán se lleve a cabo bajo criterios de sostenibilidad, eficiencia operativa y responsabilidad ambiental.

5.3 Estructura Funcional del Centro

La estructura funcional del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP) se organiza como un sistema integrado de unidades especializadas que operan de manera coordinada bajo criterios de segregación funcional, bioseguridad, continuidad operativa y eficiencia logística, en un área de 76,848.46 m2, de los cuales el 38% (29,218.16 m^2) se encuentra urbanizado y el restante 62% (47,630.30 m2) será destinado a un área de conservación y educación ecológica. Asimismo, contará con 1,332.09 m de senderos dedicados a la educación ecológica y difusión ambiental, ver Tabla 5.4.

Cada edificio responde a una función técnica específica dentro del ciclo completo de generación de información, análisis, toma de decisiones, operación de campo, conservación ambiental y vinculación social.

El diseño funcional se fundamenta en principios de ingeniería de procesos, donde se identifican flujos de información, materiales, personal y energía, estableciendo relaciones espaciales que minimicen interferencias y maximicen la eficiencia operativa. Asimismo, se consideran referencias conceptuales de diseño de campus científicos, instalaciones portuarias y centros de investigación ambiental.

5.3.1 Edificio Administrativo y Dirección.

El edificio administrativo constituye el núcleo de gestión estratégica, operativa y normativa del CIAP. Su función principal es coordinar las actividades científicas, técnicas, financieras y de vinculación, asegurando la alineación con los objetivos del proyecto portuario.

Tabla 5.4 Distribución de Áreas del CIAP.

INSTALACIÓN		ÁREA m²
Edificio Administrativo		1,377.50
Laboratorios	Sedimentos	94.81
	Biología	102.28
	Microbiología	105.34
	Recepción de muestras	120.48
	Calidad del agua	120.48
	SIG y Modelación	114.81
	Pretratamiento y lavado	114.81
	Preparación de Medios	120.48
	Reactivos	120.48
	Química	170.14
	Recepción de fauna	431.67
	Botánico	271.75
	Vivero	1,521.10
	Unidad de conservación ecológica	315.85
	Zona de investigadores	2,312.22
Edificio de educación ambiental y vinculación		813.97
Alojamiento para Investigadores		1,041.91
Centro de monitoreo ambiental y datos		1,435.28
Talleres, almacenes y servicios técnicos		352.16
Caseta de acceso		4.80
Áreas comunes		9,925.13
Vialidades		8,230.73
Área de conservación y educación ecológica		47,630.30
	TOTAL	**76,848.46**
Senderos educativos (m)		1,332.09
Muelle de madera (m)		30.00
Plataforma peatonal de madera (m)		339.46

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Desde el punto de vista técnico, este edificio opera como centro de control institucional, integrando procesos de toma de decisiones, gestión documental, cumplimiento regulatorio y coordinación interinstitucional. La base de diseño considera criterios de funcionalidad, flexibilidad y conectividad digital, permitiendo la integración con sistemas de monitoreo, laboratorios y plataformas de datos.

El personal estimado en esta unidad incluye dirección general, coordinación técnica, administración, recursos humanos, área jurídica ambiental y soporte administrativo, con una ocupación aproximada de 10 a 15 personas en operación simultánea.

5.3.2 Laboratorios e Investigación.

Los edificios de laboratorios es el núcleo científico del CIAP y concentra las funciones analíticas y de generación de conocimiento técnico. Su diseño se basa en la segregación de procesos, control ambiental, seguridad química y trazabilidad analítica, conforme a buenas prácticas de laboratorio y lineamientos normativos en materia de seguridad e higiene.

Las funciones de los principales laboratorios se describen en la tabla 5.5

Tabla 5.5 Distribución de Laboratorios.

LABORATORIO	FUNCIÓN TÉCNICA	PERSONAL ESTIMADO
Calidad de agua	Análisis fisicoquímico (pH, DBO, DQO, nutrientes)	3–4 químicos/ambientales
Sedimentos	Caracterización granulométrica y contaminantes	2–3 geólogos/ingenieros
Biología / biota	Evaluación de organismos y biodiversidad	3 biólogos
Microbiología	Análisis microbiológico y sanitario	2–3 especialistas
Contaminantes / química analítica	Metales, hidrocarburos, compuestos orgánicos	3–4 químicos
SIG y modelación	Análisis espacial y simulación ambiental	3 analistas

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

a. El laboratorio de calidad de agua constituye uno de los núcleos analíticos principales del CIAP, ya que permite caracterizar el estado fisicoquímico del sistema lagunar y su interacción con las actividades portuarias. Su función consiste en la determinación de parámetros como pH, conductividad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica y química

de oxígeno (DBO y DQO), sólidos suspendidos, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y otros indicadores de calidad. Estos análisis son fundamentales para evaluar el cumplimiento de normas ambientales, detectar procesos de eutrofización, identificar descargas contaminantes y establecer líneas base ambientales. Desde el punto de vista técnico, este laboratorio soporta tanto el monitoreo rutinario como la validación de modelos de calidad del agua y estudios de impacto ambiental.

b. El laboratorio de sedimentos tiene como función analizar las características físicas, químicas y, en ciertos casos, mineralógicas de los sedimentos del sistema lagunar y de las áreas de dragado. Este laboratorio permite determinar granulometría, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de contaminantes y presencia de metales pesados o hidrocarburos adsorbidos. Su relevancia técnica radica en que los sedimentos actúan como reservorios de contaminantes y son un factor clave en procesos de azolvamiento, erosión y estabilidad de obras portuarias. La información generada es esencial para definir estrategias de dragado, disposición de materiales y evaluación de riesgos ambientales asociados a la remoción de sedimentos.

c. El laboratorio de biología o biota se enfoca en el estudio de los organismos presentes en el sistema lagunar, incluyendo fitoplancton, zooplancton, bentos y, en algunos casos, ictiofauna en etapas tempranas. Su función principal es evaluar la biodiversidad, estructura de comunidades y posibles alteraciones derivadas de actividades antropogénicas. Este laboratorio permite identificar cambios en la composición biológica que pueden ser indicadores tempranos de deterioro ambiental. Desde el punto de vista técnico, su operación se vincula con metodologías de bioindicadores y evaluación ecológica, fundamentales en estudios de impacto ambiental y programas de monitoreo de largo plazo.

d. El laboratorio de microbiología tiene como objetivo analizar la presencia de microorganismos, particularmente aquellos asociados a contaminación fecal o riesgos sanitarios, como coliformes totales y fecales, enterococos y otros indicadores microbiológicos. Su función es crítica para evaluar la calidad sanitaria del agua, especialmente en zonas con interacción humana o riesgo de descargas. Este laboratorio también puede apoyar en la detección de procesos biológicos que influyen en la degradación de materia orgánica. Desde una perspectiva normativa, sus resultados son clave para el cumplimiento de estándares de calidad del agua y para la evaluación de riesgos a la salud.

e. El laboratorio de contaminantes o química analítica se encarga de la identificación y cuantificación de compuestos específicos de interés ambiental, como metales pesados (mercurio, plomo, cadmio), hidrocarburos totales del petróleo, compuestos orgánicos persistentes y otras sustancias potencialmente tóxicas. Este laboratorio requiere instrumentación especializada, como cromatografía y espectrometría, y su función es

esencial para la detección de contaminación puntual o difusa asociada a actividades portuarias, industriales o de transporte marítimo. Técnicamente, este laboratorio permite realizar evaluaciones de riesgo ambiental, estudios de dispersión de contaminantes y verificación de cumplimiento de límites permisibles establecidos en normativa ambiental.

f. La sala de sistemas de información geográfica (SIG) y modelación ambiental funciona como un laboratorio de análisis digital en el que se integran datos espaciales, resultados de laboratorio y mediciones de campo para generar modelos predictivos y escenarios de simulación. Su función es transformar datos en información útil para la toma de decisiones, mediante herramientas de análisis espacial, teledetección y modelación hidrodinámica o ambiental. Este espacio es fundamental para entender la dinámica del sistema lagunar en su conjunto, evaluar impactos de obras portuarias y apoyar la planeación de intervenciones.

g. La sala de interpretación de imágenes y teledetección complementa al SIG mediante el procesamiento de imágenes satelitales, fotografías aéreas y datos remotos. Su función es detectar cambios en cobertura vegetal, turbidez del agua, evolución de líneas de costa y otros indicadores ambientales a escala regional. Este laboratorio permite ampliar la cobertura del monitoreo más allá de los puntos de muestreo, integrando una visión espacial continua del sistema.

h. Finalmente, la sala de preparación de muestras y áreas de apoyo analítico cumplen una función transversal dentro del edificio de laboratorios. En estos espacios se realizan procesos de pretratamiento, filtrado, conservación, etiquetado y registro de muestras, asegurando la trazabilidad y calidad de los análisis posteriores. Técnicamente, estas áreas son fundamentales para garantizar que los resultados generados en los distintos laboratorios sean confiables y reproducibles, conforme a principios de buenas prácticas de laboratorio.

El conjunto de laboratorios se espera operé con una plantilla aproximada de 20 a 30 personas entre investigadores, técnicos y becarios. Su diseño debe cumplir con criterios de ventilación controlada, presión diferencial, materiales resistentes a químicos y sistemas de manejo de residuos peligrosos.

5.3.3 Centro de Monitoreo Ambiental y Datos.

El centro de monitoreo funciona como el nodo de integración de información en tiempo real, procesando datos provenientes de sensores, estaciones de campo y laboratorios. Su diseño se basa en principios de infraestructura crítica, con requerimientos de alta disponibilidad, redundancia y seguridad.

Este centro alberga operadores, analistas de datos, especialistas en modelación y personal de tecnologías de la información, con una ocupación estimada de 8 a 12 personas por turno. La base técnica incluye sistemas de respaldo energético, climatización de precisión, telecomunicaciones redundantes y control de acceso.

5.3.4 Edificio de Educación Ambiental y Vinculación.

Este edificio constituye la interfaz del CIAP con la sociedad, integrando funciones de difusión, capacitación y participación social. Su diseño responde a criterios de accesibilidad universal, seguridad en espacios públicos y flexibilidad de uso.

El personal incluye educadores ambientales, comunicadores, personal de atención y coordinación institucional, con una ocupación estimada de 8 a 15 personas dependiendo de la operación.

5.3.5 Alojamiento para Investigadores.

El alojamiento permite la estancia temporal de investigadores y técnicos, facilitando campañas intensivas y colaboración externa. Su diseño se basa en criterios de habitabilidad, autonomía y cercanía funcional con áreas técnicas.

Se estima una capacidad de 18 a 24 usuarios simultáneos, incluyendo investigadores visitantes y personal operativo.

5.3.6 Talleres, Almacenes y Servicios Técnicos

Esta unidad proporciona soporte logístico y de mantenimiento a todas las áreas del CIAP. Incluye talleres, almacenes y espacios de preparación de campañas.

El personal estimado es de 6 a 10 técnicos especializados en mantenimiento, logística y operación de equipos.

5.3.7 Unidad de Conservación Ecológica y Vivero

La unidad de vivero tiene como función la producción de especies vegetales para restauración ecológica. Su diseño se basa en criterios de control ambiental, disponibilidad de agua y adaptación de especies.

El personal incluye biólogos, agrónomos y técnicos, con una ocupación estimada de 6 a 10 personas.

5.3.8 Unidad de Rescate y Manejo de Fauna.

Esta unidad permite la atención, rehabilitación y manejo temporal de fauna afectada por actividades portuarias. Su diseño responde a criterios de bioseguridad, sanidad y bienestar animal.

El personal estimado incluye veterinarios y biólogos, con una ocupación de 4 a 6 personas.

5.3.9 Embarcadero y Apoyo Operativo.

El embarcadero es la interfaz operativa entre el centro y la laguna, permitiendo actividades de monitoreo y muestreo en campo. Su diseño considera condiciones hidráulicas, seguridad y logística de operación.

El personal incluye operadores de campo y técnicos, con una ocupación de 4 a 8 personas.

5.3.10 Obras Complementarias.

Las obras complementarias integran la infraestructura técnica necesaria para la operación del CIAP, incluyendo sistemas eléctricos, hidráulicos y de servicios generales. Su diseño se basa en criterios de redundancia, accesibilidad y seguridad.

El personal asociado corresponde a mantenimiento e instalaciones, con una ocupación de 3 a 6 personas.

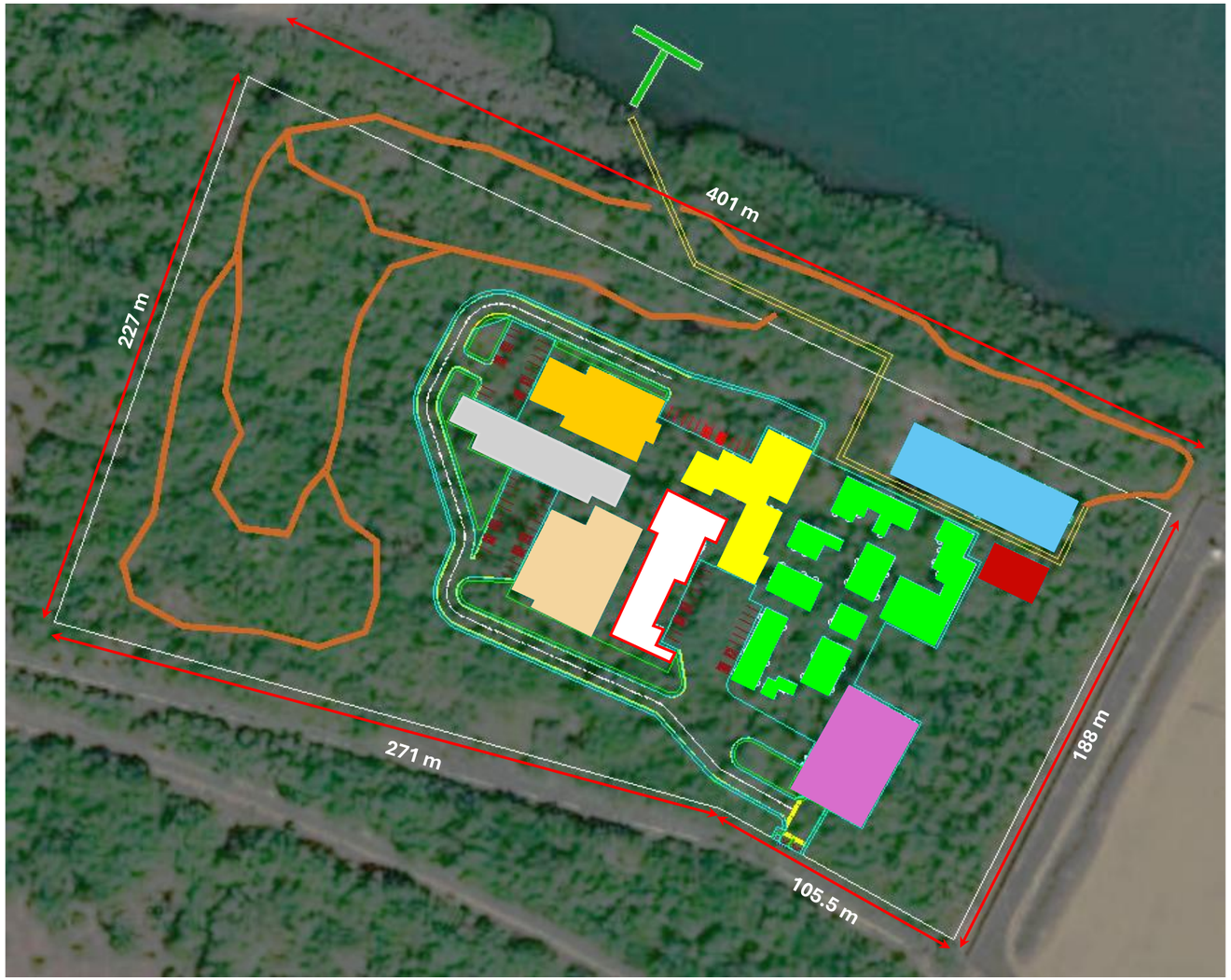
5.4 Personal y Capacidad Operativa

La definición del personal y la capacidad operativa del CIAP constituye un elemento crítico del anteproyecto, ya que establece la base para el dimensionamiento de espacios, sistemas, turnos de operación, cargas de servicios e interacciones funcionales entre las distintas unidades. La estructura de personal se fundamenta en un enfoque multidisciplinario, propio de instalaciones científicas asociadas a sistemas portuarios y ambientales, en donde convergen actividades analíticas, operativas, logísticas y de gestión.

El rango de ocupación simultánea de 50 a 70 personas responde a un equilibrio entre capacidad técnica, eficiencia operativa y viabilidad de infraestructura, considerando personal permanente, usuarios temporales, investigadores visitantes y personal de campo.

Desde el punto de vista técnico, la estructura de personal debe alinearse con principios de operación continua, segregación de funciones, trazabilidad de procesos y cumplimiento normativo en materia laboral, ambiental y de seguridad. Esto implica definir perfiles especializados, jerarquías claras y esquemas de coordinación que permitan integrar información desde campo hasta toma de decisiones.

Figura 5.2 Distribución del CIAP.



SIMBOLOGÍA

- MUELLE
- PLATAFORMA DE MADERA
- SENDEROS EDUCATIVOS
- ZONA ADMINISTRATIVA
- ZONA DE LABORATORIOS
- ZONA DE INVESTIGADORES PASANTES Y TESISTAS
- ZONA DE DIFUSIÓN
- ZONA DE MONITOREO
- ZONA EDUCATIVA
- ALOJAMIENTO DE INVESTIGADORES
- VIVERO
- CONSERVACIÓN ECOLÓGICA

INSTALACIÓN		ÁREA m²
Edificio Administrativo		1,377.50
Laboratorios	Sedimentos	94.81
	Biología	102.28
	Microbiología	105.34
	Recepción de muestras	120.48
	Calidad del agua	120.48
	SIG y Modelación	114.81
	Pretratamiento y lavado	114.81
	Preparación de Medios	120.48
	Reactivos	120.48
	Química	170.14
	Recepción de fauna	431.67
	Botánico	271.75
	Vivero	1,521.10
	Unidad de conservación ecológica	315.85
	Zona de investigadores	2,312.22
Edificio de educación ambiental y vinculación		813.97
Alojamiento para Investigadores		1,041.91
Centro de monitoreo ambiental y datos		1,435.28
Talleres, almacenes y servicios técnicos		352.16
Caseta de acceso		4.80
Áreas comunes		9,925.13
Vialidades		8,230.73
Área de conservación y educación ecológica		47,630.30
	TOTAL	**76,848.46**
Senderos educativos (m)		1,332.09
Muelle de madera (m)		30.00
Plataforma peatonal de madera (m)		339.46

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026

5.4.1 Personal técnico y científico

El personal técnico y científico constituye el núcleo de generación de conocimiento del CIAP, siendo responsable de la adquisición, análisis, interpretación y validación de información ambiental y portuaria. Su integración responde a criterios de especialización disciplinaria, capacidad analítica y experiencia en sistemas costeros y lagunares.

Los perfiles principales se estructuran en torno a las disciplinas clave del centro, incluyendo ingeniería ambiental, oceanografía, biología, química, geotecnia y análisis espacial. Estos perfiles deben cumplir con estándares de formación profesional, experiencia en laboratorio o campo y, en su caso, acreditaciones o certificaciones conforme a normas de calidad analítica y buenas prácticas de laboratorio. En la Tabla 5.6 se sintetiza los perfiles técnicos y sus funciones.

Tabla 5.6 Personal Técnico y Científico.

PERFIL	FORMACIÓN BASE	FUNCIÓN PRINCIPAL	INTERACCIÓN FUNCIONAL
Ingeniero ambiental	Ingeniería ambiental o afín	Evaluación de impacto y análisis de sistemas	Laboratorios, monitoreo, dirección
Oceanógrafo / Ing. Marítimo Portuario	Oceanografía, hidráulica o afín	Modelación y análisis de dinámica lagunar	Monitoreo, datos, planeación
Químico analista	Química o química ambiental	Análisis de contaminantes y calidad del agua	Laboratorios, control de calidad
Biólogo	Biología, ecología	Evaluación de biodiversidad y fauna	Vivero, rescate, monitoreo
Especialista SIG	Geomática, geografía	Análisis espacial y teledetección	Datos, modelación, planeación
Microbiólogo	Microbiología	Análisis sanitario y biológico	Laboratorios, calidad del agua

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

El número estimado de personal técnico y científico se sitúa entre 20 y 30 personas, considerando investigadores principales, técnicos especializados y personal en formación. Este grupo constituye el eje central del CIAP y determina en gran medida la capacidad analítica y científica del centro.

Desde una perspectiva normativa, este personal debe operar bajo esquemas de aseguramiento de calidad, trazabilidad de resultados y cumplimiento de normas oficiales mexicanas relacionadas con análisis ambiental, manejo de sustancias químicas y seguridad en el trabajo.

5.4.2 Personal operativo

El personal operativo es responsable de la ejecución de actividades de campo, mantenimiento de equipos, operación de sistemas de monitoreo y soporte directo a las actividades científicas. Su función es garantizar la continuidad de los procesos técnicos, la disponibilidad de equipos y la correcta implementación de campañas de muestreo, ver Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Personal Operativo.

PERFIL	FORMACIÓN BASE	FUNCIÓN PRINCIPAL	ÁREA DE OPERACIÓN
Técnico de laboratorio	Técnico químico o afín	Preparación de muestras y apoyo analítico	Laboratorios
Operador de monitoreo	Técnico en sistemas o ambiental	Supervisión de datos en tiempo real	Centro de monitoreo
Técnico de campo	Técnico ambiental o similar	Muestreo y levantamiento de datos	Laguna y entorno
Operador de embarcaciones	Náutica o experiencia certificada	Maniobra y operación de lanchas	Embarcadero
Técnico de mantenimiento	Electromecánico	Mantenimiento de equipos e instalaciones	Talleres y servicios

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Este grupo incluye técnicos de laboratorio, operadores de monitoreo, personal de campo, operadores de embarcaciones y personal de mantenimiento especializado. Su perfil se caracteriza por formación técnica, experiencia práctica y conocimiento de protocolos de operación y seguridad.

La base de diseño de este grupo se sustenta en la necesidad de mantener operativos sistemas críticos, incluyendo sensores, estaciones de monitoreo, equipos analíticos y embarcaciones, así como en la capacidad de respuesta ante eventos o contingencias.

El personal operativo se estima entre 15 y 25 personas, dependiendo de la intensidad de las actividades de campo y del nivel de automatización de los sistemas. Este grupo es clave para garantizar la funcionalidad diaria del CIAP y su capacidad de respuesta.

5.4.3 Personal de soporte

El personal de soporte integra las funciones administrativas, logísticas, tecnológicas y de servicios generales necesarias para el funcionamiento integral del centro. Aunque no participa directamente en actividades científicas, su rol es esencial para asegurar la continuidad operativa, el cumplimiento normativo y la gestión eficiente de recursos.

Este grupo incluye personal administrativo, tecnologías de la información, seguridad, limpieza, servicios generales y apoyo institucional. Su diseño se basa en criterios de eficiencia organizacional, control de recursos y soporte a procesos críticos. En la tabla 5.8 se muestra una síntesis de los perfiles.

Tabla 5.8 Personal de Soporte o Administrativo.

PERFIL	FORMACIÓN BASE	FUNCIÓN PRINCIPAL	ÁREA DE SOPORTE
Administrativo	Administración	Gestión de recursos y control operativo	Dirección
TI / telecomunicaciones	Ingeniería en sistemas	Soporte a redes, datos y sistemas	Monitoreo, datos
Seguridad	Seguridad industrial	Control de accesos y protección	Accesos, instalaciones
Servicios generales	Operativo	Limpieza y apoyo logístico	Todo el centro
Jurídico / normativo	Derecho ambiental	Cumplimiento regulatorio	Dirección

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

El personal de soporte se estima entre 10 y 15 personas, dependiendo del nivel de externalización de servicios. Su función es garantizar que las actividades técnicas y operativas se desarrollen en un entorno controlado, seguro y conforme a la normatividad aplicable.

En conjunto, la estructura de personal del CIAP se organiza como un sistema integrado en el que cada grupo cumple funciones específicas pero interdependientes, permitiendo que el centro opere de manera continua, eficiente y alineada con los objetivos del proyecto portuario y ambiental.

5.5 Etapas de Desarrollo

La definición de las etapas de desarrollo del CIAP responde a una estrategia de implementación progresiva basada en criterios de ingeniería, gestión de inversión, maduración funcional y reducción de riesgos operativos. Este enfoque permite que el centro entre en operación de manera temprana con capacidades esenciales, mientras se consolidan y expanden sus funciones conforme evolucionan las necesidades del sistema portuario y ambiental.

La secuencia de etapas se sustenta en principios de planeación de infraestructura estratégica, en los cuales se prioriza la habilitación de capacidades críticas en fases iniciales, seguidas por la ampliación de capacidades analíticas y, finalmente, la consolidación de funciones de vinculación y soporte extendido. Este modelo es consistente con prácticas internacionales en desarrollo de centros de investigación y plataformas operativas asociadas a sistemas complejos.

a. Etapa 1: Núcleo Operativo.

La primera etapa constituye el núcleo funcional del CIAP y tiene como objetivo habilitar las capacidades mínimas indispensables para iniciar operaciones técnicas, científicas y de campo. Desde el punto de vista de ingeniería, esta fase se orienta a garantizar la operación básica del sistema mediante la implementación de infraestructura crítica y servicios primarios.

En esta etapa se integran los edificios y componentes que permiten la generación de información, su análisis inicial y la ejecución de actividades de monitoreo en campo, incluyendo el edificio administrativo, los laboratorios básicos, el centro de monitoreo ambiental, talleres y almacenes, el embarcadero y las obras de infraestructura primaria.

La base técnica de esta etapa se fundamenta en la necesidad de contar con sistemas operativos autónomos, lo que implica la instalación de redes eléctricas, hidráulicas y de telecomunicaciones con capacidad de expansión, así como la implementación de sistemas de respaldo que aseguren continuidad operativa en condiciones adversas. Asimismo, se deben considerar desde esta fase criterios de resiliencia, tales como elevación de plataformas, drenaje pluvial eficiente y protección de instalaciones críticas.

Desde una perspectiva normativa, esta etapa debe cumplir con los requisitos mínimos de habitabilidad, seguridad estructural, instalaciones y protección civil establecidos en reglamentos de construcción, así como con condicionantes ambientales que permitan el inicio de operaciones del centro.

b. Etapa 2: Consolidación.

La segunda etapa corresponde a la ampliación y especialización de las capacidades científicas y ambientales del CIAP. Su objetivo es consolidar el centro como una plataforma

integral de análisis, restauración y gestión ambiental, incrementando la precisión, cobertura y profundidad de los estudios realizados.

En esta fase se contempla la ampliación de los laboratorios, la implementación de la unidad de conservación ecológica y vivero, la puesta en operación de la unidad de rescate de fauna y el fortalecimiento de la plataforma de monitoreo y análisis de datos.

Desde el punto de vista técnico, esta etapa implica la incorporación de equipamiento especializado, la ampliación de sistemas de control ambiental en laboratorios, el desarrollo de infraestructura para manejo de especies y la integración de procesos de restauración ecológica. Asimismo, se deben reforzar las capacidades de almacenamiento, tratamiento de datos y modelación predictiva.

La base conceptual de esta etapa se vincula con la necesidad de cerrar el ciclo técnico del CIAP, integrando no sólo la generación de información, sino también la implementación de medidas de mitigación y restauración ambiental. Esto es consistente con lineamientos de evaluación de impacto ambiental, en los cuales se establece la obligación de no sólo monitorear, sino también compensar y restaurar los impactos generados.

Desde el punto de vista de diseño, esta etapa debe integrarse de manera armónica con la infraestructura existente, asegurando la compatibilidad de redes, la continuidad de operación y la posibilidad de futuras expansiones.

c. Etapa 3: Vinculación y Residencia

La tercera etapa tiene como objetivo consolidar la dimensión social, académica y de colaboración del CIAP, integrando funciones de educación ambiental, difusión científica y alojamiento para investigadores.

En esta fase se desarrollan el edificio de educación ambiental, el auditorio, el museo interactivo y las instalaciones de alojamiento, permitiendo ampliar el alcance del centro más allá de la operación técnica y científica.

Desde una perspectiva técnica, esta etapa implica el diseño de espacios de uso público con criterios de accesibilidad universal, seguridad, confort ambiental y flexibilidad de uso, así como la integración de servicios complementarios que permitan la estancia de investigadores y visitantes.

La base conceptual de esta etapa se alinea con tendencias internacionales en centros de investigación, donde la generación de conocimiento se complementa con su difusión y aplicación social. Asimismo, responde a la necesidad de cumplir con criterios de transparencia, participación social y educación ambiental establecidos en marcos regulatorios y políticas públicas.

En la Tabla 5.9, se muestra el resumen de las etapas de desarrollo para el CIAP.

Tabla 5.9 Personal de Soporte o Administrativo.

ETAPA	SUPERFICIE ESTIMADA	OBJETIVO PRINCIPAL	BASE TÉCNICA
Etapa 1	6.3 ha	Habilitación operativa inicial	Infraestructura crítica, continuidad operativa
Etapa 2	1.1 ha	Consolidación científica y ambiental	Especialización, restauración, ampliación analítica
Etapa 3	0.3 ha	Vinculación y expansión funcional	Difusión, colaboración, soporte residencial

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

En conjunto, la estrategia de desarrollo por etapas permite que el CIAP evolucione de un núcleo operativo básico a una plataforma integral de investigación, gestión ambiental y vinculación social, garantizando eficiencia en la inversión, reducción de riesgos y adaptación progresiva a las necesidades del proyecto portuario.

Sin embargo, es importante comentar, que, al ser un proyecto prioritario dentro de la ampliación del puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán, el dividirlo en etapas no significa una diferencia entre ellos de años para su implementación, solo es una jerarquización de la importancia de cada estructura y equipamiento del CIAP.

5.6 Criterios Técnicos de Diseño

Los criterios técnicos de diseño del CIAP constituyen el marco rector que orienta la definición arquitectónica, estructural, electromecánica y operativa del conjunto. Estos criterios se fundamentan en la naturaleza del proyecto como infraestructura científica crítica, localizada en un entorno costero con alta exposición ambiental y vinculada a un sistema portuario de alta complejidad.

El enfoque de diseño integra principios de funcionalidad, eficiencia energética, resiliencia, durabilidad, seguridad y cumplimiento normativo, asegurando que el centro pueda operar de manera continua, segura y adaptable a lo largo de su vida útil.

5.6.1 Criterios funcionales

Los criterios funcionales del CIAP se basan en la organización eficiente de flujos de personas, materiales, información y energía, bajo un esquema de segregación operativa que evite interferencias entre actividades incompatibles. La base conceptual de este enfoque proviene de la ingeniería de procesos y del diseño de instalaciones científicas, en donde la zonificación es clave para garantizar seguridad, eficiencia y trazabilidad.

La distribución del conjunto debe establecer claramente tres dominios funcionales: áreas públicas, áreas técnicas y áreas de bioseguridad, cada uno con accesos, circulaciones y controles diferenciados. Esta segregación permite evitar cruces entre visitantes y procesos científicos, reducir riesgos de contaminación cruzada y mejorar la eficiencia operativa.

Asimismo, se deben definir jerarquías de acceso y rutas funcionales que permitan la circulación independiente de personal técnico, visitantes, materiales, residuos y fauna, en su caso. Esto es particularmente relevante en edificios como laboratorios, vivero, unidad de fauna y embarcadero. En la Tabla 5.10 se resumen los principios funcionales y su implicación en el diseño.

Tabla 5.10 Principios Funcionales del CIAP.

CRITERIO FUNCIONAL	BASE TÉCNICA	IMPLICACIÓN DE DISEÑO
Segregación de áreas	Bioseguridad y procesos	Separación física y control de accesos
Flujos diferenciados	Ingeniería de procesos	Circulaciones independientes
Jerarquía de accesos	Seguridad operativa	Control de entradas y salidas
Integración funcional	Eficiencia operativa	Conectividad entre unidades

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.6.2 Criterios climáticos

El diseño del CIAP debe responder a las condiciones climáticas propias de la zona costera de Manzanillo, caracterizadas por alta radiación solar, humedad elevada, presencia de niebla salina y vientos predominantes. La base técnica de estos criterios se encuentra en estrategias de diseño bioclimático y eficiencia energética, que buscan optimizar el comportamiento térmico del edificio y reducir la dependencia de sistemas mecánicos.

La orientación de los edificios debe minimizar la exposición al asoleamiento poniente, que genera mayores cargas térmicas, mientras que la disposición de aberturas y patios debe favorecer la ventilación cruzada. Las cubiertas deben diseñarse con pendientes adecuadas, ventilación y materiales resistentes a la corrosión, mientras que las fachadas deben incorporar elementos de sombreado que reduzcan la ganancia térmica.

En áreas críticas como laboratorios y centros de datos, se deben implementar sistemas de climatización controlada, mientras que en áreas administrativas y de vinculación se debe privilegiar el confort pasivo.

Tabla 5.11 Criterios de Diseño Climático.

VARIABLE CLIMÁTICA	BASE TÉCNICA	ESTRATEGIA DE DISEÑO
Radiación solar	Balance térmico	Orientación y sombreados
Humedad	Confort y durabilidad	Ventilación y materiales resistentes
Viento	Ventilación natural	Aperturas y patios
Salinidad	Corrosión	Selección de materiales

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.6.3 Criterios de resiliencia

La resiliencia del CIAP se define como la capacidad del conjunto para mantener su operación ante condiciones adversas, incluyendo eventos meteorológicos extremos, fallas de servicios y contingencias ambientales. Este criterio es fundamental en infraestructura crítica asociada a sistemas portuarios.

La base técnica de la resiliencia se sustenta en la gestión de riesgos y en el diseño de sistemas redundantes, robustos y adaptables. Esto implica considerar elevación de plataformas respecto a niveles de inundación, diseño de sistemas de drenaje pluvial eficientes, protección de instalaciones críticas y redundancia en sistemas eléctricos y de telecomunicaciones.

Asimismo, se deben incorporar estrategias de diseño que permitan la operación parcial del centro en caso de afectaciones, garantizando la continuidad de funciones críticas como monitoreo, análisis y respuesta a emergencias.

Tabla 5.12 Criterios de Resilencia.

RIESGO	BASE TÉCNICA	ESTRATEGIA DE DISEÑO
Inundación	Hidrología	Elevación de plataformas
Fallas eléctricas	Continuidad operativa	Sistemas de respaldo
Eventos extremos	Gestión de riesgos	Diseño robusto
Interrupción de datos	Infraestructura digital	Redundancia de telecomunicaciones

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.6.4 Criterios normativos

El diseño del CIAP debe cumplir con el marco normativo aplicable en materia de construcción, seguridad, medio ambiente y operación de instalaciones científicas. La base técnica de este cumplimiento se encuentra en la integración de normativas locales, nacionales e internacionales que regulan aspectos estructurales, sanitarios, ambientales y de seguridad.

Esto incluye reglamentos de construcción, normas oficiales mexicanas relacionadas con seguridad e higiene, manejo de sustancias químicas, calidad del agua, accesibilidad universal y protección civil. Asimismo, se deben considerar lineamientos específicos para laboratorios, centros de datos y manejo de residuos peligrosos.

El cumplimiento normativo no sólo garantiza la viabilidad legal del proyecto, sino que establece estándares de seguridad, calidad y operación que deben integrarse desde la etapa de anteproyecto.

Tabla 5.13 Criterios Normativos.

ÁMBITO NORMATIVO	REFERENCIA CONCEPTUAL	IMPLICACIÓN DE DISEÑO
Construcción	Reglamentos locales	Seguridad estructural
Ambiental	Evaluación de impacto	Monitoreo y mitigación
Seguridad	Protección civil	Evacuación y control
Accesibilidad	Diseño universal	Inclusión y uso público

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

En conjunto, estos criterios técnicos de diseño permiten establecer una base sólida para el desarrollo del CIAP, asegurando que el conjunto responda de manera integral a las condiciones del sitio, a las exigencias operativas del sistema portuario y a los requerimientos normativos aplicables.

5.7 Criterios de Ingeniería para Anteproyecto

El desarrollo del CIAP debe abordarse, a nivel de anteproyecto, bajo una lógica de infraestructura crítica de soporte científico, operativo y ambiental, emplazada en un entorno lagunar–costero con alta exposición a humedad, salinidad, viento, radiación solar, potencial de inundación y exigencias de continuidad operativa. En este sentido, los criterios de ingeniería no pueden limitarse a una definición arquitectónica de espacios, sino que deben establecer las bases de desempeño estructural, funcional, ambiental, electromecánico y logístico que permitan evolucionar con certeza hacia la ingeniería básica y el proyecto ejecutivo.

La base técnica del anteproyecto parte de cinco condicionantes principales:

1. La primera es la naturaleza del sitio, presumiblemente caracterizado por suelos blandos, estratos saturados, alta compresibilidad y posible presencia de depósitos finos lagunares, lo que obliga a considerar desde esta etapa campañas geotécnicas específicas, análisis de capacidad de carga, asentamientos totales y diferenciales, estabilidad global y evaluación del comportamiento del terreno ante cargas permanentes y variables.

2. La segunda condicionante es la exposición del conjunto a un ambiente marino agresivo, que incrementa los riesgos de corrosión en elementos estructurales, equipos, canalizaciones, fijaciones, envolventes y componentes electromecánicos.

3. La tercera corresponde a la necesidad de continuidad operativa en áreas sensibles, particularmente laboratorios, centro de monitoreo, telecomunicaciones, conservación de muestras y sistemas de control, las cuales no pueden depender de una sola fuente de energía o de una sola ruta de datos.

4. La cuarta deriva del carácter mixto del centro, que combina áreas públicas, técnicas, científicas, de bioseguridad, alojamiento y operación de campo, por lo que el diseño debe separar flujos, jerarquizar accesos y evitar interferencias entre visitantes, personal técnico, materiales, residuos y fauna.

5. La quinta condicionante es el horizonte de crecimiento de veinte años establecido en el programa preliminar, lo que obliga a plantear un esquema modular, ampliable y técnicamente escalable.

Desde el punto de vista estructural, el CIAP debe concebirse con criterios de durabilidad reforzada y confiabilidad funcional. La ingeniería estructural deberá sustentarse en el marco normativo mexicano aplicable en materia de acciones por cargas gravitacionales, viento y, en su caso, sismo, utilizando como referencia las Normas Técnicas Complementarias vigentes, manuales de diseño de la Comisión Federal de Electricidad para estructuras expuestas a viento y criterios de diseño por durabilidad en ambientes agresivos. Dado el contexto costero del Pacífico mexicano, las acciones de viento adquieren especial relevancia no sólo por la posible ocurrencia de ciclones tropicales, sino por los efectos de presión y succión sobre cubiertas ligeras, fachadas ventiladas, marquesinas, elementos exteriores y edificaciones de baja altura con grandes claros, como auditorios, áreas de vivero, cubiertas de maniobra y embarcadero. En esta etapa, el anteproyecto debe prever configuraciones estructurales regulares, con centros de masa y rigidez razonablemente balanceados, evitando voladizos innecesarios, cubiertas excesivamente livianas sin rigidización adecuada y cambios abruptos de rigidez entre módulos.

En función de la agresividad ambiental, la selección del sistema estructural deberá privilegiar soluciones robustas de concreto reforzado con especificaciones de durabilidad aumentada, incluyendo control de relación agua-cemento, recubrimientos mayores al mínimo normativo, empleo de aditivos o cementantes suplementarios cuando el estudio de durabilidad lo justifique y protección de juntas y anclajes expuestos. En elementos metálicos secundarios o de gran claro podrá considerarse acero estructural, siempre que incorpore galvanizado, sistemas multicapa de protección anticorrosiva y un programa de mantenimiento accesible. La decisión entre cimentaciones superficiales mejoradas, losas de cimentación, pilas o pilotes no debe cerrarse en esta fase, pero sí debe quedar condicionada a una investigación geotécnica que incluya sondeos, muestreo inalterado, pruebas de laboratorio y, preferentemente, evaluación del nivel freático, consolidación y agresividad química del suelo. En un conjunto de esta naturaleza, el criterio rector no será únicamente la seguridad última, sino el control de deformaciones y asentamientos diferenciales, especialmente en edificios con equipos de precisión, salas de servidores, laboratorios instrumentales y áreas con conexiones rígidas entre módulos.

La implantación general deberá partir de cotas de desplante seguras respecto a inundación pluvial, niveles extraordinarios de laguna, escurrimientos internos y eventos meteorológicos severos. La referencia técnica para ello deberá provenir del estudio topohidráulico del sitio, de los niveles de aguas máximas extraordinarias y del análisis combinado entre lluvia intensa, marea de tormenta y fallas temporales de drenaje. Por lo tanto, el anteproyecto debe incorporar plataformas elevadas, pendientes controladas, secciones de desalojo pluvial, bordos o taludes estabilizados cuando proceda, así como rutas de acceso que permanezcan operables durante eventos críticos. Este criterio es particularmente importante para el centro de monitoreo, laboratorios, cuarto eléctrico, cuarto de bombas, planta de tratamiento, almacenamiento de

reactivos y centro de datos, ya que una inundación en estas zonas comprometería simultáneamente la operación científica y la seguridad ambiental.

En materia de arquitectura técnica y envolvente, el conjunto debe responder a una estrategia bioclimática compatible con el entorno costero. La base técnica aquí es doble: por un lado, reducir demanda energética y mejorar confort mediante ventilación cruzada, control solar, orientación adecuada y aleros; por otro, garantizar que las áreas que sí requieren ambiente controlado, como laboratorios, cuartos fríos, servidores y salas instrumentales, cuenten con envolventes de mayor hermeticidad y sistemas HVAC específicos. El anteproyecto debe separar con claridad los edificios de funcionamiento predominantemente pasivo, como educación ambiental, oficinas abiertas y algunas áreas de alojamiento, de aquellos que requieren climatización de precisión o extracción especializada. Esta diferenciación evita sobredimensionamientos energéticos y permite una estrategia de operación más eficiente. En consecuencia, las cubiertas deberán diseñarse con pendientes adecuadas, materiales resistentes a atmósfera salina, sistemas de fijación de alta durabilidad y soluciones que reduzcan ganancias térmicas. Las fachadas poniente deberán protegerse con elementos de sombreado, y los acabados expuestos deberán seleccionarse con base en su resistencia a humedad, radiación UV, niebla salina y facilidad de mantenimiento.

El edificio de laboratorios e investigación constituye el núcleo técnico más exigente del CIAP y, por tanto, exige criterios particulares de ingeniería. La base de diseño de este edificio deriva de los requerimientos de seguridad química, trazabilidad analítica, segregación de procesos, bioseguridad operativa y estabilidad ambiental interna. La zonificación interior deberá separar de manera inequívoca la recepción de muestras, el pretratamiento, los laboratorios húmedos, las áreas de análisis instrumental, el almacenamiento de reactivos, el acopio temporal de residuos, la preparación de medios y las áreas de trabajo de investigadores. Esta separación no es sólo arquitectónica; responde a la necesidad de controlar contaminación cruzada, proteger personal y equipos, y sostener cadenas de custodia y calidad analítica. El diseño de instalaciones deberá prever presión diferencial donde proceda, extracción localizada en puntos de emisión, campanas o gabinetes según el tipo de proceso, rutas independientes para efluentes potencialmente contaminados y materiales interiores resistentes a agentes químicos y humedad. En particular, el laboratorio de contaminantes y química analítica, la microbiología y la conservación de muestras demandarán condiciones más estrictas que otras áreas de trabajo seco, por lo que desde el anteproyecto debe definirse una matriz de criticidad operativa que sirva como base para la ingeniería mecánica, eléctrica y sanitaria posterior.

El centro de monitoreo ambiental y datos debe ser tratado como un nodo de misión crítica. Su justificación técnica reside en concentrar datos de sensores remotos, estaciones ambientales, sistemas de telecomunicación, modelación predictiva y gestión de contingencias, por lo que su diseño debe basarse en principios de redundancia, disponibilidad, resiliencia y seguridad física. La sala de monitoreo, el cuarto de servidores, el centro de datos, la sala de crisis y el sistema de respaldo energético no deben entenderse como espacios aislados, sino como una cadena

continua de procesamiento y respuesta. Esto implica establecer desde el anteproyecto una arquitectura funcional con rutas segregadas de energía normal y de emergencia, canalizaciones dedicadas de voz y datos, control térmico estable, filtración de aire, detección y supresión de incendio compatibles con equipo electrónico, y restricción de acceso por niveles. En términos de ingeniería, la configuración recomendable es la de un sistema con respaldo de energía mediante UPS para transición inmediata y planta de emergencia para autonomía operativa, además de una topología de red con redundancia física que minimice la pérdida de servicio ante una falla puntual. El taller de calibración de sensores y el almacén de equipos de monitoreo deben ubicarse funcionalmente asociados a esta unidad para reducir tiempos de mantenimiento y reposición.

En el edificio administrativo y en el edificio de educación ambiental y vinculación, el criterio rector no es la criticidad analítica sino la eficiencia operativa, la claridad de flujos y la flexibilidad de uso. Sin embargo, ambos deben diseñarse con criterios de ingeniería compatibles con el resto del conjunto. El edificio administrativo requiere una infraestructura robusta de voz, datos, respaldo documental, control de accesos y condiciones adecuadas de habitabilidad para jornadas extendidas. La educación ambiental y vinculación, por su parte, integra espacios de concentración pública como vestíbulo, auditorio, museo, aulas y centro de documentación, por lo que debe diseñarse con especial atención a cargas de ocupación, rutas de evacuación, acústica, accesibilidad universal, control térmico y operación segura en eventos. La base técnica de esta unidad está asociada a su función como interfaz entre el centro, las comunidades, el sector educativo, las autoridades y los actores del sistema portuario, lo que la convierte en una pieza estratégica para divulgación, transparencia y socialización de resultados.

El alojamiento para investigadores y técnicos debe entenderse como infraestructura de soporte operativo y no únicamente como componente habitacional. Su función dentro del CIAP está vinculada a campañas intensivas, estancias cortas de especialistas externos, operación nocturna o extendida y atención de emergencias ambientales. Desde el anteproyecto, esto exige diseñar una unidad con estándares de habitabilidad adecuados, independencia razonable respecto de las áreas públicas, cercanía funcional con laboratorios y monitoreo, y servicios complementarios suficientes para asegurar autonomía temporal. La base técnica del alojamiento se relaciona con continuidad de operación, reducción de tiempos de respuesta y capacidad de atraer personal especializado en periodos críticos del proyecto o durante campañas de muestreo de alta intensidad.

La unidad de conservación ecológica y vivero, así como la unidad de rescate y manejo de fauna, deben proyectarse bajo criterios de bioseguridad, sanidad, manejo diferenciado y control ambiental básico. La primera debe sostener procesos de propagación, germinación, rustificación y apoyo botánico orientados a restauración ecológica y compensación ambiental, por lo que su ingeniería debe considerar demanda de agua, calidad de riego, drenajes, ventilación, control térmico parcial, sombreados y durabilidad de estructuras ligeras o semicubiertas. La segunda debe permitir recepción, valoración, cuarentena, recuperación y resguardo temporal de ejemplares, lo que demanda separación sanitaria, materiales lavables, control de olores, facilidad de limpieza,

disposición segura de residuos biológico-infecciosos cuando aplique y circuitos de operación que eviten contacto innecesario entre fauna en observación, personal técnico y visitantes. En ambos casos, el fundamento técnico está dado por la necesidad de cumplir medidas de mitigación, restauración y manejo ambiental derivadas de proyectos de infraestructura con incidencia sobre humedales, aves, reptiles, peces y otras especies asociadas al sistema lagunar.

El taller, almacenes y servicios técnicos, así como el embarcadero y apoyo operativo de campo, constituyen la base logística del centro. Su diseño debe responder a principios de operación segura, mantenimiento preventivo, control de inventarios, preparación de campañas y maniobra eficiente de equipos. El taller mecánico ligero, almacenes, área de carga y descarga y preparación de campañas deben resolver circulaciones de vehículos utilitarios, acceso de materiales, limpieza de equipos y segregación entre herramientas, refacciones, consumibles, combustibles y materiales sensibles. En el caso del embarcadero, la base técnica incluye la necesidad de compatibilizar el nivel de agua, las fluctuaciones locales, la maniobrabilidad de embarcaciones menores, la seguridad del personal, el almacenamiento de equipo náutico y la preparación de salidas de campo. A nivel de anteproyecto, es indispensable prever un muelle o plataforma de atraque con especificaciones congruentes con el calado y tipo de embarcaciones de trabajo, una rampa de botado menor y un patio de maniobras que permita operaciones sin interferir con áreas públicas.

En cuanto a instalaciones eléctricas, el CIAP debe diseñarse con una jerarquización clara de cargas normales, esenciales y críticas. La base técnica para ello es la continuidad diferenciada requerida por cada edificio. Mientras que oficinas, aulas o áreas museográficas pueden tolerar interrupciones breves, los laboratorios con equipos sensibles, los cuartos fríos, los servidores, la sala de monitoreo y algunos sistemas de seguridad requieren continuidad inmediata o restablecimiento prioritario. Por ello, el anteproyecto debe prever una subestación o acometida con capacidad de crecimiento, tableros seccionados, canalizaciones registrables, protecciones coordinadas y al menos dos niveles de respaldo: UPS para cargas que no admiten interrupción y planta de emergencia para autonomía operativa durante fallas prolongadas. El cuarto de baterías, la subestación, los tableros principales y las rutas de distribución deberán ubicarse fuera de zonas de riesgo de inundación, con ventilación, accesibilidad para mantenimiento y protección anticorrosiva. Adicionalmente, deben incorporarse desde esta etapa los criterios de sistema de puesta a tierra, protección contra descargas atmosféricas y supresión de sobretensiones, dada la sensibilidad del equipamiento electrónico y analítico.

Las instalaciones hidráulicas, sanitarias y de manejo de efluentes requieren un tratamiento particularmente cuidadoso por la coexistencia de usos domésticos, técnicos, de riego, limpieza, laboratorio y posible atención a fauna. La base técnica del diseño debe separar claramente la red de agua potable, la red de agua tratada o de reúso cuando sea viable, la red sanitaria, la red pluvial y las descargas especiales. La planta de tratamiento considerada dentro de las obras complementarias adquiere relevancia no sólo para cumplir criterios ambientales, sino para habilitar el reúso de agua en vivero, lavado de áreas exteriores y servicios auxiliares, reduciendo

presiones sobre el abastecimiento. En paralelo, los laboratorios no deben descargar de manera directa sin pretratamiento cuando manejen reactivos, medios o soluciones contaminantes; por tanto, el anteproyecto debe prever tanques de neutralización, segregación de corrientes o sistemas de manejo especial en función del catálogo analítico definitivo. El drenaje pluvial debe diseñarse con criterios de tormenta severa y rápida evacuación superficial, evitando anegamientos en patios técnicos, accesos, áreas de almacenamiento y cuartos de instalaciones.

Las telecomunicaciones y sistemas de datos deben proyectarse como infraestructura troncal del conjunto. La base técnica es que el CIAP no sólo produce análisis en laboratorio, sino que integra datos en tiempo real, imágenes, teledetección, modelación ambiental y coordinación operativa. En consecuencia, el anteproyecto debe incluir una red troncal preferentemente basada en fibra óptica, cuartos de telecomunicaciones por edificio, trayectorias protegidas, rutas redundantes entre edificios estratégicos y capacidad de crecimiento para sensores, estaciones remotas, videovigilancia, control de accesos, automatización y transmisión de grandes volúmenes de datos. El centro de monitoreo y el edificio de laboratorios deberán vincularse mediante una arquitectura digital robusta que permita interoperabilidad entre bases de datos, instrumentos, plataformas SIG y sistemas de visualización. A ello debe sumarse una política de seguridad física y lógica, con control por perfiles de acceso y resguardo redundante de información crítica.

En materia de seguridad, el anteproyecto debe desarrollar una estrategia integral que abarque seguridad humana, protección patrimonial, seguridad química, seguridad biológica y respuesta a emergencias. La base técnica para ello es la coexistencia de visitantes, personal administrativo, investigadores, técnicos, fauna en manejo, reactivos, equipos delicados y operación náutica. Las rutas de evacuación, salidas de emergencia, puntos de reunión, compartimentación, detección y supresión de incendio, control de accesos y manejo de residuos deben quedar definidos en el esquema funcional desde esta etapa, aunque su cálculo detallado se refine posteriormente. Es especialmente importante que el edificio de laboratorios, el almacén temporal de residuos, la unidad de fauna, el centro de datos y el embarcadero dispongan de protocolos espaciales diferenciados y barreras de seguridad acordes con sus riesgos específicos. En el mismo sentido, la accesibilidad universal no debe tratarse como una adición posterior, sino como un criterio rector de diseño para circulaciones, sanitarios, espacios de atención pública, aulas, auditorio, alojamiento y accesos principales.

La lógica de desarrollo por etapas constituye otro fundamento técnico central del anteproyecto. La etapa 1, integrada por el núcleo operativo inicial, debe asegurar autosuficiencia funcional mínima mediante la puesta en operación del edificio administrativo, laboratorios básicos, centro de monitoreo, taller, embarcadero e infraestructura primaria. La etapa 2 debe ampliar capacidad científica y ambiental con la consolidación de laboratorios, vivero, rescate de fauna y plataforma de datos avanzada. Finalmente, la etapa 3 debe fortalecer la dimensión pública e interinstitucional mediante educación ambiental, auditorio, museo interactivo y alojamiento. Esta secuencia no es solamente financiera o constructiva; responde a una estrategia de maduración funcional en la que primero se habilita la capacidad de medir, operar y responder,

después se amplía la capacidad de restaurar y especializar, y finalmente se consolida la capacidad de formar, comunicar y alojar colaboradores.

Para fines de control del anteproyecto, resulta útil sintetizar las bases de ingeniería por componente crítico en la Tabla 5.14.

Tabla 5.14 Criterios Normativos.

COMPONENTE	BASE TÉCNICA DOMINANTE	VARIABLE DE DISEÑO PRINCIPAL	IMPLICACIÓN DE ANTEPROYECTO
Cimentaciones y plataforma	Suelos blandos lagunares, nivel freático, riesgo de asentamientos	Capacidad de carga, consolidación, cota de desplante	Requiere campaña geotécnica y definición preliminar de sistema de cimentación
Estructura	Ambiente costero agresivo y acciones de viento	Durabilidad, rigidez, estabilidad global	Favorece concreto reforzado durable y acero protegido en elementos selectivos
Envolvente	Radiación, humedad, salinidad y ventilación	Ganancia térmica, corrosión, mantenimiento	Exige protecciones solares, materiales resistentes y diferenciación entre edificios pasivos y controlados
Laboratorios	Seguridad química, bioseguridad, trazabilidad	Segregación, presión, extracción, materiales	Obliga a zonificación estricta y definición de áreas críticas para HVAC y sanitarias
Monitoreo y datos	Continuidad operativa y misión crítica	Redundancia eléctrica y digital	Requiere UPS, planta, control ambiental y rutas redundantes de telecomunicaciones
Hidrosanitario	Convivencia de usos domésticos, técnicos y de riego	Separación de redes, tratamiento y reúso	Demanda planta de tratamiento, drenajes segregados y manejo especial de efluentes
Operación de campo	Acceso seguro a la laguna y logística de campañas	Maniobra, almacenamiento y seguridad náutica	Requiere muelle funcional, patio de maniobras y soporte técnico asociado
Conservación y fauna	Restauración y manejo ambiental	Sanidad, agua, ventilación y segregación	Exige bioseguridad, facilidad de limpieza y áreas exteriores especializadas
Desarrollo futuro	Crecimiento a 25 años	Modularidad y reserva de expansión	Condiciona redes maestras, vialidades y capacidad instalada inicial escalable

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Desde una perspectiva de factibilidad técnica, el escenario base de 6.3 ha construido resulta el punto de equilibrio más adecuado entre capacidad operativa, especialización funcional y posibilidad de crecimiento, ya que permite integrar laboratorios, monitoreo, conservación, logística, educación y alojamiento sin comprometer la separación de flujos ni la escalabilidad

futura. El escenario compacto tendería a tensionar la coexistencia de funciones críticas, mientras que el expandido exigiría una carga de inversión y operación superior desde etapas tempranas, sin que necesariamente se justifique antes de consolidar la demanda científica y operativa. Esta lectura coincide con la cifra de control sugerida en el programa preliminar.

En síntesis, el anteproyecto del CIAP debe entenderse como el paso en que se fijan las decisiones de ingeniería que determinarán la viabilidad del centro durante su vida útil. No se trata solamente de asignar superficies, sino de establecer las bases técnicas que hagan compatible un conjunto científico-portuario con un ambiente costero exigente, con requerimientos de continuidad operativa, con obligaciones de desempeño ambiental y con capacidad de crecimiento modular.

5.8 Matriz de Criticidad Operativa e Interdependencias

La transformación de la matriz área–función hacia una matriz de criticidad[2] operativa permite clasificar cada unidad del CIAP en función de su impacto sobre la continuidad del sistema, el riesgo asociado a su interrupción y los requerimientos técnicos necesarios para sostener su operación. Este enfoque se fundamenta en criterios de ingeniería de confiabilidad (reliability engineering), análisis de criticidad (RCA/FMEA)[3] y diseño de infraestructura crítica, donde se priorizan redundancias, niveles de servicio y estrategias de recuperación.

5.8.1 Matriz de criticidad operativa

La criticidad se clasifica en tres niveles: alta, media y baja. La clasificación considera la consecuencia de falla, el tiempo máximo de interrupción permisible (MTTR[4] objetivo), la necesidad de operación continua y la dependencia sistémica con otras áreas.

---

[2] La criticidad es el nivel de importancia, riesgo o impacto que tiene un componente, sistema o proceso dentro de un conjunto mayor. Se utiliza principalmente para priorizar recursos (como mantenimiento preventivo) basándose en las consecuencias de una falla en seguridad, producción o costos

[3] El análisis de criticidad (RCA/FMEA) combina herramientas de gestión de riesgos para optimizar la confiabilidad. FMEA (AMFE) es proactivo, identificando fallas potenciales antes de que ocurran. RCA (ACR) es reactivo, investigando las causas raíz de problemas tras su ocurrencia. Juntos mejoran la seguridad y reducen costos

a. FMEA/AMFE (Análisis de Modos y Efectos de Fallas): Es un enfoque estructurado y proactivo diseñado para identificar cómo un proceso o producto puede fallar.
b. RCA/ACR? (Análisis de Causa Raíz): Es un proceso reactivo utilizado para investigar las causas fundamentales de un problema, incidente o error después de que este ha ocurrido.
c. Enfoque: FMEA es proactivo (antes de), RCA es reactivo (después de).
d. Conexión: El FMEA ayuda a priorizar en qué sistemas enfocar el RCA.
e. Beneficios Comunes: Ambos son esenciales para una gestión de confiabilidad de alto desempeño, optimizando el mantenimiento y reduciendo el riesgo operacional.

[4] Mean Time To Repair (Tiempo Medio de Reparación o Tiempo Medio de Recuperación). Es un indicador clave de mantenimiento que mide el tiempo promedio necesario para diagnosticar, reparar y volver a poner en funcionamiento un equipo, sistema o componente tras un fallo inesperado

Tabla 5.15 Matriz de Criticidad Operativa.

ÁREA	NIVEL DE CRITICIDAD	CONSECUENCIA DE FALLA	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS CLAVE	NIVEL DE SERVICIO ESPERADO
Laboratorios	Alta	Pérdida de datos, invalidación de muestras, incumplimiento normativo	HVAC controlado, energía ininterrumpida (UPS), manejo de residuos, control de accesos	Operación continua / tolerancia a falla mínima
Monitoreo y datos	Alta	Pérdida de visibilidad en tiempo real, retraso en decisiones, riesgo operativo	Redundancia eléctrica (UPS + planta), climatización de precisión, telecom redundante	24/7 con alta disponibilidad (>99.5%)
Embarcadero	Alta	Imposibilidad de monitoreo en campo, retraso en respuesta a eventos	Acceso seguro, operación náutica continua, soporte logístico	Disponibilidad operativa permanente
Obras complementarias (eléctrico/hidráulico)	Alta	Paro total o parcial del centro	Redundancia, mantenimiento preventivo, protección contra inundación	Continuidad con respaldo
Talleres y almacenes	Media	Retrasos en mantenimiento, degradación de equipos	Inventarios, herramientas, accesibilidad logística	Alta disponibilidad operativa
Vivero	Media	Afectación en programas de restauración	Sistemas de riego, control ambiental básico	Operación continua no crítica
Rescate de fauna	Media	Riesgo a fauna, incumplimiento ambiental	Bioseguridad, control sanitario	Operación continua condicionada
Administrativo	Media	Retrasos en gestión y toma de decisiones	Sistemas de información, conectividad	Operación en horario extendido
Educación ambiental	Baja	Impacto social y de vinculación	Seguridad, accesibilidad	Operación programada
Alojamiento	Baja	Afectación logística, no crítica	Servicios básicos, habitabilidad	Operación intermitente

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Desde el punto de vista técnico, las áreas clasificadas como críticas altas requieren diseño con redundancia (N+1), protección contra fallas, prioridad en restablecimiento y ubicación fuera de zonas de riesgo. Las áreas de criticidad media requieren confiabilidad operativa, mientras que las de baja criticidad pueden operar bajo esquemas convencionales.

Tabla 5.16 Implicaciones de Diseño Derivadas de la Criticidad.

NIVEL DE CRITICIDAD	ESTRATEGIA DE DISEÑO	EJEMPLO APLICADO EN CIAP
Alta	Redundancia, respaldo, aislamiento, monitoreo continuo	UPS en monitoreo, control ambiental en laboratorios
Media	Mantenimiento preventivo, accesibilidad, flexibilidad	Talleres, vivero
Baja	Diseño convencional con cumplimiento normativo	Educación, alojamiento

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.8.2 Matriz de interdependencias entre áreas.

La matriz de interdependencias permite identificar cómo fluye la información, los materiales y la operación dentro del CIAP, estableciendo relaciones de dependencia directa entre áreas. Este análisis se fundamenta en principios de ingeniería de sistemas y diseño de procesos, donde cada unidad se entiende como parte de una cadena funcional.

El análisis de interdependencias evidencia que el CIAP opera como un sistema cerrado de generación y uso de información. El flujo principal inicia en el embarcadero y el monitoreo de campo, se consolida en los laboratorios, se integra en el centro de datos y se transforma en decisiones a nivel administrativo. Posteriormente, esta información se traduce en acciones de restauración, operación portuaria o comunicación social.

Desde la perspectiva de diseño, esto implica que las áreas con mayor número de dependencias deben ubicarse estratégicamente, con conectividad directa y prioritaria, minimizando tiempos de traslado y pérdidas de información. Asimismo, las áreas de soporte (talleres y obras complementarias) deben tener acceso universal y capacidad de intervención rápida.

Este enfoque permite validar que el CIAP no es una suma de edificios, sino un sistema integrado en el que la eficiencia depende de la correcta articulación entre sus componentes.

Tabla 5.17 Matriz de Interdependencias entre Áreas.

ÁREA ORIGEN	ÁREA DEPENDIENTE	TIPO DE DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN TÉCNICA
Embarcadero	Laboratorios	Datos/muestras	Provee muestras físicas y datos de campo
Embarcadero	Monitoreo	Datos	Alimenta sensores y observaciones en tiempo real
Monitoreo	Dirección / Administrativo	Información	Proporciona información para toma de decisiones
Laboratorios	Monitoreo	Validación	Retroalimentación para calibración de modelos
Laboratorios	Dirección	Resultados	Soporte técnico para decisiones estratégicas
Vivero	Laboratorios	Información	Validación de condiciones ambientales
Rescate fauna	Laboratorios	Diagnóstico	Análisis sanitario y biológico
Talleres	Todas las áreas	Soporte	Mantenimiento y operación de equipos
Obras complementarias	Todas las áreas	Infraestructura	Suministro de energía, agua y servicios
Educación	Dirección	Comunicación	Difusión y retroalimentación social
Alojamiento	Todas (indirecto)	Soporte humano	Facilita operación continua

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.9 Diagrama de Flujo Operativo del CIAP

El diagrama de flujo operativo del CIAP permite representar, en términos funcionales, la secuencia principal de procesos mediante la cual el centro transforma observaciones de campo, muestras, datos instrumentales y requerimientos operativos en información técnica validada, decisiones de gestión y acciones de respuesta ambiental o portuaria. Aunque no se trata de un diagrama de proceso industrial en sentido estricto, su construcción sigue la lógica de un Process Flow Diagram (PFD)[5], en el que se identifican entradas, nodos de transformación, rutas de retroalimentación y salidas operativas.

[5] Un Diagrama de Flujo de Proceso (PFD, por sus siglas en inglés) es una representación gráfica simplificada que muestra el flujo de materiales, energía y los equipos principales. Se utiliza en ingeniería para visualizar la estructura general, las operaciones unitarias y las condiciones operativas clave de manera esquemática.

La base conceptual de este flujo reside en la integración de tres cadenas principales. La primera corresponde a la cadena de adquisición de información, que inicia en el sistema lagunar, el frente portuario y las estaciones de monitoreo. La segunda corresponde a la cadena de procesamiento y validación, donde intervienen laboratorios, análisis de datos, modelación e interpretación técnica. La tercera corresponde a la cadena de decisión y respuesta, en la que la información validada se traduce en acciones de operación portuaria, gestión ambiental, restauración, contingencia o comunicación institucional.

Desde el punto de vista de diseño, este diagrama permite identificar nodos críticos, puntos de transferencia, dependencias funcionales y necesidades de conectividad física y digital. También sirve como base para establecer relaciones espaciales entre edificios, tiempos máximos de transferencia, requerimientos de respaldo y prioridades de continuidad operativa.

En la Tabla 5.18 se presenta la representación funcional del flujo principal del CIAP. Este flujo principal incluye además rutas de retroalimentación que son esenciales para el funcionamiento del CIAP. Los resultados de laboratorio alimentan la calibración de modelos y la validación de sensores. La información derivada del monitoreo en tiempo real puede detonar campañas extraordinarias de muestreo o activar protocolos de contingencia. Las acciones de restauración o rescate de fauna generan a su vez nuevos datos que regresan al sistema analítico para evaluar efectividad.

Finalmente, la información difundida mediante vinculación y cumplimiento normativo produce requerimientos institucionales que retroalimentan prioridades de monitoreo y líneas de investigación.

Para fines de anteproyecto, resulta útil representar también el flujo por subsistemas operativos, ver Tabla 5.19. Bajo un enfoque de ingeniería de procesos, el flujo operativo del CIAP evidencia que los nodos de mayor criticidad funcional son el embarcadero y la adquisición de datos, los laboratorios, el centro de monitoreo y la dirección técnica, ya que en ellos se concentran las transiciones que convierten observaciones dispersas en decisiones ejecutables. Por ello, estos nodos deben contar con rutas cortas de comunicación, redundancia de servicios y protocolos normalizados de transferencia de información.

5.10 Análisis de Modos de Falla (FMEA) por Área Crítica

El análisis de modos y efectos de falla, o FMEA por sus siglas en inglés, constituye una herramienta sistemática para identificar fallas potenciales, evaluar sus efectos sobre el sistema y establecer controles o acciones de mitigación desde el diseño. En el caso del CIAP, esta metodología es especialmente útil porque el centro integra infraestructura crítica, procesos analíticos sensibles, operación de campo, sistemas de telecomunicación y componentes de restauración ambiental, todos ellos con distintos niveles de vulnerabilidad e impacto.

Tabla 5.18 Matriz de Interdependencias entre Áreas.

ETAPA DE PROCESO	ENTRADA PRINCIPAL	UNIDAD RESPONSABLE	TRANSFORMACIÓN / PROCESO	SALIDA PRINCIPAL
Captación en sitio	Variables lagunares, costeras y portuarias	Embarcadero y monitoreo de campo	Muestreo, observación, levantamiento y registro	Muestras, lecturas y datos primarios
Recepción técnica	Muestras y datos de campo	Laboratorios / centro de monitoreo	Clasificación, resguardo, validación inicial y trazabilidad	Muestras registradas y datos estructurados
Análisis especializado	Muestras físicas y digitales	Laboratorios e investigación	Ensayos fisicoquímicos, microbiológicos, biológicos, sedimentológicos y geoambientales	Resultados analíticos y parámetros validados
Integración de información	Resultados + telemetría + series históricas	Centro de monitoreo ambiental y datos	Correlación, depuración, análisis estadístico y modelación	Información técnica integrada
Evaluación y decisión	Información integrada	Dirección técnica / administración	Priorización, interpretación operativa y definición de acciones	Instrucciones operativas, reportes, alertas
Respuesta / intervención	Decisiones técnicas	Operación de campo, vivero, fauna, infraestructura	Atención a eventos, restauración, mantenimiento, mitigación	Acciones correctivas y preventivas
Comunicación y vinculación	Resultados y acciones ejecutadas	Educación ambiental y vinculación	Difusión, capacitación, reporte institucional	Retroalimentación social e institucional

Nota: La lectura secuencial del proceso puede resumirse como sigue: Sistema lagunar y portuario → monitoreo de campo / embarcadero → recepción y trazabilidad → laboratorios y análisis especializado → integración y modelación de datos → evaluación técnica y toma de decisiones → respuesta operativa / restauración / contingencia → comunicación y vinculación
Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Tabla 5.19 Matriz de Flujo Operativo.

SUBSISTEMA	NODO DE ENTRADA	NODO DE PROCESO	NODO DE SALIDA	INTERDEPENDENCIA PRINCIPAL
Monitoreo ambiental	Campo / sensores	Centro de monitoreo	Alertas, telemetría, series	Laboratorios y dirección
Analítica ambiental	Recepción de muestras	Laboratorios	Resultados validados	Monitoreo, fauna, vivero
Gestión operativa	Resultados técnicos	Dirección y administración	Decisiones y programación	Todas las áreas
Intervención ecológica	Diagnóstico técnico	Vivero / fauna / campo	Medidas de restauración	Laboratorios y monitoreo
Vinculación institucional	Información validada	Educación y difusión	Informes, capacitación, socialización	Dirección

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Para este anteproyecto, el FMEA se concentra en las áreas de mayor criticidad operativa: laboratorios e investigación, centro de monitoreo ambiental y datos, embarcadero y apoyo operativo, obras complementarias de infraestructura crítica y, de manera complementaria, talleres y almacenes. La evaluación se estructura a partir de cinco variables: el modo de falla, la causa probable, el efecto sobre la operación, los controles actuales o previstos y la acción de diseño recomendada. Cuando resulta pertinente, también se incorpora una apreciación cualitativa de severidad, ocurrencia y detectabilidad para orientar prioridades.

Tabla 5.20 Criterios de Evaluación del FMEA.

VARIABLE	DEFINICIÓN APLICADA AL CIAP
Modo de falla	Forma específica en que un sistema, equipo o proceso puede fallar.
Causa probable	Condición técnica, operativa o ambiental que origina la falla.
Efecto	Consecuencia directa sobre seguridad, continuidad, calidad o cumplimiento.
Severidad	Magnitud del impacto sobre la operación del centro.
Ocurrencia	Probabilidad relativa de que la falla suceda.
Detectabilidad	Facilidad para detectar la falla antes de que produzca efectos mayores.
Acción recomendada	Medida de diseño, operación o mantenimiento para reducir el riesgo.

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.10.1 FMEA de los Laboratorios

El edificio de laboratorios presenta alta criticidad debido a que concentra procesos analíticos cuya interrupción puede provocar pérdida de muestras, invalidación de resultados, incumplimiento normativo o afectación al personal. Los modos de falla más relevantes se presentan en la siguiente Tabla 5.21.

Desde el punto de vista técnico, este análisis confirma que el diseño del edificio debe priorizar continuidad eléctrica, control ambiental, trazabilidad de procesos, segregación de flujos y durabilidad de instalaciones frente al ambiente marino.

Tabla 5.21 Criterios de Evaluación del FMEA de los Laboratorios.

MODO DE FALLA	CAUSA PROBABLE	EFECTO PRINCIPAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	ACCIÓN RECOMENDADA
Pérdida de energía en áreas analíticas	Falla de suministro o tableros	Interrupción de equipos, pérdida de conservación de muestras	Alta	Media	Alta	UPS en cargas críticas, planta de emergencia y seccionamiento eléctrico
Falla de HVAC o extracción localizada	Deficiencia mecánica, corrosión, mala operación	Riesgo al personal, contaminación cruzada, descontrol ambiental	Alta	Media	Media	Redundancia parcial, sensores, mantenimiento preventivo y materiales anticorrosivos
Contaminación cruzada de muestras	Deficiente segregación, flujo inadecuado	Invalidación analítica, pérdida de trazabilidad	Alta	Media	Media	Zonificación estricta, protocolos BPL, circulación separada y superficies adecuadas
Manejo inadecuado de residuos	Diseño insuficiente o error operativo	Riesgo sanitario, incumplimiento normativo	Alta	Baja	Media	Cuarto temporal especializado, rutas separadas y procedimiento de gestión integral
Falla en cuarto frío / conservación	Pérdida térmica, falla de equipo	Deterioro de muestras y repetición de campañas	Alta	Media	Alta	Monitoreo de temperatura, alarmas, respaldo energético y equipos redundan

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.10.2 FMEA del centro de monitoreo ambiental y datos

El centro de monitoreo y datos es un nodo de misión crítica cuya falla compromete la visibilidad operativa del sistema lagunar y la capacidad de respuesta ante eventos. Su FMEA se resume a continuación en la Tabla 5.22.

Tabla 5.22 Criterios de Evaluación del FMEA del Centro de Monitoreo Ambiental y Datos.

MODO DE FALLA	CAUSA PROBABLE	EFECTO PRINCIPAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	ACCIÓN RECOMENDADA
Caída del sistema de telecomunicaciones	Falla de red, daño físico, humedad	Pérdida de telemetría y comunicación	Alta	Media	Alta	Redundancia de enlaces, rutas protegidas y monitoreo continuo
Falla del centro de datos / servidores	Sobrecalentamiento, energía inestable, hardware	Pérdida temporal de información o capacidad de análisis	Alta	Media	Alta	Climatización de precisión, respaldo, replicación y UPS
Falla de suministro eléctrico continuo	Corte de red o planta	Interrupción de monitoreo 24/7	Alta	Media	Alta	Esquema UPS + planta + transferencia automática
Acceso no autorizado o incidente cibernético	Seguridad insuficiente	Manipulación o pérdida de información	Alta	Baja	Media	Control de acceso físico, perfiles de usuario, segmentación y respaldo seguro
Saturación del sistema ante contingencia	Incremento súbito de datos o eventos	Retraso en análisis y respuesta	Media	Media	Media	

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

La interpretación del análisis muestra que la arquitectura de datos del CIAP debe tratarse con criterios equivalentes a los de una instalación crítica, donde redundancia, ciberseguridad, control térmico y respaldo de energía son elementos de diseño indispensables.

5.10.3 FMEA del embarcadero y apoyo operativo de campo

El embarcadero constituye la puerta de enlace entre el centro y el sistema lagunar. Cualquier falla en esta unidad limita de manera inmediata la capacidad de muestreo, verificación en sitio y respuesta a contingencias, ver Tabla 5.23.

5.10.4 FMEA de obras complementarias e infraestructura crítica

Las obras complementarias concentran sistemas eléctricos, hidráulicos, de tratamiento, bombeo y manejo de residuos, cuya falla puede provocar la detención parcial o total del centro, ver Tabla 5.24.

Tabla 5.23 Criterios de Evaluación del FMEA del Embarcadero y Apoyo Operativo de Campo.

MODO DE FALLA	CAUSA PROBABLE	EFECTO PRINCIPAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	ACCIÓN RECOMENDADA
Inoperabilidad del muelle o rampa	Daño estructural, variación hidráulica, falta de mantenimiento	Suspensión de salidas de campo	Alta	Media	Alta	Diseño robusto, inspección periódica y ajuste a niveles operativos
Falla de embarcaciones o motores	Mantenimiento deficiente, corrosión	Retraso en campañas y contingencias	Alta	Media	Alta	Programa preventivo, resguardo adecuado y stock de refacciones críticas
Accidente en maniobra o embarque	Deficiente señalización o seguridad	Riesgo al personal y paro temporal	Alta	Baja	Alta	Protocolos náuticos, equipo de seguridad, control de accesos y capacitación
Pérdida o deterioro de equipo de campo	Almacenamiento deficiente, humedad salina	Disminución de calidad de muestreo	Media	Media	Alta	Bodega especializada, control de inventarios y resguardo anticorrosivo
Interrupción logística por clima extremo	Oleaje, viento, lluvia intensa	Imposibilidad de operación en campo	Media	Media	Alta	Procedimientos de cierre, ventanas operativas y capacidades alternas de monitoreo

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Tabla 5.24 Criterios de Evaluación del FMEA de Obras Complementarias e Infraestructura Crítica.

MODO DE FALLA	CAUSA PROBABLE	EFECTO PRINCIPAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	ACCIÓN RECOMENDADA
Falla de subestación o tableros principales	Sobrecarga, humedad, corrosión	Paro general o parcial del centro	Alta	Media	Media	Diseño con reserva, compartimentación, protección anticorrosiva y mantenimiento
Falla en planta de tratamiento	Mal dimensionamiento o mantenimiento insuficiente	Incumplimiento ambiental y afectación operativa	Alta	Baja	Media	Redundancia operativa, monitoreo de parámetros y acceso para mantenimiento
Falla en sistema de bombeo / cisterna	Pérdida de presión, daño mecánico	Interrupción de servicios hidráulicos y contra incendio	Alta	Media	Alta	Equipos redundantes, sensores y pruebas periódicas
Inundación de cuartos técnicos	Drenaje insuficiente o cotas inadecuadas	Daño a infraestructura crítica	Alta	Baja	Alta	Sobreelevación, drenaje perimetral y barreras de protección
Manejo deficiente de residuos especiales	Diseño inadecuado o falta de control	Riesgo sanitario y regulatorio	Alta	Baja	Media	Cuartos especializados, segregación y protección

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

5.10.5 FMEA de talleres y almacenes

Aunque su criticidad es media, los talleres y almacenes son esenciales para sostener la confiabilidad general del CIAP. Una falla en esta unidad no siempre detiene de inmediato la operación, pero incrementa la probabilidad de fallas acumuladas en otras áreas, ver Tabla 5.25.

5.10.6 Síntesis de prioridades del FMEA

El FMEA realizado evidencia que las prioridades de diseño del CIAP deben centrarse en cinco líneas de acción. La primera es la continuidad eléctrica y digital para laboratorios y monitoreo. La segunda es la protección ambiental y sanitaria en procesos analíticos y de manejo de residuos. La tercera es la confiabilidad logística y náutica del embarcadero. La cuarta es la protección física de cuartos técnicos y sistemas de soporte frente a inundación, corrosión y fallas mecánicas. La quinta es la implantación de una estrategia de mantenimiento preventivo basada en criticidad.

Tabla 5.25 Criterios de Evaluación del FMEA de Talleres y Almacenes.

MODO DE FALLA	CAUSA PROBABLE	EFECTO PRINCIPAL	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECTABILIDAD	ACCIÓN RECOMENDADA
Desabasto de refacciones o consumibles	Inventario deficiente	Paros prolongados en mantenimiento	Media	Media	Alta	Sistema de inventario mínimo y clasificación ABC de refacciones
Organización inadecuada del almacén	Falta de control logístico	Pérdida de tiempo y errores operativos	Media	Media	Alta	Layout de almacén, trazabilidad y codificación
Falla de equipo de mantenimiento	Uso intensivo o mala conservación	Retraso en reparación de activos críticos	Media	Media	Alta	Mantenimiento preventivo y reposición programada

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Para sintetizar estas prioridades se presenta la Tabla 5.26.

Tabla 5.26 Síntesis de Prioridades del FMEA.

ÁREA CRÍTICA	RIESGO DOMINANTE	ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE DISEÑO
Laboratorios	Pérdida de control analítico y ambiental	Redundancia eléctrica, HVAC especializado, segregación de procesos
Monitoreo y datos	Interrupción de información en tiempo real	UPS, planta, telecom redundante, ciberseguridad
Embarcadero	Pérdida de capacidad de campo	Diseño náutico robusto, mantenimiento y logística de respaldo
Obras complementarias	Paro sistémico del centro	Protección de infraestructura crítica, equipos redundantes
Talleres y almacenes	Incremento de fallas secundarias	Gestión de activos, inventarios y mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

En términos de anteproyecto, este FMEA no sustituye un análisis detallado por sistemas, pero sí establece con claridad las decisiones de diseño que deben quedar fijadas desde etapas tempranas para garantizar seguridad, continuidad operativa y cumplimiento ambiental.

5.11 Matriz de Requerimientos de Diseño por Edificio

La matriz de requerimientos de diseño por edificio, ver Tabla 5.27, tiene como finalidad traducir el programa arquitectónico y funcional del CIAP en parámetros técnicos verificables para el desarrollo de la ingeniería básica. A diferencia de una relación meramente programática de espacios, esta matriz vincula cada unidad edilicia con sus necesidades específicas de energía, agua, climatización, telecomunicaciones, seguridad, operación y mantenimiento, permitiendo establecer criterios de dimensionamiento preliminar y prioridades de diseño.

Desde el punto de vista metodológico, esta matriz se fundamenta en principios de programación técnica de instalaciones, diseño basado en desempeño, ingeniería de confiabilidad y coordinación interdisciplinaria. Su utilidad radica en que permite identificar qué edificios requieren continuidad operativa reforzada, qué áreas demandan control ambiental especializado, cuáles necesitan redes hidráulicas diferenciadas y cuáles pueden resolverse con esquemas más convencionales. Asimismo, facilita la definición de jerarquías para infraestructura crítica, reserva de capacidad, rutas de servicio y compatibilidad entre sistemas.

En el caso del CIAP, la matriz se vuelve especialmente relevante porque el conjunto combina edificios de naturaleza muy distinta. Algunos, como laboratorios y monitoreo, operan con criterios de alta criticidad y requieren instalaciones complejas; otros, como educación ambiental y alojamiento, responden a lógicas de confort, ocupación pública y habitabilidad; mientras que unidades como el embarcadero, vivero y talleres presentan requerimientos predominantemente logísticos, operativos y de robustez frente al ambiente costero. Por ello, la matriz no debe leerse sólo como una lista de necesidades, sino como una herramienta de integración entre arquitectura, estructura, ingeniería electromecánica, telecomunicaciones y operación.

La estructura de requerimientos se organiza en ocho categorías técnicas: criticidad operativa, requerimientos eléctricos, requerimientos hidráulicos y sanitarios, climatización y ventilación, telecomunicaciones y datos, seguridad y control, condicionantes constructivas, y observaciones de operación y mantenimiento. Estas categorías permiten resumir de manera clara la lógica de diseño de cada edificio.

La matriz anterior confirma que el diseño del CIAP debe apoyarse en una jerarquización clara de edificios según criticidad y tipo de requerimiento. Los edificios de laboratorios, monitoreo, embarcadero y obras complementarias conforman el núcleo de infraestructura crítica del conjunto. En ellos, los sistemas eléctricos, de datos y de soporte técnico deben diseñarse con criterios de continuidad, redundancia y tolerancia reducida a fallas. En contraste, el edificio administrativo, los talleres, el vivero y la unidad de fauna requieren soluciones robustas, pero con un enfoque centrado en confiabilidad funcional y mantenimiento más que en continuidad absoluta. Por su parte, educación ambiental y alojamiento responden principalmente a lógicas de confort, seguridad de ocupantes y facilidad de operación.

Tabla 5.27 Matriz de Requerimientos de Diseño por Edificio.

EDIFICIO / UNIDAD	CRITICIDAD OPERATIVA	REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS	REQUERIMIENTOS HIDRÁULICOS Y SANITARIOS	HVAC / VENTILACIÓN	TELECOM Y DATOS	SEGURIDAD Y CONTROL	CONDICIONANTES CONSTRUCTIVAS	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
Administrativo y dirección	Media	Alimentación normal regulada, respaldo parcial para TI y control de accesos	Agua potable, sanitarios, cocineta y drenaje convencional	Confort térmico mixto; ventilación natural asistida y climatización puntual	Red de voz y datos, videoconferencia, control documental	Control de accesos, detección de incendio, CCTV	Protección solar, materiales durables y buena conectividad interna	Operación en horario extendido, mantenimiento convencional
Laboratorios e investigación	Alta	Alimentación estabilizada, UPS para equipos críticos, respaldo por planta, circuitos separados	Agua potable, agua de proceso, drenajes segregados, pretratamiento de efluentes y manejo de residuos	HVAC especializado, extracción localizada, control de humedad y presión diferencial según zonas	Red robusta de datos, conexión a instrumentos, almacenamiento y trazabilidad digital	Acceso restringido, detección y supresión de incendio compatible, gestión de sustancias y bioseguridad	Acabados químicos resistentes, control de corrosión, pisos y superficies lavables	Mantenimiento especializado, calibración, validación y operación continua
Centro de monitoreo ambiental y datos	Alta	UPS, planta de emergencia, transferencia automática, calidad de energía reforzada	Agua y drenaje limitados a servicios; protección contra fugas en áreas sensibles	Climatización de precisión para servidores y centro de monitoreo	Red troncal redundante, fibra óptica, servidores, respaldo y ciberseguridad	Acceso por niveles, CCTV, detección temprana y supresión para equipo electrónico	Alta protección frente a humedad, temperatura e ingreso de agua	Operación 24/7, mantenimiento preventivo de TI y energía
Educación ambiental y vinculación	Baja	Alimentación convencional, respaldo parcial para equipos audiovisuales	Agua potable, sanitarios públicos, cafetería ligera y drenaje convencional	Confort térmico para ocupación pública, ventilación natural y climatización puntual	Red para aulas, auditorio, museo y servicios a visitantes	Rutas de evacuación, control de aforo, accesibilidad universal, detección de incendio	Espacios flexibles, protección solar, resistencia a uso intensivo	Operación programada, limpieza y mantenimiento frecuentes
Alojamiento para investigadores	Baja	Alimentación convencional, respaldo parcial para servicios esenciales	Agua potable, sanitarios, regaderas, lavandería y cocina común	Confort térmico habitacional, ventilación natural asistida y equipos de climatización local	Red básica de datos y comunicación	Control de acceso, detección de incendio y seguridad de ocupantes	Materiales resistentes a humedad, fácil mantenimiento y confort acústico	Operación intermitente, mantenimiento habitacional
Talleres, almacenes y servicios técnicos	Media	Alimentación para herramientas, mantenimiento y carga de equipos, reserva para expansión	Agua para limpieza, servicios y apoyo técnico; drenaje de piso donde aplique	Ventilación natural reforzada y extracción puntual en áreas específicas	Datos para gestión de activos e inventarios	Control de accesos, seguridad industrial, señalización y detección básica	Alta resistencia mecánica, pisos de uso rudo, protección anticorrosiva	Mantenimiento continuo y logística de inventarios
Conservación ecológica y vivero	Media	Alimentación para bombeo, riego, invernadero y equipos ligeros	Alta demanda de agua, riego, drenajes de operación y posibilidad de reúso	Ventilación natural, control microclimático parcial en invernadero y propagación	Datos básicos para monitoreo ambiental y control operativo	Seguridad sanitaria, control de accesos y resguardo de insumos	Estructuras ligeras resistentes al ambiente, superficies drenantes y cubiertas apropiadas	Operación diaria, mantenimiento de riego y estructuras ligeras
Rescate y manejo de fauna	Media	Alimentación para equipos clínicos básicos, refrigeración y soporte sanitario	Agua potable, drenajes controlados, limpieza intensiva y manejo sanitario de efluentes	Ventilación controlada, extracción y confort adecuado para especies y personal	Datos para registro de ejemplares y seguimiento clínico	Bioseguridad, control sanitario, acceso restringido y protocolos de manejo	Materiales lavables, resistentes y de fácil desinfección	Operación continua condicionada, limpieza y control sanitario intensivos
Embarcadero y apoyo operativo	Alta	Alimentación para taller ligero, iluminación, seguridad y equipos de campo	Agua para limpieza, regaderas, sanitarios y apoyo a operación náutica	Ventilación natural predominante y extracción puntual en resguardo de motores	Datos y radio/comunicación para coordinación de campo	Control de accesos, seguridad náutica, iluminación y CCTV	Diseño robusto contra salinidad, humedad, maniobra y variación hidráulica	Mantenimiento frecuente, inspección náutica y resguardo anticorrosivo
Obras complementarias	Alta	Subestación, tableros, planta de emergencia, bombeo, respaldo y distribución troncal	Planta de tratamiento, cisternas, bombeo, redes maestras y manejo especial de residuos	Ventilación técnica en cuartos de instalaciones	Automatización básica, monitoreo de sistemas y enlace al centro de datos			

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Desde la perspectiva eléctrica, la matriz evidencia tres niveles de exigencia. El primero corresponde a los edificios de alta criticidad que requieren alimentación respaldada, segregación de cargas y calidad de energía controlada. El segundo corresponde a edificios operativos de criticidad media que necesitan confiabilidad, capacidad de expansión y seguridad industrial. El tercero corresponde a edificios de uso público o habitacional, donde la prioridad es la seguridad del usuario y el confort. Este escalonamiento permite definir una estrategia general de distribución en la que las redes maestras partan desde obras complementarias con reserva suficiente para crecimiento, y se ramifiquen según niveles de prioridad. En términos conceptuales, esto es consistente con el diseño por jerarquía de cargas y con criterios de continuidad operativa aplicables a infraestructura crítica.

En materia hidráulica y sanitaria, la principal conclusión es que el conjunto no puede resolverse con una sola lógica de red. Los laboratorios y la unidad de fauna requieren corrientes controladas y manejo diferenciado de efluentes; el vivero demanda altos volúmenes para riego y posibilidad de reúso; el embarcadero necesita servicios de apoyo y limpieza; y los edificios administrativos, educativos y de alojamiento responden a esquemas convencionales de ocupación humana. Por tanto, el diseño deberá separar, desde la ingeniería básica, las redes de agua potable, agua de proceso o tratada, drenaje sanitario, drenaje pluvial y corrientes especiales. Este criterio se alinea con buenas prácticas de diseño sanitario y con requerimientos regulatorios asociados a manejo de residuos líquidos y protección ambiental.

En cuanto a climatización y ventilación, la matriz distingue tres familias de edificios. La primera incluye laboratorios y centro de monitoreo, donde se requieren ambientes controlados, extracción localizada, control de humedad y, en algunos casos, precisión térmica. La segunda familia comprende talleres, unidad de fauna y algunas áreas de apoyo, donde la ventilación natural reforzada o la extracción puntual pueden ser suficientes si se combinan con un adecuado diseño pasivo y materiales apropiados. La tercera familia incluye administrativo, educación ambiental y alojamiento, donde la estrategia más eficiente consiste en combinar ventilación natural, protección solar y climatización puntual en áreas de permanencia prolongada. Esta diferenciación permite evitar sobredimensionamientos, optimizar consumos y ajustar el diseño climático a la verdadera exigencia operativa de cada edificio.

Respecto de telecomunicaciones y datos, la matriz muestra que el CIAP debe estructurarse sobre una red digital jerarquizada. El centro de monitoreo y laboratorios requieren el mayor nivel de robustez, capacidad y seguridad, seguidos por administrativo y edificios de apoyo técnico, mientras que los edificios de vinculación, alojamiento y vivero necesitan conectividad funcional pero no crítica. La consecuencia de diseño es que el proyecto debe prever una troncal preferentemente en fibra óptica con redundancia entre nodos críticos, cuartos de telecomunicaciones por edificio y capacidad suficiente para integrar sensores, plataformas analíticas, videovigilancia, control de accesos y automatización técnica.

En seguridad y control, las diferencias entre edificios son igualmente significativas. Laboratorios, monitoreo, fauna, embarcadero y cuartos técnicos exigen accesos restringidos, protocolos específicos y sistemas de control reforzado. En cambio, educación ambiental y alojamiento requieren estrategias de seguridad centradas en aforo, evacuación, accesibilidad y protección del usuario. Esto demuestra que el sistema de seguridad del CIAP no debe resolverse de forma homogénea, sino mediante capas diferenciadas de control físico, operativo y tecnológico.

Las condicionantes constructivas, por su parte, evidencian la necesidad de una estrategia transversal de durabilidad en ambiente costero. Todos los edificios deberán responder a salinidad, humedad, radiación y exposición a eventos de lluvia intensa, pero esta exigencia se vuelve más estricta en embarcadero, talleres, vivero, laboratorios y obras complementarias. En consecuencia, la selección de materiales, recubrimientos, sistemas de fijación, pendientes, sellos y detalles de encuentro debe orientarse desde el anteproyecto a minimizar corrosión, filtraciones, degradación prematura y dificultades de mantenimiento.

Para facilitar la lectura de la información anterior, en la Tabla 5.28, se presenta una síntesis en la que se identifica el nivel relativo de exigencia de cada edificio por sistema técnico principal.

Esta matriz resumida permite establecer con claridad que la ingeniería básica del CIAP debe concentrar sus mayores esfuerzos de definición y coordinación en cuatro frentes: laboratorios, monitoreo, embarcadero y obras complementarias. Estos edificios o unidades condicionan la confiabilidad del sistema completo y deben considerarse prioritarios en estudios especializados, criterios de redundancia, selección de equipos y estrategias de mantenimiento. En segundo término, se ubican la unidad de fauna, el vivero y los talleres, cuya correcta resolución es esencial para el cierre del ciclo ambiental y logístico del centro. Finalmente, los edificios administrativos, de educación ambiental y alojamiento deben diseñarse con criterios robustos, pero más convencionales, cuidando siempre su integración con el resto del campus.

En conjunto, la matriz de requerimientos de diseño por edificio permite consolidar una base técnica verificable para las siguientes etapas del proyecto. Su principal aportación consiste en convertir la lógica funcional del CIAP en criterios concretos de diseño que facilitan la coordinación entre disciplinas, la priorización de inversiones y la transición ordenada hacia la ingeniería básica y el proyecto ejecutivo.

5.12 Matriz de Pre-dimensionamiento de Instalaciones por Edificio

La matriz de pre-dimensionamiento de instalaciones por edificio, ver Tabla 5.29, tiene como objetivo establecer parámetros preliminares de demanda y capacidad para los principales sistemas del Centro de Investigación Ambiental Portuario (CIAP), de modo que el anteproyecto disponga de una base cuantitativa inicial para la transición hacia la ingeniería básica. Estos valores

no deben interpretarse como dimensiones definitivas de proyecto ejecutivo, sino como referencias de diseño que permiten estimar órdenes de magnitud, reservas de capacidad, prioridades de infraestructura y compatibilidad entre disciplinas.

Tabla 5.28 Matriz Resumida de Prioridad de Ingeniería por Edificio.

EDIFICIO / UNIDAD	ELÉCTRICO	HIDROSANITARIO	HVAC	DATOS / TELECOM	SEGURIDAD	DURABILIDAD COSTERA	PRIORIDAD GLOBAL DE INGENIERÍA
Administrativo y dirección	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Laboratorios e investigación	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta
Monitoreo ambiental y datos	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta
Educación ambiental y vinculación	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Alojamiento para investigadores	Baja	Media	Media	Baja	Media	Media	Baja-media
Talleres, almacenes y servicios técnicos	Media	Media	Baja	Baja-media	Media	Alta	Media
Conservación ecológica y vivero	Media	Alta	Media	Baja	Media	Alta	Media
Rescate y manejo de fauna	Media	Alta	Media	Baja-media	Alta	Alta	Media-alta
Embarcadero y apoyo operativo	Alta	Media	Baja	Media	Alta	Alta	Alta
Obras complementarias	Alta	Alta	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

Desde el punto de vista metodológico, el pre-dimensionamiento se apoya en criterios de densidad de ocupación, intensidad de uso, criticidad operativa, tipología de espacios, requerimientos de equipos y experiencia comparada en edificios administrativos, laboratorios, centros de datos, instalaciones de apoyo técnico y espacios de conservación ambiental. Asimismo, se considera el entorno costero del sitio, el esquema de operación por etapas y la necesidad de prever márgenes razonables de crecimiento para una vida útil funcional del conjunto de al menos veinte años.

Tabla 5.29 Matriz de Pre-dimensionamiento Preliminar por Edificio

EDIFICIO / UNIDAD	SUPERFICIE ESTIMADA [m²]	OCUPACIÓN SIMULTÁNEA DE DISEÑO [personas]	CARGA ELÉCTRICA INSTALADA PRELIMINAR [kW]	DEMANDA MÁXIMA PROBABLE [kW]	CONSUMO DIARIO DE AGUA [m³/día]	DESCARGA SANITARIA / ESPECIAL ESTIMADA [m³/día]	REQUERIMIENTO HVAC	TELECOM Y DATOS	NIVEL DE RESPALDO
Administrativo y dirección	1,377.50	12–15	45–65	30–40	1.5–2.5	1.2–2.0	Confort mixto en oficinas y sala de juntas	Red media de voz/datos y gestión documental	Parcial
Laboratorios e investigación	2,976.94	25–30	220–320	150–220	8–15	5–10[5]	Especializado, con extracción, control de humedad y zonas diferenciadas	Red alta para instrumentación, trazabilidad y análisis	Crítico
Monitoreo ambiental y datos	1,435.28	8–12	90–140	70–110	0.8–1.5	0.6–1.0	Precisión para servidores y sala operativa	Red crítica redundante y almacenamiento	Crítico
Educación ambiental y vinculación	813.97	40–80[1]	70–110	45–75	3.0–5.0	2.4–4.0	Confort para auditorio, aulas y museo	Red media para audiovisual, público y operación	Parcial
Alojamiento para investigadores	1,041.91	18–24	35–60	25–40	4.0–6.5	3.2–5.2	Confort habitacional	Red básica-media para usuarios y gestión	Parcial
Talleres, almacenes y servicios técnicos	352.16	6–10	50–90	35–60	1.0–2.0	0.8–1.5[6]	Ventilación natural reforzada y extracción puntual	Red baja-media para inventario y operación	Prioritario
Conservación ecológica y vivero	315.85	6–10	40–80	25–50	10–20[3]	1.0–2.0[7]	Microclimático parcial en invernadero y propagación	Red baja para control operativo	Prioritario
Rescate y manejo de fauna	431.67	4–6	30–55	20–35	2.5–5.0	1.5–3.0[8]	Controlado, con ventilación y extracción sanitaria	Red baja-media para registro y seguimiento	Prioritario
Embarcadero y apoyo operativo	300	4–8	25–50	18–35	1.5–3.0	1.0–2.0	Predominio natural con extracción puntual en áreas técnicas	Comunicaciones de campo, radio y red media	Prioritario
Obras complementarias	650	3–6	180–300[2]	120–220	2.0–4.0[4]	Variable según subsistemas	Ventilación técnica en cuartos de instalaciones	Monitoreo técnico e integración con centro de datos	Crítico

Nota: (1) Según evento
(2) Asociados a infraestructura troncal y respaldo
(3) Más riego intensivo
(4) Operativos, sin incluir caudal total tratado
(5) Sanitarios más corrientes especiales por proceso
(6) Más posibles drenajes de limpieza
(7) Sanitarios más escurrimientos de operación
(8) Más corrientes sanitarias de limpieza controlada

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026

Para fines de esta matriz, los parámetros se expresan en términos preliminares de carga eléctrica instalada, demanda máxima probable, consumo diario de agua, descarga sanitaria estimada, necesidades relativas de climatización, requerimientos de telecomunicaciones y nivel de respaldo recomendado. Cuando la naturaleza del edificio lo exige, se distinguen además requerimientos especiales asociados a agua de proceso, extracción localizada, continuidad operativa o redes segregadas. Los valores deberán verificarse y refinarse en la siguiente fase mediante memorias de cálculo, catálogos de equipo, definición de ocupación real y estrategia operativa por turnos.

5.12.1 Criterios base de estimación

La estimación preliminar de energía se basa en la combinación de carga por superficie, carga por ocupación y carga por equipos específicos. En edificios de uso convencional, como administración, educación ambiental y alojamiento, el criterio dominante es la ocupación y el acondicionamiento de confort. En laboratorios, monitoreo, talleres y embarcadero, la variable dominante es la presencia de equipos especializados, extracción, bombas, comunicaciones y continuidad operativa. En vivero y fauna, la demanda depende adicionalmente de sistemas de riego, refrigeración, ventilación y soporte clínico o biológico.

En materia hidráulica, la demanda de agua se estima combinando consumo humano, servicios sanitarios, limpieza, procesos especiales y, en su caso, riego o atención clínica. La descarga sanitaria se considera como proporción del consumo total, con correcciones cualitativas para edificios donde parte del agua se destina a riego, lavado técnico o procesos que exigen manejo diferenciado. En edificios críticos, como laboratorios y unidad de fauna, no toda descarga puede considerarse sanitaria convencional, por lo que será necesario confirmar en ingeniería básica qué fracciones requieren tratamiento previo o conducción separada.

Respecto de climatización, el pre-dimensionamiento se plantea en categorías relativas que reflejan la intensidad de control ambiental requerida. Se distinguen edificios con climatización de confort, edificios con climatización especializada y extracción localizada, y edificios con control ambiental de precisión. De forma complementaria, la infraestructura digital se clasifica por nivel de exigencia entre conectividad básica, conectividad reforzada y red crítica redundante. Finalmente, el respaldo se estructura en cuatro niveles: sin respaldo especial, respaldo parcial, respaldo prioritario y continuidad crítica con UPS y planta.

5.12.2 Interpretación técnica de los parámetros preliminares

La matriz precedente permite identificar que el conjunto del CIAP puede agruparse en tres categorías de exigencia electromecánica. La primera corresponde a los edificios de alta intensidad técnica, integrados por laboratorios, monitoreo y obras complementarias, donde las cargas instaladas son significativamente mayores y la continuidad operativa se vuelve un criterio

dominante. La segunda agrupa edificios de soporte técnico y ambiental, como talleres, vivero, fauna y embarcadero, que presentan demandas moderadas, pero con requerimientos específicos de robustez, extracción, bombeo o apoyo logístico. La tercera reúne edificios de ocupación convencional, como administración, alojamiento y educación ambiental, en los que la demanda depende principalmente de confort, servicios y equipamiento general.

En términos eléctricos, el mayor peso del conjunto recae en laboratorios, centro de monitoreo y obras complementarias. Esto sugiere que el dimensionamiento preliminar de la infraestructura troncal deberá considerar una capacidad global instalada del orden de 785 a 1,270 kW, con una demanda máxima probable agregada del orden de 538 a 885 kW, antes de aplicar factores definitivos de simultaneidad, crecimiento y contingencia. A nivel de anteproyecto, esta lectura indica que el CIAP requerirá una acometida o subestación propia, una arquitectura de distribución seccionada por criticidad y al menos una estrategia de respaldo que combine UPS y planta de emergencia para cargas seleccionadas. La cifra exacta deberá ajustarse en la siguiente etapa, pero la escala de demanda ya confirma que no se trata de un equipamiento menor, sino de una instalación científico-portuaria con requerimientos eléctricos de campus técnico.

En materia hidráulica, la lectura preliminar indica una demanda base diaria sin riego intensivo del orden de 34.3 a 64.5 m^3/día, a la que debe añadirse el consumo específico del vivero y de eventuales procesos de laboratorio. En consecuencia, la infraestructura hidráulica del centro deberá contemplar cisternas de regulación, sistemas de bombeo, sectorización por usos y, de manera muy importante, diferenciación entre agua potable, agua de servicio y agua tratada para reúso. El vivero, por su intensidad de riego, y laboratorios, por sus requerimientos de proceso, condicionan de manera importante el diseño general. La presencia de una planta de tratamiento en las obras complementarias, ya prevista en el programa preliminar, se vuelve por tanto un elemento central no sólo para cumplimiento ambiental, sino también para eficiencia operativa y reutilización de agua.

Desde el punto de vista de drenaje y descargas, la matriz confirma que la ingeniería básica deberá separar con claridad tres familias de corrientes: las sanitarias convencionales, las asociadas a limpieza o lavado técnico, y las corrientes especiales sujetas a control o pretratamiento. Esta conclusión es particularmente relevante para laboratorios y unidad de fauna, donde no puede asumirse que toda descarga sea compatible con un sistema convencional sin tratamiento intermedio. De igual modo, los escurrimientos y retornos del vivero deben integrarse a una estrategia hidráulica que minimice pérdidas, erosión o descargas no controladas.

En climatización, el pre-dimensionamiento refleja una gradiente de complejidad que debe respetarse en el diseño. Laboratorios requieren sistemas especializados con extracción localizada y control diferenciado por zonas. El centro de monitoreo exige climatización de precisión para servidores y estabilidad para áreas de operación continua. Fauna demanda ventilación y extracción con criterios sanitarios. En el resto del conjunto, la estrategia más eficiente consiste en maximizar el desempeño pasivo del edificio y reservar la climatización mecánica para espacios de

permanencia prolongada o alta densidad de ocupación. Este enfoque es consistente con criterios de diseño bioclimático, eficiencia energética y diseño basado en desempeño.

En telecomunicaciones y datos, la matriz confirma que el núcleo digital del CIAP deberá articularse a partir del centro de monitoreo, con una red crítica redundante hacia laboratorios y enlaces funcionales al resto de edificios. La consecuencia directa es que el proyecto debe prever ducterías, cuartos de telecomunicaciones, nodos intermedios, protección física de rutas y escalabilidad suficiente para integrar analítica, monitoreo remoto, control de accesos, videovigilancia y plataformas de divulgación.

Tabla 5.30 Síntesis de prioridad de Pre-dimensionamiento por Sistema.

SISTEMA	EDIFICIOS CONDICIONANTES	IMPLICACIÓN PRINCIPAL PARA INGENIERÍA BÁSICA
Eléctrico	Laboratorios, monitoreo, obras complementarias	Definir subestación, jerarquía de cargas, respaldo y crecimiento
Hidráulico	Vivero, laboratorios, fauna, alojamiento	Definir cisternas, sectorización, reúso y redes diferenciadas
Sanitario / especial	Laboratorios, fauna, talleres	Definir pretratamiento, segregación de corrientes y manejo especial
HVAC	Laboratorios, monitoreo, fauna, educación ambiental	Definir tipologías de climatización y ventilación por criticidad
Telecom y datos	Monitoreo, laboratorios, administrativo	Definir troncal redundante, nodos y reserva tecnológica
Respaldo	Monitoreo, laboratorios, obras complementarias, embarcadero	Definir cargas esenciales, UPS, planta y transferencia

Fuente: Elaboración propia, RHG Ingeniería, 2026.

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

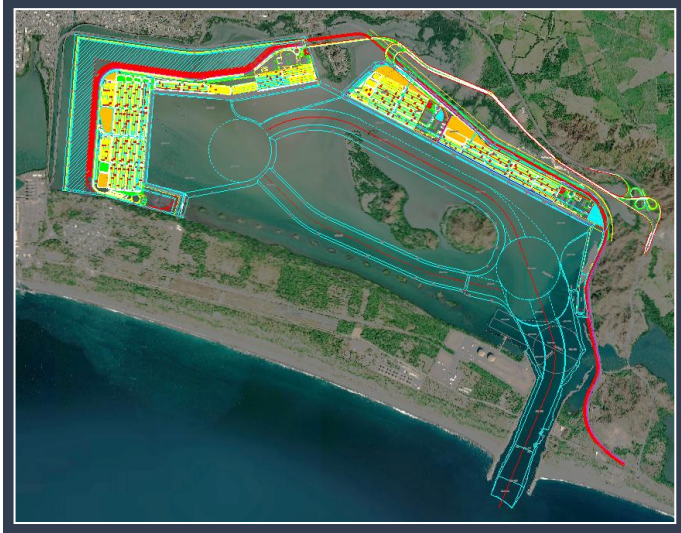
6.2 Recomendaciones.

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL







PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

INFORME PARCIAL
PROYECTO DE DRAGADO

MARZO 2026

Preparado por:

RHG INGENIERIA

PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN.

I N F O R M E P A R C I A L
PROYECTO DE DRAGADO

MARZO 2026

INDICE GENERAL

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo Principal. 2
2.2 Objetivos Particulares. 2
3.0 PROYECTO DE DRAGADO Y RELLENOS. 3
3.1 Generalidades. 3
3.2 Factores Condicionantes. 3
3.2.1 Características del desarrollo portuario. 3
3.2.2 Condicionantes ambientales. 4
3.2.3 Características y limitaciones técnicas de los equipos de dragado. 5
3.3 Características de los Suelos por Dragar. 5
3.3.1 Clasificación con Fines de Dragado. 7
3.3.2 Empleo del Material de Dragado 10
3.3.3 Talud Recomendado para el Dragado. 11
3.4 Áreas por Dragar. 12
3.4.1 Determinación de Profundidades de Agua de Las Áreas de Navegación 16
3.4.2 Determinación de la Configuración y Dimensiones de las Áreas de Navegación. 16
3.4.3 Bocana del Canal de Acceso 17
3.4.4 Áreas de Maniobra 18
3.4.5 Canales de Navegación. 19
3.4.6 Dimensionamiento de las Áreas de Navegación 22
3.5 Volúmenes de Dragado y Relleno. 29
3.5.1 Volumen de Dragado. 29
3.5.2 Volumen de Relleno. 30
4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 31
4.1 Conclusiones. 31
4.2 Recomendaciones. 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Clasificación del Material con Fines de Dragado. 7
Tabla 3.2 Talud Submarino Recomendado. 11
Tabla 3.3 Condiciones Físicas. 14
Tabla 3.4 Resumen de Resultados de Dimensiones de Áreas de Navegación. 22
Tabla 3.5 Resumen de Resultados de Análisis de Profundidad de Áreas de Navegación. 24

1.0 INTRODUCCIÓN

El presente informe parcial desarrolla los criterios técnicos y constructivos asociados al proyecto de dragado requerido para la habilitación de las áreas de navegación del Puerto Nuevo Manzanillo–Cuyutlán, considerando las condiciones físicas, geotécnicas y operativas propias de la Laguna de Cuyutlán.

El dragado constituye una actividad fundamental para garantizar la operatividad portuaria, permitiendo definir las profundidades, geometrías y condiciones de seguridad necesarias para la navegación, maniobra y permanencia de embarcaciones de gran calado. En este sentido, el proyecto contempla el análisis integral de factores relacionados con el buque de diseño, las condiciones hidrodinámicas (oleaje, corrientes y mareas), así como las características del fondo marino y las tolerancias constructivas.

Adicionalmente, se consideran los condicionantes asociados a la naturaleza de los suelos presentes en la zona, los cuales incluyen estratos arcillosos de baja resistencia, arenas de compacidad media y materiales altamente densos o geomateriales, lo que influye directamente en la selección de equipos, procedimientos constructivos y estrategias de aprovechamiento del material dragado.

El informe también integra la definición de las áreas de navegación —canales de acceso, dársenas de maniobra y canales interiores—, así como la estimación de volúmenes de dragado y relleno, con el objetivo de garantizar condiciones seguras de operación y optimizar el uso de los materiales generados durante la ejecución de las obras.

2.0 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Principal.

El objetivo principal de los servicios descritos en el presente documento es:

- Definir los criterios técnicos para el diseño y ejecución de los trabajos de dragado en la Laguna de Cuyutlán, incluyendo la determinación de profundidades, geometrías de las áreas de navegación, caracterización de materiales y estimación de volúmenes, con el fin de garantizar condiciones seguras y eficientes para la operación portuaria.

2.2 Objetivos Particulares.

Los objetivos particulares de los servicios descritos en el presente documento son:

- Analizar los factores condicionantes del dragado, incluyendo aspectos geotécnicos, ambientales, operativos y relacionados con el tráfico marítimo.
- Caracterizar los materiales presentes en el subsuelo, clasificándolos con fines de dragado y definiendo su potencial aprovechamiento.
- Establecer criterios para la determinación de taludes de excavación en función de la resistencia de los materiales.
- Definir la configuración geométrica y dimensiones de las áreas de navegación, considerando el buque de diseño y las condiciones de operación.
- Determinar las profundidades requeridas para garantizar la seguridad de la navegación, incluyendo márgenes de resguardo bajo quilla.
- Estimar los volúmenes de dragado y relleno, así como identificar el balance de materiales y su posible reutilización.
- Proponer criterios de diseño que permitan optimizar la operación portuaria y reducir costos de mantenimiento asociados al dragado.

3.0 PROYECTO DE DRAGADO Y RELLENOS.

El dragado es una actividad básica e imprescindible para la operatividad portuaria y costera, tanto desde el punto de vista de la construcción de obras y creación de nuevas infraestructuras, como desde el de la explotación y operación de las ya existentes.

El proyecto de dragado contempla los criterios para la determinación de las profundidades de agua en las diferentes áreas de navegación en la Laguna de Cuyutlán, considerando tanto los factores relacionados con el buque (trimados, resguardos para movimientos del buque por vientos, oleajes, corrientes y cambios de rumbo, resguardos para seguridad y control de la navegación, etc.) como los relacionados con el nivel de las aguas (mareas astronómicas y meteorológicas, regímenes fluviales, etc.), y los que dependen del fondo (imprecisiones de la batimetría, depósitos de sedimentos y tolerancia de ejecución del dragado).

3.1 Generalidades.

La profundidad de agua necesaria en las diferentes áreas de navegación y flotación son variables, teniendo en cuenta la vida útil de la ampliación hacia el interior de la Laguna de Cuyutlán, las condiciones de operatividad admitidas para la misma, las características y distribución del tráfico de buques, los costos de construcción y mantenimiento.

Las profundidades del agua que se han sido adoptados en el proyecto permiten que, durante todo el tiempo, condiciones de operatividad seguras, la navegación, maniobras, permanencia y carga o descarga de los buques, en condiciones de seguridad, para todos los barcos que utilicen dichas áreas de navegación y flotación.

3.2 Factores Condicionantes.

Los principales factores condicionantes de la forma en que se ejecutarán las obras de dragado son, por una parte, la calidad del terreno y las características técnicas de los equipos de dragado y, por otra, el tipo de obra a realizar y el medio físico donde se llevaran a cabo. A ello se le añaden otros factores que en un momento dado pueden resultar claves como, la proximidad de zonas urbanas, las regulaciones ambientales, determinadas circunstancias asociadas al tráfico marítimo, etc. Analizando estos factores, tenemos lo siguiente:

3.2.1 Características del desarrollo portuario.

Los condicionantes impuestos por el desarrollo portuario son de gran importancia y conviene dedicarles un estudio preliminar. Dentro de estas características, hay que tener en cuenta, al menos, las siguientes:

- Las condiciones físicas de la zona de dragado: Entre las condicionantes físicos está, en primer lugar, el clima marítimo del emplazamiento del dragado (el oleaje y las corrientes que influyen en la capacidad de movimiento, potencia instalada y en la fijación y el movimiento de los equipos de dragado y mareas que pueden dificultar las tareas de excavación del suelos) y, en segundo lugar, los factores meteorológicos (los vientos reinantes, la posibilidad de precipitaciones torrenciales que provoquen avenidas o desbordamientos, las nieblas) y por último las condiciones físicas del terreno (dimensiones, profundidad, rellenos, etc.).

- La naturaleza de los terrenos: Los tipos de suelo a los que se puede enfrentar una obra de dragado comprenden prácticamente todos los que nos podemos encontrar en la naturaleza. Por lo tanto, nos encontramos con una amplia variedad de suelos en cuanto a composición, estructura, dureza, densidad, granulometría, etc. Es fundamental un conocimiento perfecto de los suelos a dragar ya que esto repercutirá sobre el tipo de equipos a utilizar en la excavación, el transporte de productos y en los medios y elección de lugares para su vertido.

- La proximidad a zonas habitadas: La proximidad a zonas habitadas suele influir negativamente en el desarrollo de la obra. De hecho, puede ser un impedimento para la realización de este tipo de obras por los inconvenientes que suponen para la población (malos olores, ruidos, etc.) y la dificultad para encontrar zona para verter el material. Este último problema puede llevar a que la obra se encarezca de manera importante por la necesidad de buscar zonas para verter el material lejano a la obra de dragado, con el consiguiente incremento del costo de transporte que ello conlleva. Otro impedimento que se puede encontrar la obra de dragado por la proximidad a zonas terrestres son los permisos correspondientes.

- El tráfico marítimo que soporta la zona afectada: El último condicionante mencionado se refiere a la densidad del tráfico marítimo existente en la zona. Este condicionante tendrá más peso en el dragado de canales estrechos y en canales de acceso con gran frecuencia de tráfico. Cuando más tráfico marítimo nos encontremos, más dificultosa será la organización y el control de las obras de dragado, para minimizar los contratiempos en el devenir normal de la actividad marítimo-portuaria.

3.2.2 Condicionantes ambientales.

Un análisis medioambiental de la zona de dragado y el impacto que este tipo de obras tendrá en los ecosistemas de la zona, será una condición sin la cual, en la mayoría de los casos, no se podrá ejecutar este tipo de obra. Cada vez es un condicionante de mayor peso por la exigencia de la sociedad en su conjunto de respeto al medio natural. Bien es verdad que, en otras ocasiones,

como por ejemplo en la limpieza de fondos contaminados o limpieza de humedales, las obras de dragado pueden ser una herramienta de protección del medio ambiente.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que estas obras no solo afectan a la zona de dragado, sino que hay que evaluar el impacto del transporte y el vertido de los productos, bien en vertidos en el mar abierto o en cauces de ríos.

3.2.3 Características y limitaciones técnicas de los equipos de dragado.

El tipo de obra y la zona de proyecto de esta y las características de los equipos de dragado, la manera de organización del trabajo interactúa de manera reciproca. Por lo tanto, los equipos de dragado deben estar plenamente adaptados al tipo de obra y a la zona de proyecto, pudiendo un equipo particular resultar ideal para un tipo de obra y, sin embargo, no ser apto para la realización de otro

Por último, es importante comentar, que, en las obras de dragado, el condicionante más decisivo es el tipo de barco que utilizará las instalaciones portuarias de la ampliación en la Laguna de Cuyutlán y las características de este: dimensiones (eslora, manga y calado), condiciones de maniobrabilidad y necesidades de superficie de fondeo. En la planificación de la ampliación se deberá tener en cuenta, como base de los cálculos, el barco máximo que deba entrar a puerto junto con las características que se fijen para la navegación. Asimismo, la profundidad a que debe dragarse las áreas de navegación se estimará teniendo en cuenta que se deberá disponer en todo momento y circunstancia la profundidad para que la navegación del buque en la zona portuaria sea segura siempre deberá existir una profundidad de agua adecuada por debajo del buque denominada zona de resguardo. De todas maneras, al ser muy costoso el aumento de profundidades, se suele restringir al mínimo compatible con la seguridad de navegación, teniendo en cuenta las mareas de la zona de proyecto o la ausencia de grandes oleajes durante la mayor parte del año. Además, hay que tener en cuenta que los cálculos se realizan para el mayor buque posible, mientras que la mayoría de los puertos proporcionan servicio para buques de menor envergadura.

De acuerdo con las características del buque máximo se tendrán que proyectar las secciones y plantas de las distintas vías de acceso interiores y superficies de maniobra, mientras que las dársenas y zonas de fondeo se planifican según el tráfico y las características de los buques que la utilizan.

3.3 Características de los Suelos por Dragar.

Las obras de dragado son normalmente complejas y caras. Muchas veces constituyen el componente económico principal de las obras marítimas. Para poder proyectar de forma

adecuada las obras de dragado se requiere un buen conocimiento del material a dragar y de los condicionantes ambientales.

De acuerdo con el estudio de mecánica de suelos desarrollado, la estratigrafía encontrada en la zona de proyecto permite reconocer tres formaciones principales, la más superficial está conformada generalmente por depósitos arcillosos de consistencia errática, muy blanda a muy firme, que se prolonga a una profundidad que oscila entre -3.5 y -5.5 m.

Le siguen suelos arenosos mayormente medianamente compactos que se extienden a una profundidad que varía entre -5.5 y -8.8 m. Finalmente aparece el Estrato Resistente constituido por arenas muy compactas, dando lugar incluso a reconocerlos como geomateriales[1], con algunos estratos compactos no continuos, que se prolonga hasta el final de los sondeos, o sea más allá de -31 m.

Las características de las tres formaciones principales encontradas se describen a continuación.

Formación 1: Suelos arcillosos de resistencia errática: muy blanda a muy firme
- horizonte superior: nivel del fondo actual, entre -0.3 y -2.8 m
- horizonte inferior: entre -3.5 y -5.8 m
- espesor: entre 3.2 y 5.30 m
- material: Arcilla o arcilla muy poco arenosa (CH) color café gris, gris o gris oscuro, con vestigios de concha. Su consistencia es errática ya que va de muy blanda a muy firme.

Formación 2: Suelos arenosos medianamente compactos
- horizonte superior: entre -3.5 y -5.8 m
- horizonte inferior: entre -5.5 y -8.8 m
- espesor: entre 1.2 a 5.0 m
- material: Arena mal graduada (SP, SP-SM), mayormente en estado medianamente compacto con estratos sueltos a compactos no continuos, color café gris, gris o gris oscuro, con poca pedacería de concha.

Formación 3: Arena muy compacta (geomaterial)
- horizonte superior: entre -5.5 y -8.8 m

[1] El término de geomaterial se aplicó por primera vez por O'Neill et al. (1996) con el fin de distinguir los materiales con propiedades de resistencia que son intermedias entre el suelo de alta resistencia y una roca suave.

horizonte inferior:	más allá de -30.9 m
espesor:	mayor de 23 m
material:	Asociado al Estrato Resistente[2] se encuentran arenas mal graduadas (SP, SP-SM) color café gris, gris claro o gris oscuro, en estado muy compacto (geomaterial), con algunos estratos compactos no continuos en los sondeos S-04 y S-06, con poca pedacería de concha.

3.3.1 Clasificación con Fines de Dragado.

De acuerdo con la descripción estratigráfica expuesta anteriormente, en la Tabla 3.1 se expone la clasificación del material sujeto a dragado acorde a los dos criterios de clasificación elegidos, teniendo como punto de partida la clasificación SUCS.

Tabla 3.1 Clasificación del Material con Fines de Dragado.

Profundidad (m)	Clasificación		
	SUCS	USACE	SCT
Inicia desde la superficie y se extiende hasta una profundidad variable entre -3.5 y -5.8 m, con un espesor de 1.2 y 3.0 m	Arcilla o arcilla muy poco arenosa (CH) color café gris, gris o gris oscuro, con vestigios de concha. Su consistencia es errática ya que va de muy blanda a muy firme.	Grupo C Cohesive Soils (Suelos Cohesivos)	Material A a C
Entre -3.5 y -5.8 m y se prolongan entre -5.5 y -8.8 m, con un espesor de 1.2 a 4.0 m.	Arena mal graduada (SP, SP-SM), mayormente en estado medianamente compacto con estratos sueltos a compactos no continuos, color café gris, gris o gris oscuro, con poca pedacería de concha.	Grupo G Clean Granular Soils (Suelos Granulares Limpios)	Material A a C
Desde las cotas -5.5 y -8.8 m, continúa hasta la profundidad de dragado de -16.5 m.	Asociado al Estrato Resistente se encuentran arenas mal graduadas (SP, SP-SM) color café gris, gris claro o gris oscuro, en estado muy compacto (geomaterial).	Grupo G Clean Granular Soils (Suelos Granulares Limpios)	Material A a C

Fuente: Elaboración propia, 2026.

[2] Se define como Estrato Resistente (ER) aquel donde de manera predominante se tiene un número de golpes en la prueba de penetración estándar N>50, y que se mantienen de manera sostenida en un espesor de al menos 10 m.

Se recurre a dos criterios para clasificar el material por dragar que se mencionan a continuación:

- Según USACE

  En base al Sistema para la Clasificación de Sedimentos por Dragar elaborado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos[3] (US Army Corps of Engineers, USACE).

  También se tomó en cuenta lo expresado en el Manual de Ingeniería: Dragado y Gestión de Materiales de Dragado[4]. Vale la pena destacar que el USACE promueve la clasificación del suelo en base al SUCS.

- Según antiguo criterio de la SCT.

  La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) estipula hoy en día en su norma N-CTR-PUE-1-03-001/06, de noviembre de 2006, relativa al dragado con equipo marino, que cuando la obra se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada, no se clasificará el material por excavar, siendo esto responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra. Por esta razón, lo que aquí se expone tiene un carácter meramente de referencia y aprovecha lo asentado antes por la propia SCT[5] con fines de dragado, en que los materiales por dragar se clasificaban como tipos A, B, C y D.

El significado de la clasificación otorgada con letras por la USACE y por la antigua clasificación de la SCT se explica a continuación.

- Criterio USACE:

  a. Grupo C: Cohesive Soils (Suelos Cohesivos):

     – Propiedades geotécnicas: Éstos son suelos masivos de grano fino, por lo general arcillas firmes a duras y arcillas limosas de media a alta plasticidad. No son frágiles. Tienen suficiente densidad y contenido de arcilla para reportar

[3] Department of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Material Properties Related to Navigation and Dredging: Summary Report for Technical Area 2, Dredging Research Program, Technical Report DRP-95-7, September 1995, Washington, DC.

[4] Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Engineering and Design, Dredging and Dredged Material Management. EM 1110-2-5025, July 2015, Washington, DC.

[5] Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Normas para Construcción e Instalaciones, Costas y Puertos, Obras Marinas, Obras Portuarias e Instalaciones, Libro 3, Parte 3.03, Título 3.03.02, México 1984.

resistencia a la compresión no confinada. Exhiben plasticidad, cohesión y resistencia en seco. Poco o ningún contacto entre granos; la resistencia al esfuerzo cortante se deriva de la densidad, historia de esfuerzos, y la cantidad y tipo de arcilla.

- Propiedades de excavación: No es frágil (no se desmorona fácilmente); no se succiona o erosiona; puede ser excavado mediante el corte o paleo. Los taludes submarinos son generalmente muy estables, excepto en las arcillas blandas.

- Propiedades para la extracción y transporte: Probablemente se formen terrones durante el transporte mecánico o bolas de arcilla en las tuberías hidráulicas. Baja abrasión en la tubería. No se asienta con rapidez en la tolva, por lo general se desborda.

- Propiedades del depósito: A menudo pegajoso cuando el contenido de agua es alto, Toma bastante tiempo para asentarse en la zona de depósito. La cohesión de la arcilla impide la densificación del suelo con vibraciones. El abundamiento es bastante alto.

b. Grupo G: Clean Granular Soils (Suelos Granulares Limpios)

- Propiedades geotécnicas: El material es grava, arena o limo con poca o ninguna plasticidad; no conservará su estructura si se seca. La fuerza cortante se deriva de su densidad relativa, de la angularidad del grano, y la falta de finos.

- Propiedades de excavación: Se excava fácilmente bajo la erosión hidráulica (socavación). Tiene alta fragilidad. Fácil de cortar o socavar. Los taludes no son estables; tienden a fluir fácilmente bajo agua hasta su ángulo de reposo.

- Propiedades para la extracción y transporte: Fácilmente removible y transportable hidráulicamente. Las partículas se asientan muy rápidamente en una tolva. Fácilmente transportables en forma de lodo o mezcla acuosa en tuberías, la energía requerida es función del tamaño del grano medio. Las partículas grandes contribuyen al desgaste de la tubería. Los factores de abundamiento son bajos.

- Propiedades del depósito: Se descarga con facilidad. Se asienta rápidamente en el área de depósito. Los suelos granulares limpios (con pocos o nada de finos plásticos) se densificarán con vibraciones. Normalmente no responden bien a la compactación mecánica.

- Criterio SCT:

  a. Material A: Se clasifican así los limos y fangos (arcillas blandas con materia orgánica).

  b. Material C: Se clasifican así las arenas, gravas, conchuelas y arcillas medianamente compactas.

  c. Material D: Se clasifican así las arenas, gravas, conchuelas y arcillas cementadas.

3.3.2 Empleo del Material de Dragado

Se distinguen dos tipos de material por remover, a saber:

a. El material por extraer hasta las cotas -4 y -6 m, aproximadamente, es arcilla o arcilla muy poco arenosa (CH) color café gris, gris o gris oscuro, con vestigios de concha. Su consistencia es errática ya que va de muy blanda a muy firme. Por lo tanto, no se recomienda que este material removido NO SEA empleado en la conformación de ningún tipo de relleno estructural, por lo que deben retirarse del lugar y depositarse en el sitio adecuado para este fin.

b. Después, hasta la cota de dragado de -16.5 m., aparecen Arena mal graduada (SP, SP-SM), mayormente en estado medianamente compacto con estratos sueltos a compactos no continuos, color café gris, gris o gris oscuro, con poca pedacería de concha, que se extiende entre las cotas -6 y -9 m, aproximadamente. Después, y asociado al Estrato Resistente, arenas mal graduadas (SP, SP-SM) color café gris, gris claro o gris oscuro, en estado muy compacto (geomaterial). Por lo que el uso de este material puede ser el siguiente:

   - Conformación de rellenos estructurales.
   - Construcción de terracerías y capa subrasante dentro de la estructura de pavimentos.
   - Rellenos de zanjas para instalaciones y de cimentaciones superficiales.

Respecto al abundamiento del material, se debe tomar en cuenta que al estimar el volumen para el diseño de terrenos ganados al mar, por ejemplo, se deben prever correcciones por el efecto de abundamiento del material.

En nuestro caso y cuando se usa draga mecánica es de esperarse el siguiente abundamiento:

a. Factor de abundamiento de 1.0 a 1.1, para el material por extraer aproximadamente hasta las cotas -4 y -6 m, formado por arcilla o arcilla muy poco arenosa muy blanda a muy firme.

b. Factor de abundamiento de 1.15 para la arena generalmente en estado medianamente compacto que se extiende hasta las cotas -6 y -9 m, aproximadamente.

c. Factor de abundamiento de 1.25 a 1.35, para el Estrato Resistente constituido por arenas mal graduadas en estado muy compacto (geomaterial), que se prolonga hasta la cota de dragado de -16.5 m.

3.3.3 Talud Recomendado para el Dragado.

Como referencia, en la Tabla 3.2 se muestran los taludes submarinos recomendados en la literatura técnica.

Tabla 3.2 Talud Submarino Recomendado.

Tipo de suelo	Canadian Coast Guard(*)	Department of the Navy(**)	Institution of Civil Engineers(***)
Roca firme	1:1	–	Casi vertical
Roca fisurada	1:1	–	–
Grava cementada o arcilla dura	1:1	–	1.2:1
Arcilla con gravas, firme	1:1	–	–
Arcilla firme	1.5:1	1:1	1.2:1
Arcilla arenosa	–	–	3.7:1
Grava arcillosa	1.5:1	1:1 y 2:1	–
Arena arcillosa, suelta	2:1	–	2.1:1
Arena y gravas sin o con pocos finos	3:1 y 4:1	2:1 y 5:1	–
Arena gruesa y gravas sin o con pocos finos	–	3:1 y 4:1	5.7:1
Arena y gravas con finos	4:1 y 5:1	–	–
Arena fina	–	–	11.4:1
Turba	4:1	–	–
Lodo y limo blando	6:1 y 8:1	6:1 y 8:1	11.4:1 o menor

Fuente: (*) Canadian Coast Guard. 2001a. Safe waterways (A Users guide to the design, maintenance and safe use of waterways), Part 1[(a)] Guidelines for the safe design of commercial shipping channels.
(**) Department of the Navy, Naval Facilities Engineering Command, Dredging Equipment, Design Manual 38.2. NAVFAC DM-38.2, USA, July 1981.
(***) Institution of Civil Engineers (ICE), Yell, Denis, Dredging: Design and Practice Guide, June 1995.

En base a los análisis antes expuestos, para efectuar el dragado a las cotas de proyecto de las áreas de navegación en la Laguna de Cuyutlán se recomienda lo siguiente:

a. Adoptar en el dragado un talud compuesto por dos pendientes:

    1. Talud en los suelos de resistencia baja a moderada que sobreyacen el estrato resistente, y

    2. El talud mismo del estrato resistente compuesto por arena muy compacta (geomaterial).

b. Para el del suelo sobreyacente el talud no debe ser menor de 4:1 (H:V), por lo tanto, considerando los taludes naturales en la zona que actualmente se encuentra dragada en el interior de la laguna, se propone un talud de 6:1 (H:V). De acuerdo con la estratigrafía encontrada en el frente de atraque estos suelos se prolongan desde el fondo lagunar hasta una profundidad que oscila entre -2.00 y -10.60 m.

c. En el estrato resistente se propone que el talud sea de 3:1 (H:V). Dada la alta resistencia de este material se considera que el equipo de dragado debe ser capaz de identificar el contacto con este material y entonces modificar la inclinación del talud.

d. Para el caso donde se encuentra roca, se recomienda adoptar un talud de 1.5 :1 (H:V).

3.4 Áreas por Dragar.

El desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán con su disposición en planta y de los canales de acceso, áreas de maniobra y dársenas, deben garantizar unas condiciones de operatividad y seguridad mínimas.

La definición correcta de un área de navegación o fondeo precisa la determinación de los elementos siguientes:

- La configuración geométrica de los espacios de agua y terrestres utilizados, mediante las definiciones precisas en planta y alzado de ejes, alineaciones, curvas, cotas, niveles y cuantos elementos sean necesarios para una determinación inequívoca de tales espacios.

- El balizamiento de señalización marítima que se prevea instalar para la identificación «in situ» de tales espacios, cuya definición deberá ser especialmente concreta en el caso de que se haya afinado el dimensionamiento basándose en la precisión de determinadas ayudas a la navegación.

- Las condiciones climáticas marítimas y atmosféricas límites que permitan la utilización de las áreas de navegación o fondeo en condiciones normales de operación. Estas condiciones podrán ser diferentes según e tipo y dimensiones de los buques, los remolcadores disponibles, o en función de cualquier otra condición particular que se haya definido en cada caso.

- Los requerimientos básicos de remolque que se precise disponer para la utilización de las áreas de navegación o fondeo por determinados tipos de buque, asociados a las condiciones climáticas en que puedan desarrollarse estas maniobras en condiciones normales de operación.

Un área de navegación o fondeo no queda definida, por tanto, solamente por sus características geométricas y su balizamiento, sino también por sus condiciones operativas y por la necesidad o no de utilización de remolcadores u otras ayudas a la navegación, circunstancias que determinan, no sólo el que pueda disponerse de mayores o menores porcentajes de tiempo aptos para la operación de los buques, sino también las propias dimensiones de los espacios de agua requeridos.

Por tal motivo, el procedimiento recomendado para la definición de las áreas de navegación en el interior de la Laguna de Cuyutlán es el siguiente:

- Establecer las características de la flota de buques que operará en la zona en los diferentes años a futuro que vayan a considerarse dentro de la vida útil; en general se dispondrá de la siguiente flota atendiendo a las previsiones de tráfico.

  En este caso en particular, la flota de buques portacontenedores de diseño, se compone de 3 buques:

  – Maxi Neo-Panamax [Eslora = 369 m, Manga = 51.2 m y Calado = 15 m], buque de mayores dimensiones que ha pasado por las nuevas esclusas de Panamá, cargando hasta 14.500 TEU’s.

  – Nuevos Clase E [Eslora = 398 m, Manga = 56 m y Calado = 15.5 m], buques con hasta 21.000 TEU’s de capacidad.

  – Megamax 24 (MGX24), [Eslora = 400 m, Manga = 61.5 y Calado = 16.5 m (max = 17.7 m)], buques con hasta 24.000 TEU’s de capacidad.

  Siendo el buque MGX24, por sus dimensiones, el más relevante para el diseño de las áreas de navegación.

- Prefijar las condiciones climáticas marítimas y atmosféricas límites para las distintas maniobras de buques que puedan desarrollarse en la zona que se considere. Estas condiciones se muestran en la tabla 3.3.

  Considerando el clima local es posible establecer las condiciones climáticas para el dimensionamiento de las áreas de navegación.

Tabla 3.3 Condiciones Físicas.

Oleaje (Dirección / Hs)	**Viento** Dirección / Velocidad)	**Corriente Superficial**	
		Exterior Dirección / Velocidad)	**Interior** (Velocidad)
SSW / 2.0 m	NNE – SE – SSW – WNW / 20 nudos	ESE – WNW / 2.0 nudos	0.50 nudos

Fuente: Elaboración propia, 2026.

De acuerdo con la información del viento y a las características del área de proyecto se consideran las siguientes direcciones de análisis:

– Por su alta frecuencia de presentación se consideran las direcciones NNE y WNW, donde la primera no tiene gran influencia en el acceso al puerto, debido a su alineamiento con el canal Tepalcates y su baja intensidad. La segunda complica la maniobra debido a su transversalidad al canal de acceso.

– Por su elevada intensidad se consideran las condiciones SE y SSW, donde la primera complica la maniobra debido a su dirección transversal y la segunda perjudica la parada del buque en la dársena de ciaboga, al incidir por popa en el canal de acceso.

Con base a la información del oleaje disponible, se considera un único escenario de referencia por su alta frecuencia de presentación, con oleaje SSW de 14 segundos de periodo (periodo de pico promedio), considerando una altura de ola significante de referencia de 2.0 m, debido a la complejidad que supone tanto para la conexión como para la operación de los remolcadores.

El nivel de agua no se considera un factor relevante para el estudio, por lo que, de forma genérica, se considera el valor del nivel de bajamar medio inferior (0.0 m), que, además, reduce el resguardo bajo quilla, siendo por lo tanto una situación desfavorable para la navegación.

Según la conversación mantenida con los Prácticos locales se ha confirmado la siguiente información relativa a la corriente:

- Las corrientes son paralelas a la costa, en los dos sentidos, y completamente transversales al canal de acceso. No se ha podido determinar estacionalidad o dependencia en la dirección del oleaje con otros factores.

- La intensidad máxima de la corriente observada es de unos 2.5 nudos, y esta ocurre tras un fuerte temporal, y la mínima de unos 0.2 nudos. La velocidad de la corriente, de forma general, suele encontrarse en valores entre 0.5 nudos y 1.5 nudos.

- Una vez el buque ha superado los espigones no se aprecia corriente.

- En ocasiones, la dirección de la corriente varía significativamente entre la recalada y el canal de acceso. Para conocer la corriente cerca del canal de acceso emplean una embarcación menor, dejándola derivar para determinar la corriente, ya que no se dispone de más información ni elementos de medida de la corriente, que se han solicitado en numerosas ocasiones.

En nuestro caso, la corriente de referencia en mar abierto (zona de morros en las escolleras del canal de acceso) es paralela a la costa, de componentes ESE y WNW que no penetra en el canal de acceso. Como velocidad de corriente superficial de referencia se considera 2 nudos en ambos casos.

En el interior de la laguna puede verse afectado por corrientes locales, debidas principalmente al flujo y reflujo de la marea entre los distintos vasos. En concreto, en la zona de estudio, y en épocas de lluvias, se produce una importante corriente de desagüe del Vaso III al Vaso II que se presenta en la zona de maniobra de la dársena de ciaboga No. I. Para la corriente en el interior de la Laguna de Cuyutlán se considera una corriente de 0.50 nudos, asociada al flujo y reflujo de la marea.

La definición geométrica de las Áreas de Navegación y Flotación está basada en el conocimiento de los espacios ocupados por los buques, que dependen de:

- El propio buque y los factores que afectan a sus movimientos.
- El nivel de las aguas y los factores que afectan a su variabilidad.

Para que la navegación se efectúe en condiciones de seguridad, estos espacios ocupados por el buque deberán tener cabida suficiente dentro de los espacios físicos disponibles en el

emplazamiento, para lo cual será necesario tomar en consideración los factores de incertidumbre relacionados con el contorno (suelo, paramentos, otros buques navegando o en flotación, elementos que afecten a los gálibos aéreos, etc.). Con objeto de mantener un adecuado margen de seguridad, se precisa disponer de unos espacios adicionales entre los requeridos por los buques y los disponibles según las condiciones de contorno del emplazamiento.

Para la valoración de los resguardos de seguridad se toma en consideración los diferentes supuestos de riesgo que pueden presentarse atendiendo a la siguiente tipología de modos de fallo o estados límite últimos:

- Colisión entre embarcaciones en navegación.
- Colisión de una embarcación en navegación con un objeto flotante (embarcación fondeada o amarrada, boya, etc.).
- Impacto de un buque con un objeto fijo rígido (muelle, pila o tablero de un puente, etc.).
- Contacto de un buque con el fondo o taludes del suelo, tomando en cuenta la naturaleza de éste, así como la posibilidad de que se produzca una varada.

3.4.1 Determinación de Profundidades de Agua de Las Áreas de Navegación

Para la determinación de la profundidad de agua necesaria en las diferentes áreas de navegación (canal de acceso, dársenas de ciaboga, dársena de muelle y canales interiores), se realizó en cada caso tomando en consideración los factores siguientes:

- El calado de los buques y los factores relacionados con los barcos que puedan ocasionar que algún punto de su casco alcance una cota más baja que la correspondiente a quilla plana en condiciones estáticas en agua de mar.

- El nivel del agua que se considere y los factores que afectan a su variabilidad, que determinarán el plano de referencia para emplazar el buque.

- Los márgenes de seguridad que se establezcan para prevenir un contacto del buque con el fondo.

En general el análisis se efectuó suponiendo que los buques de diseño operarán a plena carga. Asimismo, se fijaron las condiciones climatológicas (mareas, vientos, oleajes, etc.) y de seguridad y ayudas a la navegación (resguardos, remolcadores, etc.), que permitiesen efectuar las operaciones requeridas en la ampliación del puerto en el interior de la Laguna de Cuyutlán.

3.4.2 Determinación de la Configuración y Dimensiones de las Áreas de Navegación.

La determinación de la configuración y dimensiones en planta necesarias en las diferentes áreas de navegación en el interior de la Laguna de Cuyutlán se tomó en cuenta las áreas planteadas en la planeación de la ampliación del puerto de Manzanillo en dicha laguna, para lo cual se realizó una revisión en cada caso tomando en consideración los factores siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques de diseño y los factores relacionados con los barcos, incluida la disponibilidad de remolcadores, de los que depende la superficie necesaria para la realización de la navegación, maniobras o permanencia de los buques en el área que se considere (canal de acceso, dársenas de ciaboga, dársena de muelle y canales interiores).

- Las ayudas a la navegación disponibles y los factores que afectan a su exactitud y fiabilidad, que determinarán las líneas o puntos de referencia para emplazar el buque.

- Los márgenes de seguridad que se establezcan para prevenir un contacto del buque con los contornos de las áreas de navegación o flotación (a pie de muelle), o con otras embarcaciones u objetos fijos o flotantes que puedan existir en el entorno.

La consideración de los factores anteriores permite determinar la superficie y dimensiones mínimas requeridas en planta, o dimensiones nominales, que deberán ser exigidas a las profundidades nominales de agua en función de los buques de diseño.

3.4.3 Bocana del Canal de Acceso

La boca de entrada y salida de la Laguna de Cuyutlán se proyectó tomando en consideración los siguientes condicionantes principales:

- La configuración general de la ampliación del puerto y su integración con la infraestructura futura (muelles, dragados, etc.) y en sus áreas de flotación (canales de navegación, áreas de maniobras de buques, dársenas, etc.), así como la morfología y tipología estructural de los elementos que configuran la bocana.

- La navegación de entrada y salida de los buques a la ampliación del puerto, contemplando tanto las intensidades de tráfico previsibles, como los mayores buques de diseño que se prevea operen en el puerto, en las condiciones límites de operación que se establezcan.

- La limitación a la entrada de energía del oleaje en el interior de la ampliación del puerto, atendiendo al clima marítimo existente en el emplazamiento, de manera que la agitación que se produzca en las áreas de flotación utilizadas por el puerto sea la menor posible, en función de los usos que se prevea desarrollar en cada una de ellas.

- La conveniencia de limitar los períodos de cierre del puerto que se generen en la propia bocana, ocasionados por el clima marítimo existente en la zona y la configuración que se adopte para la bocana (rotura del oleaje en la boca del puerto, generación de fuertes corrientes transversales, etc.).

- La dinámica litoral existente en la zona y las modificaciones que se puedan producir en ella a consecuencia de las propias infraestructuras portuarias, tomando en consideración no sólo las afecciones que puedan producirse en el propio puerto (aterramientos de la bocana y de otras áreas de navegación), sino también los que se pudieran ocasionar en otras zonas próximas o remotas afectadas por la misma dinámica litoral.

- Las características geológicas y geotécnicas en la zona de desarrollo y la idoneidad consecuente de los terrenos para recibir obras de infraestructuras o desarrollar sobre ellos áreas de flotación.

- Las previsibles ampliaciones del puerto y las limitaciones que a este respecto pudiera representar la configuración que se adopte para la bocana.

- Los impactos medioambientales que puedan producirse tanto en fase de construcción como en fase de servicio, etc.

- La incidencia de otros condicionantes de planificación diferentes estrictamente portuario, que pudieran afectar al desarrollo portuario en concreto que se analice, y en particular los que se deriven del planeamiento urbano y costero.

En la práctica, la consideración de todos estos condicionantes conducirá a soluciones en las que se consiga un equilibrio entre condicionantes que a veces resultarán contrapuestos (por ejemplo, la obtención de la mejor accesibilidad podría conllevar unos índices de agitación en el interior del puerto poco adecuados para el futuro desarrollo portuario en la Laguna de Cuyutlán).

3.4.4 Áreas de Maniobra

Cuando un barco se aproxima a un puerto o a una terminal, ya sea navegando desde el mar abierto o por una vía de navegación, debe hacerlo a una velocidad mínima suficiente para mantener la navegación controlada en función de las características del emplazamiento y de las condiciones climáticas existentes. Antes de que el buque efectúe las maniobras de atraque debe poder reducir su velocidad prácticamente a cero, necesitando un espacio suficiente para que esta parada del buque pueda desarrollarse en condiciones de seguridad. Por otra parte, y simultánea o posteriormente a la operación anterior, es necesario en un gran número de casos que el buque

cambie su orientación, girando en espacios reducidos para adecuarse a la alineación requerida por el muelle o atraque que vaya a ocupar.

El proceso es similar en las maniobras de salida, pudiendo requerirse reviro de buques y aceleración de su movimiento para alcanzar las condiciones necesarias de navegación para abandonar el puerto en condiciones de seguridad. Los espacios necesarios para esta doble función de parada (o aceleración) y reviro del buque se engloban dentro del concepto de áreas de maniobra, ya que frecuentemente son operaciones interconectadas y que en ocasiones pueden desarrollarse en un mismo espacio

El dimensionamiento de las áreas de maniobra depende fundamentalmente de los aspectos siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de los buques más desfavorables que se prevé recibir (que pudieran no ser los mayores, por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques).

- El volumen y naturaleza del tráfico, así como las velocidades admisibles de navegación con que los buques acceden a estas áreas.

- Las características geométricas de los espacios en los que deben desarrollarse estas maniobras.

- El clima marítimo existente en la zona y en particular las condiciones límites de operación que se establezcan para la realización de las maniobras.

- Los efectos de caída lateral de la popa que se producen en las fases finales de la maniobra y que son más acusados en los buques de formas llenas, a bajas velocidades, y más acentuados cuanto más elevada es la profundidad de agua y cuanto mayor es el régimen de máquina atrás utilizado en la maniobra.

- La disponibilidad de remolcadores y las características de estos para la realización de las diferentes operaciones asociadas a la maniobra.

En el análisis realizado, se parte del hecho que no se efectúan maniobras de dos o más buques simultáneamente, por lo que las dimensiones que se establecen están basadas en los espacios requeridos para un solo buque.

3.4.5 Canales de Navegación.

El proyecto de un canal de navegación depende principalmente de los siguientes factores:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques más desfavorables que se prevé recibir (que pudieran no ser los mayores, por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques); en el supuesto de que el estudio se realice considerando la flota subdividida en tramos se considerará el más desfavorable de cada tramo.

- El volumen y naturaleza del tráfico, así como las velocidades admisibles de navegación.

- El tipo de navegación que se prevea realizar, en función del número de vías de circulación disponibles.

- Las características geométricas de la alineación de la vía navegable y las condiciones del entorno en que se encuentre situada.

- El tipo de las ayudas a la navegación, así como sus características de exactitud y disponibilidad.

- La profundidad y características geométricas transversales de la vía navegable.

- La estabilidad de los taludes de la vía navegable.

- Las condiciones climáticas marítimas y meteorológicas existentes en la zona, especialmente la naturaleza e intensidad de las corrientes transversales y muy destacadamente la variación de estas corrientes a lo largo del eje de la vía navegable.

- La experiencia de los pilotos de puerto.

Para la revisión de las áreas de navegación se partirá de la traza definida de las áreas de navegación, determinándose a continuación la anchura requerida en todas sus secciones críticas, para establecer posteriormente las transiciones de anchura entre los diferentes tramos. El procedimiento será iterativo en la medida en que la consideración de los diferentes factores obligue a reconsiderar alguno de los parámetros iniciales de diseño.

Aunque la revisión del trazado en planta de las áreas de navegación depende en gran medida de la definición de las condiciones locales, se han seguido las siguientes recomendaciones generales para la dicha revisión del diseño:

- El canal de navegación debe ser lo más recto posible, evitando trazados en S (curva seguida de contracurva).

- El canal de navegación deberá seguir, si es factible, la dirección de las corrientes principales, de manera que se minimice el efecto de las corrientes transversales. Este criterio también deberá seguirse con vientos y oleajes, si bien será más difícil de conseguir dado que normalmente provendrán de diversas direcciones. Asimismo, se debe evitar las áreas de depósito de sedimentos, para minimizar los costos de mantenimiento.

- El canal de navegación de aproximación se orientará si es factible, de manera que se eviten los temporales de través, es decir, orientándolas preferentemente en la dirección del oleaje reinante o cuanto más formando ángulo de hasta 15/20° entre eje de la vía de navegación y la dirección de estos oleajes reinantes.

- El canal de navegación de aproximación a la bocana de la laguna debe ser preferentemente recto evitando curvas en o próximas a la entrada, de manera que se evite la necesidad de que los buques tengan que efectuar correcciones de rumbo en una zona difícil y crítica para la navegación.

- El trazado de los canales de navegación tratará de evitar que los barcos tengan que efectuar la aproximación a muelles y atraques transversalmente a ellos, lo que podría producir un accidente en caso de pérdida de control del buque. De ser posible el canal de navegación deberá quedar situado paralelo a muelles y atraques para que esta maniobra se efectúe con mínimo riesgo. Esta precaución se extremará en caso de tratarse de tráfico de mercancías peligrosas.

- El paso de secciones estrechas (puentes, bocanas, etc.) se efectuará en tramos rectos bien balizados de la vía navegable, manteniendo la alineación recta en una distancia mínima de 5 esloras del buque máximo, a uno y otro lado de la sección estrecha.

- En caso de precisarse curvas es mejor una sola curva que una secuencia de pequeñas curvas a cortos intervalos, siempre y cuando la vía navegable esté correctamente balizada.

- El radio de las curvas será como mínimo de 5 esloras del buque de mayores dimensiones que se prevé utilizará la vía navegable, utilizándose preferiblemente radios de 10 esloras o más si es factible; los valores mayores se utilizarán cuanto más grande sea el ángulo entre las alineaciones rectas que definen la curva.

- La longitud de los tramos curvos no debe ser mayor que la mitad del radio de la curva, lo que significa que el ángulo entre alineaciones rectas no debe ser superior a 30°, si es factible.

- La distancia de visibilidad medida en el eje de la vía de navegación debe ser superior a la distancia de parada del buque de diseño suponiendo que navega a la velocidad máxima de navegación admisible en la vía.

- Las transiciones entre tramos de diferente anchura se efectuarán ajustando las líneas límites o de limitación mediante alineaciones rectas con variaciones en planta no mayores de 1:10 (preferentemente 1:20) en cada una de ellas.

3.4.6 Dimensionamiento de las Áreas de Navegación

De acuerdo con el análisis desarrollado para el dimensionamiento de las áreas de navegación se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resumen de Resultados de Dimensiones de Áreas de Navegación.

Buque de Diseño				Ancho de Plantilla de Canal			Dársenas			
Tipo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Bocana (m)	Acceso (m)	Interno (m)	Ciaboga			Operativa en Muelles (m)
							No. I (m)	No. II (m)	No. III (m)	
Anteproyecto	–	–	–	300	300	200		800	600	146
New Panamax	370	45.80	17.70	234	138	138 a 182	600	800	800	138
MSC Gulsun	400	62.00	16.50 (mín.) 17.70 (máx.)	316	224	200	600	800	800	186

Fuente: Elaboración propia, 2026.

La propuesta original planteada para el desarrollo portuario considera la ampliación de la plantilla del canal de acceso de 250 a 300 m de ancho y en el interior los canales de navegación. Considerando el análisis realizado, se tiene que para una embarcación de 400 m de eslora y una manga de 62 m y bajo las condiciones físicas existentes en la zona de proyecto, el ancho de la plantilla en la bocana del canal de acceso se requiere sea de 316 m, que resulta mayor de los 250 m que actualmente tiene, asimismo, el ancho de plantilla requerido en el resto del canal de acceso es de 224 m que resulta ser menor al existente. Por otra parte, para el caso de los canales interiores, el ancho de la plantilla de acceso se ha definido de 200 m siendo similar a lo planteado en el anteproyecto original.

Considerando lo anterior, se recomienda que el ancho de la plantilla del canal de acceso en la zona entre morros de la escollera se amplie a 316 m en una longitud de 270 m, posteriormente se tendría una transición para pasar de 316 m de ancho a 250 m, esta transición

tendría una longitud de 450 m. El resto de la plantilla del canal de acceso sería de 250 m y con una longitud de 917.82 m, con lo cual, el canal de acceso tendría una longitud total de 1,637.82 m.

Por lo que respecta a las dársenas de ciaboga, el anteproyecto original contempla tres dársenas de ciaboga con diámetros de 600 m y 800 m. Considerando el análisis realizado y como se ha comentado anteriormente, la dársena existente o la dársena de ciaboga No. 1, mantiene su diámetro de 600 m de eslora para una primera etapa, ya que esta solo será utilizada por los buques gaseros de la empresa KMS y por los buquetanques de la empresa LFG. La dársena de ciaboga No. 2, que se localiza hacia el norte del canal de acceso, tendrá un diámetro de 800 m, la cual estará conectada con el canal de acceso por un canal de navegación de 250 m de ancho y con el canal interior de navegación Norte, el cual tendrá un ancho de 200 m.

La dársena de ciaboga No. 3, que se localiza en la zona noroeste del Vaso II de la laguna de Cuyutlán, el anteproyecto de planeación original contempla una dársena de ciaboga de 600 m de diámetro, sin embargo, considerando el análisis desarrollado esta dársena se propone con un diámetro de 800 m, similar a la dársena No. 2, lo anterior se fundamenta que esta zona en particular de la laguna, durante marea baja queda expuesto el fondo marino, lo anterior implica que la única zona profundizada sería la dársena de ciaboga y con las paredes a una distancia corta de la embarcación (100 m aproximadamente) podrían presentarse problemas de succión de la embarcación hacia las paredes de la dársena, asimismo, la visión que se tendría desde el puente de mando del buque sería deficiente por la altura del puente de mando con respecto a las orillas de la dársena.

Por último, los canales de navegación interna, se tendrá un canal localizado hacia el norte de la Laguna (canal de navegación norte), paralelo a los muelles de las terminales especializadas de contenedores, con un ancho de plantilla de 200 m, el cual conectará la dársena de ciaboga No 2 con la dársena de ciaboga No. 3. El segundo canal se localizará al sur de las islas cocodrilo (canal de navegación su), contará con un ancho de 200 m y conectará la dársena de ciaboga No. 3 con la dársena de ciaboga No. 2. En una primera etapa, el canal principal de navegación interna será el canal norte, esto es, que será este canal el que se use para entrar y salir del puerto, quedando el canal sur como un canal reservado para las embarcaciones de la Secretaría de Marina. Para una segunda etapa, el canal norte será utilizado solo de entrada, desde la bocana hasta la dársena de ciaboga No. 3 y el canal sur exclusivamente de salida, esto es, desde la dársena de ciaboga No. 3, hasta la bocana, lo anterior busca reducir los tiempos de maniobra de entradas y salidas del futuro puerto.

Las profundidades de dragado de las áreas de navegación definidas anteriormente se realizó el análisis correspondiente cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.5. En la primera etapa de desarrollo, la profundidad de la bocana en el canal de acceso se tendrá una profundidad de -19.00 m y en el resto de las áreas de navegación interna se tendrá una profundidad de -18.00 m, solo en el canal de navegación sur la profundidad será de -10.00 m. Para la segunda etapa, la

bocana tendrá una profundidad de -22.50 m y el resto de las áreas de navegación se profundizará a -21.00 m, incluyendo el canal de navegación sur.

Tabla 3.5 Resumen de Resultados de Análisis de Profundidad de Áreas de Navegación.

Buque de Diseño				Profundidad en Plantilla de Canales			Dársenas			
							Ciaboga			Operativa en Muelles (m)
Tipo	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Bocana (m)	Acceso (m)	Interno (m)	No. I (m)	No. II (m)	No. III (m)	
Anteproyecto	–	–	–	20	20	19	19	19	19	19
New Panamax	370	45.80	17.70	19	18	18	18	18	18	18
MSC Gulsun	400	62.00	16.50 (mín) 17.70 máx)	22.50	21	21	21	21	21	21

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Todas las profundidades están referidas al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI).

En resumen, las áreas de navegación quedan definidas de la siguiente forma:

I. Primera Etapa.

a. Canal de Acceso:

1. Bocana:

- Ancho: 316 m
- Largo: 270 m
- Profundidad de dragado: -19.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

2. Canal de Acceso Transición:

- Ancho: 316 m a 250 m
- Largo: 450 m
- Profundidad de dragado: de -19.00 m a -18.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

3. Canal de Acceso:

- Ancho: 250 m
- Largo: 917.82 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m

- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

La longitud total del canal de acceso es 1,637.82 m

b. Canal Interior:

1. Zona entre Dársenas 1 y 2:

- Ancho: 250 m
- Largo: 1,932.95 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 519.58 m
    - Radio: 800 m
  - Tramo Recto:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 1,153.10 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 260.27 m
    - Radio: 1,200 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

2. Zona entre Dársenas 2 y 3 (Canal Norte):

- Ancho: 200 m
- Largo: 4,178.58 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 652.00 m
    - Radio: 1,200 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,134.68 m
    - Radio: 1,200 m
  - Tramo Recto No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,561.96 m
  - Tramo Recto No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 829.94 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) arenas y 6:1 (H:V) arcillas

c. Canal Sur:

1. Zona entre Dársenas 3 y 2:

- Ancho: 200 m
- Largo: 3,983.25 m
  - Tramo Recto No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,032.77 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 399.14 m
    - Radio: 1,100 m
  - Tramo Recto No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,355.24 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 210.63 m
    - Radio: 1,100 m
  - Tramo Recto No. 3:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 985.47 m
- Profundidad de dragado: -10.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

Las tres dársenas de ciaboga presentan las siguientes características:

d. Dársena de Ciaboga No. 1:

- Diámetro: 600 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

e. Dársena de Ciaboga No. 2:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

f. Dársena de Ciaboga No. 3:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -18.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

II. Segunda Etapa.

a. Canal de Acceso:

1. Bocana:

- Ancho: 316 m
- Largo: 270 m
- Profundidad de dragado: -22.50 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

2. Canal de Acceso Transición:

- Ancho: 316 m a 250 m
- Largo: 450 m
- Profundidad de dragado: de -22.50 m a -21.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

3. Canal de Acceso:

- Ancho: 250 m
- Largo: 917.82 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 4:1 (H:V)

La longitud total del canal de acceso es 1,637.82 m

b. Canal Interior:

1. Zona entre Dársenas 1 y 2:

- Ancho: 250 m
- Largo: 1,932.95 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 519.58 m
    - Radio: 800 m
  - Tramo Recto:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 1,153.10 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 260.27 m
    - Radio: 1,200 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m

- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

2. Zona entre Dársenas 2 y 3 (Canal Norte):

- Ancho: 200 m
- Largo: 4,178.58 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 652.00 m
    - Radio: 1,200 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,134.68 m
    - Radio: 1,200 m
  - Tramo Recto No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,561.96 m
  - Tramo Recto No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 829.94 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) arenas y 6:1 (H:V) arcillas

c. Canal Sur:

1. Zona entre Dársenas 3 y 2:

- Ancho: 200 m
- Largo: 3,983.25 m
  - Tramo Recto No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,032.77 m
  - Curva No. 1:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 399.14 m
    - Radio: 1,100 m
  - Tramo Recto No. 2:
    - Ancho: 200 m
    - Largo: 1,355.24 m
  - Curva No. 2:
    - Ancho: 250 m
    - Largo: 210.63 m
    - Radio: 1,100 m
  - Tramo Recto No. 3:

  - Ancho: 200 m
  - Largo: 985.47 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

Las tres dársenas de ciaboga presentan las siguientes características:

d. Dársena de Ciaboga No. 1:

- Diámetro: 600 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

e. Dársena de Ciaboga No. 2:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

f. Dársena de Ciaboga No. 3:

- Diámetro: 800 m
- Profundidad de dragado: -21.00 m
- Talud de dragado: 3:1 (H:V) y 6:1 (H:V) arcillas

La superficie total navegable o de las zonas de navegación interior de la Laguna de Cuyutlán es de 372.35 ha[6].

3.5 Volúmenes de Dragado y Relleno.

3.5.1 Volumen de Dragado.

Considerando las áreas de navegación definidas anteriormente y el buque de diseño, se definieron las profundidades para que los buques puedan realizar las operaciones de entrada, atraque y salida de la Laguna de Cuyutlán.

El volumen de dragado para la primera etapa se divide de acuerdo con el material a extraer (arcillas, arenas y roca). En el caso de las arcillas el volumen a extraer es de 38.30 millones de metros cúbicos, es importante recordar que de acuerdo con mecánica de suelos este tipo de material no es apto para rellenos, por lo que este deberá ser retirado de la zona de proyecto.

[6] La supercie no incluye la zona dragada de localización de las plataformas.

Las arenas por dragar representan un volumen de 45.25 millones de metros cúbicos en la primera etapa, este material será el que se use para los rellenos en la zona destinada para las terminales especializadas de contenedores I y II, así como la zona destinada a la terminal de PEMEX.

El volumen total por dragar en la primera etapa entre arcillas y arenas en la zona de proyecto es de 83.55 millones de metros cúbicos.

Con respecto a la extracción de roca, esta se localiza principalmente en la zona del canal de acceso contiguo a la escollera este, cuyo volumen es de 18.21 mil metros cúbicos.

3.5.2 Volumen de Relleno.

El volumen de arena que se requiere para alcanzar la cota de +4.50 m en la zona de plataformas de las TEC I y II, así como en la terminal de PEMEX, es de 18.28 millones de metros cúbicos, de los cuales el 97% del total corresponde a la zona de plataformas para las terminales de contenedores (17.73 millones de metros cúbicos) el restante 3% corresponde a la zona destinada a las instalaciones de PEMEX (0.55 millones de metros cúbicos).

La diferencia entre el volumen de material de dragado y el material para relleno es de 26.97 millones de metros cúbicos.

Por otra parte, y de acuerdo con el análisis desarrollado, el volumen de dragado considerando únicamente el dragado las áreas de agua necesarias para la operación de la TEC I (del cadenamiento 0+000 al 5+100), así como los rellenos correspondientes a esa terminal y a la de PEMEX, es de 19.74 millones de metros cúbicos y el relleno es de 11.05 millones de metros cúbicos, teniendo una diferencia de 8.69 millones de metros cúbicos de material sobrante.

Si se busca una compensación entre el volumen de dragado y el de relleno, se tendría que dragar a una profundidad de -16 m, con lo cual se tiene un volumen de dragado de 14.68 millones de metros cúbicos teniendo una diferencia de 3.63 millones de metros cúbicos de material de dragado. Sin embargo, se debe revisar la respuesta de maniobra de las embarcaciones con esta condición de profundidad en las áreas de navegación.

Es recomendable que este volumen remanente sea almacenado para su posterior utilización en la construcción de la TEC II y en la segunda etapa de desarrollo de la ampliación del puerto de Manzanillo en el interior de la Laguna de Cuyutlán.

4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

- El análisis técnico desarrollado permite establecer que el diseño de las áreas de navegación en la Laguna de Cuyutlán responde de manera adecuada a los requerimientos operativos del puerto, considerando las dimensiones y características del buque de diseño, así como las condiciones hidrodinámicas predominantes en la zona.

- Las condiciones geotécnicas del sitio, caracterizadas por la presencia de materiales arcillosos superficiales, arenas medianamente compactas y estratos altamente densos, influyen de manera significativa en la definición de los métodos de dragado, los taludes de excavación y el aprovechamiento de los materiales. En este contexto, se identifica que los materiales arcillosos no son aptos para relleno, mientras que los materiales arenosos representan una fuente viable para la conformación de plataformas portuarias.

- El dimensionamiento de canales, dársenas y áreas de maniobra garantiza condiciones seguras de navegación, incorporando márgenes adecuados para maniobras, efectos ambientales y posibles incertidumbres operativas.

- En términos volumétricos, el proyecto presenta un volumen significativo de material dragado, con un excedente respecto a las necesidades de relleno, lo que implica la necesidad de una adecuada estrategia de disposición o aprovechamiento en etapas futuras del desarrollo portuario.

- En conjunto, el proyecto de dragado establece bases técnicas sólidas para la habilitación de la infraestructura marítima requerida, asegurando la funcionalidad operativa y la seguridad de las maniobras portuarias.

4.2 Recomendaciones.

- Implementar un programa de monitoreo batimétrico continuo durante la ejecución del dragado para verificar el cumplimiento de profundidades y geometrías de diseño.

- Evaluar el uso del material excedente en futuras etapas del desarrollo portuario, con el fin de mejorar la eficiencia económica del proyecto.

- Revisar periódicamente las condiciones de sedimentación en las áreas dragadas, a fin de establecer estrategias de mantenimiento preventivo.

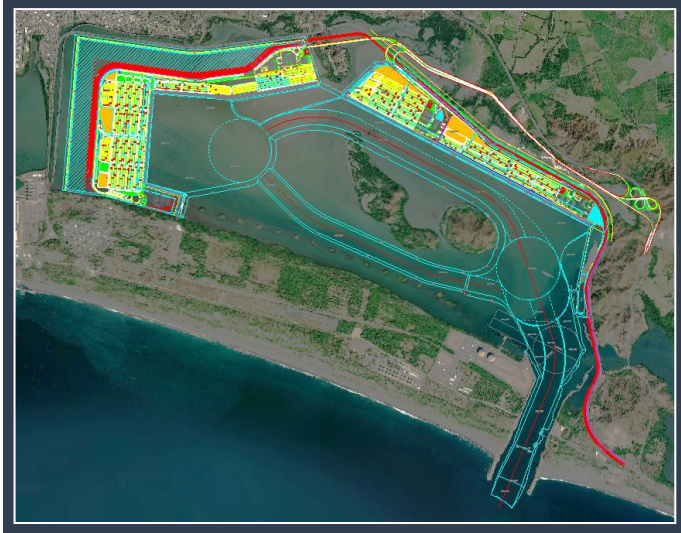
- Validar mediante simulaciones de maniobra o análisis operativos el desempeño de las áreas de navegación diseñadas, especialmente para buques de gran escala.

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL







PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

INFORME PARCIAL
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

MARZO 2026

Preparado por:

RHG INGENIERIA

PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN.

I N F O R M E P A R C I A L
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

MARZO 2026

INDICE GENERAL

1.0 INTRODUCCIÓN 1
2.0 OBJETIVOS. 2
2.1 Objetivo Principal. 2
2.2 Objetivos Particulares. 2
3.0 PROCESO CONSTRUCTIVO. 4
3.1 Dragado y Conformación de Rellenos. 4
3.1.1 Selección del Equipo. 4
3.1.2 Organización de los Trabajos. 10
3.1.3 Relleno. 12
3.1.4 Cortes en Roca Submarina (en su caso) 16
3.2 Procedimiento Constructivo de la Estructura de Contención de Rellenos (Tablestaca). 22
3.2.1 Instalaciones Provisionales de Obra 22
3.2.2 Levantamiento Topográfico y Batimétrico 23
3.2.3 Planeación y Programación de Obra. 23
3.2.4 Construcción de Instalaciones Provisionales de Obra. 24
3.2.5 Construcción del Muelle para Carga de Tablestaca y Perfiles de Acero. 26
3.2.6 Limpieza mecánica (Sand Blast) de los Perfiles Metálicos. 31
3.2.7 Aplicación de Protección Anticorrosiva a los Perfiles Metílicos. 33
3.2.8 Hincado de Perfiles Metílicos HZ y AZ. 34
3.2.9 Suministro, Manejo y Almacenamiento 35
3.2.10 Equipo. 35
3.2.11 Hinca 35
3.2.12 Fabricación de Cabezal. 46
3.3 Proceso Constructivo de los Viaductos Vehiculares, Ferroviario y Urbanización 47
3.3.1 Condiciones del sitio y retos constructivos. 48
3.3.2 Enfoque metodológico del proceso constructivo. 48
4.0 EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN. 62
4.1 Introducción 62
4.2 Enfoque del Sistema Productivo. 62

4.2.1 Sistema de Cimentaciones Profundas 62
4.2.2 Sistema de Movimiento de Tierras y Mejoramiento del Terreno 63
4.2.3 Sistema de Dragado y Operación Lagunar 63
4.2.4 Sistema de Estructuras y Montaje 64
4.2.5 Sistema de Producción y Colocación de Concreto 64
4.2.6 Sistema de Pavimentación y Acabados 65
4.2.7 Sistema Ferroviario 65
4.2.8 Sistema de Control y Soporte 65
4.2.9 Resumen. 65
4.3 Organización y Dimensionamiento del Personal de Obra 68
4.3.1 Introducción 68
4.3.2 Enfoque General de Organización del Personal 68
4.3.3 Metodología de Estimación 69
4.3.4 Análisis comparativo de escenarios 71
4.3.5 Implicaciones para la planeación del proyecto 71
5.0 PROGRAMA DE OBRA. 73
5.1 Estructura General del Programa 73
5.1.1 Lógica de la fase de estudios 74
5.1.2 Lógica de la fase de proyectos ejecutivos 74
5.1.3 Lógica de la fase constructiva 74
5.2 Relación con el Escenario de Configuración de Obra 75
5.3 Identificación de la Ruta Crítica 75
5.4 Coherencia Técnica del Programa 76
5.5 Comentarios Finales 76
6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 78
6.1 Conclusiones 78
6.2 Recomendaciones. 78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Draga de Succión con Cortador de 23,000 kW. 7
Figura 3.2 Zona de Tiro. 8
Figura 3.3 Barcaza de 10,000 m^3 de capacidad. 10
Figura 3.4 Delimitación de Zonas y Profundidades a Dragar las Arcillas. 11
Figura 3.5 Recinto de Almacenamiento Sectorizado. 13
Figura 3.6 Proceso de Vibroflotación. 15
Figura 3.7 Backhoe Dredger. 18
Figura 3.8 Cortador de Tambor (Drum Cutters). 19
Figura 3.9 Cortador de Draga. 20
Figura 3.10 Proceso de Sand Blast. 32
Figura 3.11 Equipo Marino para Instalación de Tablestaca. 36
Figura 3.12 Equipo de Hinca. 37
Figura 3.13 Procedimiento de Construcción Pantalla Principal de la Estructura de Contención de Rellenos. 40
Figura 3.14 Procedimiento de Construcción Pantalla Secundaria de la Estructura de Contención de Rellenos. 44
Figura 3.15 Instalación de Tensores. 45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Uso de Diferentes Tipos de Draga. 5
Tabla 4.1 Relación del Equipo para la Obra. 66
Tabla 4.2 Relación del Equipo Menor para la Obra. 67
Tabla 4.3 Estimación de la Cantidad de Personal en Obra. 69
Tabla 5.1 Programa de Obra Primera Etapa. 77

1.0 INTRODUCCIÓN

El desarrollo y ampliación de infraestructura portuaria constituye un elemento estratégico para fortalecer la competitividad logística y comercial del país. En este contexto, el Proyecto Arquitectónico de Redimensionamiento, Actualización, Adecuación y Optimización Conceptual de la Infraestructura y Equipamiento del Puerto Nuevo Manzanillo–Cuyutlán tiene como propósito atender el crecimiento sostenido del comercio marítimo internacional y consolidar al puerto de Manzanillo como el principal nodo portuario del sistema marítimo nacional.

La expansión hacia la Laguna de Cuyutlán implica la ejecución de obras de infraestructura marítima de gran escala, entre las que destacan los trabajos de dragado, conformación de rellenos hidráulicos y la construcción de estructuras de contención mediante muros de tablestacado metálico. Estas obras requieren una planificación técnica detallada debido a las condiciones particulares del sitio, caracterizadas por la presencia de sedimentos arcillosos, arenas compactas y posibles afloramientos de roca, así como por la interacción de procesos hidrodinámicos, mareales y sedimentológicos propios de un sistema lagunar.

El presente informe parcial tiene como finalidad describir el procedimiento constructivo propuesto para las principales actividades asociadas a la ampliación del puerto, incluyendo los trabajos de dragado, conformación de rellenos, mejoramiento del terreno y la construcción de estructuras de contención mediante tablestacas metálicas tipo HZ y AZ. Asimismo, se detallan los criterios técnicos para la selección de equipos, la organización de los trabajos y las medidas constructivas necesarias para garantizar la estabilidad estructural, la eficiencia operativa y la seguridad durante la ejecución de las obras.

La correcta integración de estas actividades resulta fundamental para asegurar la viabilidad técnica del proyecto, optimizar el aprovechamiento de los materiales producto del dragado y garantizar el adecuado comportamiento geotécnico y estructural de las futuras explanadas y terminales portuarias que formarán parte del desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo–Cuyutlán..

2.0 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Principal.

El objetivo principal de los servicios descritos en el presente documento es:

- Definir, estructurar y justificar integralmente el procedimiento constructivo para la ejecución de las obras asociadas a la ampliación del Puerto Nuevo Manzanillo–Cuyutlán en la Laguna de Cuyutlán, considerando la interacción entre dragado, conformación de rellenos, mejoramiento del terreno y construcción de estructuras de contención, con el propósito de garantizar la viabilidad técnica, la estabilidad geotécnica, la eficiencia operativa y la correcta integración funcional de la infraestructura portuaria dentro de un sistema constructivo coordinado y ejecutable en condiciones lagunares complejas.

2.2 Objetivos Particulares.

Los objetivos particulares de los servicios descritos en el presente documento son:

- Establecer criterios técnicos integrales para la selección, dimensionamiento y operación del equipo de dragado, en función de las características geotécnicas de los materiales, las condiciones hidráulicas y los requerimientos de producción del proyecto.

- Definir la secuencia constructiva del dragado, asegurando la correcta remoción de materiales no aptos y la recuperación eficiente de materiales aprovechables para relleno, optimizando tiempos y recursos dentro del programa de obra.

- Desarrollar el procedimiento constructivo de los rellenos hidráulicos, incorporando criterios de control sedimentológico, estabilidad, control de asentamientos y comportamiento a largo plazo de los materiales.

- Establecer estrategias de mejoramiento del terreno que permitan incrementar la capacidad portante y reducir deformaciones diferenciales, integrando técnicas como vibroflotación y control geotécnico continuo.

- Definir el procedimiento constructivo de las estructuras de contención mediante tablestacado metálico, incluyendo su integración con sistemas de anclaje, garantizando su estabilidad frente a empujes hidráulicos y de suelo.

- Establecer la lógica de integración entre los distintos sistemas constructivos (dragado, rellenos, contención, urbanización e infraestructura), asegurando su ejecución coordinada mediante frentes simultáneos de trabajo.

- Incorporar lineamientos para la planeación logística, organización de obra y operación de equipos en ambiente marino, considerando restricciones operativas, seguridad y eficiencia.

3.0 PROCESO CONSTRUCTIVO.

En el proceso constructivo para la ampliación del puerto de Manzanillo, no es posible hablar del dragado de profundización sin contemplar la construcción de las obras de contención de rellenos.

Es de suma importancia el considerar las condiciones físicas de la zona, principalmente lo relacionado con el tipo de suelo y las profundidades con las que cuenta actualmente la Laguna de Cuyutlán, ya que estos factores condicionan los equipos y el proceso de construcción. Como se ha comentado anteriormente, el suelo se constituye principalmente de dos capas, la primera de ellas se constituye de arcillas, el cual no es adecuado para ser utilizado como material en los rellenos de las explanadas que se requieren para el desarrollo de las terminales especializadas de contenedores y el área destinada a PEMEX. La segunda capa se constituye de arenas compactas.

Por tal motivo, las obras que se requieren ejecutar para la ampliación del puerto en la laguna se deben considerar de manera integral y que se complementan entre ellos.

3.1 Dragado y Conformación de Rellenos.

3.1.1 Selección del Equipo.

La elección del equipo de dragado y el método a utilizar no es una tarea sencilla, en gran medida el éxito de un proyecto de dragado depende de una buena elección. La selección de un equipo está en función de diferentes factores entre los más comunes tenemos; tenemos; el tipo de trabajo a realizar, la disponibilidad y ubicación del equipo, las dimensiones de la obra, la cantidad y naturaleza del material, la profundidad del dragado, los aspectos ambientales, y logística; estos y otros factores influyen en el costo del proyecto.

Actualmente, se cuenta con diversos tipos de dragas, cada uno tiene su particular forma de trabajar, cabe destacar que no existe ninguna draga estructurada que pueda realizar todos los rangos de dragado, por lo cual la elección dependerá de los factores antes mencionados.

Utilizar una técnica apropiada de dragado ayuda a optimizar los beneficios del proyecto, así como minimizar los impactos ambientales.

Para definir una técnica de dragado se debe conocer el tipo de sedimento, lo cual hace probable que éste sea en sedimentos cohesivos y no cohesivos, los sedimentos cohesivos se transportan a través de la tubería como grumos y nódulos, mientras que los sedimentos no cohesivos se dispersan en forma de suspensión, haciendo más fácil bombearlos a través de la tubería.

La variedad de equipos y métodos de dragado es muy extensa, dentro de la gran variedad de equipos de dragado, algunos se especializan en una de las tres fases de operación (excavación, transporte o vertido), pero otros son capaces de realizar todo el conjunto de la operación sin necesitar equipos o instalaciones auxiliares.

En la Tabla 3.1 se resumen las posibilidades de uso de los diferentes tipos de dragas, hidráulicas y mecánicas, tomado de lo expresado por el Prof. Wim Vlasblom[1].

Tabla 3.1 Uso de Diferentes Tipos de Draga.

Concepto	Draga de cangilones (bucketladder)	Draga de grúa (grab dreger)	Draga de cucharón (backhoe)	Draga de succión	Draga de succión con cortador	Draga autopropulsada de tolva (hooper)
Dragado material arenoso	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Dragado material arcilloso	SI	SI	SI	NO	SI	NO
Dragado material rocoso	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Cables para anclaje	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Máxima profundidad de dragado	30 m	>100 m	20 m	70 m	35 m	50 m
Posible precisión en dragado	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Posible trabajar en mar abierto	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Transporte vía tubería	NO	NO	NO	SI	SI	NO

Fuente: www.dredging.org., 2026

En base a las condiciones del material por remover y a las cualidades de trabajo de las dragas antes comentadas, se considera que la remoción de cada tipo de material identificado puede efectuarse como se señala en la Tabla 3.1.

Pensando en el material más resistente por remover, se puede finalmente recomendar el siguiente equipo:

- Draga hidráulica: se puede pensar en un equipo de succión provisto con cortador (DSC).

La draga de succión con cortador o draga de cortador es una draga que combina las ventajas de las dragas mecánicas y de las dragas hidráulicas, la disgregación del material se efectúa mediante el giro de un cabezal mecánico denominado cortador, esta gira y disgrega el material que es aspirado por succión a través de tuberías; la elevación y transporte se realiza por la succión generada en las bombas.

[1] Vlasblom, Wim, Lecture Notes on Dredging Equipment and Technology, April 2003 to May 2007, Central Dredging Association, www.dredging.org.

Las DSC pueden cortar prácticamente todo tipo de suelo, aunque esto depende de la potencia de corte instalada. Las DSC se presentan en una amplia variedad de tipos y tamaños; la potencia del cabezal de corte oscila entre 20 kW (la más pequeña) y 7,000 kW (la más grande). La profundidad de dragado suele ser limitada: la draga de succión más grande puede alcanzar profundidades de entre 25 y 35 metros. La profundidad mínima de dragado viene determinada por el calado de la pontona. La draga de succión con cortador es muy recomendable cuando ha de dragarse un perfil preciso.

Las DSC se presentan en diversos tamaños y tipos, desde una potencia del cortador de 20 kW (las dragas más pequeñas) hasta 30,000 kW (las más grandes). La profundidad de dragado depende del tamaño de la draga. Las más pequeñas pueden dragar a menos de 2 metros de profundidad, mientras que algunas de las dragas de succión con cortador más grandes pueden alcanzar profundidades de más de 35 metros. La profundidad mínima de dragado viene determinada por el calado de la pontona.

Tanto las DSC grandes como las pequeñas forman parte importante de las flotas de dragado de las principales empresas de dragado. Por ejemplo, las dragas medianas suelen tener una potencia en entre 10,000 y 15,000 kW, pero generalmente no están autopropulsadas. Recientemente, se han construido mega DSC, algunas de hasta 130 metros de eslora, y cuentan con una potencia total instalada de entre 24,000 y 28,200 kW. Algunas de estas DSC de vanguardia están accionadas por sistemas diésel - eléctricos. Éstas incorporan sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) para alimentar las computadoras y los equipos de navegación esenciales de la embarcación.

Con base en lo anterior, para los trabajos de dragado se ha seleccionado el equipo con las siguientes características:

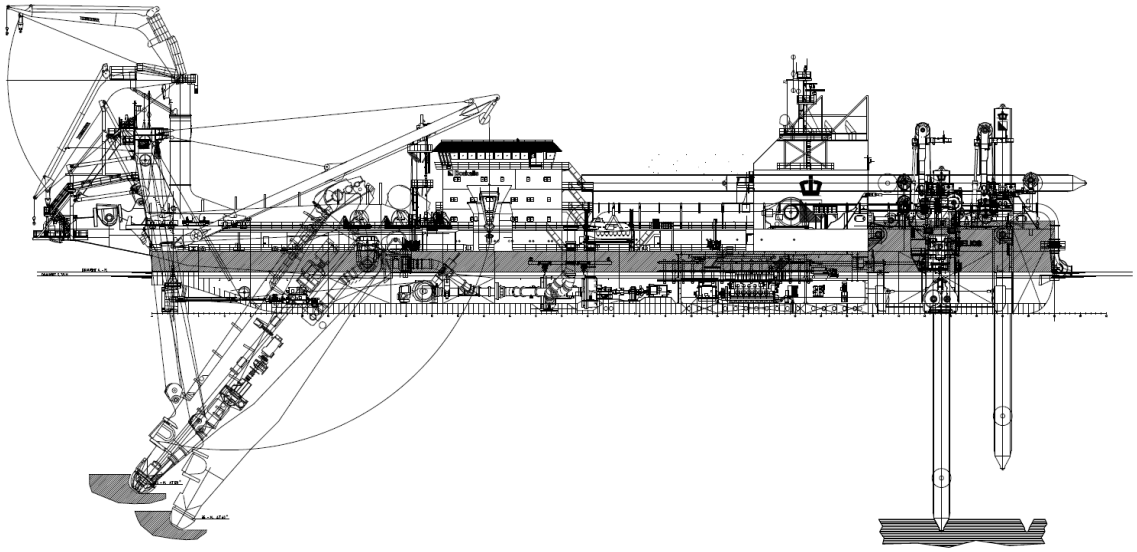
- Draga de succión con cortador: Draga autopropulsada de corte de alta resistencia para dragado a menos de 15 millas de la costa o a menos de 20 millas del puerto.
- Diámetro de la boca de succión: 1.00 m
- Máxima profundidad de dragado: -35.00 m
- Mínima profundidad de dragado: -6.35 m
- Potencia total instalada: 23,000 kW
- Máxima potencia de corte: 7,000 kW
- Potencia de bombeo total de 15,600 kW

Se considera que para la realización de los trabajos se utilicen por lo menos dos dragas con estas características, ver Figura 3.1.

De acuerdo con las características del fondo marino de la Laguna de Cuyutlán, el dragado deberá realizarse en dos etapas, la primera de ellas es el retiro de todo el material que no es

adecuado para su utilización como material de relleno en las plataformas que serán conformadas para las futuras terminales especializadas de contenedores y del área asignada a PEMEX.

Figura 3.1 Draga de Succión con Cortador de 23,000 kW.



Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería.

Esta capa de arcilla presenta diferentes espesores, por lo que el dragado para llegar a las arenas tiene diferentes profundidades, siendo la mayor a -10.80 m y la menor queda ajusta a la profundidad operativa del equipo, siendo está a -6.35 m, ambas profundidades referidas al N.B.M.I.

Asimismo, la distancia de tiro se localiza fuera de la zona de la Laguna de Cuyutlán a una distancia aproximada de 2.00 MN (3.70 km) mar adentro, ver Figura 3.2, por lo que utilizar tuberías para el retiro de este material resulta una tarea complicada por los riesgos asociados con el bombeo a través de una tubería de aproximadamente 10 km de longitud pueden variar en función de diversos factores, incluidos el tipo de material transportado, el diseño y la integridad de la tubería, las condiciones del entorno circundante y las prácticas operativas empleadas, siendo los principales riesgos los siguientes:

a. Presión: El manejo inadecuado de la presión dentro del sistema de tuberías puede dar lugar a una sobrepresurización, lo que incrementa significativamente el riesgo de falla estructural, grietas o incluso rupturas de la tubería, sea esta flotante, terrestre o

sumergible. La sobrepresurización puede deberse a variaciones en el caudal de bombeo, golpes de ariete o bloqueos parciales dentro de la tubería.

Figura 3.2 Zona de Tiro.



Fuente: Elaboración propia, 2026

b. Fugas y Derrames: La integridad de la tubería puede verse comprometida por factores como corrosión, defectos en las juntas de empaque, daño mecánico o fallos en los materiales de construcción, lo que puede derivar en fugas y derrames de material transportado. Las fugas pueden representar un riesgo significativo para el medio ambiente, especialmente si la tubería atraviesa cuerpos de agua, áreas de conservación o zonas urbanas.

c. Bloqueos y Obstrucciones: La acumulación de sedimentos, residuos, basura, raíces u otros objetos dentro de la tubería puede generar obstrucciones parciales o totales, afectando el flujo y provocando aumentos de presión. En sistemas de bombeo de materiales abrasivos, como lodos o suspensiones con alto contenido de sólidos, la deposición de partículas puede acelerar la formación de bloqueos.

d. Corrosión y Erosión: Las tuberías pueden estar expuestas a procesos de degradación a lo largo del tiempo debido a la corrosión química (causada por la interacción con fluidos corrosivos) y la erosión mecánica (por la acción de partículas sólidas en movimiento). Estos efectos pueden debilitar las paredes del ducto y generar fallas estructurales progresivas.

e. Daño Mecánico Externo: Las tuberías que atraviesan zonas urbanas o áreas con actividad industrial están expuestas a posibles daños mecánicos causados por excavaciones, impactos accidentales de vehículos y/o maquinaria pesada o eventos naturales, como deslizamientos de tierra o actividad sísmica.

f. Variaciones de Temperatura y Efectos Termomecánicos: Las tuberías expuestas a condiciones climáticas extremas pueden sufrir dilatación o contracción térmica, lo que genera esfuerzos mecánicos adicionales que pueden comprometer la integridad estructural del sistema.

g. Riesgo por Errores Operacionales: Las fallas en la operación del proceso de dragado, como en el sistema de control de densidad durante el proceso de corte, el proceso de bombeo y la falta de control y monitoreo del transporte de la mezcla de material dragado desde la draga y durante el transporte durante toda la longitud de la tubería, así como, la manipulación inadecuada de válvulas, la falta de sincronización en el arranque y paro del bombeo mantenimiento deficiente, pueden comprometer la seguridad del sistema y aumentar la probabilidad de incidentes.

h. Impacto Ambiental y Regulaciones: El transporte de materiales a través de ductos en áreas ecológicamente sensibles requiere una gestión cuidadosa para evitar efectos adversos en el medio ambiente. Los derrames, fugas o filtraciones pueden contaminar suelos y cuerpos de agua, afectando la biodiversidad local y generando sanciones regulatorias.

Cualquiera de los riesgos previamente mencionados constituye un factor crítico que compromete la continuidad operativa del dragado y puede derivar en interrupciones prolongadas con consecuencias severas para el proyecto. La detección y localización de fallas en una tubería de 10 km (flotante, terrestre y/o sumergible) no solo requiere la suspensión inmediata de las actividades, sino que implica un proceso altamente complejo y tardado, ya que identificar el punto exacto de la avería en una infraestructura de esta magnitud es un desafío técnico significativo.

Además, la ejecución de reparaciones en estas condiciones, especialmente en entornos marinos adversos, no solo incrementa los riesgos operacionales para la tripulación y las embarcaciones de apoyo, sino que también añade incertidumbre en los tiempos de resolución. Estas interrupciones pueden desencadenar retrasos acumulativos que afectan la cadena completa de actividades, generando sobrecostos sustanciales debido a tiempos de inactividad, ajustes logísticos imprevistos y reprogramaciones forzadas que impactan directamente el cumplimiento del calendario global del proyecto.

Considerando lo anterior, para el dragado de la capa de arcilla se utilizará como equipo auxiliar a la draga de corte dos barcazas por draga (4 en total) con una capacidad mínima de 10,000 m^3 cada una (dimensiones aproximadas eslora: 134 m, manga: 26 m y calado: 7.8 m), ver Figura 3.3.

Figura 3.3 Barcaza de 10,000 m^3 de capacidad.



Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería.

3.1.2 Organización de los Trabajos.

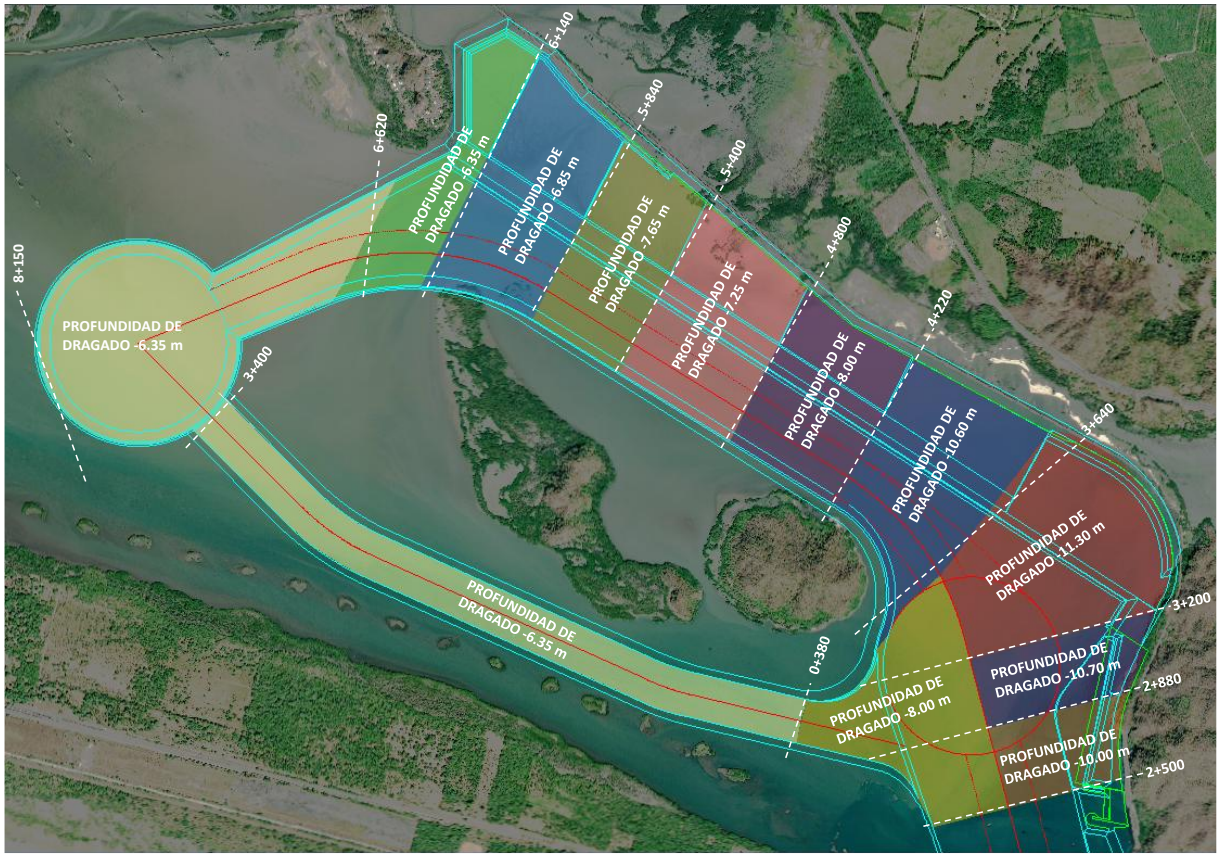
Los trabajos de dragado iniciaran aproximadamente en el cadenamiento 2+580, ver Figura 3.4, en dicho punto las dragas y las barcazas trabajaran en conjunto y coordinadamente para retirar la capa de arcilla de la siguiente manera:

- Cadenamiento 2+500 al 2+880 se dragará a una profundidad de -8.00 a -10.00 m.
- Cadenamiento 2+880 al 3+200 se dragará a una profundidad de -8.00 a -10.70 m.
- Cadenamiento 3+200 al 3+640 se dragará a una profundidad de -8.00 a -11.30 m.
- Cadenamiento 3+640 al 4+220 se dragará a una profundidad de -10.60 m.
- Cadenamiento 4+220 al 4+800 se dragará a una profundidad de -8.00 m.
- Cadenamiento 4+800 al 5+400 se dragará a una profundidad de -7.25 m.
- Cadenamiento 5+400 al 5+840 se dragará a una profundidad de -7.65 m.
- Cadenamiento 5+840 al 6+140 se dragará a una profundidad de -6.85 m.
- Cadenamiento 6+140 al 8+150 se dragará a una profundidad de -6.35 m.
- Canal sur, cadenamiento 0+380 al 3+400 se dragará a una profundidad de -6.35 m.

Es importante comentar que la profundidad mínima de -6.35 m corresponde al nivel de dragado mínimo que puede realizar la draga propuesta, por tal motivo, dependiendo del equipo

propuesto por la empresa responsable de ejecutar los dragados deberá verificar dicha profundidad, la cual puede ser menor o mayor dependiendo del calado de la draga y de la profundidad mínima a la que puede realizar el dragado.

Figura 3.4 Delimitación de Zonas y Profundidades a Dragar las Arcillas Primera Etapa.



Fuente: Elaboración propia, 2026

Una vez que se alcanzado el cadenamiento 4+740 (volumen de dragado aproximado de arcilla 10,156,200.35 m^3), una de las dragas tomará los trabajos de dragado y recuperación de las arenas para efectuar los rellenos y depositarlos entre los cadenamientos 3+660 al 4+740. Mientras que la segunda draga continuará con los trabajos de retiro de las arcillas con el apoyo de las cuatro barcazas.

Cabe resaltar dos aspectos importantes, el primero de ellos es que una vez que se inicien los trabajos de dragado de arenas se deberá inicial con la instalación del tablestacado, y el

segundo punto, es que probablemente se tenga que realizar trabajos de corte de roca en la margen Este del canal de acceso (estos puntos serán tratados en apartados independientes).

En el momento que la segunda draga haya terminado los trabajos de retiro de la arcilla, continuará los trabajos de dragado de la arena en apoyo a la primera draga. Dado que estos trabajos de dragado es recuperar el material extraído, este se realizará mediante tubería, por tal motivo, la utilización de las barcazas no será necesario para esta actividad por lo que se procederá a su retiro o reubicación en otras actividades.

3.1.3 Relleno.

Para los rellenos en las explanadas a través de tubería se observarán los aspectos detallados a continuación:

Cuando el relleno hidráulico llega al recinto a través de tubería se produce una disgregación del material, ya que los tamaños más gruesos se decantan en las proximidades de la boca de salida de la tubería y los más finos en las zonas con menor velocidad de la corriente. Por tanto, se asegurará que los materiales finos se depositan donde se haya previsto, pero nunca en el trasdós de las estructuras, como es el caso de la tablestaca, ni en aquellas zonas donde se comprometa la estabilidad estructural.

Cuando el caudal que aporta la draga es importante, no se sedimenta la totalidad de los sólidos. Para evitar que invadan zonas ya dragadas, se procederá de las siguientes formas:

- Instalando barreras de geotextil que retengan los sólidos en la zona de vertido.
- Cambiando el emplazamiento del aliviadero y/o modificando el recorrido de las aguas con movimientos del material de relleno.
- Recreciendo la altura de los cierres de los recintos después de asegurar la estabilidad de las motas de contención de los rellenos.
- Para rellenos de gran volumen en recintos de gran superficie puede ser conveniente construir éstos sectorizados (ver Figura 3.5), esto posibilita:
    - Utilizar algunos de los sectores como balsa para la decantación de los finos. La concentración en una zona de los finos facilita su posterior tratamiento.
    - Permite realizar la precarga por sectores.
    - Posibilita la puesta en servicio progresiva de los distintos sectores.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se elaborará un Plan de Vertido que formará parte del Plan de Ejecución que incluirá:

- Estudio de sedimentaciones.

- Cálculo de estabilidad de las motas de cierre. En lugares con riesgo sísmico se debe prestar especial atención a la posibilidad de licuefacción del relleno y su consecuencia sobre la estabilidad de las motas.
- Barreras anticontaminantes.
- Estudio del abundamiento del material y de los asientos previstos, determinando las cotas en fase constructiva.

Figura 3.5 Recinto de Almacenamiento Sectorizado.



Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería.

Como parte de los trabajos, se realizará el control geométrico del relleno mediante control topobatimétrico, dicha actividad tiene los siguientes objetivos:

- Controlar la situación de los rellenos en planta y en alzado.
- Conocer la evolución de los asientos a lo largo del tiempo.
- Realizar un seguimiento de la ubicación de los rellenos, tanto emergidos como sumergidos, y de sus posibles desplazamientos.

Para ello se procederá de la siguiente forma:

- Establecimiento de las bases de replanteo.
- Comprobación de la batimetría y la topografía iniciales.
- Controles batimétricos y topográficos periódicos.

- Implantación de testigos o instrumentación que permitan controlar los asientos en las distintas fases constructivas y una vez que los rellenos están terminados.
- Reconocimiento batimétrico de la zona de los yacimientos de los materiales.
- Proceso y archivo de los datos.

3.1.3.1 Mejoramiento del Terreno.

Los rellenos portuarios son altamente deformables y/o no tienen la capacidad de carga necesaria debido a la naturaleza de los materiales que conforman los fondos marinos y/o de los que sobre ellos se colocan.

Para limitar los asientos futuros y/o aumentar la capacidad portante del terreno existen diversos procedimientos de mejora:

- Sustitución del terreno.
- Precarga.
- Vibración profunda y columnas de grava.
- Compactación dinámica.
- Instalación de drenes.
- Inclusiones rígidas.
- Inyecciones y otros tipos de mejora.

La elección del procedimiento de mejora se debe realizar en función de los siguientes parámetros:

- La naturaleza del terreno que se pretende mejorar.
- La mejora que se pretende conseguir.
- El plazo temporal para la obtención de resultados.
- El costo de las distintas opciones.

Dado que en el proyecto del tablestacado se indica que se debe realizar un mejoramiento del terreno, en el trasdós de la pantalla principal y hasta cinco metros posteriores al eje de la tablestaca secundaria, se propone que el mejoramiento se realice mediante el método de vibroflotación, con el objetivo de no trasmitir al tablestacado esfuerzos adicionales a su diseño o que esta resulte dañada en el proceso constructivo de mejoramiento.

La vibración profunda es una técnica que mejora los terrenos por la acción de una vibración enérgica; esta técnica se aplica con éxito en terrenos granulares flojos. La vibración transmitida al terreno provoca la inestabilidad de su estructura, induciendo una licuefacción parcial y provocando asientos en superficie.

Se realiza con vibradores de gran tamaño -con peso entre 20 y 40 kN y con diámetros entre 20 y 50 cm- y se pueden tratar terrenos arenosos hasta profundidades de 15 m.

El radio de acción de la vibración depende de la potencia del equipo y del tipo de terreno. En la práctica usual, se suele hacer el tratamiento con una columna de vibrado por cada 3 m^2 a 5 m^2, con lo que se obtiene un aumento de la densidad media del terreno muy apreciable.

Para que el terreno se licue con la vibración es preciso que su contenido en finos (limos más arcillas) sea prácticamente nulo. Con contenidos de finos casi nulos (inferiores al 5%) se consiguen densificaciones por la vibración de los equipos que se introducen en el terreno. Este tratamiento se denomina vibroflotación, ver Figura 3.6.

Figura 3.6 Proceso de Vibroflotación.



Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería.

Para terrenos con un contenido en finos (entre el 5% y el 20%), la acción del vibrador produce una densificación en la proximidad del punto de actuación. La retirada del vibrador deja un hueco que se rellena con un material granular de aportación. Este procedimiento mixto de vibración con la inclusión de un material granular se denomina vibrosustitución.

Dado que en el proceso de dragado se retirarán las arcillas, podemos considerar que las arenas utilizadas para el relleno están limpias, esto es, que tienen menos del 5% de finos.

El proceso de ejecución de una vibroflotación en la zona de rellenos es el siguiente:

a. Preparación del terreno, de forma que se facilite la evacuación de las aguas y los movimientos de la maquinaria.

b. Replanteo. Se instalarán bases de replanteo que permitan restituir los puntos en caso necesario.

c. Acopio, cuando esté prevista la aportación de material granular.

d. Realización de la vibroflotación con la siguiente secuencia:

1. Introducir el vibrador por acción de su propio peso, de vibración y de la inyección de aire o agua a presión por su extremo inferior.

2. Cuando se alcanza la profundidad requerida, se suspende la inyección de agua o aire y se continúa la vibración provocando una consolidación del terreno próximo. En terrenos con contenidos de finos superiores al 5% se producen unas oquedades que se rellenan con la aportación de material granular.

3. Cuando vibrando en un punto se consigue la consolidación deseada se eleva el vibrador en torno a 50 cm y se repite la operación de vibrado.

Es importante comentar que en obras marítimas es adecuada la vibroflotación por vía húmeda por tres razones:

- Se dispone de agua sin costo.
- El nivel freático suele estar alto.
- La evacuación de las aguas no presenta problemas.

3.1.4 Cortes en Roca Submarina (en su caso).

Dadas las condiciones de la Laguna de Cuyutlán y con base en los estudios básicos realizados existe la posibilidad que existan zonas de afloramientos de roca, la cual ha sido clasificada como granito intemperizado, por tal motivo, en caso de que se llegará a presentar esta situación, se ha planteado el siguiente procedimiento a seguir.

La ejecución de trabajos de dragado en materiales rocosos representa uno de los escenarios más exigentes dentro de la ingeniería portuaria y marítima. Cuando el material a remover corresponde a roca clasificada como granito, el grado de complejidad aumenta significativamente debido a su elevada resistencia mecánica, baja deformabilidad y, en muchos casos, limitada presencia de discontinuidades que faciliten su fragmentación natural.

Es posible extraer roca sin explosivos, pero la viabilidad real depende de que la roca esté meteorizada, fracturada o de resistencia media; pero normalmente baja mucho el rendimiento y sube mucho el costo frente a otras opciones. PIANC[2] subraya que la selección del método de dragado en roca depende de una buena investigación geotécnica y de cómo interactúan las propiedades de la roca con el proceso de excavación.

En el presente apartado se desarrolla, desde un enfoque técnico y constructivo, la metodología más adecuada para la extracción de roca en ambiente marino sin el uso de explosivos. Este tipo de restricción es cada vez más común en proyectos ubicados en zonas ambientalmente sensibles, en proximidad a infraestructura existente o en áreas donde las vibraciones y ondas de choque no son aceptables.

3.1.4.1 Consideraciones geotécnicas.

La selección del método de dragado en roca depende de manera directa de las características del macizo rocoso. En este sentido, la clasificación del material debe ser interpretado con cautela, ya que el comportamiento real puede variar significativamente dependiendo de factores como el grado de meteorización, la presencia de discontinuidades, la orientación de diaclasas y la resistencia a compresión simple.

En formaciones altamente fracturadas o parcialmente alteradas, la roca puede presentar un comportamiento favorable a la excavación mecánica, permitiendo su fragmentación mediante herramientas de corte o desgarre. Por el contrario, en condiciones de roca sana, masiva y con bajo grado de fracturamiento, la resistencia del material puede dificultar considerablemente su remoción, reduciendo los rendimientos y aumentando el desgaste de los equipos.

En términos operativos, la excavabilidad del material está controlada por parámetros como la resistencia a compresión simple, el grado de fracturamiento, la orientación de discontinuidades y la abrasividad. Estos factores condicionan directamente la selección del equipo, el tipo de herramientas de corte y los rendimientos esperados. En roca altamente fracturada, es posible que la excavación mecánica se realice con relativa eficiencia, mientras que en roca masiva será necesario incorporar etapas previas de aflojamiento o corte.

Por lo anterior, resulta indispensable contar con una campaña geotécnica específica para dragado, que incluya ensayes de resistencia, evaluación del RQD, caracterización de discontinuidades y análisis de abrasividad, con el fin de ajustar la selección del equipo y estimar con mayor precisión los rendimientos esperados.

[2] PIANC (Asociación Mundial de Infraestructuras de Transporte Acuático) es una organización internacional técnica y sin fines de lucro, fundada en 1885. Proporciona asesoramiento experto y guías técnicas para el diseño, construcción, mantenimiento y operación sostenible de puertos, marinas y vías navegables (interiores y marítimas)

3.1.4.2 Equipos principales y su funcionamiento

La extracción de roca sin el uso de explosivos se basa en la aplicación de esfuerzos mecánicos concentrados capaces de superar la resistencia del material. Estos esfuerzos pueden manifestarse como corte, trituración, impacto o desgarre, dependiendo del equipo utilizado.

En ambiente marino, estos procesos deben ejecutarse mediante equipos montados sobre pontonas o embarcaciones especializadas, lo que introduce condicionantes adicionales relacionadas con estabilidad, precisión de posicionamiento y control del proceso bajo el agua.

La estrategia general consiste en transformar el macizo rocoso en fragmentos manejables mediante un proceso de aflojamiento o fragmentación inicial, seguido de su excavación, carga y transporte.

Uno de los equipos más utilizados para este tipo de trabajos es la retroexcavadora montada sobre pontona, conocida como backhoe dredger, ver Figura 3.7. Este sistema consiste en una excavadora hidráulica de gran capacidad instalada sobre una estructura flotante estabilizada mediante pilotes o spuds. La máquina opera mediante el uso de una pluma, brazo y cuchara especialmente reforzada para trabajar en roca.

Figura 3.7 Backhoe Dredger.



Fuente: https://www.iadc-dredging.com, 2026

El proceso de excavación con este equipo implica la penetración de la cuchara en el material mediante la aplicación de fuerza hidráulica, seguida del desprendimiento del material y

su elevación hacia la superficie. Posteriormente, la roca es descargada en embarcaciones auxiliares denominadas chalanes, que se encargan de su transporte hacia el sitio de disposición final.

La principal ventaja de este sistema radica en su precisión, ya que permite trabajar con alto control sobre la geometría del fondo y los taludes. Sin embargo, cuando la roca es demasiado resistente, la cuchara por sí sola no es suficiente para lograr una excavación eficiente, lo que hace necesario el uso de equipos complementarios.

En este contexto, los cortadores de tambor, o drum cutters, representan una solución eficaz para el aflojamiento de roca, ver Figura 3.8. Estos dispositivos consisten en cilindros rotatorios equipados con picos de corte que giran a alta velocidad, triturando la roca mediante un proceso continuo de desgaste. El drum cutter puede instalarse en el brazo de una excavadora, permitiendo trabajar de manera localizada y controlada.

Figura 3.8 Cortador de Tambor (Drum Cutters).



Fuente: https://www.epiroc.com, 2026

El uso de este equipo es particularmente ventajoso en entornos donde no se permiten vibraciones, ya que el proceso de corte es progresivo y no genera impactos bruscos. Además, permite perfilar superficies con gran precisión, lo que resulta útil en etapas finales del dragado.

Otra alternativa relevante es la draga de cortador-succión, que combina la fragmentación del material con su transporte hidráulico. Este equipo cuenta con una cabeza de corte rotatoria ubicada en el extremo de un brazo, la cual desintegra la roca mientras una bomba succiona la mezcla de agua y material fragmentado, enviándola a través de tuberías hacia el sitio de descarga.

La eficiencia de este sistema depende de la capacidad de la cabeza de corte para fragmentar el material en tamaños lo suficientemente pequeños para ser transportados hidráulicamente. En roca muy dura, este proceso puede volverse limitado, requiriendo cabezas de corte especializadas y altos niveles de potencia.

En condiciones donde la roca presenta un grado significativo de fracturamiento, puede emplearse un ripper mecánico, que es un implemento diseñado para desgarrar el material aprovechando sus discontinuidades naturales. Este equipo funciona mediante la aplicación de fuerzas de tracción concentradas, separando bloques de roca a lo largo de planos de debilidad.

Figura 3.9 Cortador de Draga.



Fuente: Base de datos de RHG Ingeniería.

Finalmente, para trabajos de precisión o en zonas críticas, pueden utilizarse sistemas de corte especializados como el hilo diamantado o los splitters hidráulicos. El hilo diamantado consiste en un cable recubierto con segmentos abrasivos que corta la roca mediante un movimiento continuo, mientras que los splitters hidráulicos generan presión interna en perforaciones previamente realizadas, provocando la fractura controlada del material. Estos métodos son altamente precisos y no generan vibraciones, aunque su baja productividad los limita a aplicaciones específicas.

3.1.4.3 Procedimiento constructivo.

El proceso de extracción de roca sin explosivos debe iniciar con una etapa de caracterización geotécnica detallada, que permita definir las propiedades del material y

seleccionar el equipo adecuado. Esta etapa incluye la realización de sondeos, ensayes de laboratorio y análisis estructural del macizo rocoso.

Posteriormente, se recomienda ejecutar un tramo de prueba en campo, con el objetivo de validar los rendimientos de los equipos y ajustar la estrategia constructiva. Esta fase es fundamental para reducir incertidumbre y optimizar la planificación del proyecto.

Una vez definida la metodología, se procede al aflojamiento de la roca mediante el uso de drum cutter, ripper u otro equipo de corte, dependiendo de las condiciones del material. Este proceso tiene como objetivo reducir la resistencia del macizo y generar fragmentos manejables.

A continuación, la roca aflojada es excavada mediante la retroexcavadora, cargada en chalanes y transportada fuera del área de dragado. Durante esta etapa, es fundamental mantener un control preciso de las cotas de excavación, utilizando sistemas de posicionamiento y monitoreo en tiempo real.

Finalmente, se realiza el perfilado del fondo, eliminando irregularidades y asegurando el cumplimiento de las especificaciones de diseño. En esta fase pueden utilizarse equipos de corte de alta precisión para ajustar detalles y remover puntos duros residuales.

3.1.4.4 Consideraciones operativas y ambientales

La adopción de metodologías mecánicas sin uso de explosivos presenta ventajas significativas desde el punto de vista ambiental, particularmente en entornos marinos sensibles como la Laguna de Cuyutlán.

La operación de equipos de dragado en roca requiere una planificación cuidadosa, considerando factores como la estabilidad de la pontona, las condiciones de oleaje, la logística de transporte y la disponibilidad de mantenimiento.

Desde el punto de vista ambiental, la eliminación del uso de explosivos representa una ventaja significativa, ya que evita la generación de ondas de choque que pueden afectar a la fauna marina. Asimismo, permite un mayor control sobre la dispersión de sedimentos y reduce la turbidez del agua.

3.1.4.1 Comentarios finales.

La extracción de roca tipo granito en ambiente marino sin el uso de explosivos es técnicamente viable mediante la aplicación de métodos mecánicos basados en corte, trituración y excavación controlada. La combinación de equipos como retroexcavadoras sobre pontona, cortadores de tambor y dragas de cortador-succión permite adaptar la metodología a las condiciones específicas del material y del sitio.

El éxito del proceso depende en gran medida de una adecuada caracterización geotécnica, de la selección correcta del equipo y de la ejecución de pruebas piloto que permitan validar los rendimientos. Bajo estas condiciones, es posible llevar a cabo el dragado de manera eficiente, segura y compatible con las restricciones ambientales del proyecto.

A pesar de su viabilidad, los métodos mecánicos presentan ciertas limitaciones, especialmente en presencia de roca masiva de alta resistencia. En estos casos, los rendimientos pueden disminuir considerablemente, incrementando los tiempos de ejecución y los costos operativos. Adicionalmente, el desgaste de herramientas y la necesidad de mantenimiento continuo deben ser considerados en la planeación del proyecto.

Por lo tanto, la selección definitiva del método deberá sustentarse en la caracterización geotécnica del material y en la validación de rendimientos mediante pruebas de campo, garantizando así la eficiencia y viabilidad del proyecto en el contexto específico de la Laguna de Cuyutlán.

3.2 Procedimiento Constructivo de la Estructura de Contención de Rellenos (Tablestaca).

Con base a la información generada por los documentos que conforman el proyecto ejecutivo para la construcción del muro de tablestacado se conforman las plantillas técnicas que serán responsables de llevar a cabo los trabajos de construcción y controles, así como seleccionar la maquinaria adecuada y con capacidad suficiente para la construcción de los muros de tablestacado metálico.

Es importante considerar que el proyecto contempla procesos y etapas independientes en su ejecución pero que tienen una continuidad al termino de cada proceso. De aquí surge la importancia de contar con una plantilla técnica con experiencia y conocimiento en la construcción de este tipo de proyectos.

3.2.1 Instalaciones Provisionales de Obra

Parte del procedimiento constructivo es la planeación y programación de los trabajos, así como la cuantificación de los volúmenes de obra, y para poder realizar todas estas actividades, es necesario contar con instalaciones provisionales de campo donde se realicen los trabajos de gabinete.

Las Instalaciones provisionales de campo, como oficinas, almacenes, talleres de mantenimiento, talleres de construcción, caminos de acceso, oficinas en los frentes de trabajo, se realiza un planteamiento para su mejor ubicación y funcionalidad, disponiendo terreno que previamente fue autorizado por la Residencia de ASIPONA Manzanillo y la Supervisión de la Obra.

Formando parte de las Instalaciones Provisionales de Obra, la construcción de plataformas para almacenamiento y estiba de los perfiles de acero (viguetas), tablestacas y tensores de acero, así como los talleres para limpieza mecánica (sand blasteo), y talleres para la aplicación de las protecciones mecánicas (protección anticorrosiva) y al sistema de tensores, con caminos y plataformas adecuados para las grúas y plataformas de transportación.

Estará incluido dentro de las instalaciones provisionales de obra la construcción de un muelle en un sitio autorizado por la ASIPONA Manzanillo para operar durante el proceso de la obra, como punto de atraque, carga y embarque de materiales (perfiles de acero y tablestaca) que forman parte del muro combinado de tablestaca.

Todas estas instalaciones quedarán registradas previamente antes del inicio de la obra, en un plano y estarán sujetas a la autorización de la residencia de ASIPONA Manzanillo y de la supervisión de la obra.

3.2.2 Levantamiento Topográfico y Batimétrico

Durante el periodo que se llevan a cabo la construcción de las instalaciones provisionales de la obra y construcción de los caminos de acceso, se realizan los levantamientos topográficos y batimétricos de las áreas que corresponden al proyecto y se colocan las referencias necesarias que serán ocupadas durante el proceso de construcción. Se cuantifican los volúmenes de obra, y se concilian con la supervisión de la obra y se informa a la residencia de ASIPONA Manzanillo, sobre la existencia de diferencias de volúmenes con respecto a los volúmenes de presupuesto contractual en caso de que existan en mayor o menor diferencia.

3.2.3 Planeación y Programación de Obra.

Forma parte de una de las responsabilidades del representante técnico de la empresa contratista, revisar el programa de obra contractual y con la cuantificación en obra de los volúmenes apoyado por los levantamientos topográficos y batimétricos y los planos del proyecto ejecutivo recibidos para construcción realizar los ajustes de cantidades que correspondan, conciliarlos con la supervisión de la obra e informar a la residencia de ASIPONA Manzanillo si existen diferencias.

La cuantificación de los volúmenes de obra que se realiza durante el proceso de construcción de las instalaciones provisionales en obra servirá para revisar los volúmenes de materiales por adquirir. Por las características, especificaciones y cantidades de los perfiles metálicos por instalar, es recomendable hacer el requerimiento lo más inmediato posible, es decir, adelantándose al proceso de construcción de las instalaciones de obra, y debido a que los materiales son productos de importación y requieren tiempos considerables para su fabricación y transportación marítima dependiendo de la capacidad de fabricación del proveedor y la solvencia económica de la empresa Contratista.

Se realiza el requerimiento de la maquinaria más apropiada y con la capacidad necesaria para ejecutar las actividades de obra, con base al proceso constructivo, siendo de vital importancia y de acuerdo con las características de los trabajos por realizar, la construcción de un muelle que sirva para atracar y cargar todos los perfiles metálicos que serán instalados en las Terminales No. 1 y No. 2 como elementos de contención de rellenos. El planteamiento y la construcción del muelle, así como la ubicación de este dentro de la zona portuaria de Cuyutlán[3].

Dentro de los objetivos de revisar la planeación y programación de la obra, se encuentra la ratificación de la fecha de ingreso de los equipos para construcción, con base a la planeación, así como la tramitación de permisos para ingreso de los equipos marinos como chalanes, remolcadores, lanchas y operadores ante las autoridades del puerto. Y un punto importante confirmar la vigencia del permiso de vertimiento del proyecto, con la finalidad de que los trabajos cuenten con la continuidad necesaria desde el inicio hasta la conclusión de las actividades.

Todos los insumos que intervienen y se requieren para llevar a cabo la construcción de la obra, se encuentran dentro de las cuantificaciones de los conceptos de proyecto y se planea su adquisición, suministro e ingreso para que el programa de obra se cumpla, a su vez este proceso sirve para confirmar y corregir cualquier deficiencia que se haya tenido durante el proceso de licitación.

Durante el proceso de planeación y programación de obra, se realiza la selección y el ingreso del Personal Técnico adecuado y con experiencia en este tipo de proyectos, incluyendo el personal administrativo, mecánico, operadores y obrero necesario para dar cumplimiento al programa de obra.

3.2.4 Construcción de Instalaciones Provisionales de Obra.

Las oficinas de campo, talleres de mantenimiento y de construcción, almacenes de materiales, comedor y caminos de acceso para ingreso al muelle de carga y caminos de acceso para ingreso a la obra deberán contar con el permiso y autorización por parte de la residencia de ASIPONA Manzanillo, con base al planteamiento y necesidades de espacio planteado por la empresa contratista, donde las áreas necesarias para construir las instalaciones provisionales se encuentren libres de impedimentos y permisos.

Por las características propias de proyecto y por el tiempo de ejecución de las obras, las oficinas de campo se deberán instalar en el lugar más cercano a la obra, contando con el suministro de energía eléctrica (plantas portátiles de energía eléctrica), agua potable (tanques de almacenamiento), servicios sanitarios portátiles suficientes.

[3] Como parte de los trabajos de construcción, el muelle deberá estar considerado dentro del presupuesto de obra, incluyendo la ingeniería y los estudios necesarios para su construcción.

En el caso del almacén de materiales deberá contar con un espacio techado y con estantes para materiales menores y unas 36 plataformas para almacenar los perfiles de acero (viguetas) 2,650 piezas de 15.00 y 2,650 piezas de 31.50 m de longitud, tablestacas 2,650 piezas de 25.00 m y 2,650 piezas 15.00 m con todos sus diferentes tipos de conectores, tensores y herrajes metálicos, considerando que las estibas no deben ser altas, y espacios suficientes para maniobras de carga y estiba con grúas y plataformas con dolly para su traslado.

El taller de mantenimiento para maquinaria deberá contar con un cobertizo amplio y una fosa para mantenimiento y reparación de equipo mayor como grúas, tractocamiones, remolcadores y lanchas y un tanque para almacenamiento de combustible (diésel) con capacidad suficiente para el suministro del equipo en tierra y el marítimo.

En el caso de talleres de construcción se deberán construir cuatro talleres a cubierto con suficiente altura para el área de limpieza mecánica (sand blast), dos para perfiles de acero viguetas 31.50 m y de 15.00 m y dos más para tablestacas de 25.00 m y de 15.00 m, así como sus áreas para estiba, almacenaje, para maniobras de descarga y carga con Grúas y plataformas con Dolly para su transporte.

Y por lo que corresponde al proceso de protección anticorrosiva que deberán llevar las tablestacas, viguetas, tensores y herrajes de conexión se deberán construir otros cuatro talleres a cubierto con altura suficiente para la aplicación de las protecciones dos para viguetas de 31.50 m y 15.00 m y dos para 25.00 m y 15.00 m. así como los espacios necesarios para estiba, almacenaje, maniobras de descarga y carga con grúas y plataformas con dolly para su transporte.

En estos espacios de talleres deberán estar considerados los depósitos a tanques para residuos sólidos y líquidos, incluyendo su manejo y disposición final, que el personal de impacto ambiental de la empresa contratista debe controlar, así como las medidas de mitigación que sean necesarias implementar para no incurrir en faltas con lo indicado en el resolutivo de impacto ambiental.

En lo que corresponde a la construcción de los caminos de acceso, estos deberán realizarse con entendido de que serán utilizados durante los tiempos de lluvias y que deben ser lo suficientemente amplios considerando un sentido de ida y otro de regreso con plataformas cargadas con materiales y el paso para tránsito pesado y de maquinaria, estos caminos estarán contemplados en el interior para interconexión entre el almacén y los talleres, así como el de acceso a las instalaciones provisionales de obra y los que van al muelle de carga. La construcción de estos caminos contara con una estructura de terracerías apropiada, como la instalación de una subrasante, subbase y base, con bombeo y las pendientes que la topografía propia del lugar obligue a su construcción.

Es importante también contemplar dentro de los caminos de acceso a la obra el que se pueda ingresar a la zona de construcción en forma directa, es decir considerar que la construcción de los muros de tablestaca y perfiles de la pantalla principal y secundaria se encuentran en el extremo opuesto al de las Instalaciones provisionales de obra, y que por necesidad es necesario construir caminos de acceso con estructura de terracerías de las mismas características que los anteriores caminos de acceso con un embarcadero provisional para lanchas que trasladen al personal de construcción.

Debido a la ubicación del proyecto es necesario construir un comedor con todos los servicios que esto requiera, como suministro de agua potable, energía eléctrica, gas, servicios sanitarios, y aire acondicionado para el personal, técnico, administrativo, mecánico, operadores y obrero, con capacidad para 150 personas.

3.2.5 Construcción del Muelle para Carga de Tablestaca y Perfiles de Acero.

Con base a las necesidades del proyecto la empresa contratista construirá dentro de la Laguna de Cuyutlán un muelle provisional para atraque y carga de los perfiles de acero y tablestaca para el muro principal y el muro secundario, cuya ingeniería, proyecto ejecutivo y costo de construcción están incluidos dentro del presupuesto de tablestacado de las terminales No. 1 y No. 2.

En la elaboración del proyecto ejecutivo del muelle se contemplaron los costos del estudio de mecánica de suelos, levantamiento topográfico y batimétrico, diseño del muelle (análisis estructural y sísmico). Se considera un primer planteamiento para fines de construcción de muelle, una cimentación a base de pilas de concreto de 1.20 m de diámetro coladas en sitio de 21.50 m de longitud, una superestructura con una losa de concreto armado de 1.00 m de espesor, de 52.50 m de longitud por 25.00 m de ancho, con su pantalla de atraque y trasera, con relleno en parte anterior del muelle, con un enrocamiento formando un talud 1:1 y un relleno con material calidad subrasante, subbase y base para formar el acceso al muelle que va a ser utilizado para carga de perfiles metálicos y tablestaca para su transportación marina hasta el sitio de construcción de los muros indicados en el proyecto ejecutivo.

De acuerdo con el programa de obra se solicitaron y adquirieron los materiales para construcción de las pilas, como es el acero de refuerzo, las placas de acero para la fabricación de los ademes, las secciones de cimbras perdidas y recuperables, la fabricación del escantillón para construcción de las pilas y después para el hincado de tablestacas. Así como el ingreso del equipo solicitado, cortadoras de varilla y dobladoras de varilla eléctricas, para el taller de corte y habilitado de acero de refuerzo, soldadoras de combustión para ejecutar los empalmes soldables de los armados de las pilas en las varillas de 1” de diámetro en adelante que el proyecto indique. Conforme llega el equipo, también ingresa el personal obrero (cuadrillas de fierreros) y operadores para las grúas y para los tractocamiones que se encargaran de transportar los armados de las pilas al sitio de construcción del muelle.

Durante el proceso de corte, habilitado y armado del acero de refuerzo para las pilas del muelle, se realiza el levantamiento topográfico y batimétrico donde se ubicará el muelle y se complementa con el levantamiento batimétrico que anteriormente se realizó para la elaboración del proyecto de dragado. De igual forma se fabrican los ademes metálicos, las cimbras metálicas tanto las secciones no recuperables (perdidas), como las recuperables en el taller de soldadura. En el proceso de habilitado del acero de refuerzo de las pilas del muelle la cuadrilla de fierreros emplea las cortadoras y dobladoras eléctricas y continua con su proceso otra cuadrilla de fierreros que se encarga de armar el acero de refuerzo de acuerdo con los diámetros y secciones indicadas en los planos del proyecto, tomando en consideración que los empalmes de varillas cuyo diámetro es de 1” en adelante deben ser uniones soldables y que no debe haber más del 30% en una misma sección.

Conforme se van terminando los armados de las pilas, una cuadrilla de soldadores inicia con las uniones soldables, realizando los cortes biselados con los equipos de corte oxi-acetileno y ejecuta los empalmes empleando ángulos de acero de respaldo y en la unión soldable emplean electrodos E-7018 o lo que indique el proyecto con la utilización de las plantas de soldar. El ingeniero responsable de los trabajos del muelle informa y solicita a la supervisión de la obra la revisión y autorización de los armados de las pilas a los que se realizaron las uniones soldables, a los cuales ya les fueron realizadas las pruebas no destructivas y que el personal de laboratorio de radiografías contratado entrego los reportes donde corrobora que las uniones soldables cumplen con la calidad de los trabajos de soldadura.

Durante el periodo de fabricación de los ademes, las cimbras metálicas, escantillón y fabricación de armados de las pilas, se integra al proyecto el equipo para construcción de las pilas, personal obrero operadores para grúa, equipo de perforación, chalan o Flexi-Float, remolcador, lanchas con motor fuera de borda, plantas de soldar, compresor estacionario de 250 PCM, tubo Air-Lif y el tubo tremie. De acuerdo con las fechas indicadas en el programa de obra conciliado con la residencia de ASIPONA Manzanillo y la supervisión de la obra, se da inicio a los trabajos de construcción de la pilas, ordenándose a la cuadrilla de topografía realizar el trazo del primer eje de pilas, para que se proceda a mover el equipo de construcción de pilas, realizando las maniobras necesarias para subir la grúa al chalan en el sitio preparado con anticipación y con la grúa se ejecutan las maniobras para cargar al chalan el equipo de perforación, planta de soldar, compresor, tubo Air-Lif, tubo tremie, escantillón, perfiles de acero ligeros, el ademe, la cimbra metálica perdida, recuperable de las pilas y el armado de la pila. Los maniobristas y operadores avisaran que se encuentra todo lo necesario para que se le indique al operador del remolcador que traslade al chalan al sitio de construcción indicado por el personal de topografía.

El Ingeniero responsable de los trabajos de la empresa contratista, le informa a la supervisión de la obra sobre el inicio de los trabajos para que verifique y autorice, los trazos y niveles de la primer pila y se autorice la actividad de perforación, se posicione el chalan con los sancos y se instale el escantillón con la grúa y con base al trazo del proyecto se fija el ademe

metálico con perfiles metálicos en la parte superior del escantillón, y se monta a la grúa el equipo de perforación y de acuerdo al cheque topográfico de la supervisión de la obra, se autoriza el trabajo de perforación empleado la broca y bote adecuado con el tipo de material indicado en el estudio de mecánica de suelos en el interior del ademe, no sin antes verificar la verticalidad de la perforación y se de inicio a la perforación y extracción del material producto de la perforación, depositándolo lateralmente a un lado del escantillón. Conforme avanza la perforación al interior del ademe este va bajando, se continua la perforación hasta el nivel de desplante indicado en el proyecto, se inserta la cimbra perdida con la cimbra recuperable y se recupera el ademe metálico.

se realiza la colocación de las donas de concreto al armado de la pila para asegurar que el recubrimiento del acero de refuerzo indicado en los planos se cumpla, se realizan las maniobras de estrobado, izaje del armado de acero de refuerzo de la pila entre los maniobristas y el operador de la grúa, la cual coloca el armado en el interior de la cimbra metálica, respetando los niveles indicados en los planos. Se le informa a la supervisión de la obra de los trabajos ejecutados para que sean verificados y autorice el vaciado de concreto de la pila. La empresa contratista contrato con anticipación al inicio de los trabajos, el servicio de suministro de concreto, el equipo de bombeo y el laboratorio, el cual se programa durante la ejecución de los trabajos, para que cuando se autorice el vaciado de concreto, llegue el volumen de concreto necesario y el personal de laboratorio que verifica el tiempo de traslado, revenimientos y saca las muestras del concreto suministrado para llevar a cabo las pruebas de resistencia del concreto.

Para el vaciado de concreto se emplea una cubeta con compuerta manual que es llenada por la olla que transporto el concreto a la obra, la cubeta se iza con la grúa y se acopla al tubo tremió con estrobos, se abre la compuerta manual y se vacía el concreto de la cubeta al tubo tremie hasta llenar completamente la pila, durante el proceso de vaciado con el tubo tremie re realiza un chaqueteo con el apoyo de la grúa, con la finalidad de realizar un mejor acomodo del concreto en el interior de la cimbra hasta llegar al nivel tope de colado considerando para este tipo de trabajo dejar el nivel superior de concreto 1.00 m, arriba del nivel de proyecto, con la finalidad de que el concreto de la pila sea concreto sano y el metro de concreto arriba del nivel de proyecto sea demolido, considerando que pudiera estar contaminado. una vez que se terminó el vaciado de concreto se deja reposar el concreto para que termine de fraguar y adquiera su resistencia, los cual permitirá retirar la cimbra recuperable, dicha actividad debe realizarse con buzos equipados con su equipo de buceo y con apoyo de la grúa que se encuentra arriba del chalan. Toda la secuencia de trabajo descrita anteriormente para la construcción de las pilas se repite hasta el terminar de construir la última pila indicada en el proyecto.

Durante el proceso de construcción de las pilas, el personal del taller de soldadura habilita y forja las mordazas, perfiles de acero para la obra falsa y la cuadrilla de carpintería habilita la cimbra de contacto para la superestructura del muelle, para trabes, contratrabes, losa y muros pantalla y de igual forma la cuadrilla de fierreros corta y habilita el acero de refuerzo para la superestructura. Es importante considerar que conforme avanza el proceso de construcción de las pilas, también se realice el descabezado de pilas, con personal obrero, ocupando para la

demolición del concreto el compresor estacionario con pistolas neumáticas para la demolición del concreto contaminado que quedo arriba del nivel de proyecto, empleando balsas y andamios que son trasladados con el apoyo de lanchas con motor fuera de borda, teniendo la precaución de que el material producto de la demolición sea depositado en las balsas y sea retirado hasta el sitio autorizado por la SEMARNAT.

Continuando con el proceso de construcción del muelle y de acuerdo con el programa de obra el ingeniero responsable de los trabajos de la empresa contratista, le indica al personal de topografía, realizar la colocación de niveles y ejes en la pilas de concreto ya descabezadas, para iniciar con la colocación de las mordazas metálicas que fueron fabricadas en el taller de soldadura y que servirán de apoyo para instalar la obra falsa, formada por perfiles de acero y sobre estos se coloque la cimbra de contacto, como es el fondeo de la losa, trabes, contratrabes, muros pantalla.

Para la instalación y fijación de las mordazas se emplean balsas fabricadas con tambos vacíos de 200 l, polines y tablones de madera, a las que se les montan andamios para trabajar en altura y alcanzar el nivel donde se instalan las mordazas, las cuales son acarreadas y trasladadas en las balsas con el apoyo de lanchas con motor fuera de borda. Las mordazas se instalan y se fijan con tornillos de 1” de Ø X 4”, no sin antes realizar las perforaciones en la pila, con lo cual se sujeta y fija la mordaza en el nivel requerido, esta actividad es ejecutada por la cuadrilla de maniobristas y carpinteros de obra negra, que tienen experiencia en obras marítimas. Conforme avanza la colocación de mordazas otro grupo de trabajo traslada las viguetas de acero que forman la obra falsa y las acarrean en las balsas hasta donde fueron instaladas las mordazas, las suben y las sujetan a las mordazas formado cuadriculas con base a las áreas del proyecto. Es importante mencionar que la obra falsa que es formada por las viguetas de acero son secciones que fueron producto de un diseño y calculo derivado de una distribución de cargas para vigas simplemente apoyadas en sus extremos y de este cálculo se deriva la sección y peralte de la viga que se utiliza en la obra falsa para la Superestructura.

De acuerdo con el avance de colocación de obra falsa otro grupo de trabajo formado por cuadrillas de carpinteros de obra negra que habilito la cimbra de contacto para la superestructura, acarrean los fondos y costados de trabes, contratrabes, losa y muros pantalla, empleando balsas y las lanchas para su traslado hasta el sitio de su instalación, respetando los ejes y niveles que el personal de topografía referencio con anticipación, los fondos de la cimbra de contacto son fijados a la obra falsa ya colocada, y posteriormente los costado de trabes, contratrabes y muros pantalla, alineado los costados así como la colocación de sus troqueles para rigidizar los costados.

La cuadrilla de fierreros que termino de habilitar el acero de refuerzo durante el periodo de colocación de la obra falsa y fondeo de la superestructura inicia con el traslado del acero de refuerzo habilitado para la superestructura de acuerdo a los diámetros indicados en los planos del proyecto, e inicia con el armado de la superestructura de acuerdo con las secciones y diámetros indicados en los planos del proyecto, conforme va terminando, coloca las calzas de concreto en la parrilla inferior y en los costados para respetar el recubrimiento del acero de refuerzo durante el

proceso de vaciado de concreto. Durante el periodo de colocación del acero de refuerzo el personal de topografía ubico y trazo el sitio donde se deben de instalar y fijar las anclas para las bitas de amarre y las anclas para las defensas marinas.

Una vez que se terminan de colocar las anclas de las bitas y defensas, y se concluye la colocación de costados en las paredes de las pantallas de superestructura, se realiza el troquelamiento exterior de la cimbra, se alinea y nivelan los costados exteriores, y se le indica a la cuadrilla de topografía que verifique la cimbra y coloque las referencias para el vaciado de concreto. La cuadrilla de albañilería que será responsable del vaciado de concreto en la superestructura inicia con la actividad de limpieza, sopleteando toda el área de colado, el ingeniero responsable de los trabajos avisa a la supervisión de la obra, sobre el termino de los trabajos de la superestructura para que los verifique y autorice el vaciado de concreto, el cual se programó con anticipación para su suministro, incluyendo la bomba de concreto. Adicionalmente deberá considerarse que, para el proceso las condiciones ambientales sean las óptimas para evitar condiciones de lluvia o calor extremo que produzca efectos negativos al concreto. Una vez que se cuenta con la autorización de la supervisión de la obra para realizar el vaciado de concreto de la superestructura, se solicita el suministro de concreto, la bomba de concreto, el personal de laboratorio y se preparan los vibradores de concreto, plantas de alumbrado y el personal obrero necesario, se verifica la calidad del concreto conforme llega a la obra por el personal de laboratorio y se realiza el vaciado de concreto en forma ordenada, vibrando correctamente el concreto que está acomodándose y nivelándose con respecto a las referencias que dejo el personal de topografía, se le da el acabado indicado en los planos de proyecto y se aplica la membrana de curado a toda la superficie que ya cuenta con el acabado y el concreto tiene ya su fraguado inicial.

Después de haberse realizado el vaciado de concreto se dejará el tiempo necesario para que el concreto adquiera su fraguado y resistencia apropiada antes de realizar el retiro de la cimbra de contacto. Para el retiro de la obra falsa y mordazas metálicas, se deberá contar con la constancia del laboratorio, que el concreto cumplido con la resistencia de proyecto. De acuerdo con el programa de obra se realiza la instalación de la bitas y defensas que están indicadas en los planos del proyecto, para poder dejar listo el muelle para su operación, realizando la limpieza final.

Es importante considerar que después de construir el muelle se deberá colocar en la pantalla posterior, el relleno de roca que se indica en los planos, con grúa y almeja para tener un acomodo adecuado, formándose con el talud de roca un aproche que evite la fuga de material de relleno que se empleará para la construcción del acceso al muelle. Al término de la colocación de la roca, se inicia la colocación del material de subrasante, tendiéndolo en capas no mayores de 0.20 m, con equipo para formación de la estructura de terracerías, empleando una motoconformadora, un vibrocompactador de 10 ton con rodillo liso, un compactador neumático con tándem, una pipa de agua de 10 m3 de capacidad. Se suministrara el material de banco calidad subrasante con los camiones volteo formándose un camellón al cual se le incorpora

humedad con la pipa de agua y con la motoconformadora se realiza el mezclado del material homogenizando todo el material con el porcentaje de humedad adecuado que nos permita obtener la compactación de proyecto, se extiende el material de subrasante y se conforma una capa de 0.20 m, nivelada, se procede a realizar la compactación con el rodillo vibrocompactador y con el rodillo neumatico tipo tándem, al concluir la compactación de la capa se le informa al personal de laboratorio para que proceda a realizar las calas a la capa terminada y determine si cumplió con el grado de compactación del 90% indicado en el proyecto. este proceso de relleno del material de subrasante para el acceso al muelle se repite en las siguientes capas hasta llegar al nivel inferior de la capa de subbase.

En el caso de la capa de subbase y base el procedimiento constructivo es igual por ser espesores no mayores a 0.20 m, las actividades de trabajo son idénticas al de las capas inferiores de material tipo subrasante con la diferencia de la calidad de los materiales que es subbase y base, el grado de compactación para la subbase es del 95%, y para la base es del 100%, así como el contenido de humedad y en el caso de la superficie de acabado de la subbase y base se deben de respetar los niveles de proyecto, lo cual se logra después de conformar la capa y se compacta, se afina la superficie con la motoconformadora, apoyada por los niveles de referencia que instalo la cuadrilla de topografía. posteriormente se realizan las pruebas de compactación por el personal de laboratorio que de acuerdo con las calas realizadas determina si la capa cumplió con el grado de compactación especificado en el proyecto.

Con la conclusión de los trabajos de terracerías realizados para formar el acceso al muelle se puede disponer de la estructura de muelle para los fines de atraque y carga de los materiales que se emplearan para la construcción de los muros de tablestacado, y que es prioritario para poder realizar los trabajos una vez que se haya recibido los materiales en el almacén y se les aplique los procedimientos de limpieza mecánica y protección anticorrosiva.

3.2.6 Limpieza mecánica (Sand Blast) de los Perfiles Metálicos.

Conforme al programa de obra después de haberse adquirido y cumplido el periodo de fabricación, transporte marítimo, e ingresado de los materiales al almacén de la obra, así como haberse construido los talleres, patios de maniobras, plataformas para almacenaje y estiba se inicia con los trabajos de limpieza mecánica, avisando al personal de supervisión de la obra sobre estas actividades y con el ingeniero responsable por parte de la empresa contratista se realicen los controles adecuados para cada proceso.

El sobrestante encargado del taller de limpieza mecánica le indica a los operadores de la grúa sobre neumáticos con pluma telescópica inicie la carga a una plataforma con dolly del patio del almacén de vigas y tablestacas que van en los muros y las traslade al taller de sand blasteo para que se realice la limpieza con chorro de arena en todo el perímetro de cada perfil en una longitud de 5.50 m que corresponde del nivel -2.00 al nivel +3.50 que es la parte superior de las vigas y tablestacas así como de los tensores y perfiles que son empleados para la sujeción y

fijación del sistema de tensado indicado en los planos del proyecto. Antes de iniciar las actividades de limpieza mecánica, cada vigueta y tablestaca es revisada por el personal del taller que los conectores se encuentren sin defectos que impidan la correcta unión entre viguetas y tablestacas, un grupo de soldadores del taller se encargan de corregir los conectores que durante el traslado a la obra sufrieron algún desperfecto.

Para realizar las actividades de limpieza mecánica, se emplean compresores estacionarios de 350 PCM, ollas para sand blast, mangueras de alta presión y pistolas de aire que ejecutan el lanzado de la arena silica a las paredes metálicas y son operadas por los oficiales de sand blast y sus ayudantes, los cuales se apoyan con una grúa sobre neumáticos con pluma telescópica con capacidad suficiente para realizar las maniobras de carga y acomodo de los perfiles metálicos en los bancos de trabajo, la limpieza consiste en aplicar el chorro de arena con alta presión para que se eliminen las grasas, óxidos o escorias que pudieran tener los perfiles hasta dejar la superficie limpia a metal blanco en la longitud de 5.50 m en lo que va hacer la cabeza de cada pieza durante el proceso de hincado de cada perfil.

Figura 3.10 Proceso de Sand Blast.



Nota: Imagen ilustrativo
Fuente: https://eltamaprimaindo.com/, 2026

Debido a la magnitud del proyecto y la gran cantidad de perfiles (viguetas) y tablestacas, cada uno de los cuatro talleres que se construyeron cuenta con su equipos y personal obrero el

cual de acuerdo al programa de obra, tiene establecida la producción diaria tanto para el muro de la pantalla principal como el de la pantalla secundaria, así como los equipos para carga y transporte del almacén de materiales al taller de limpieza mecánica y los que después de terminarse la limpieza mecánica deberán trasladar los materiales al taller de aplicación anticorrosiva.

El mismo proceso que se utiliza para las vigas y tablestacas es aplicado a los tensores y los perfiles metálicos del sistema de tensado, pero después de haber concluido las viguetas y tablestacas ya que de acuerdo con el programa de obra estos se instalaran una vez que en el frente de trabajo se tenga el espacio para poder iniciar su montaje e instalación.

3.2.7 Aplicación de Protección Anticorrosiva a los Perfiles Metílicos.

Una vez que cada perfil de acero (vigueta) o tablestaca se encuentra limpia, la grúa con pluma telescópica carga al tractocamión con plataforma y dolly los perfiles de acero y se trasladan a uno de los dos talleres de protección anticorrosiva, donde otra grúa con pluma telescópica descarga los perfiles metálicos (viguetas o tablestacas) y los coloca en los bancos del taller donde se realizara la aplicación de primarios anticorrosivo ES-300, para lo cual los oficiales pintores y sus ayudantes emplean un compresor eléctrico de aire para pintar, una cubeta de 20 l., presurizada con manguera y pistola, con los cuales se cubre el perímetro de cada perfil, apoyados por una grúa con pluma telescópica al terminar de cubrir la superficie lo acomoda en otro banco de trabajo donde se espera a su secado antes de que sea cargado para continuar con su proceso de protección. La grúa con pluma telescópica continua con su trabajo descargando los perfiles que provienen del taller de limpieza mecánica en los bancos que están disponibles para su protección con ES-300.

Con respecto a los tensores y perfiles de acero del sistema de tensado, se les realiza la misma aplicación de protección anticorrosiva de ES-300, después de concluir con las viguetas y tablestacas.

Una vez que se terminó el tiempo de secado de cada perfil (vigueta o tablestaca) una grúa con pluma telescópica carga los perfiles a otro tractocamión con plataforma y dolly, para que sean trasladados al otro taller de protección anticorrosiva que es el de RE-36.

Los perfiles de acero y viguetas o tablestacas que concluyo su proceso de secado y fueron cargados y trasladados a uno de los dos talleres para su protección anticorrosiva con RE-36, son descargados por una grúa con pluma telescópica en los bancos del taller, para que los oficiales pintores realicen la aplicación con el anticorrosivo RE-36, utilizando equipos similares para su ejecución como son un compresor eléctrico de aire para pintar, una cubeta de 20 l, presurizada con manguera y pistola, con los cuales se cubre el perímetro de cada perfil, apoyados por una grúa con pluma telescópica al terminar de cubrir la superficie lo acomoda en otro banco de trabajo donde se espera a su secado antes de que sea cargado para que sea enviado para su hincado. La

grúa con pluma telescópica continua con su trabajo descargando los perfiles que provienen del taller de protección anticorrosiva de ES-300 y los coloca en los bancos que están disponibles para su protección con RE-36.

Todos los perfiles de acero viguetas, tablestacas, tensores y perfiles del sistema de tensado que les fue aplicado la limpieza mecánica, protección anticorrosiva con ES-300 y RE-36, son cargados y trasladados a los sitios de hincado o en su defecto a una plataforma para su estiba y conforme se tenga el sitio para su hincado o montaje serán trasladados al muelle construido para la carga de al chalan y para su hincado.

3.2.8 Hincado de Perfiles Metílicos HZ y AZ.

El proyecto de tablestacado contempla el suministro e hinca de diversas secciones de perfiles HZ y tablestacas tipo AZ, en el proceso de hinca los trabajos se desarrollarán en agua.

Si bien, las tablestacas son adecuados en terrenos granulares y que presenten facilidad para su instalación mediante hinca. La hinca de tablestacas no es viable, o presenta grandes dificultades, cuando hay que atravesar terrenos muy consolidados como es nuestro caso.

Sin embargo, en este caso se recomienda la hinca de perfiles con una inercia adecuada a la operación a realizar, y en todo caso, con un reforzamiento en la punta, asimismo, se puede usar durante la hinca el chiflón de agua.

La hinca de elementos en suelos granulares compactos como las arenas, especialmente en terrenos secos, presentan serias dificultades que pueden resolverse mediante la inyección de agua a presión en la punta del pilote o la tablestaca o en alojamientos previamente preparados en sus caras. La presión del agua, de entre 0.4 y 4 MPa, debe ser apropiada al tipo de terreno y al elemento que se va a hincar, con un caudal de alimentación permanente de entre 72 y 900 m^3/h.

Este procedimiento puede ser suficiente para la hinca, pero lo usual es combinarlo con otros sistemas de tipo dinámico, especialmente la vibración. La hinca con chorro de agua es muy recomendable en zonas donde el rechazo se presente al 100 %, como en los terrenos arenosos. Sin embargo, en suelos arcillosos, la eficacia de la inyección de agua es prácticamente nula. En terrenos granulares con gravas gruesas y bolos, la inyección de agua puede no movilizarlas, por lo que el efecto también es bajo. En cualquier caso, hay que prever las consecuencias que puede tener en el entorno de la hinca por la pérdida de cohesión que sufrirá el terreno.

Las normas obligan a que el chiflón de agua se detenga entre 2 a 4 m por encima de la profundidad de desplante prevista en proyecto, puesto que el suelo se afloja. Por tanto, la hinca se terminará mediante un procedimiento ordinario con un martillo hidráulico. También se suspenderán los trabajos si la tablestaca empieza a torcerse debido a una perturbación excesiva del terreno.

En caso de que el chiflón de agua resulte infructuoso, en el último de los casos se deberá realizar perforación previa hasta 3 m antes de la profundidad de desplante indicada en el proyecto y a partir de este punto, se realizará la hinca mediante martillo.

3.2.9 Suministro, Manejo y Almacenamiento

Se deberá suministrar los elementos con las dimensiones y las características físicas señaladas en los planos y demás documentos del proyecto.

El manejo y el almacenaje de las tablestacas se realizarán de manera de garantizar la mayor seguridad de las personas e instalaciones circundantes a la obra, atendiendo la normatividad al respecto. Asimismo, el transporte y manejo del tablestacado deberán efectuarse con el mayor cuidado, para evitar cualquier deformación, ranuras, quebraduras y astilladuras.

Las piezas deberán ser almacenadas en sitios limpios en todo momento, bien drenados y protegidos de los efectos del agua. las piezas deberán ser separadas mediante trozos de madera durante el almacenamiento, para evitar deterioros que se puedan presentar por el contacto directo entre ellas o por cualquier otro agente, tales como el cambio de geometría, daños en los elementos de unión y posibles revestimientos que se presenten.

Se pondrá especial cuidado en la forma de almacenamiento y la cantidad por apilamiento, para evitar daños por solicitaciones estructurales no consideradas en el diseño de los elementos.

3.2.10 Equipo.

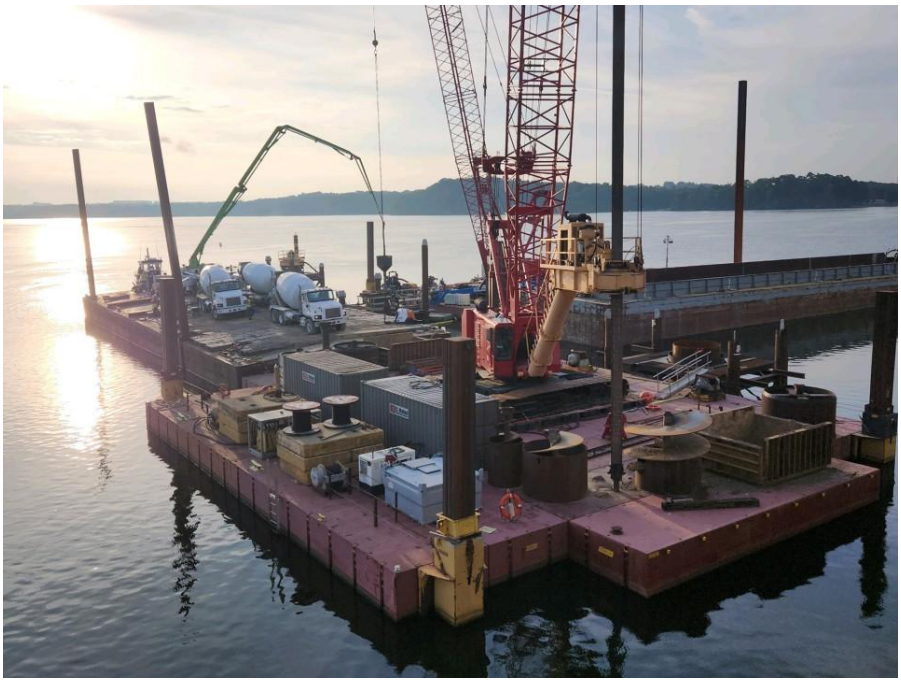
El equipo que se utilice para el traslado, izaje e hincado de la tablestaca, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución.

Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio del Contratista, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que la Contratista corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador.

3.2.11 Hinca

Se deberá disponer de guías para las tablestacas, las cuales pueden consistir en una doble fila de tablones de mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje del hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir.

Figura 3.11 Equipo Marino para Instalación de Tablestaca.



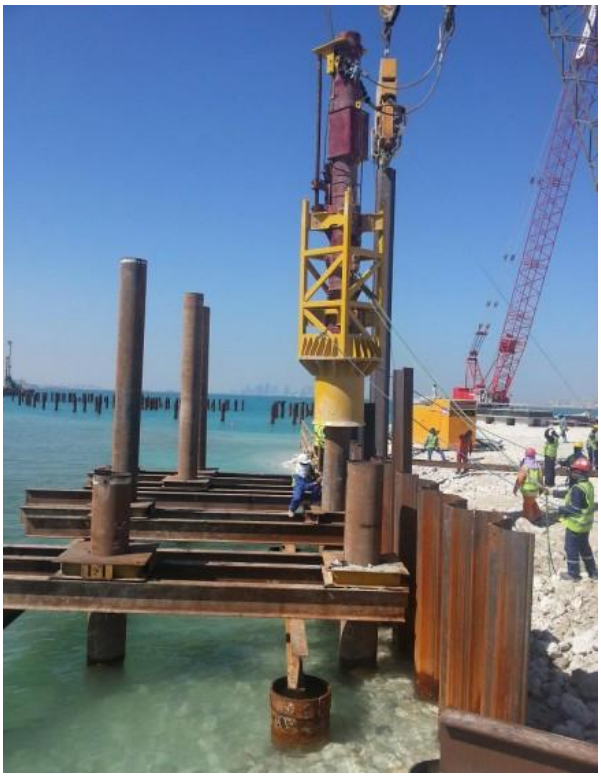
Nota: Imagen ilustrativo

El tablestacado se hincará mediante martillo, ver Figura 312, en este caso, el martinete puede ser de gravedad o de cualquier tipo de acción que se use normalmente en la hinca de pilotes. Si se hinca con martinete, las cabezas de las tablestacas se deberán proteger por medio de accesorios adecuados, para evitar deformaciones o deterioro por los golpes. Estos trabajos se complementarán con sistemas de inyección de agua a presión.

3.2.11.1 Pantalla Principal.

Previo al inicio de los trabajos de hincado todos los perfiles de acero HZ y AZ después de concluir su proceso de protección anticorrosión, el equipo de topografía realizará la tarea de marcar con pintura el eje de cada elemento y longitudinalmente en el lugar más apropiado marcara con pintura cada 0.05 m, cada 0.50 m y cada 1.00 m, indicando con números la longitud del elemento con la finalidad de que durante el proceso de hincado el Ingeniero responsable de los trabajos, pueda llevar el control del hincado conforme vaya bajando y el número de golpes con los que va penetrando en el terreno, documentándose todo el proceso de cada elemento.

Figura 3.12 Equipo de Hinca.



Nota: Imagen ilustrativo

En lo que respecta a la maquinaria que va ser utilizada para el hincado, como es el chalan de 1,200 ton, el remolcador, la grúa de orugas con pluma estructural LS-518, la perforadora rotaria con botes y brocas, el vibrohincador o martillo para hincado D-62, lanchas con motor fuera de borda, planta de soldar, escantillón que fue fabricado con las dimensiones adecuadas con sus sancos , equipo de corte oxi-acetileno, se revisó mecánicamente para que antes de que se inicien las actividades de hincado, contando con todo el personal de operación, maniobristas y buzos equipados para el buen funcionamiento durante la operación de la maquinaria.

La cuadrilla de topografía destinada para los trabajos de hincado realizo con anticipación la colocación de todas las referencias necesarias en tierra y antes de iniciar el hincado reviso que su equipo de topografía, nivel automático y estación total se encuentren en condiciones óptimas, probando los equipos de comunicación con el personal de hincado y operadores.

El ingeniero responsable de los trabajos de hincado deberá realizar la revisión de todos los preparativos, y que los perfiles de acero HZ y tablestacas AZ estén listos para su instalación, le informará a la supervisión de la obra para que verifique y autorice el inicio de los trabajos de

hincado de las secciones de acero que conforman el muro combinado de la pantalla principal. Con el apoyo de una grúa con pluma telescópica y un tractocamión con dolly, serán cargados los perfiles de acero y serán trasladados al muelle provisional que se construyó para estos trabajos, donde el chalan con capacidad de 1,200 ton, que contará con una grúa sobre su cubierta, serán cargados los perfiles de acero al chalan que van a ser trasladados al sitio de hincado indicado en proyecto. El remolcador que forma parte del equipo de hincado trasladará al chalan, cargado con todo su equipo de hincado y los perfiles de acero, hasta el sitio donde se iniciaran las actividades de hincado.

Una vez que la supervisión de la obra, realizo la revisión de los trazos y niveles, los materiales, equipo de hincado, autorizará el inicio del hincado, el remolcador deberá posicionar el chalan en el área de hincado, una vez posicionado la grúa que esta sobre el chalan bajará el escantillón y se posicionará con la ayuda de equipo topográfico, ya colocado en su posición se fijaran los sancos.

Dadas las condiciones de dureza de los estratos de arena compacta, se estima conveniente el empleo del procedimiento de perforación previa e hincado con martillo hidráulico, recomendándose realizar tres perforaciones continuas donde se localizarán los perfiles HZ, y antes de hincar la tercera pieza realizar otras tres perforaciones con la finalidad de que se protejan los perfiles antes de realizar la perforación.

La perforadora será instalada en la grúa, con un bote de 1.00 m de diámetro, esta será bajada con la ayuda de un barretón en los puntos marcados en el escantillón, y se inicia la perforación y la extracción del material. Durante todo el procedimiento de perforación, será controlado los niveles y el avance de perforación con la ayuda del equipo de topografía. La perforación será detenida 3.00 m antes del nivel de desplante de la sección HZ indicado en los planos del proyecto.

Una vez finalizada la tarea de perforación de las secciones HZ, será retirado el bote de perforación del barretón y se posicionará la grúa con la perforadora en donde se ejecutar la perforación de la tablestaca AZ, montando el bote de 1.60 m de diámetro, iniciando la perforación para la tablestaca entendiendo que por ser un elemento de menor longitud el nivel de desplante de proyecto está más arriba que el de las secciones HZ, dicha perforación se detendrá 3.00 m antes de llegar a la cota de proyecto.

Es importante comentar que el material producto de las perforaciones por ser material de características arenosas, este podrá ser depositado por el equipo de perforación a un lado de las perforaciones debido a que no altera las condiciones de la superficie marina. Sin embargo, en caso de que el resolutivo de impacto ambiental indicará que el material debe ser retirado del sitio, este se extraerá se colocara en la cubierta del chalan y se retirara hasta el sitio de disposición final.

Después de concluir la perforación se desmonta el equipo de perforación de la grúa, y con ayuda de los maniobristas se sujetará la sección de acero tipo HZ, la grúa izará el elemento y la introducirá en el escantillón y a su vez en la perforación realizada, una vez en el interior se verificará la verticalidad del elemento, para proceder a la hinca. La grúa toma el martillo hidráulico para hincado y se montará el capuchón del martillo en la cabeza de la sección HZ, se revisará la verticalidad del martillo y se procederá al hincado. Durante todo el procedimiento de hinca se deberá revisar el número de golpes del matillo y el avance de la sección HZ.

Desde el primer golpe se observará la longitud que va penetrando la sección HZ en el terreno, llevando el control de la penetración de acuerdo con el número de golpes del martillo. Cuando se aproxima al nivel de desplante indicando en los planos de proyecto, se verificará el rebote del martillo y el número de golpes, para determinar que la sección llegó al estrato resistente. En el momento en que suspende el hincado se retira el martillo y verificará que los conectores de la sección HZ no registren ningún daño. Una vez colocados varias de las secciones HZ, se procederá al izaje de la tablestaca AZ con la ayuda de la grúa y la guía se engarzarán los candados de unión con la sección HZ y se bajará hasta el fondo de su perforación, se liberará la tablestaca y será montado de nueva cuenta el martillo en la grúa y se iniciará el hincado con el martillo, llevando el control del número de golpes con forme va penetrando la tablestaca en el terreno. Al igual que el procedimiento de hinca de la sección HZ, también se verificará el número de golpes y la penetración del elemento AZ.

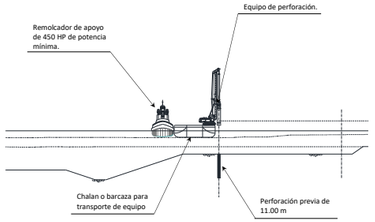
La secuencia de trabajo descrita anteriormente para este sistema de muro combinado es repetitiva hasta terminar de hincar las secciones HZ y AZ, tomando en consideración que siempre se debe dejar una perforación sin hincar para evitar que se dañen los conectores o los perfiles del proyecto.

Es importante comentar que dada la gran cantidad de secciones de acero HZ y AZ por hincar, se recomienda sean considerados dos equipos de hincado partiendo de un punto medio del eje del muro, el primer equipo iniciará las actividades de hinca y una vez que se haya terminado una secuencia de hinca, el segundo equipo iniciará los trabajos en el sentido opuesto, con el objetivo que no se interfieran ambos equipos.

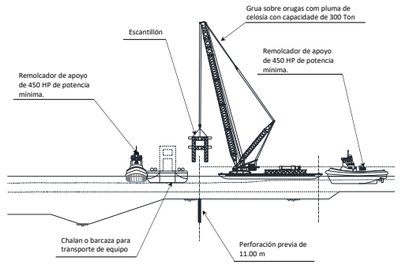
Se debe contemplar que la empresa contratista, responsable de los trabajos, cuente con los recursos necesarios y experiencia para cumplir con el programa de trabajo. Asimismo, se debe tener en consideración las temporadas de mal tiempo asociadas a lluvias y huracanes, ya que estos pueden influir en el avance de los trabajos y en el programa de obra.

En los casos en que se necesiten chorros de agua, se requiere un mínimo de dos. El volumen y la presión de agua en las boquillas deberá ser tal que erosione libremente el material adyacente.

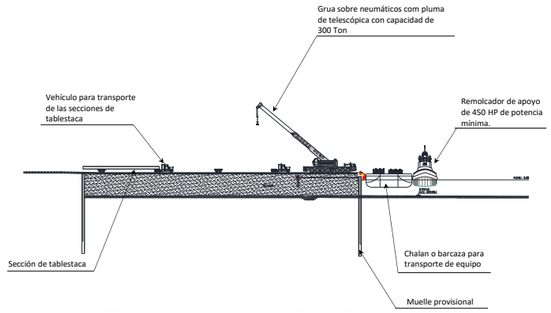
Figura 3.13 Procedimiento de Construcción Pantalla Principal de la Estructura de Contención de Rellenos.



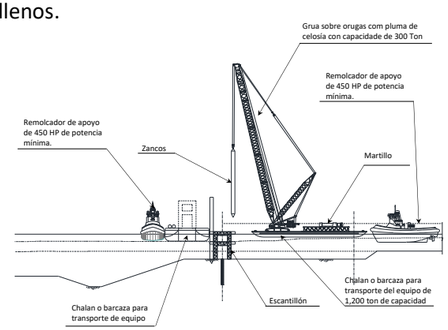
PERFORACIÓN PREVIA PARA HINCA DE TABLESTACA



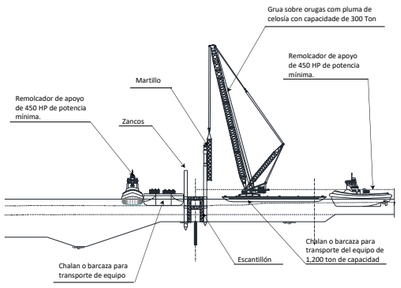
TRASLADO E INSTALACIÓN DE LA GUÍA DE HINCA (ESCANTILLÓN)



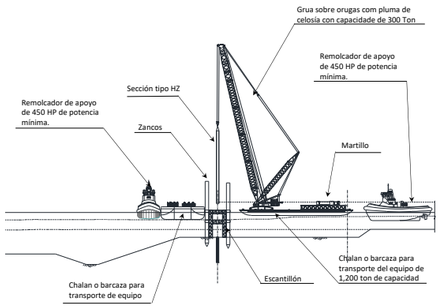
TRASLADO Y EMBARQUE DE TABLESTACA



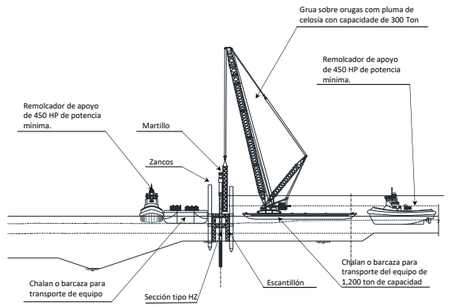
FIJACIÓN DE LOS ZANCOS DE LA GUÍA DE HINCA (ESCANTILLÓN)



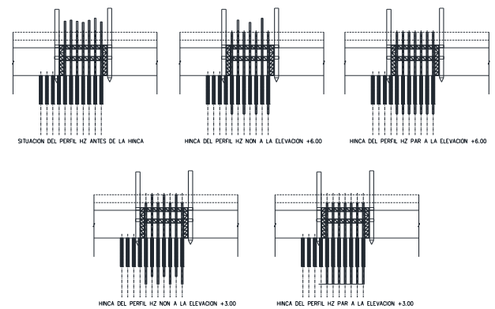
FIJACIÓN DE LOS ZANCOS DE LA GUÍA DE HINCA (ESCANTILLÓN) CON LA AYUDA DEL MARTILLO (EN SU CASO)



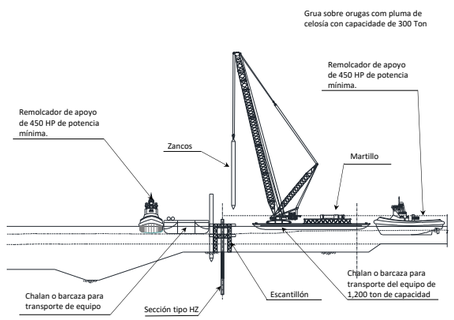
IZADO Y COLOCACIÓN DE PERFIL HZ EN LA PERFORACIÓN PREVIA



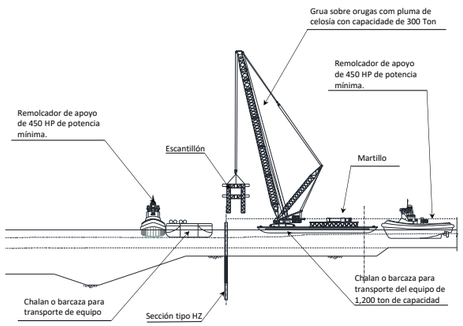
HINCADO DEL PERFIL HZ CON LA AYUDA DEL MARTILLO



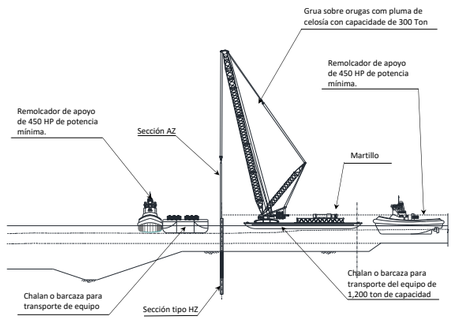
HINCADO DEL PERFIL HZ CON LA AYUDA DEL MARTILLO



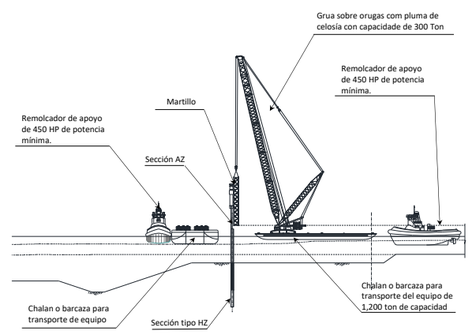
RETIRO DE LOS ZANCOS DEL ESCANTILLÓN



RETIRO DEL ESCANTILLÓN PARA SU REUBICACIÓN



IZADO Y COLOCACIÓN DE LA SECCIÓN AZ



HINCADO DE LA SECCIÓN AZ CON LA AYUDA DEL MARTILLO

Fuente: Elaboración propia, 2026

Los elementos metálicos del tablestacado se hincarán con la elevación, penetración y capacidad de carga indicada en el proyecto. El hincado de cada elemento se hará en forma continua hasta alcanzar la profundidad fijada en el proyecto, en caso de así requerirlo, el contratista podrá realizar una perforación previa para el hincado de los elementos metálicos utilizando el método que considere más conveniente, dicha perforación deberá quedar incluida en su costo de hincado. Es importante que se considere que la perforación que se realice permita que el elemento metálico se hinque de manera justa, ya que es inadmisible que quedara flojo.

En el manejo e hincado de los elementos metálicos del muro combinado el Contratista debe cuidar que estos no sufran ningún daño y si esto pasara, los deberá reparar por su cuenta y cargo.

Antes del hincado, el extremo (cabeza) de los elementos metálicos del muro combinado se deberá proteger adecuadamente para que no sufran deterioro por el uso del martillo o vibrador.

Los sitios donde serán hincadas las tablestacas se ubicarán de acuerdo con lo establecido en el proyecto. Asimismo, el hincado de las tablestacas se efectuará de manera que se garantice su integridad estructural, en forma tal que el elemento pueda cumplir adecuadamente con su cometido para el que fue diseñado.

Las tablestacas se marcarán a una separación máxima de un (1) metro a todo lo largo, con el fin de determinar con facilidad el número de golpes necesarios para cada metro de hincado y la posición relativa a las tablestacas vecinas.

Tanto la tablestaca como la resbaladera del martillo, se colocarán en posición perfectamente vertical, corrigiendo la posición de la grúa hasta lograrlo.

Para la prevención de daños de la tablestaca durante su hincado se tomará en cuenta lo siguiente:

- Se usará un material de amortiguamiento adecuado entre el gorro de acero del martillo y la cabeza de la tablestaca.
- Para reducir los esfuerzos durante el hincado y obtener la energía necesaria, se usará un pistón pesado con baja velocidad de impacto, es decir de carrera corta, en vez de un pistón ligero con alta velocidad de impacto, es decir de carrera larga.
- A fin de evitar una distribución no uniforme de las fuerzas de impacto, la cabeza de la tablestaca deberá ser perpendicular al eje del matillo.
- Cuando se encuentren suelos de baja resistencia, se reducirá la le velocidad del pistón o la carrera al principio del hincado.

Para asegurar la unión entre las tablestacas, se verificará su verticalidad a lo largo de la junta a medida que avanza el hincado.

Durante el hincado de las tablestacas se llevará un registro que contenga como mínimo:

- Información general como fecha, condiciones atmosféricas e identificación de la tablestaca.
- Localización precisa de la tablestaca y su número.
- Verticalidad de las tablestacas verificada a intervalos regulares durante su hincado.
- Estabilidad y alineación de las resbaladeras y guías.
- Número de golpes por unidad de longitud.
- Desplazamientos de la tablestaca bajo los golpes a distintas profundidades.
- Posición y calidad de las uniones.
- Localización, hora y duración de cualquier interrupción durante el hincado.
- Desplazamientos permanentes y golpes por centímetro para el hincado final.
- Elevación del terreno natural, de la pinta de la tablestaca y del descabece.
- Cualquier comportamiento errático o no usual de la tablestaca, anotando la hora y elevación correspondiente a la punta.
- Posible emersión de las tablestacas adyacentes.

Para que la construcción del tablestacado se considere terminada y sea aceptada, con base en el control de calidad que ejecute el Contratista, se comprará:

- Calidad del material
- Ubicación, alineamiento y dimensiones.
  - Que la dimensión en el sentido largo de la sección transversal haya sido la establecida en el proyecto o aprobado por la Entidad, con una tolerancia de más menos un (1) milímetro.
  - Que el espesor haya sido el establecido en el proyecto, con una tolerancia de más menos tres (3) milímetros.
  - Que la longitud de la tablestaca haya sido la establecida en el proyecto con aprobada por la Entidad, con una tolerancia de más menos cuatro centésimas (0.004) de la longitud de proyecto.
  - Que la desviación respecto al eje longitudinal teórico de la tablestaca, previamente a su hincado, no haya sido mayor de una centésima (0.01) de su longitud.
  - Que la posición final del extremo superior de la tablestaca no haya variado respecto a la de proyecto en más de un (1) centímetro en el sentido horizontal y diez (10) en el sentido vertical.
  - Que una vez hecha la excavación, la inclinación de la tablestaca en su parte visible no haya presentado una desviación mayor a un (1) centímetro por metro respecto a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Entidad.

- Calidad del material

3.2.11.2 Pantalla Secundaria.

Una vez finalizada la instalación del muro principal, se procede a la ejecución de las actividades de dragado en la zona donde se desarrollará el sistema de anclaje. El dragado tiene como objetivo retirar los sedimentos existentes hasta alcanzar las cotas definidas en el proyecto, permitiendo posteriormente la colocación controlada de rellenos que funcionarán como masa de reacción para el sistema de anclaje.

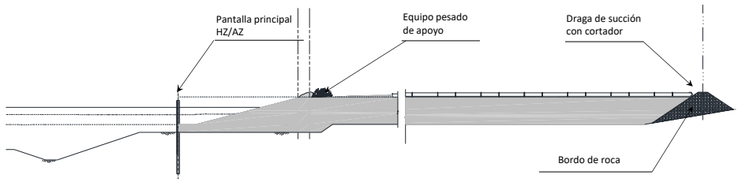
De manera paralela al avance de estos rellenos se procede a la instalación del tablestacado secundario tipo AZ, el cual funciona como elemento de anclaje del muro principal. Este tablestacado secundario se hinca detrás del muro principal. La instalación de estas tablestacas se realiza mediante vibrador hidráulico desde la plataforma flotante, cuidando que su alineación y profundidad de hinca correspondan con lo especificado en el diseño.

A medida que se hinca el tablestacado secundario, se realiza simultáneamente la colocación de rellenos provenientes del dragado, formando progresivamente el terraplén o masa de suelo que proporcionará resistencia al sistema de anclaje. Estos rellenos se colocan en capas controladas y se distribuyen mediante equipo adecuado para garantizar una adecuada conformación del terreno y evitar asentamientos diferenciales.

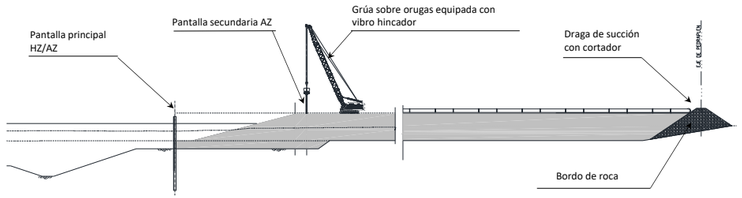
Posteriormente se procede a la instalación de los elementos de conexión (tensores) entre el muro principal y el tablestacado secundario, se fijarán al muro principal a través de vigas de reparto o wales metálicos. Estos tirantes se extienden hasta el tablestacado secundario, donde se anclan mediante dispositivos estructurales de acero, diseñados para transmitir las cargas de tracción. Una vez instalados, los tirantes se someten a un proceso de tensado controlado mediante gatos hidráulicos, aplicando la carga especificada en el diseño para garantizar que el sistema trabaje adecuadamente frente a los empujes del terreno y del agua.

Finalmente, se realizan verificaciones de alineación, desplazamientos y tensión en los anclajes, asegurando que el muro combinado HZ–AZ y el sistema de anclaje con tablestaca secundaria funcionen de manera integrada y proporcionen la estabilidad requerida para las etapas posteriores del proyecto. Este procedimiento permite ejecutar la obra en condiciones subacuáticas, optimizando la instalación mediante perforación previa y aprovechando los materiales producto del dragado para conformar el sistema de anclaje del tablestacado.

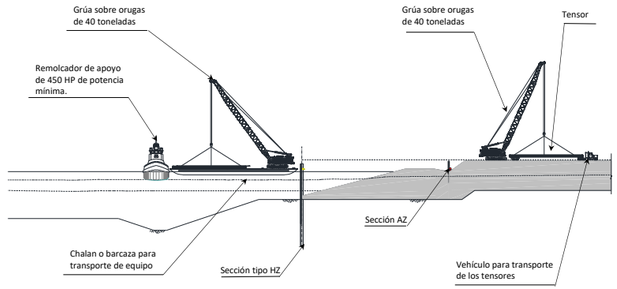
Figura 3.14 Procedimiento de Construcción Pantalla Secundaria de la Estructura de Contención de Rellenos.



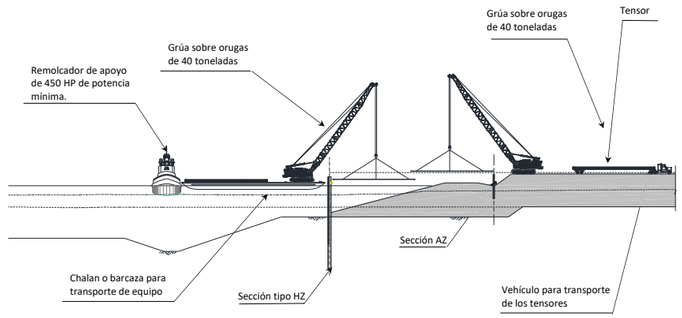
RELLENO CON MATERIAL PRODUCTO DEL DRAGADO CON AYUDA DE EQUIPO PESADO HASTA LA ZONA DE LA TABLESTACA SECUNDARIA



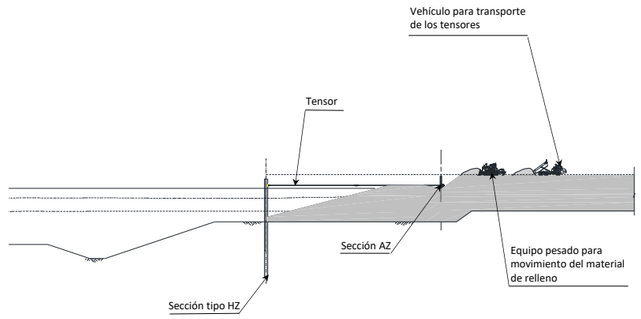
IZAJE, COLOCACIÓN E HINCADO DE LA TABLESTACA SECUNDARIA AZ



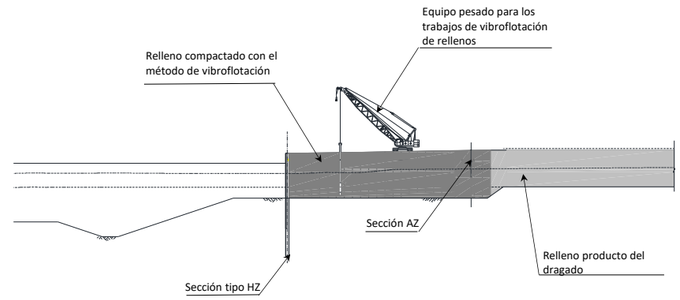
TRASLADO DE LOS TENSORES Y COLOCACIÓN DE LA BARRA DE DISTRIBUCIÓN

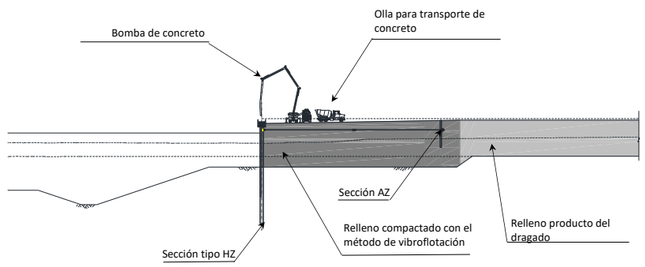


IZAJE Y COLOCACIÓN DE TENSORES

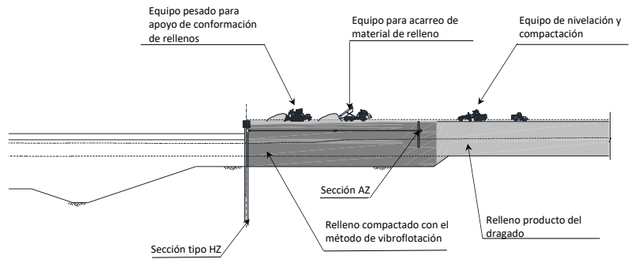


RELLENO CONTROLADO CON EQUIPO PESADO

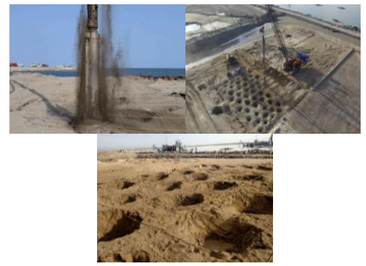




CONSTRUCCIÓN DEL CABEZAL DE CONCRETO



CONSTRUCCIÓN DE TERRACERÍAS Y PAVIMENTO



COMPACTACIÓN DEL RELLENO CON EL MÉTODO DE VIBROFLOTACIÓN

Fuente: Elaboración propia, 2026

3.2.11.3 Instalación de Tensores y Herrajes.

La instalación de los tensores y herrajes deberá realizarse una vez que se haya instalado el muro formado por la tablestaca principal, de acuerdo con lo indicado en los planos de proyecto.

Los procedimientos de ejecución y los sistemas de control que se adopten para la instalación de los tensores y herrajes deben asegurar lo siguiente:

- El acceso y la evolución de las máquinas. Se debe disponer del espacio necesario para realizar las maniobras de descarga, elevación y colocación de los perfiles.
- La correcta situación en planta de los perfiles y tensores.
- La correcta colocación de los perfiles para los anclajes.

Figura 3.15 Instalación de Tensores.



Nota: Imagen ilustrativo

Los tensores con los que se anclan las tablestacas, la conexión de estas, su puesta en tensión y el relleno de tierra en el que quedan enterrados, constituyen la parte más delicada de la instalación de la tablestaca, por lo tanto, deben ser ejecutados con estricta observancia de las especificaciones y de los procedimientos establecidos por el fabricante.

Considerando lo anterior, antes de iniciar la compactación de los terrenos, los anclajes requieren una tensión entre el 5% y el 10% de la tensión nominal para controlar las deformaciones.

Se pondrá especial atención en la elección del material de relleno en contacto con los anclajes y en su forma de ejecución para no producir daños en ellos.

Todos los trabajos que se realicen para la instalación de los tensores deberán cumplir con las normas, dimensiones y demás características estipuladas en los planos de proyecto, así como las recomendaciones del fabricante.

Todos los materiales que se utilicen para la instalación de los tensores y herrajes deben ser nuevos y de primera calidad.

La unión de las ménsulas de placa de acero se realizará mediante soldadura. Los extremos de las ménsulas y la zona de la tablestaca en donde se soldará deberán ser previamente limpiados retirando de ellos grasa, aceite, herrumbre y cualquier otra impureza. Las juntas de soldadura deberán ser esmeriladas y reparadas, cuando esto se requiera, verificando que en su acabado no presenten grietas. Los trabajos de soldadura deberán ser ejecutados por personal calificado y con experiencia.

La instalación de los perfiles tipo canal o la viga I de acero comprende el conjunto de todas las maniobras y trabajos que sean necesarios para la debida colocación de los perfiles sobre las ménsulas, previa unión de estas mediante junta soldada. Cada perfil se alineará con el ya instalado.

El alineamiento del perfil será hecho en tal forma que no sea visible ninguna desviación angular entre dos perfiles consecutivos. Asimismo, la colocación de los tensores, herrajes y perfiles, deberán ser colocados dentro de las líneas y niveles de proyecto.

Una vez instalados los tensores, perfiles y herrajes, con el alineamiento de proyecto, deberán ser ajustados de manera definitiva.

Asimismo, el contratista deberá seguir las recomendaciones que realice el fabricante en lo relacionado al transporte y colocación de las piezas.

3.2.12 Fabricación de Cabezal.

Una vez que se haya terminado de instalar el tablestacado de la pantalla principal y secundaria, y estas se encuentren unidas con los tensores, se procederá a realizar la construcción del cabezal en la parte superior del tablestacado.

El cabezal estará fabricado de concreto será resistente a la acción de sulfatos y tendrá la resistencia de proyecto y para su fabricación y colocación deberá cumplir con las especificaciones físicas y químicas de acuerdo con las Normas Oficiales vigentes y aplicables. El concreto tendrá una resistencia a la compresión f'c = 350 kg/cm^2, a los 28 días de duración.

Asimismo, el acero de refuerzo se ajustará a la especificación ASTM-A-615, grado 60 (Fy = 4,200 kg/cm^2) límite de fluencia o límite elástico. El material debe llegar a la obra exento de oxidación, libre de aceite, grasa o alguna otra sustancia perjudicial y sin quiebres, hojeaduras, ni deformidades de la sección, en donde no haya posibilidad de contaminación con tierra, lodo, aceite, grasa o alguna otra sustancia nociva.

Cuando haya necesidad de descargar sobre el terreno, se colocarán polines o plataformas a fin de que el material descanse en ellos y no sufra alteraciones en su longitud original.

Si bien el procedimiento constructivo de la hinca de la tablestaca no es desconocido en México y se cuenta con empresas con experiencia en la realización de este tipo de trabajos. No es un trabajo sencillo, ya que hay que considerar diversos factores siendo estos los siguientes:

- De acuerdo con mecánica de suelos, el estrato resistente se encuentra a poca profundidad, aproximadamente a 10 m en promedio, este hecho puede complicar los trabajos de hinca.

  Lo anterior pone de manifiesto que para la hinca de la tablestaca sea necesario complementar el procedimiento constructivo con chiflón y/o perforación previa.

- Los trabajos de hinca deben iniciar a la par con los trabajos de dragado de las arenas o si es posible, antes de que inicie el dragado de la capa de arena, con el objetivo de tener un avance de la estructura de contención de rellenos.

  Es importante que la programación de los trabajos de hinca de la tablestaca y el dragado se integren mutuamente, para evitar retrasos en la obra.

3.3 Proceso Constructivo de los Viaductos Vehiculares, Ferroviario y Urbanización

El desarrollo de infraestructura asociada a la ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán implica la ejecución de un conjunto de obras de gran escala que incluyen vialidades a nivel, viaductos elevados carreteros, viaductos ferroviarios y obras de urbanización. Estas intervenciones se localizan en un entorno lagunar caracterizado por suelos blandos, alta saturación, interacción hidráulica y sensibilidad ambiental, lo que introduce condiciones técnicas particularmente complejas.

En la etapa actual, donde los proyectos se encuentran a nivel conceptual y no se dispone aún de un proyecto ejecutivo detallado, resulta necesario establecer una justificación técnica del proceso constructivo general que permita demostrar la viabilidad de ejecución de las obras, definir criterios preliminares de construcción y sustentar estimaciones de costo, tiempo y recursos.

3.3.1 Condiciones del sitio y retos constructivos.

La Laguna de Cuyutlán presenta un sistema de depósitos lacustres con baja capacidad portante, alta compresibilidad y presencia permanente de agua superficial o niveles freáticos someros. Estas condiciones hacen inviable, en muchos casos, la solución tradicional mediante terraplenes convencionales de gran altura, debido al riesgo de asentamientos diferenciales y fallas de estabilidad.

Por esta razón, la solución constructiva en este tipo de entorno tiende a privilegiar estructuras elevadas, cimentaciones profundas y sistemas constructivos que reduzcan la transmisión de cargas al terreno natural. Asimismo, la presencia de cuerpos de agua obliga a incorporar metodologías propias de obra marítima, incluyendo el uso de plataformas flotantes, accesos provisionales y equipos especializados.

3.3.2 Enfoque metodológico del proceso constructivo.

El proceso constructivo general para este tipo de proyectos debe plantearse como una estrategia integrada que permita ejecutar simultáneamente diferentes tipos de obra, bajo un esquema de frentes múltiples y con una secuencia lógica que optimice tiempos y reduzca interferencias.

Dado que el proyecto se encuentra en fase conceptual, la selección de métodos constructivos se basa en la experiencia en obras similares, en las condiciones conocidas del sitio y en criterios conservadores que permitan absorber la incertidumbre asociada a la falta de información detallada.

El enfoque adoptado considera la coexistencia de tres grandes sistemas constructivos: obras sobre terreno natural o mejorado, estructuras elevadas soportadas por cimentaciones profundas y obras de urbanización vinculadas a la operación portuaria.

3.3.2.1 Proceso constructivo para vialidades a nivel

El desarrollo de vialidades a nivel dentro del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán debe abordarse como un proceso técnico altamente condicionado por la naturaleza del terreno, el régimen hidráulico del sitio y las exigencias operativas propias de un entorno portuario. A diferencia de una vialidad convencional en suelo firme, en este caso el proceso constructivo se encuentra determinado por la necesidad de

transformar un terreno de baja capacidad portante, altamente compresible y frecuentemente saturado, en una plataforma estructural capaz de soportar cargas intensivas y repetitivas asociadas al tránsito pesado.

La justificación técnica del proceso constructivo inicia con el reconocimiento de que el terreno natural no constituye, en su estado original, un soporte adecuado para la construcción directa de una vialidad. En consecuencia, la primera fase debe orientarse a la habilitación del sitio y a la creación de condiciones mínimas de acceso y operación. Esta etapa incluye la apertura de caminos provisionales, la estabilización inicial de rutas de maquinaria y la delimitación de los ejes de trazo, lo cual permite organizar los frentes de trabajo y establecer una secuencia lógica de ejecución. En un entorno lagunar, esta habilitación puede implicar la colocación de material granular temporal, el uso de geosintéticos para mejorar la capacidad de tránsito o incluso la construcción de terraplenes provisionales que sirvan como plataformas de trabajo.

Una vez establecido el acceso operativo, el proceso constructivo continúa con la preparación del terreno, la cual implica la remoción de materiales inadecuados, tales como capas orgánicas, sedimentos blandos superficiales o rellenos no controlados. Este procedimiento no debe entenderse únicamente como una actividad de limpieza, sino como una intervención dirigida a eliminar elementos que comprometan la estabilidad de la futura estructura del pavimento. En la Laguna de Cuyutlán, esta etapa puede presentar variaciones importantes en función de la profundidad de los estratos blandos y de la presencia de agua superficial, lo que obliga a adaptar las técnicas de despalme y manejo de materiales.

El elemento central del proceso constructivo es el acondicionamiento geotécnico del terreno. En proyectos de este tipo, la simple colocación de un terraplén sobre el suelo natural genera incrementos de carga que inducen asentamientos diferidos, lo cual puede traducirse en deformaciones excesivas de la vialidad, pérdida de servicio y costos elevados de mantenimiento. Por ello, la justificación técnica del proceso constructivo contempla la implementación de técnicas de mejoramiento del suelo desde las etapas iniciales.

Entre las estrategias conceptualmente viables se encuentra la aplicación de precarga, mediante la cual se induce de manera controlada la consolidación del terreno antes de la construcción definitiva de la vialidad. Este proceso puede complementarse con la instalación de drenes verticales prefabricados, que aceleran la disipación de presiones de poro y reducen los tiempos de consolidación. En otros casos, puede considerarse el uso de geosintéticos, como geotextiles de separación o geomallas de refuerzo, que permiten mejorar la distribución de cargas y aumentar la estabilidad del terraplén. Cuando las condiciones lo requieran, también es posible contemplar la sustitución parcial del material blando o la inclusión de elementos de mejora más rígidos, dependiendo de la capacidad portante requerida y de los asentamientos admisibles.

Con el terreno debidamente acondicionado, se procede a la construcción del terraplén o plataforma estructural de la vialidad. Este proceso debe ejecutarse mediante la colocación

controlada de materiales seleccionados, en capas sucesivas, cuidando que cada una de ellas cumpla con los parámetros de espesor, humedad y compactación establecidos en la ingeniería preliminar. La justificación de este procedimiento radica en la necesidad de generar una estructura homogénea y estable que permita transmitir las cargas hacia el terreno de manera controlada. En suelos blandos, es frecuente que esta etapa se desarrolle de forma progresiva, con incrementos de carga escalonados y periodos de espera intermedios que permitan la disipación de presiones y la reducción de asentamientos posteriores.

Durante la conformación del terraplén, resulta fundamental integrar el sistema de drenaje, tanto superficial como subterráneo. En un entorno como la Laguna de Cuyutlán, donde el agua constituye un factor permanente, el drenaje no puede considerarse un elemento secundario, sino un componente estructural del sistema vial. La construcción de cunetas, drenes longitudinales, subdrenes y obras de cruce debe ejecutarse de manera coordinada con el avance del terraplén, asegurando que el agua no se acumule dentro de la estructura ni debilite las capas de soporte. La correcta gestión del agua contribuye de manera directa a la durabilidad de la vialidad y a la estabilidad del sistema en su conjunto.

Una vez alcanzada la cota de proyecto y estabilizada la plataforma, se inicia la construcción de la estructura de pavimento. En el contexto portuario, las vialidades están sujetas a cargas de tránsito significativamente mayores que las de una carretera convencional, debido a la circulación de tractocamiones, equipos de carga y vehículos especializados. Por esta razón, la estructura de pavimento debe diseñarse con un enfoque robusto, que permita resistir tanto cargas estáticas como dinámicas.

El proceso constructivo de la estructura de pavimento implica la colocación de capas de subbase y base, las cuales pueden estar constituidas por materiales granulares o estabilizados, dependiendo de los requerimientos de diseño. Estas capas cumplen la función de distribuir las cargas y proporcionar una superficie adecuada para la capa de rodamiento. En función de las condiciones del proyecto, la capa final puede resolverse mediante pavimento asfáltico o concreto hidráulico, siendo este último frecuentemente preferido en zonas de operación portuaria debido a su mayor resistencia a deformaciones y a cargas repetitivas.

En paralelo a la construcción de la estructura de pavimento, deben ejecutarse los elementos complementarios de la vialidad, tales como guarniciones, banquetas, obras de protección, señalamiento horizontal y vertical, alumbrado público y dispositivos de seguridad. Estos elementos no solo contribuyen a la funcionalidad y seguridad de la vialidad, sino que también forman parte integral de su desempeño operativo.

Desde el punto de vista constructivo, es importante considerar que las vialidades a nivel en un entorno portuario no se ejecutan de manera aislada, sino en estrecha coordinación con las obras de urbanización, redes de servicios y edificaciones. Esto implica que la secuencia

constructiva debe planearse de tal forma que las actividades subterráneas se completen antes de la colocación de las capas finales del pavimento, evitando interferencias y retrabajos.

Otro aspecto relevante en la justificación técnica del proceso constructivo es el control de calidad. Dado que el desempeño de la vialidad depende en gran medida de la correcta ejecución de cada una de sus capas, es indispensable implementar un sistema de control que incluya pruebas de compactación, verificación de materiales, control de espesores y monitoreo de asentamientos. En un proyecto conceptual, este requerimiento se establece como un principio rector, aun cuando los procedimientos específicos se definan en etapas posteriores.

Finalmente, debe señalarse que la construcción de vialidades a nivel en la Laguna de Cuyutlán requiere una visión de largo plazo, en la cual se consideren no solo las condiciones iniciales del terreno, sino también su evolución en el tiempo. Los asentamientos diferidos, la variabilidad del nivel freático y las condiciones ambientales pueden afectar el desempeño de la infraestructura si no se incorporan desde el inicio en la estrategia constructiva. Por ello, la justificación técnica del proceso constructivo se fundamenta en la adopción de métodos que permitan anticipar y controlar estos efectos, garantizando la funcionalidad y durabilidad de la vialidad dentro del sistema portuario.

En este contexto, el proceso constructivo propuesto no debe entenderse como una secuencia rígida, sino como un esquema técnico adaptable, que puede ajustarse conforme se disponga de información más detallada del sitio. Sin embargo, aún en fase conceptual, es posible establecer con claridad que la clave para la construcción exitosa de vialidades a nivel en la Laguna de Cuyutlán radica en la adecuada interacción entre mejoramiento del terreno, control del agua, construcción progresiva de terraplenes y ejecución rigurosa de la estructura de pavimento.

3.3.2.2 Proceso constructivo para viaductos elevados carreteros

El desarrollo de viaductos elevados carreteros dentro del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán responde a la necesidad de resolver, de manera estructuralmente eficiente y geotécnicamente viable, la interacción entre infraestructura vial y un entorno caracterizado por suelos blandos, alta saturación y presencia permanente de cuerpos de agua. En este contexto, la solución mediante estructuras elevadas no constituye únicamente una alternativa constructiva, sino una respuesta técnica obligada para garantizar la funcionalidad, durabilidad y seguridad de la infraestructura en el largo plazo.

La justificación técnica del proceso constructivo de viaductos elevados se fundamenta en la necesidad de transferir las cargas de la superestructura hacia estratos profundos con capacidad portante adecuada, evitando así los problemas asociados a asentamientos diferenciales y pérdida de servicio que serían inevitables en soluciones a nivel. Bajo este principio, el proceso constructivo se organiza en una secuencia lógica que integra la ejecución de cimentaciones profundas, la

construcción de la subestructura, el montaje de la superestructura y la conformación de la losa de rodamiento y elementos complementarios.

El proceso constructivo inicia con la habilitación del frente de trabajo, lo cual en un entorno lagunar implica una combinación de accesos provisionales, plataformas de trabajo y, en muchos casos, el uso de pontonas o sistemas flotantes. La elección del esquema de acceso depende de la profundidad del agua, la estabilidad del terreno superficial y la longitud del tramo a ejecutar. En zonas someras o parcialmente consolidadas, puede optarse por caminos temporales reforzados con materiales granulares y geosintéticos, mientras que en zonas más profundas resulta más eficiente operar con equipos montados sobre pontonas estabilizadas. Esta etapa inicial es determinante para la productividad del proyecto, ya que condiciona la movilidad de equipos pesados, el suministro de materiales y la continuidad de los frentes de trabajo.

Una vez garantizadas las condiciones de acceso, el proceso constructivo avanza hacia la ejecución de las cimentaciones profundas, que constituyen el elemento estructural más crítico del sistema. En ausencia de un proyecto ejecutivo, la selección preliminar del tipo de cimentación se basa en la experiencia en obras similares en la región, donde el uso de pilas coladas en sitio mediante perforación rotatoria ha demostrado ser una solución eficaz. Estas pilas se ejecutan mediante equipos especializados capaces de perforar el terreno hasta alcanzar estratos competentes, utilizando sistemas de estabilización como lodos bentoníticos o entubados temporales para mantener la integridad del taladro en condiciones saturadas.

El procedimiento constructivo de las pilas implica la perforación controlada del terreno, la limpieza del fondo del taladro, la colocación de la jaula de acero de refuerzo y el colado del concreto mediante el método tremie, que permite desplazar el agua y evitar la segregación del material. La calidad de esta etapa es fundamental, ya que cualquier deficiencia en la ejecución puede comprometer la capacidad estructural de toda la superestructura. En proyectos de gran longitud, como los asociados a la ampliación portuaria, es habitual que múltiples equipos de perforación operen de manera simultánea, permitiendo avanzar en varios frentes y optimizar los tiempos de ejecución.

Concluida la etapa de cimentación, se procede a la construcción de la subestructura, que incluye elementos como cabezales, capiteles y columnas. Estos componentes tienen la función de transferir las cargas desde la superestructura hacia las pilas y de proporcionar los apoyos necesarios para el montaje de las vigas o trabes. Su ejecución se realiza mediante sistemas de cimbrado y colado de concreto en sitio, cuidando la correcta alineación y nivelación de los elementos, ya que cualquier desviación puede generar problemas durante el montaje posterior.

La siguiente fase corresponde al montaje de la superestructura, la cual puede resolverse mediante distintos sistemas estructurales, siendo los más comunes las trabes prefabricadas de concreto presforzado o estructuras metálicas. En el contexto de una etapa conceptual, la selección de trabes prefabricadas suele ser técnicamente justificable debido a su rapidez de ejecución,

calidad controlada en planta y reducción de trabajos en sitio. Estas trabes son fabricadas en instalaciones especializadas, transportadas al sitio mediante equipos de carga pesada y montadas en su posición definitiva utilizando grúas de gran capacidad o sistemas de lanzamiento.

El montaje de la superestructura representa uno de los momentos más críticos del proceso constructivo, ya que involucra maniobras de alto riesgo, coordinación precisa entre equipos y control estricto de las condiciones de estabilidad. En zonas sobre agua, estas maniobras pueden realizarse desde pontonas equipadas con grúas, lo que requiere considerar factores adicionales como el oleaje, la corriente y la capacidad de posicionamiento de las embarcaciones.

Una vez colocadas las trabes, se procede a la construcción de la losa de rodamiento, que integra la superestructura en un sistema continuo y proporciona la superficie de circulación vehicular. Esta losa se ejecuta mediante el colado de concreto sobre formaletas instaladas entre las vigas, incorporando acero de refuerzo y, en su caso, sistemas de presfuerzo adicionales. El diseño preliminar de esta losa debe considerar las cargas vehiculares, la distribución de esfuerzos y las condiciones de durabilidad en ambiente marino.

Posteriormente, se ejecutan los elementos complementarios del viaducto, incluyendo parapetos, barreras de seguridad, juntas de expansión, sistemas de drenaje superficial y dispositivos de señalización. El drenaje del viaducto es particularmente relevante, ya que evita la acumulación de agua sobre la superficie de rodamiento y protege los elementos estructurales de la infiltración.

Desde el punto de vista constructivo, es fundamental que la ejecución de los viaductos se integre de manera coordinada con las vialidades a nivel, las obras de urbanización y las conexiones con otras infraestructuras. Esto implica que las rampas de acceso, las transiciones entre estructuras y las intersecciones deben planearse desde etapas tempranas, aun en ausencia de un proyecto ejecutivo detallado.

La justificación técnica del proceso constructivo también debe considerar aspectos de durabilidad y mantenimiento. En un entorno como la Laguna de Cuyutlán, los materiales están expuestos a condiciones agresivas, por lo que es necesario prever el uso de concretos diseñados para ambientes marinos, recubrimientos adecuados del acero de refuerzo, sistemas de protección anticorrosiva y detalles constructivos que minimicen la acumulación de humedad.

Finalmente, es importante destacar que, debido al carácter conceptual del proyecto, el proceso constructivo descrito debe entenderse como un marco de referencia técnico adaptable. La secuencia y los métodos podrán ajustarse conforme se disponga de información más detallada, particularmente en lo que respecta a la geotecnia del sitio y a las especificaciones estructurales definitivas. Sin embargo, aun en esta etapa, es posible afirmar que la construcción de viaductos elevados mediante cimentaciones profundas, subestructura de concreto y superestructura

prefabricada constituye una solución técnica coherente y ampliamente probada para las condiciones de la Laguna de Cuyutlán.

En este sentido, el proceso constructivo propuesto no solo garantiza la viabilidad de la obra, sino que establece las bases para su desarrollo eficiente, seguro y durable dentro del sistema integral de ampliación portuaria.

3.3.2.3 Proceso constructivo para viaducto ferroviario

El desarrollo de un viaducto ferroviario dentro del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán responde a requerimientos técnicos más exigentes que los de una infraestructura carretera, debido principalmente a la naturaleza de las cargas ferroviarias, la repetitividad de las solicitaciones dinámicas y las tolerancias geométricas estrictas que exige la operación segura de trenes de carga pesada. En este contexto, el proceso constructivo debe justificarse no solo en términos de viabilidad estructural, sino también en función de la precisión, durabilidad y estabilidad a largo plazo de la vía.

Desde una perspectiva conceptual, el viaducto ferroviario se concibe como un sistema estructural continuo cuya función es transmitir las cargas del tren hacia elementos de cimentación profunda, evitando la interacción directa con suelos blandos y altamente compresibles característicos de la Laguna de Cuyutlán. Esta condición hace que, al igual que en los viaductos carreteros, la solución elevada sea la alternativa técnica más adecuada, pero con requerimientos adicionales en cuanto a control de deformaciones y alineamiento.

El proceso constructivo inicia con la habilitación del sitio, que en un entorno lagunar implica la definición de accesos provisionales, plataformas de trabajo y, en muchos casos, el uso de pontonas o sistemas flotantes para la operación de equipos. A diferencia de las vialidades a nivel, donde el terreno puede ser acondicionado progresivamente, en el caso del viaducto ferroviario la construcción se apoya desde el inicio en sistemas que permitan operar de forma independiente del terreno superficial, reduciendo así la influencia de las condiciones geotécnicas adversas en la ejecución de la obra.

Una vez establecidas las condiciones de acceso, el proceso constructivo se centra en la ejecución de cimentaciones profundas, las cuales constituyen el elemento fundamental del sistema estructural. La selección preliminar de pilas coladas en sitio mediante perforación rotatoria se justifica por su capacidad para adaptarse a condiciones de suelo saturado, su versatilidad en cuanto a diámetros y profundidades, y su comportamiento favorable frente a cargas verticales y horizontales. En el contexto ferroviario, estas pilas deben diseñarse no solo para soportar cargas estáticas elevadas, sino también para resistir efectos dinámicos, vibraciones y posibles solicitaciones laterales derivadas de frenado o aceleración de trenes.

El procedimiento constructivo de las pilas sigue una secuencia técnica que incluye la perforación del terreno mediante equipos especializados, la estabilización del taladro utilizando lodos o entubados, la limpieza del fondo para garantizar condiciones adecuadas de contacto y la colocación de la jaula de refuerzo. El colado del concreto se realiza mediante el método tremie, el cual permite ejecutar la pila en presencia de agua sin comprometer la calidad del material. La correcta ejecución de esta etapa es crítica, ya que cualquier defecto puede amplificarse en el comportamiento global de la estructura bajo cargas ferroviarias.

Concluida la cimentación, se procede a la construcción de la subestructura, compuesta por columnas, capiteles y cabezales. Estos elementos tienen la función de recibir las cargas de la superestructura y distribuirlas hacia las pilas de manera eficiente. En el caso de un viaducto ferroviario, el control geométrico durante esta etapa adquiere una relevancia especial, ya que pequeñas desviaciones en alineación o nivel pueden traducirse en problemas significativos durante la instalación de la vía. Por ello, el proceso constructivo debe incorporar sistemas de control topográfico de alta precisión desde las fases tempranas.

La superestructura del viaducto ferroviario puede resolverse mediante distintos sistemas, siendo común el uso de trabes prefabricadas de concreto presforzado o sistemas de losa continua. En una etapa conceptual, el uso de elementos prefabricados resulta técnicamente justificable debido a su calidad controlada, rapidez de montaje y reducción de trabajos en sitio, lo cual es particularmente ventajoso en entornos de difícil acceso como la laguna.

El montaje de las trabes se realiza mediante grúas de gran capacidad o sistemas de lanzamiento, dependiendo de las condiciones de acceso y de la longitud de los claros. En zonas sobre agua, estas maniobras pueden ejecutarse desde pontonas, lo que introduce variables adicionales relacionadas con la estabilidad y el control de posicionamiento. La precisión en el montaje es fundamental, ya que la superestructura debe cumplir con tolerancias estrictas para garantizar el correcto comportamiento de la vía.

Una vez instalada la superestructura, se procede a la conformación del sistema que soportará la vía ferroviaria. Este sistema puede incluir una losa de rodamiento sobre la cual se coloca la estructura de vía, o bien elementos prefabricados diseñados específicamente para este propósito. En el caso de sistemas con balasto, el proceso constructivo incluye la colocación de una capa de subbalasto que actúa como transición entre la estructura y el balasto, seguida de la distribución y nivelación del balasto propiamente dicho. Este material granular cumple la función de distribuir cargas, absorber vibraciones y permitir el ajuste fino de la geometría de la vía.

Sobre el balasto se colocan los durmientes, que pueden ser de concreto presforzado, seguidos de la instalación de los rieles y sistemas de fijación. Este proceso requiere el uso de equipos especializados capaces de garantizar la alineación, nivelación y perfil longitudinal de la vía dentro de tolerancias muy estrictas. Posteriormente, se realizan operaciones de bateo, alineación

y nivelación, que permiten ajustar la vía a su geometría final y asegurar condiciones adecuadas de rodadura.

En algunos casos, particularmente en viaductos elevados, puede optarse por sistemas de vía en placa o vía sin balasto, donde los rieles se fijan directamente sobre una losa de concreto. Este tipo de solución reduce el mantenimiento a largo plazo y mejora el control geométrico, aunque requiere una mayor precisión en la ejecución de la estructura base.

El proceso constructivo del viaducto ferroviario también incluye la instalación de elementos complementarios, como sistemas de drenaje, juntas de expansión, dispositivos de seguridad y, en su caso, canalizaciones para sistemas de señalización y control ferroviario. Estos elementos son esenciales para la operación segura del sistema y deben integrarse desde la fase constructiva.

Desde el punto de vista de integración del proyecto, el viaducto ferroviario debe coordinarse con las vialidades, las áreas de urbanización y las instalaciones portuarias, asegurando una conexión funcional con patios de maniobras, terminales y zonas logísticas. Esta integración implica que el proceso constructivo no puede desarrollarse de manera aislada, sino como parte de un sistema interdependiente donde la secuencia de ejecución debe minimizar interferencias y optimizar el uso de recursos.

La justificación técnica del proceso constructivo también debe considerar la durabilidad de la infraestructura. En un ambiente como la Laguna de Cuyutlán, los materiales están expuestos a condiciones agresivas, por lo que es necesario prever el uso de concretos diseñados para ambientes marinos, protección adecuada del acero y soluciones constructivas que minimicen la acumulación de humedad y la penetración de agentes corrosivos.

Finalmente, dado que el proyecto se encuentra en etapa conceptual, el proceso constructivo descrito debe entenderse como una base técnica adaptable. La secuencia y los métodos podrán ajustarse conforme se disponga de información más detallada, particularmente en lo que respecta a la geotecnia, las cargas de diseño y las especificaciones ferroviarias. No obstante, aun en esta etapa, es posible establecer que la construcción de un viaducto ferroviario mediante cimentaciones profundas, superestructura prefabricada y sistemas de vía de alta precisión constituye una solución técnica coherente y adecuada para las condiciones de la Laguna de Cuyutlán.

En este sentido, el proceso constructivo propuesto no solo permite garantizar la viabilidad de la obra, sino que establece las bases para una infraestructura ferroviaria segura, durable y compatible con las exigencias operativas del puerto ampliado.

3.3.2.4 Proceso constructivo para urbanización

El componente de urbanización dentro de un proyecto de ampliación portuaria en la Laguna de Cuyutlán debe entenderse como un sistema integral de transformación territorial que no se limita a la ejecución de vialidades internas o a la colocación de redes de servicios, sino que incluye también la conformación de plataformas operativas, patios de maniobras, áreas logísticas, obras de drenaje, infraestructura electromecánica, alumbrado, señalamiento, cercados, accesos controlados y edificaciones destinadas a la operación, administración, seguridad, inspección, mantenimiento y servicios generales. En un entorno de estas características, donde predominan suelos blandos, niveles freáticos someros, interacción hidráulica constante y condiciones químicas potencialmente agresivas para los materiales, el proceso constructivo de la urbanización debe justificarse a partir de una secuencia ordenada, técnicamente compatible con el comportamiento del subsuelo y suficientemente flexible para ajustarse al grado de definición propio de una etapa conceptual.

Desde una perspectiva general, la urbanización de una zona portuaria en terreno lagunar no puede abordarse como si se tratara de un desarrollo urbano convencional sobre suelo firme. La primera diferencia sustancial radica en que el terreno natural, por sí mismo, no ofrece condiciones inmediatas de soporte para pavimentos pesados, redes enterradas profundas o edificaciones con cargas concentradas. Por ello, el proceso constructivo debe comenzar con la definición y habilitación de áreas de trabajo, accesos provisionales, zonas de almacenamiento de materiales, bancos temporales de maniobra, patios de prefabricación cuando resulten necesarios y rutas internas para el tránsito de maquinaria. Esta fase preliminar tiene una importancia crítica, ya que la eficiencia de las etapas posteriores depende en gran medida de la logística inicial del sitio, particularmente cuando las obras conviven con cuerpos de agua, áreas inundables o superficies con baja capacidad portante.

Una vez habilitado el acceso operativo al polígono, la siguiente etapa corresponde a la preparación del terreno. Esta fase incluye la limpieza superficial, el retiro de vegetación, el despalme del material orgánico o inestable, la regularización inicial del terreno y, en su caso, la remoción de rellenos antrópicos inadecuados. En la Laguna de Cuyutlán, esta etapa debe ejecutarse con especial cuidado debido a la posible presencia de lodos blandos, costras salinas, materiales saturados y niveles variables de humedad. El objetivo técnico de esta preparación no es únicamente dejar libre la superficie, sino generar una condición de partida homogénea para las actividades de mejoramiento del subsuelo y construcción de plataformas.

El comportamiento del terreno constituye el factor rector del proceso constructivo de la urbanización. En consecuencia, antes de desarrollar plataformas definitivas, patios o edificaciones, resulta necesario definir una estrategia de acondicionamiento geotécnico del sitio. En proyectos de esta naturaleza, la solución puede contemplar distintas técnicas, cuya selección dependerá del espesor de los estratos compresibles, de los asentamientos tolerables y del uso previsto de cada área. Para zonas destinadas a vialidades internas ligeras, estacionamientos o áreas de servicio

secundarias, puede resultar suficiente una combinación de sustitución superficial de material, geotextiles de separación y capas de mejoramiento compactadas. En cambio, para patios de contenedores, vialidades de tránsito pesado, edificios operativos o estructuras con requerimientos de deformación reducida, normalmente se requiere una solución más robusta, basada en precarga, drenes verticales prefabricados, geomallas de refuerzo, columnas de grava, inclusiones rígidas o cimentaciones profundas, según corresponda.

La conformación de plataformas representa una de las actividades centrales del proceso de urbanización. Estas plataformas constituyen la base sobre la cual se desarrollarán tanto las áreas pavimentadas como las edificaciones y la infraestructura de servicio. Su construcción debe realizarse mediante la colocación controlada de material de relleno seleccionado, en capas sucesivas, con espesores, humedad y energía de compactación acordes con las especificaciones geotécnicas preliminares. En una etapa conceptual, la justificación técnica del procedimiento radica en que las plataformas permiten elevar la rasante de operación por encima de niveles de inundación, homogenizar las condiciones superficiales y distribuir de manera más favorable las cargas sobre el subsuelo. No obstante, cuando el terreno natural sea altamente compresible, la sola conformación de terraplenes o plataformas puede inducir asentamientos importantes, por lo que el proceso constructivo debe contemplar tiempos de espera, monitoreo topográfico y, en su caso, etapas de carga progresiva.

Conforme las plataformas alcanzan estabilidad suficiente, puede iniciarse la instalación de la infraestructura subterránea. En una urbanización portuaria, este componente es particularmente amplio e incluye redes de agua potable, agua cruda o industrial, drenaje sanitario, drenaje pluvial, líneas contra incendio, ductos eléctricos, canalizaciones para telecomunicaciones, fibra óptica, alumbrado exterior, sistemas de control, líneas de combustible si aplican, y obras asociadas como registros, cárcamos, pozos de visita, trincheras técnicas y estructuras de conexión. La secuencia constructiva de estas redes debe responder a una lógica de interferencias y jerarquías, ejecutando primero los sistemas de mayor profundidad y menor flexibilidad geométrica, para continuar con los de media y baja profundidad. En zonas con nivel freático alto, las excavaciones para redes enterradas requerirán procedimientos de control de agua, sostenimiento temporal y rellenos con materiales adecuados para evitar pérdida de confinamiento o flotación de tuberías.

El drenaje pluvial merece una consideración especial dentro del proceso constructivo de la urbanización, ya que en un entorno lagunar-portuario la capacidad de desalojo superficial y subterráneo del agua condiciona directamente la operatividad de todo el conjunto. La justificación técnica de su construcción prioritaria se basa en que las plataformas, pavimentos y edificaciones generan nuevas superficies impermeables y modifican los patrones naturales de escurrimiento. Por ello, antes de la pavimentación definitiva debe quedar resuelto un sistema integral compuesto por pendientes superficiales, rejillas, cunetas, colectores, obras de descarga, lagunas de regulación o estaciones de bombeo, según la topografía y la cota hidráulica del sitio. En proyectos portuarios, además, este drenaje puede requerir dispositivos de retención de sedimentos o trampas de

hidrocarburos en zonas operativas, lo que influye en la secuencia constructiva y en la integración de las obras electromecánicas.

Una vez que la infraestructura enterrada principal se encuentra instalada y protegida, puede avanzarse en la conformación de la estructura de pavimentos y superficies operativas. En la urbanización del puerto no todas las áreas tienen la misma exigencia estructural, por lo que el proceso constructivo debe diferenciar entre vialidades internas, patios logísticos, zonas de circulación de equipo pesado, áreas de transferencia, estacionamientos, andenes de carga y banquetas o circulaciones peatonales. En términos técnicos, esto implica distintas secciones estructurales, diferentes módulos de reacción esperados del terreno y, por tanto, soluciones de pavimento variables que pueden incluir bases granulares, subbases mejoradas, losas de concreto hidráulico, pavimentos asfálticos reforzados o combinaciones de estos sistemas. En áreas sujetas a cargas repetitivas elevadas, como patios de contenedores o zonas de operación de grúas y tractocamiones, la justificación técnica suele inclinarse hacia pavimentos rígidos o semirrígidos, debido a su mejor comportamiento frente a deformaciones permanentes y cargas concentradas.

Paralelamente a la construcción de plataformas y redes, debe iniciarse el proceso constructivo de las edificaciones. En el contexto de la ampliación del Puerto de Manzanillo, estas edificaciones pueden incluir edificios administrativos, casetas de acceso y control, cuartos de monitoreo, talleres de mantenimiento, almacenes, subestaciones eléctricas, edificios de servicios, puestos de inspección, áreas de seguridad, instalaciones aduanales u operativas y otras construcciones complementarias requeridas para la operación portuaria. La metodología de ejecución de estas edificaciones depende de su función, dimensiones y exigencias operativas, pero en todos los casos la primera decisión técnica relevante se relaciona con la cimentación.

En un terreno lagunar como el de Cuyutlán, las edificaciones ligeras de una planta podrían resolverse, en ciertos sectores previamente mejorados, mediante cimentaciones superficiales reforzadas o losas de cimentación, siempre que los estudios posteriores confirmen deformaciones admisibles. Sin embargo, para edificaciones críticas, estructuras con equipos sensibles, naves con claros considerables o construcciones sujetas a cargas elevadas, la solución más razonable es el empleo de cimentaciones profundas mediante pilotes o pilas, conectadas por trabes de liga, dados o losas estructurales. La justificación técnica de este enfoque radica en la necesidad de transmitir las cargas hacia estratos competentes y reducir la vulnerabilidad ante asentamientos diferenciales, que son uno de los principales riesgos en suelos de origen lacustre.

El procedimiento constructivo de las edificaciones debe seguir una secuencia ordenada que inicie con trazo y nivelación, continúe con excavaciones o perforaciones para cimentación, habilitado y colocación de acero, cimbrado y colado de elementos estructurales, y avance posteriormente hacia la superestructura. Cuando se trate de edificios de operación o administrativos, es factible prever sistemas estructurales de concreto reforzado, acero estructural o sistemas mixtos, seleccionados de manera preliminar con base en rapidez constructiva, durabilidad en ambiente marino y facilidad de mantenimiento. En edificios industriales o naves de

mantenimiento, los marcos de acero suelen ser técnicamente atractivos por su rapidez de montaje y por la posibilidad de salvar claros amplios con menor peso propio, aunque en ambientes costeros deben contemplarse sistemas de protección anticorrosiva robustos. En edificios menores, casetas y construcciones auxiliares, el concreto reforzado o la mampostería confinada pueden resultar viables siempre que se garantice su compatibilidad con las condiciones del sitio.

Una vez concluida la estructura principal de las edificaciones, el proceso constructivo continúa con la instalación de cubiertas, fachadas, cerramientos, pisos, cancelerías, impermeabilizaciones y sistemas interiores. Sin embargo, en un proyecto portuario el papel de las instalaciones electromecánicas adquiere una relevancia aún mayor que en una edificación convencional. Los edificios no deben considerarse únicamente como envolventes arquitectónicas, sino como nodos funcionales integrados a la operación general del puerto. En consecuencia, durante su ejecución debe coordinarse la instalación de tableros eléctricos, sistemas de respaldo, detección y supresión contra incendio, climatización, voz y datos, CCTV, control de accesos, tierras físicas, pararrayos, iluminación interior y exterior, y, cuando aplique, sistemas especiales vinculados con monitoreo logístico, seguridad o inspección. La secuencia constructiva debe prever esta integración desde etapas tempranas para evitar retrabajos o incompatibilidades entre obra civil y especialidades.

La urbanización con edificaciones también exige un tratamiento específico del espacio exterior inmediato a cada construcción. No basta con terminar el edificio; es necesario vincularlo funcionalmente con la red vial, las plataformas, los estacionamientos, los andenes, las redes de servicio y los sistemas de evacuación pluvial. Esto implica construir guarniciones, banquetas, rampas, accesos vehiculares, registros, áreas de carga y descarga, así como franjas técnicas para mantenimiento y operación. En edificios destinados a servicios críticos, la urbanización perimetral puede incluir además cercados, bollas, protecciones, casetas anexas o áreas de seguridad controlada.

En términos de organización de obra, la urbanización y las edificaciones deben ejecutarse mediante frentes coordinados, evitando que la instalación temprana de acabados o redes finales se vea afectada por la circulación posterior de maquinaria pesada. Por esta razón, la justificación técnica del proceso constructivo considera generalmente una secuencia escalonada, donde primero se resuelve la estabilización del terreno y la infraestructura primaria, después se desarrollan las plataformas y cimentaciones de edificios, posteriormente se ejecutan superestructuras y pavimentos pesados, y finalmente se concluyen instalaciones secundarias, acabados, señalización, alumbrado, paisajismo funcional si lo hubiere, pruebas y puesta en servicio. Esta lógica permite reducir interferencias, proteger los elementos terminados y mantener una trazabilidad más clara del control de calidad.

Otro aspecto esencial en la justificación del proceso constructivo es la durabilidad. Las obras de urbanización y las edificaciones en la Laguna de Cuyutlán estarán expuestas a un ambiente salino, humedad elevada, posible presencia de sulfatos y condiciones atmosféricas

corrosivas. Por ello, el procedimiento constructivo debe prever desde su concepción el empleo de materiales y sistemas compatibles con ese entorno. En concreto, esto puede implicar concretos con diseño específico para exposición agresiva, recubrimientos suficientes al acero de refuerzo, adiciones minerales, acero galvanizado o protegido, tuberías resistentes a corrosión, herrajes adecuados, sellos durables y estrategias de mantenimiento incorporadas al diseño preliminar. La justificación técnica no se limita entonces al “cómo construir”, sino también al “cómo asegurar que lo construido mantenga su desempeño durante la vida útil esperada”.

Finalmente, debe señalarse que, al encontrarse el proyecto en etapa conceptual y sin proyecto ejecutivo, el proceso constructivo para urbanización y edificaciones no pretende fijar una solución única e invariable, sino establecer un marco técnico coherente de ejecución. Ese marco parte del reconocimiento de las condiciones del sitio, de la experiencia acumulada en obras portuarias y lagunares, y de la necesidad de integrar infraestructura horizontal con edificaciones funcionales dentro de un mismo sistema operativo. En este contexto, la urbanización no debe verse como una etapa complementaria o secundaria, sino como la estructura territorial y funcional que hace posible la operación del puerto ampliado. Por tanto, su proceso constructivo debe ser concebido desde el inicio con el mismo nivel de rigor técnico que las vialidades principales o los viaductos, considerando que de su correcta ejecución dependerán tanto la operación cotidiana como la capacidad de crecimiento y adaptación futura del conjunto portuario.

4.0 EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN.

4.1 Introducción

El desarrollo de infraestructura portuaria en la Laguna de Cuyutlán, asociado a la ampliación del Puerto de Manzanillo, implica la ejecución simultánea de obras de alta complejidad técnica, incluyendo vialidades a nivel, viaductos elevados carreteros, viaductos ferroviarios, urbanización y edificaciones. En este contexto, la selección, integración y operación de equipos de construcción no debe analizarse de manera aislada, sino como un sistema productivo interdependiente cuya eficiencia define directamente el éxito del proyecto.

El presente capítulo tiene como objetivo describir y justificar la configuración integrada de equipos, sus capacidades técnicas y su función dentro del proceso constructivo general. Este análisis se plantea en un nivel conceptual avanzado, orientado a la planeación de obra, evaluación de viabilidad y estructuración de estrategias constructivas.

4.2 Enfoque del Sistema Productivo.

El proyecto debe entenderse como un sistema de producción continua, en el cual cada tipo de equipo cumple una función específica dentro de una cadena constructiva que transforma el sitio desde su condición natural hasta su estado final operativo. La interacción entre equipos no es lineal, sino que responde a una lógica de frentes simultáneos donde múltiples procesos ocurren de manera paralela, pero sincronizada.

Dentro de este sistema, los equipos pueden agruparse funcionalmente en cinco grandes categorías: equipos de cimentación profunda, equipos de movimiento de tierras y mejoramiento de suelos, equipos de estructuras y montaje, equipos de producción de materiales y equipos especializados para infraestructura ferroviaria y urbana. La correcta integración de estas categorías permite mantener un flujo constante de producción, evitando interrupciones que afecten la ruta crítica del proyecto.

4.2.1 Sistema de Cimentaciones Profundas

El núcleo estructural del proyecto se encuentra en la ejecución de cimentaciones profundas, particularmente en los viaductos carreteros y ferroviarios. Para ello, se emplean perforadoras rotatorias de gran capacidad, capaces de ejecutar pilas de diámetros entre uno y dos metros y profundidades superiores a los treinta metros, en condiciones de suelo saturado.

El rendimiento de estos equipos, del orden de una a dos pilas por día por unidad, define la velocidad a la cual pueden liberarse frentes de subestructura. Su operación depende de sistemas auxiliares, como plantas de lodos bentoníticos, que permiten estabilizar las perforaciones y garantizar la calidad del proceso constructivo. La integración de estos equipos con grúas auxiliares

y sistemas de colado mediante tremie asegura la continuidad del proceso y la correcta ejecución de elementos estructurales críticos.

Desde un punto de vista técnico, este sistema representa el principal condicionante del programa de obra, ya que cualquier retraso en cimentaciones se traduce en una afectación directa a las etapas subsecuentes.

4.2.2 Sistema de Movimiento de Tierras y Mejoramiento del Terreno

Las condiciones geotécnicas de la Laguna de Cuyutlán requieren la implementación de un sistema robusto de movimiento de tierras y mejoramiento de suelos. Este sistema está compuesto por excavadoras hidráulicas, equipos de largo alcance, camiones de volteo, compactadores y motoconformadoras, que operan de manera coordinada para conformar plataformas estables y funcionales.

Las excavadoras, con capacidades de cuchara entre 1.5 y 4.5 metros cúbicos, permiten ejecutar movimientos de material en rangos de hasta 300 m^3 por día por equipo, mientras que los compactadores y motoconformadoras aseguran la correcta densificación y perfilado de las capas estructurales.

En paralelo, los equipos de mejoramiento de suelos, como sistemas de vibroflotación o instalación de drenes verticales, permiten modificar las propiedades del terreno, reduciendo asentamientos y mejorando la capacidad portante. Estos equipos operan con rendimientos del orden de cientos de metros cuadrados por día, y su correcta implementación es fundamental para garantizar la estabilidad de vialidades y plataformas.

4.2.3 Sistema de Dragado y Operación Lagunar

Dado que una parte significativa del proyecto se desarrolla en ambiente lagunar, el sistema de dragado y logística marítima adquiere una relevancia central. Este sistema se compone de dragas de succión o tipo backhoe, chalanes de gran capacidad y remolcadores, que en conjunto permiten la remoción y transporte de material en condiciones acuáticas.

Se tendrán dos equipos de dragado, el primero de ellos esta enfocado a la profundización de las áreas de navegación, siendo este el equipo mayor, y el segundo como apoyo a la construcción de los viaductos elevados de las vialidades y ferroviarias.

El primero de ellos se compone de dragas de succión con cortador autopropulsada de corte de alta resistencia para dragado, con un diámetro de la boca de succión de 1.00 m y con una potencia total instalada de 23,000 kW. Dichos equipos contarán con el apoyo de barcazas de 10,000 m^3 de capacidad y remolcadores para el traslado de estos. En la zona de rellenos se contara

con equipo terrestre para el movimiento de tierras como son cargadores frontales, tractores, motoconformadoras y camiones de volteo.

Para el segundo caso, las dragas pueden alcanzar producciones que varían entre 500 y 3,000 m³ por día, dependiendo del tipo de material y de la configuración del equipo. Los chalanes, con capacidades de hasta 2,000 m³, aseguran el transporte continuo del material dragado, mientras que los remolcadores proporcionan la movilidad necesaria dentro del sistema.

La integración de este sistema con las actividades terrestres es crítica, ya que permite generar condiciones adecuadas para la construcción de cimentaciones y estructuras en zonas inicialmente inaccesibles.

4.2.4 Sistema de Estructuras y Montaje

La construcción de la superestructura de viaductos requiere un sistema especializado de equipos de izaje y montaje, integrado por grúas de gran capacidad, grúas sobre chalanes y, en algunos casos, sistemas lanzadores de vigas.

Las grúas sobre orugas, con capacidades que pueden alcanzar las 500 toneladas, permiten el manejo de elementos prefabricados de gran peso, mientras que los sistemas lanzadores facilitan el montaje en zonas donde el acceso es limitado o donde se requiere una mayor continuidad en el proceso constructivo.

El rendimiento de estos equipos se mide en número de elementos montados por día, y su operación requiere una coordinación precisa con la logística de transporte y la disponibilidad de elementos prefabricados. En este sentido, la planta de prefabricados juega un papel fundamental, ya que asegura el suministro continuo de trabes y elementos estructurales.

4.2.5 Sistema de Producción y Colocación de Concreto

El concreto constituye uno de los materiales más utilizados en el proyecto, por lo que su producción y colocación deben gestionarse como un sistema independiente. Este sistema incluye plantas de concreto con capacidades superiores a 100 m³ por hora, camiones revolvedores para el transporte y bombas de concreto para su colocación.

La capacidad de este sistema debe dimensionarse para satisfacer la demanda simultánea de múltiples frentes de trabajo, evitando interrupciones que puedan afectar la calidad del material o la continuidad de los colados. En proyectos de esta magnitud, la planta de concreto se convierte en un punto crítico de control, cuya operación debe ser continua y confiable.

4.2.6 Sistema de Pavimentación y Acabados

La construcción de vialidades y superficies operativas requiere el uso de equipos especializados para la colocación de pavimentos, tanto rígidos como flexibles. Las extendedoras de concreto tipo slipform permiten ejecutar pavimentos de alta calidad con rendimientos de varios cientos de metros por día, mientras que las extendedoras asfálticas se utilizan en áreas de menor exigencia estructural.

El tren de pavimentación, integrado por múltiples equipos, permite mantener un flujo continuo de producción, asegurando la calidad y uniformidad de las capas. Este sistema debe coordinarse estrechamente con las etapas de terracería y urbanización para evitar interferencias.

4.2.7 Sistema Ferroviario

El sistema ferroviario requiere equipos especializados para la instalación y ajuste de la vía, incluyendo trenes de tendido, bateadoras y perfiladoras de balasto. Estos equipos permiten alcanzar rendimientos de hasta un kilómetro de vía por día, siempre que la infraestructura base se encuentre completamente terminada.

La precisión de estos equipos es fundamental, ya que la operación ferroviaria exige tolerancias geométricas muy estrictas. Por ello, su operación se complementa con sistemas avanzados de control topográfico.

4.2.8 Sistema de Control y Soporte

Finalmente, el sistema productivo se complementa con equipos de control y soporte, incluyendo sistemas topográficos de alta precisión, plantas eléctricas, laboratorios de control de calidad y equipos de mantenimiento. Estos elementos, aunque no participan directamente en la producción, son esenciales para garantizar la correcta ejecución del proyecto.

4.2.9 Resumen.

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 4.1 se presenta el resumen del equipo que en un momento dado podría ser usado en la construcción de las vialidades, viaducto ferroviario y la urbanización de la ampliación del puerto de Manzanillo en la Lagua de Cuyutlán.

El análisis integrado de equipos, capacidades y funciones demuestra que la ejecución del proyecto en la Laguna de Cuyutlán depende de la operación coordinada de múltiples sistemas productivos interdependientes. Cada equipo cumple una función específica dentro de una cadena constructiva compleja, donde la continuidad y sincronización de procesos resultan más importantes que la capacidad individual de cada unidad.

Tabla 4.1 Relación del Equipo para la Obra.

EQUIPO	TIPO / CONFIGURACIÓN	CAPACIDAD TÉCNICA	RENDIMIENTO TÍPICO	FUNCIÓN DENTRO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	OBSERVACIONES TÉCNICAS
Perforadora rotatoria para pilas	Bauer BG / Soilmec SR	Diámetro: 1.0 – 2.5 m | Profundidad: 25 – 45 m	1.0 – 2.0 pilas/día/equipo	Cimentación profunda (viaductos carreteros y ferroviarios)	Requiere lodos bentoníticos o ent crítica en control de verticalidad
Planta de lodos bentoníticos	Sistema modular	50 – 150 m³/h	Soporte continuo	Estabilización de perforaciones	Fundamental en suelos saturados Cuyutlán
Grúa sobre orugas	150 – 500 ton	Radio: 40 – 80 m	6 – 12 izajes/día	Montaje de trabes, acero, prefabricados	En Cuyutlán se documentan has ton
Grúa sobre chalan	80 – 300 ton	Izaje marino	Variable	Montaje en zona lagunar	Requiere control de estabilidad y
Sistema lanzador de vigas	Viga lanzadora	Claros: 25 – 45 m	1 – 2 trabes/día	Montaje de superestructura	Reduce dependencia de grúas er confinadas
Excavadora hidráulica	30 – 80 ton	Cuchara: 1.5 – 4.5 m³	150 – 300 m³/día	Terracerías, urbanización, plataformas	Equipo base de obra
Excavadora largo alcance	40 – 70 ton	Alcance: 15 – 25 m	80 – 150 m³/día	Trabajo en zonas inundadas	Clave en laguna
Compactador vibratorio	10 – 20 ton	200 – 400 kN	2,000 – 4,000 m²/día	Compactación de terraplenes	Control crítico en vialidades
Motoconformadora	140 – 220 HP	Hoja: 3.7 m	1 – 2 km/día	Perfilado de capas	Control geométrico
Draga de succión con cortador (CSD)	40”	Potencia: 23,000 kW	50,000 m³/día	Dragado lagunar – áreas de navegación	Depende de material
Cargador frontal	Cargador de ruedas 950 GC	Potencia: 151 kW	1,328 m³/día	Movimiento de tierras	Equipo base de obra
Tractor	Tractor D9	Potencia: 337 kW	400 – 800 m³/día	Movimiento de tierras	Equipo base de obra
Draga de succión (CSD)	12” – 24”	Potencia: 500 – 3,000 kW	500 – 3,000 m³/día	Dragado lagunar – apoyo a construcción de viaductos	Depende de material
Draga tipo backhoe	25 – 60 ton	Cuchara: 1 – 4 m³	300 – 800 m³/día	Dragado de precisión	Mejor control que CSD
Chalán (barcaza)	500 – 2,000 m³	1,000 – 3,000 ton	Ciclos logísticos	Transporte de material	Depende distancia
Remolcador	800 – 2,000 HP	Bollard pull: 10 – 25 ton	Apoyo continuo	Maniobras marítimas	Esencial en logística
Planta de concreto	Fija/móvil	60 – 150 m³/h	500 – 1,000 m³/día	Producción de concreto	Cuello de botella potencial
Bomba de concreto	Pluma 36 – 52 m	100 – 160 m³/h	300 – 600 m³/día	Colado en pilas/estructuras	Fundamental en viaductos
Camión revolvedor	7 – 10 m³	20 – 40 viajes/día	150 – 300 m³/día	Transporte de concreto	Depende logística
Camión de volteo	14 – 20 m³	20 – 30 ton	200 – 400 m³/día	Terracerías	Alta dependencia de acarreo
Equipo de mejoramiento de suelo	Vibroflot / drenes	Profundidad: 10 – 25 m	200 – 500 m²/día	Estabilización del terreno	Crítico en Cuyutlán
Extendedora de concreto	Slipform	4 – 8 m ancho	200 – 500 m/día	Pavimentos rígidos	Ideal en patios portuarios
Extendedora asfáltica	Finisher	6 – 10 m ancho	300 – 800 ton/día	Pavimentos flexibles	Para vialidades secundarias
Tren de pavimentación	Completo	Variable	Alta productividad	Pavimentos pesados	Integración de equipos
Equipo ferroviario	Tendido y bateo	500 – 1,000 m/día	Ajuste fino	Instalación de vía	Alta precisión
Bateadora ferroviaria	Automática	±1 mm tolerancia	500 – 800 m/día	Nivelación de vía	Crítica en operación
Perfiladora de balasto	Especializada	300 – 600 m/día	Distribución	Ajuste geométrico	Complementaria
Planta de prefabricados	Industrial	2 – 10 trabes/día	Variable	Producción de vigas	Reduce tiempos
Sistema tremie	Ø 200 – 300 mm	Colado continuo	Según pila	Concreto bajo agua	Evita segregación
Equipo topográfico	GPS RTK / estación total	Precisión mm–cm	Control continuo	Control geométrico	Crítico en ferroviario
Planta eléctrica / subestación temporal	100 – 500 kVA	Suministro continuo	—	Energía en obra	Soporte integral

Fuente: Elaboración propia, 2026.

Tabla 4.2 Relación del Equipo Menor para la Obra.

SISTEMA / ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO ASOCIADO	EQUIPO MENOR DE OBRA	USO ESPECÍFICO
Dragado y rellenos	Control de tuberías, vertido y manejo de flujo	Válvulas, bridas, conexiones, mangueras de alta presión	Control del transporte hidráulico del material
	Control de sedimentación	Barreras de geotextil, estacas, anclajes	Contención de finos en zonas de vertido
	Supervisión de descarga	Boyas, balizas, cintas de señalización	Delimitación de áreas operativas
Topografía y control	Control topobatimétrico	Prismas, estadales, jalones, bases de replanteo	Control geométrico de obra
	Monitoreo de asentamientos	Testigos, placas de asentamiento, piezómetros simples	Seguimiento del comportamiento del relleno
Mejoramiento del terreno (vibroflotación)	Preparación y ejecución	Mangueras, conexiones de agua/aire, válvulas	Alimentación del vibrador
	Control de proceso	Instrumentación básica (reglas, niveles manuales)	Verificación de profundidades y avances
Instalaciones provisionales	Oficinas y campamento	Generadores portátiles, luminarias, cableado, tableros	Suministro eléctrico temporal
	Servicios generales	Tanques de agua, bombas, sanitarios portátiles	Operación del campamento
	Talleres	Herramienta manual (llaves, esmeriles, taladros)	Mantenimiento menor
Fabricación y habilitado de acero	Corte y armado	Cortadoras, dobladoras, equipos de oxicorte	Habilitado de acero
	Soldadura	Plantas de soldar, electrodos, cables, pinzas	Uniones metálicas
	Control de calidad	Equipos de medición, galgas, escuadras	Verificación de armado
Sand blast y recubrimientos	Limpieza mecánica	Mangueras, boquillas, equipos de protección personal	Aplicación de chorro abrasivo
	Pintura anticorrosiva	Pistolas de pintura, compresores, recipientes	Aplicación de primarios y recubrimientos
Hincado de tablestacas	Control de verticalidad	Niveles, plomadas, reglas metálicas	Alineación de elementos
	Operación de hinca	Capuchones, amortiguadores, guías	Protección de cabezas y control de impacto
	Registro de hincado	Formatos, contadores manuales, marcadores	Control de golpes y penetración
Pilas con perforación previa (Cimentación)	Trazo y posicionamiento	Estacas, pintura, cintas, nivel manual	Ubicación de pilas
	Control de verticalidad	Plomadas, niveles, reglas metálicas	Verificación de alineación
	Perforación	Brocas auxiliares, dientes de corte, herramientas de limpieza (cucharas, botes)	Apoyo a perforación
	Manejo de ademe	Llaves, pernos, cuñas, eslingas, grilletes	Montaje/desmontaje de ademe
	Limpieza de fondo	Cubetas, bombas sumergibles, mangueras	Retiro de detritos y agua
	Colocación de acero	Separadores (donas), amarres, alambre recocido	Control de recubrimiento
	Izaje de armado	Eslingas, cables, grilletes, ganchos	Maniobras seguras
	Colado (tremie)	Tubos tremie, embudos, sellos, cubetas	Colocación de concreto bajo agua
	Control de concreto	Cono de revenimiento, moldes, termómetro	Control de calidad
	Descabezado de pilas	Martillos neumáticos, compresores, cinceles	Retiro de concreto contaminado
Construcción de muelle	Colado de concreto	Vibradores, reglas, cucharones, cubetas	Colocación y acabado
	Cimbra	Puntales, cuñas, tornillería, andamios	Soporte temporal
	Control de concreto	Conos de revenimiento, moldes, termómetros	Ensayes de calidad
Terracerías y accesos	Extendido y compactación	Estacas, cuerdas, reglas, medidores de humedad	Control de niveles y compactación
	Riego	Mangueras, aspersores	Control de humedad
Logística y seguridad	Señalización	Conos, cintas, lámparas, radios de comunicación	Seguridad en obra
	Maniobras	Eslingas, grilletes, cables, ganchos	Izaje y sujeción
	Seguridad industrial	EPP (cascos, chalecos, arneses, respiradores)	Protección del personal

Fuente: Elaboración propia, 2026.

En este contexto, la correcta planificación y gestión de los equipos no solo garantiza la viabilidad técnica del proyecto, sino que constituye el principal factor de control sobre los tiempos, costos y calidad de la obra. El enfoque adoptado, basado en la integración de sistemas, permite enfrentar las condiciones adversas del entorno y establecer una base sólida para el desarrollo exitoso del proyecto en etapas posteriores.

4.3 Organización y Dimensionamiento del Personal de Obra

4.3.1 Introducción

El desarrollo de obras de infraestructura de gran escala, como la ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán, requiere no solo de una adecuada selección de equipos y métodos constructivos, sino también de una correcta planeación y organización del recurso humano. En este tipo de proyectos, la fuerza laboral constituye un componente crítico del sistema productivo, cuya estructura, especialización y distribución influyen directamente en la productividad, la calidad de la obra y el cumplimiento del programa.

En nuestro caso en particular, este aspecto adquiere una relevancia debido a la complejidad del entorno lagunar, la coexistencia de múltiples frentes de trabajo y la alta interdependencia entre procesos constructivos.

El presente apartado tiene como objetivo desarrollar y justificar la estructura del personal previamente estimada para tres escenarios operativos[4]: optimizado, base (realista) y alto (conservador), describiendo su distribución por áreas, su función dentro del proceso constructivo y su relación con los sistemas productivos definidos. Este análisis se realiza en un nivel conceptual avanzado, orientado a la planeación de obra y evaluación de viabilidad.

4.3.2 Enfoque General de Organización del Personal

La organización del personal en el proyecto se basa en un modelo de frentes simultáneos, en el cual cada sistema constructivo cuenta con equipos humanos especializados que operan de manera paralela, pero coordinada. Este enfoque permite sostener altos niveles de producción, reducir tiempos de ejecución y mantener control sobre la calidad de los trabajos.

A diferencia de proyectos lineales, donde la mano de obra se desplaza secuencialmente entre actividades, en este caso se requiere una estructura estable y permanente en cada frente, con capacidades suficientes para operar de manera continua. Esto implica la coexistencia de múltiples cuadrillas especializadas, cada una con funciones claramente definidas dentro del sistema productivo.

La estimación global del personal se presenta en la Tabla 4.3, la cantidad de personal presentado es aproximado pero consistente con la magnitud de los volúmenes de obra, la cantidad de frentes activos y la necesidad de mantener operaciones simultáneas en condiciones complejas.

[4] Cada escenario responde a distintas condiciones de ejecución, niveles de incertidumbre y eficiencia operativa, permitiendo establecer rangos de personal técnicamente justificables para la planeación del proyecto.

Tabla 4.3 Estimación de la Cantidad de Personal en Obra.

ÁREA	ESCENARIO		
	OPTIMIZADO	BASE	CONSERVADOR
Dragado	110	130	141 – 173
Tablestacado	244	290	314 – 386
Cimentaciones	101	120	130 – 160
Subestructura	76	90	100 – 120
Superestructura	68	80	90 – 110
Terracerías	68	80	90 – 110
Urbanización	59	70	80 – 100
Edificaciones	51	60	70 – 90
Ferroviario	42	50	50 – 70
Logística y mantenimiento	51	60	80 – 90
Supervisión, QA/QC, seguridad	34	40	50 – 60
TOTAL	**904**	**1,070**	**1,195 – 1,469**

Nota: La cantidad de personal presentado en la tabla es por un solo turno.
Fuente: Elaboración propia, 2026.

4.3.3 Metodología de Estimación

El escalamiento del personal se basa en un enfoque de ingeniería de producción, en el cual la cantidad de trabajadores no se determina únicamente por volúmenes de obra, sino por la estructura de frentes simultáneos, la configuración de equipos y la eficiencia operativa del sistema constructivo.

Se parte de un escenario optimizado previamente definido, el cual representa condiciones ideales de ejecución, y se introducen factores de ajuste asociados a condiciones reales de obra, tales como interferencias entre frentes, variabilidad geotécnica, logística en ambiente lagunar y riesgos operativos. Estos factores impactan principalmente en la necesidad de personal indirecto, de soporte y de supervisión, más que en el incremento proporcional de mano de obra directa.

4.3.3.1 Escenario optimizado

El escenario optimizado representa una condición ideal de ejecución, en la cual los frentes de trabajo operan de manera continua, con mínima interferencia entre actividades, logística eficiente y disponibilidad constante de recursos.

En este contexto, el personal estimado se sitúa en un rango de 904 a 1,070 personas, distribuido entre los distintos sistemas constructivos. Esta cifra es consistente con una configuración de obra en la que los equipos operan a su capacidad nominal y los rendimientos alcanzan los valores esperados.

Desde el punto de vista técnico, este escenario implica que las cimentaciones profundas avanzan sin interrupciones, liberando frentes de subestructura de manera constante, mientras que el montaje de la superestructura se realiza con una logística fluida. Las actividades de terracería, urbanización y edificaciones se desarrollan en paralelo, sin generar conflictos significativos.

Este escenario constituye una referencia teórica que permite establecer la base mínima de personal necesaria para ejecutar el proyecto bajo condiciones ideales.

4.3.3.2 Escenario base (realista)

El escenario base incorpora las condiciones típicas de ejecución en un proyecto de esta naturaleza, donde es esperable la presencia de interferencias operativas, variaciones en la productividad de los equipos y ajustes derivados de condiciones geotécnicas o logísticas.

En este caso, el personal estimado se incrementa a un rango de 1,070 a 1,195 personas. Este aumento no responde a un incremento proporcional en la producción, sino a la necesidad de incorporar personal adicional en áreas de soporte, mantenimiento, logística y supervisión.

Desde el punto de vista técnico, este escenario refleja una operación en la que los frentes de trabajo no siempre operan a su máxima eficiencia, lo que obliga a implementar estrategias de recuperación de producción, como el aumento de cuadrillas o la extensión de horarios. Asimismo, la complejidad del entorno lagunar puede generar retrasos en el suministro de materiales o en la movilización de equipos, lo que requiere una mayor capacidad de respuesta operativa.

El incremento de personal en este escenario se concentra principalmente en actividades indirectas, tales como mantenimiento de equipos, control de calidad, logística interna y coordinación de frentes, lo que permite sostener la continuidad del proceso constructivo a pesar de las variaciones en la operación.

4.3.3.3 Escenario alto (conservador)

El escenario alto considera condiciones adversas de ejecución, en las cuales los factores de incertidumbre tienen un impacto significativo en la productividad del proyecto. Entre estos factores se incluyen condiciones geotécnicas más desfavorables de lo previsto, dificultades de acceso en zonas lagunares, condiciones climáticas adversas y la necesidad de retrabajos o ajustes constructivos.

En este contexto, el personal requerido se incrementa a un rango de 1,195 a 1,469 personas. Este aumento responde principalmente a la necesidad de reforzar los sistemas de soporte, supervisión y control, más que a un incremento directo en la producción.

Desde una perspectiva técnica, este escenario se caracteriza por una menor eficiencia global del sistema productivo, donde los tiempos muertos, las interferencias entre frentes y los ajustes operativos reducen la productividad efectiva de los equipos. Para compensar estos efectos, se incrementa la cantidad de personal en áreas clave, como logística, mantenimiento y control de calidad, lo que permite mantener la operación del proyecto dentro de parámetros aceptables.

Es importante destacar que, en este escenario, el incremento de personal no necesariamente se traduce en una reducción de los tiempos de ejecución, ya que la productividad del sistema está limitada por factores externos. En este sentido, el personal adicional actúa como un mecanismo de mitigación de riesgos, más que como un acelerador de la producción.

4.3.4 Análisis comparativo de escenarios

El análisis de los tres escenarios permite identificar que el incremento de personal no es lineal respecto a la complejidad del proyecto. Mientras que el paso del escenario optimizado al base implica un incremento moderado asociado a condiciones reales de operación, el paso al escenario alto refleja un cambio en la estructura del personal, con mayor peso en funciones de soporte y control.

Este comportamiento es consistente con la naturaleza del proyecto, donde la eficiencia no depende únicamente de la cantidad de mano de obra, sino de la coordinación entre frentes, la logística y la gestión de recursos. En consecuencia, el aumento de personal en escenarios adversos responde a la necesidad de compensar ineficiencias del sistema, más que a un aumento en la capacidad productiva.

4.3.5 Implicaciones para la planeación del proyecto

El escalamiento del personal por escenario tiene implicaciones directas en la planeación del proyecto, particularmente en la estimación de costos, la logística de campamentos, la gestión de recursos humanos y la organización de la obra.

En términos de costos, el incremento de personal en escenarios base y alto implica un aumento en los gastos indirectos, lo que debe considerarse en la estimación del CAPEX y en la definición de contingencias. Desde el punto de vista logístico, la presencia de un mayor número de trabajadores requiere instalaciones adecuadas para alojamiento, alimentación, transporte interno y servicios.

Asimismo, la organización del personal debe adaptarse a cada escenario, estableciendo estructuras jerárquicas claras y mecanismos de coordinación eficientes que permitan gestionar la complejidad del proyecto.

Por último, el análisis del escalamiento de personal por escenario demuestra que el dimensionamiento del recurso humano en el proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán debe abordarse como un proceso dinámico, adaptado a las condiciones reales de ejecución.

El rango de 904 a 1,070 personas en escenario optimizado representa la base mínima de operación, mientras que los rangos de 1,070 a 1,195 personas en escenario base y de 1,195 a 1,469 personas en escenario alto reflejan la necesidad de incorporar capacidades adicionales para enfrentar la variabilidad del entorno.

En este sentido, la correcta planificación del personal no solo permite garantizar la viabilidad del proyecto, sino que constituye una herramienta fundamental para la gestión de riesgos, la optimización de recursos y el cumplimiento de los objetivos de tiempo, costo y calidad.

5.0 PROGRAMA DE OBRA.

El programa de obra desarrollado para el proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán constituye un instrumento fundamental de planeación que integra, en una secuencia lógica y temporal, los estudios, proyectos ejecutivos y actividades constructivas necesarias para materializar la infraestructura portuaria. Este programa abarca un horizonte plurianual comprendido entre los años 2026 y 2031, reflejando la magnitud del proyecto y la necesidad de estructurar su ejecución en etapas claramente definidas.

El presente informe técnico tiene como objetivo explicar y justificar la lógica del programa de obra, vinculándolo con el escenario de configuración de obra previamente desarrollado, la estructura de frentes simultáneos, el dimensionamiento de personal y la integración de sistemas constructivos. La interpretación del programa permite entender no solo la secuencia de actividades, sino también la estrategia técnica que sustenta su viabilidad.

5.1 Estructura General del Programa

El programa se organiza en tres grandes bloques claramente diferenciados: estudios, proyectos ejecutivos y construcción. Esta estructura responde a una lógica de maduración progresiva del proyecto, donde primero se consolidan las bases técnicas, posteriormente se desarrolla la ingeniería de detalle y finalmente se ejecutan las obras.

En la primera fase, correspondiente a estudios, se incluyen análisis fundamentales como la disponibilidad de agua, demanda energética, factibilidad de suministros, estudios de riesgo, análisis hidráulicos y estudios para el manejo de material de dragado. Esta etapa se concentra principalmente en el arranque del programa, durante el año 2026, lo cual es técnicamente consistente, ya que estos estudios constituyen la base para el desarrollo de los proyectos ejecutivos.

La segunda fase, correspondiente a proyectos, se desarrolla de manera traslapada con los estudios y se extiende hacia los años posteriores. En esta etapa se elaboran los proyectos ejecutivos de todos los sistemas que integran el puerto, incluyendo vialidades, viaductos, redes eléctricas, sistemas hidráulicos, edificaciones, infraestructura ferroviaria y obras marítimas. La simultaneidad parcial entre estudios y proyectos refleja una estrategia de avance acelerado, donde la información preliminar permite iniciar el diseño sin esperar la conclusión total de todos los estudios.

La tercera fase, correspondiente a la construcción y supervisión, constituye el bloque de mayor duración y complejidad, extendiéndose a lo largo de varios años y estructurándose en múltiples frentes de trabajo.

5.1.1 Lógica de la fase de estudios

La fase de estudios se caracteriza por su alta densidad técnica y por su impacto directo en las decisiones posteriores del proyecto. La inclusión de estudios de disponibilidad de agua, demanda hídrica, demanda eléctrica y factibilidad de suministro energético responde a la necesidad de garantizar la autosuficiencia operativa del puerto desde su concepción.

Asimismo, la incorporación del análisis cuantitativo de riesgos (QRA) es particularmente relevante en un proyecto portuario de esta naturaleza, ya que permite definir la compatibilidad entre diferentes instalaciones y establecer criterios de zonificación que eviten conflictos entre áreas operativas, administrativas y de riesgo. Este aspecto es fundamental en un modelo portuario integrado, donde coexisten múltiples funciones en un mismo espacio.

Los estudios relacionados con el manejo hidráulico, incluyendo el sistema fluvial del arroyo Zacate y el abastecimiento de agua, reflejan la importancia de controlar la interacción entre la infraestructura y el entorno natural, particularmente en un sistema lagunar donde el comportamiento del agua es un factor determinante.

5.1.2 Lógica de la fase de proyectos ejecutivos

La fase de proyectos ejecutivos se desarrolla de manera progresiva y traslapada, lo cual permite iniciar la construcción de ciertos componentes mientras otros aún se encuentran en fase de diseño. Esta estrategia es coherente con el escenario de configuración de obra previamente definido, donde la ejecución se basa en frentes simultáneos.

El programa incluye proyectos ejecutivos para todos los sistemas del puerto, lo que refleja un enfoque integral. Destaca la presencia de proyectos específicos para vialidades, conectividad ferroviaria, redes eléctricas, sistemas hidráulicos, edificaciones, muelles, torre de tráfico marítimo y centros operativos. Esta diversidad de proyectos confirma que el puerto se concibe como un sistema intermodal complejo, donde cada componente debe integrarse de manera funcional.

La inclusión de proyectos de compactación de rellenos y de estructuras de acceso indica que el diseño geotécnico y la estabilidad del terreno son elementos centrales en el desarrollo del proyecto, lo cual es consistente con las condiciones de la Laguna de Cuyutlán.

5.1.3 Lógica de la fase constructiva

La fase constructiva del programa se organiza en una secuencia que refleja la lógica técnica del proceso constructivo en un entorno lagunar. Esta secuencia inicia con la ejecución de obras auxiliares, que incluyen patios de almacenamiento, muelles auxiliares y caminos provisionales. Estas actividades son indispensables para habilitar el sitio y permitir la operación de equipos pesados.

Posteriormente, el programa contempla la ejecución de dragado, que incluye actividades como batimetría inicial, dragado de arcillas y arenas, corte de roca submarina y batimetría final. Este bloque constituye la base para la conformación de áreas operativas y canales de acceso, y su ejecución temprana es coherente con la necesidad de preparar el entorno físico del proyecto.

A continuación, se desarrollan los rellenos, que incluyen el vertido de material, la conformación de tarquinas y la construcción de plataformas. Estas actividades permiten generar superficies utilizables sobre las cuales se desarrollarán las demás infraestructuras.

El programa incorpora también la ejecución de tablestacado, que incluye la instalación de sistemas de contención en distintas zonas del proyecto. Esta actividad es clave para estabilizar los rellenos y definir los límites de las áreas operativas.

Una vez establecidas las condiciones físicas del sitio, el programa contempla la ejecución de los principales sistemas del puerto, incluyendo vialidades, ferrocarril, zona administrativa, estacionamientos, redes de servicios, torre de tráfico marítimo, muelle de remolcadores y centro de investigación. La ejecución de estos componentes se realiza de manera paralela, lo cual es consistente con el modelo de frentes simultáneos.

5.2 Relación con el Escenario de Configuración de Obra

El programa de obra refleja de manera clara el escenario de configuración previamente desarrollado. La simultaneidad de actividades en la fase constructiva confirma que el proyecto se ejecutará mediante múltiples frentes de trabajo, cada uno con su propia configuración de equipos y personal.

La secuencia de actividades muestra que el frente de cimentaciones profundas, aunque no aparece explícitamente como tal, está implícito dentro de los proyectos de viaductos y estructuras, y constituye la base para la ejecución de las etapas posteriores. De igual manera, los frentes de terracerías, urbanización y edificaciones se desarrollan en paralelo, aprovechando la liberación progresiva de áreas.

El sistema ferroviario se ubica en una etapa posterior, lo cual es consistente con la necesidad de contar con la infraestructura estructural previamente terminada.

5.3 Identificación de la Ruta Crítica

El análisis del programa permite identificar que la ruta crítica del proyecto está asociada a la ejecución de obras estructurales y a la preparación del terreno, particularmente el dragado, los rellenos y las estructuras de contención. Estas actividades condicionan el inicio de la mayoría de los frentes constructivos.

Asimismo, los proyectos ejecutivos de vialidades, viaductos y sistemas ferroviarios representan hitos clave, ya que su conclusión permite iniciar las etapas constructivas correspondientes.

5.4 Coherencia Técnica del Programa

El programa de obra presenta una coherencia técnica notable, ya que sigue una secuencia lógica que inicia con la generación de información, continúa con el desarrollo de diseño y culmina con la ejecución de obra. El traslape de actividades permite optimizar los tiempos de ejecución, sin comprometer la viabilidad técnica.

La inclusión de obras auxiliares, actividades de dragado, rellenos y estructuras de contención en etapas tempranas refleja un entendimiento adecuado de las condiciones del sitio y de la necesidad de preparar el terreno antes de desarrollar infraestructura permanente.

5.5 Comentarios Finales

El programa de obra analizado, ver Tabla 3.4, constituye una herramienta técnica sólida que integra de manera coherente las distintas etapas del proyecto de ampliación del Puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. Su estructura refleja un enfoque estratégico basado en la ejecución simultánea de frentes de trabajo, la optimización de tiempos y la adaptación a las condiciones del entorno lagunar.

La relación entre el programa, el escenario de configuración de obra y la organización de recursos confirma la viabilidad del proyecto desde el punto de vista constructivo, siempre que se mantenga una adecuada coordinación entre frentes, una gestión eficiente de recursos y un control riguroso de las variables críticas del proyecto.

En este sentido, el programa no solo define una secuencia temporal, sino que representa la materialización de la estrategia técnica que permitirá ejecutar una obra de alta complejidad en condiciones exigentes.

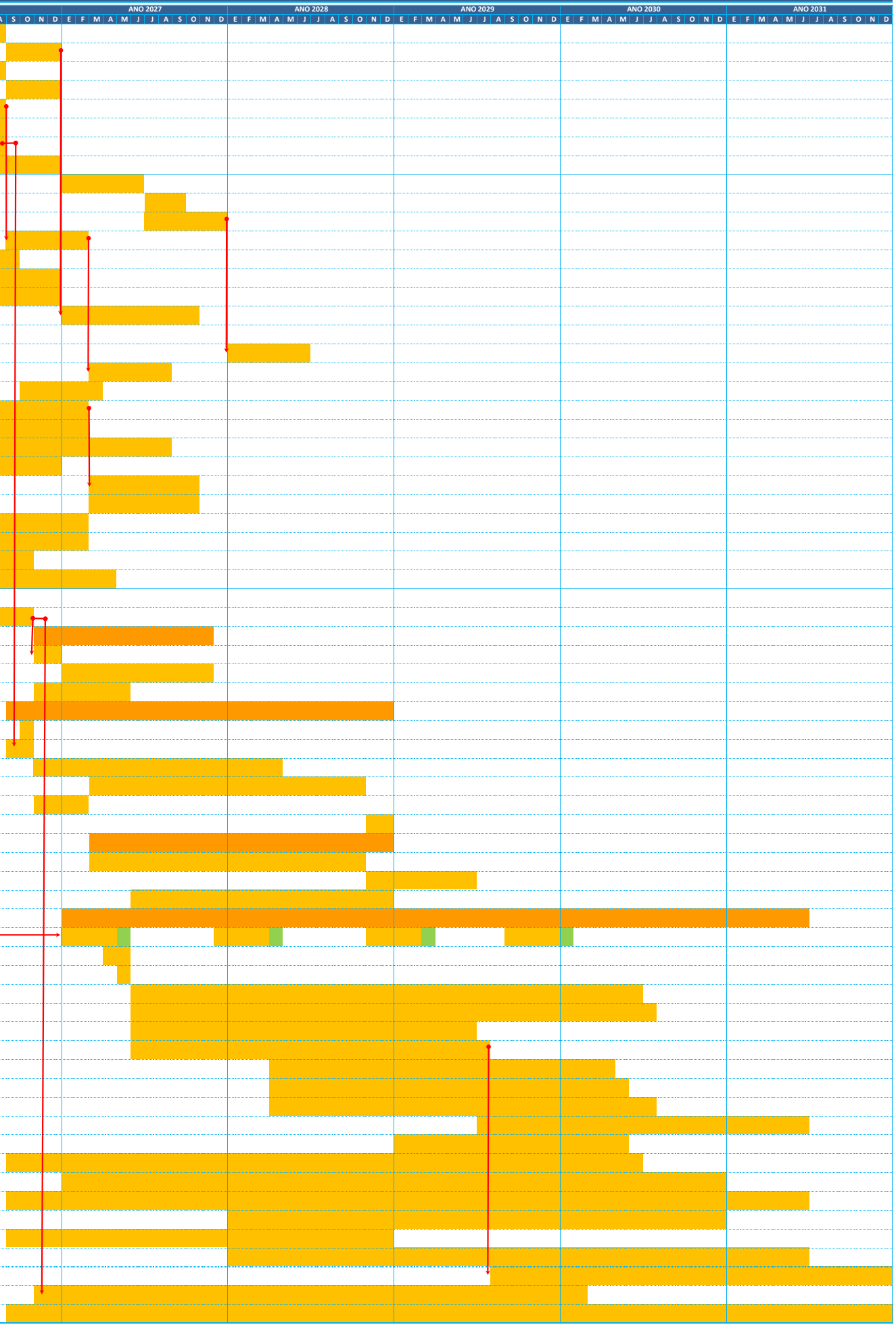
PROYECTO ARQUITECTÓNICO DE REDIMENSIONAMIENTO, ACTUALIZACIÓN, ADECUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN CONCEPTUAL DEL REDIMENSIONAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN

Marina
Secretaría de Marina

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL

CALENDARIO DE APLICACION DEL ANTICIPO

No.		CONCEPTO
1	ESTUDIOS	Estudio de disponibilidad de agua (superficial/subterraneo)
		Estudio de demanda hidríca
		Estudio de demanda eléctrica
		Estudio de factibilidad de suministro de energía eléctrica.
		Estudio de factibilidad de suministro de sistemas de comunicación y TICs.
		Estudio CFE de cambio de trazo de las líneas de alta tensión
		Estudios para la integración del Formato 1 MD Material de dragado
		Estudio de Análisis Cuantitativo de Riesgo (QRA)[1]
2	PROYECTOS	Proyecto de acometida principal del puerto en alta tensión.
		Proyecto de la subestación principal del puerto.
		Proyecto de red de distribución en media y baja tensión para áreas comunes y vialidades.
		Proyecto de acometida principal del puerto para el servicio TICs.
		Proyecto ejecutivo de señalización marítima.
		Proyecto ejecutivo de obras de protección interior (muelle de remolcadores).
		Proyecto ejecutivo del manejo del sistema fluvial del arroyo zacate.[2]
		Proyecto ejecutivo del sistema de abastecimiento de agua.[3]
		Proyecto ejecutivo del sistema general de drenaje sanitario.[4]
		Proyecto ejecutivo de la red eléctrica y alumbrado.
		Proyecto ejecutivo de la red general de servicios TICs.
		Proyecto ejecutivo de la red general de CCTV.
		Proyecto ejecutivo de vialidades generales del puerto.[5]
		Proyecto ejecutivo de la conectividad ferroviaria.[6]
		Proyecto ejecutivo de zona administrativa, edificios de autoridades y operadores/usuarios del puerto.[7]
		Proyecto ejecutivo de bardas, confinamiento y seguridad portuaria.
		Proyecto ejecutivo de estructuras de acceso y salida del puerto.[8]
		Proyecto ejecutivo del centro regulador de tráfico (estacionamiento de trailers).[9]
		Proyecto ejecutivo del muelle de remolcadores e instalaciones en tierra.[10]
		Proyecto ejecutivo de la torre de tráfico marítimo.[11]
		Proyecto ejecutivo de compactación de rellenos
		Proyecto ejecutivo del centro de investigación.[12]
3	CONSTRUCCION	PRUEBA DE HINCA
		TRABAJOS DE INSPECCIÓN DEL INAH
		OBRAS AUXILIARES
		Patios de almacenamiento
		Muelle auxiliar
		Caminos Auxiliares
		DRAGADO
		Traslado de Equipo
		Batimetria Inicial
		Dragado de Arcillas
		Dragado de Arenas
		Corte de Roca Submarina - Canal de Acceso
		Batimetria Final
		RELLENOS
		Vertido de Material
		Conformación de Tarquinas
		Rellenos
		TABLESTACADO
		Solicitud y Suministro de Tablestaca
		Traslado de Equipo
		Trazo
		Perforación Previa Zona Contenedores
		Hinca de Tablestaca Zona Contenedores
		Perforación Previa Zona PEMEX
		Hinca de Tablestaca Zona PEMEX
		Perforación Previa Zona NW
		Hinca de Tablestaca Zona de NW
		Fabricación de Cabezal
		Compactación del Relleno
		BORDO DE CONTENCIÓN DE RELLENOS
		VIALIDADES
		FERROCARRIL
		ZONA ADMINISTRATIVA
		ESTACIONAMIENTO
		REDES GENERALES DE SERVICIOS
		TORRE DE TRÁFICO MARÍTIMO
		MUELLE DE REMOLCADORES
		CENTRO DE INVESTIGACIÓN
		SUPERVISIÓN DE OBRA



Nota:

(1) Interfaces entre instalaciones peligrosas y otras funciones del puerto. Especialmente donde una instalación de riesgo quede cerca de: edificio administrativo, torre de tráfico marítimo, vialidades principales, muelle de remolcadores, subestaciones, áreas de mantenimiento y zonas de personal

Aquí el QRA es clave para decidir qué sí puede colindar y qué no. En tu caso esto importa mucho porque el proyecto busca una lógica port-led, es decir, integrar infraestructura marítima, patios, accesos, intermodalidad y nodos externos como un solo sistema. Esa integración aumenta la necesidad de separar correctamente los usos incompatibles.

(2) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, obras de canalización, protección, regulación hidráulica y descarga al Vaso II

(3) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, planta potabilizadora, pozo para suministro de agua, diseño estructural, diseño electromecánico y redes de servicios para la planta.

(4) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, estudio de factibilidad de uso de plantas prefabricadas o el diseño de una planta de tratamiento general, evaluació de alternativa de plantas prefabricadas o en su defecto el diseño de una planta de tratamiento (para el caso de la planta de tratamiento, considerar el diseño estructural, diseño electromecánico y redes de servicios para la planta de tratamiento)

(5) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topobatimetría, proyecto estructural de viaductos, proyecto geométrico, diseño de estructura de pavimento, obras de drenaje (alcantarillas, cunetas), señalamiento horizontal y vertical, Intersecciones y accesos logísticos.

(6) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topobatimetría, proyecto estructural de viaductos (cimentación profunda y superestructura), proyecto geométrico, vía férrea (balasto, durmientes, riel), señalización ferroviaria y drenaje del viaducto, obras de drenaje (alcantarillas, cunetas), intersecciones y accesos logísticos.

(7) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, proyecto arquitectónico, diseño estructural de las edificaciones y redes de servicios (energía eléctrica, iluminación, agua potable, HVAC, instalaciones sanitarias, CCTV, red de telecomunicaciones e instalaciones especiales.

(8) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, proyecto arquitectónico, diseño estructural de las edificaciones y redes de servicios (energía eléctrica, iluminación, agua potable, HVAC, instalaciones sanitarias, CCTV, red de telecomunicaciones e instalaciones especiales.

(9) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, proyecto geométrico, diseño de estructura de pavimento, obras de drenaje (alcantarillas, cunetas), señalamiento horizontal y vertical, Intersecciones y accesos logísticos, proyecto de iluminación, proyecto de baños, instalaciones hidráulicas, instalaciones sanitarias, proyecto estructural de edificaciones (comedor y tiendas de conveniencia) y proyecto de casetas de acceso (incluye redes de servicios).

(10) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topobatimetría, proyecto geométrico, diseño estructural del muelle y estructuras en tierra, obras de drenaje (alcantarillas, cunetas), proyecto de iluminación, proyecto de instalaciones hidráulicas, instalaciones sanitarias, proyecto de elementos de atraque y amarre y proyecto de señalización marítima.

(11) Incluye: estudio de mecánica de suelos y mecánica de rocas, topografía, proyecto arquitectónico, diseño estructural de las edificaciones y redes de servicios (energía eléctrica, iluminación, agua potable, HVAC, instalaciones sanitarias, CCTV, red de telecomunicaciones, instalaciones especiales, diseño de vialidades (proyecto geométrico, diseño de estructura de pavimento, obras de drenaje (alcantarillas, cunetas), señalamiento horizontal y vertical, proyecto de iluminación y proyecto de la caseta de acceso).

(12) Incluye: estudio de mecánica de suelos, topografía, proyecto arquitectónico, diseño estructural de las edificaciones y redes de servicios (energía eléctrica, iluminación, agua potable, HVAC, instalaciones sanitarias, CCTV, red de telecomunicaciones e instalaciones especiales), diseño de muelle de madera o muelle flotante, proyecto de iluminación y proyecto de subestación.

PROYECTO	PE25 - 004
No. DE DOCUMENTO	PE25 - 004 - PO - 01
FECHA	07/04/2026
REVISIÓN	R - A

RHG INGENIERIA

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

El procedimiento constructivo propuesto es técnicamente viable y coherente con las condiciones geotécnicas, hidráulicas y operativas de la Laguna de Cuyutlán, siempre que las actividades se ejecuten de manera integral y coordinada.

La correcta ejecución del proyecto depende de la interacción secuencial y simultánea entre dragado, rellenos y estructuras de contención, los cuales no pueden considerarse como procesos independientes, sino como un sistema constructivo interdependiente.

El éxito del proyecto está fuertemente condicionado por la adecuada selección de equipos, la planeación de frentes de trabajo y la coordinación de sistemas productivos, lo que confirma la necesidad de un enfoque constructivo industrializado y altamente organizado.

La complejidad del entorno lagunar, caracterizado por suelos blandos, alta saturación y presencia de materiales no aptos, implica que el control geotécnico, topobatimétrico y constructivo debe mantenerse de manera continua durante todas las etapas del proyecto.

El programa de obra demuestra que la ejecución del proyecto requiere un enfoque escalonado pero traslapado, donde la preparación del terreno, la estabilización y la construcción de infraestructura deben avanzar de forma paralela para optimizar tiempos y recursos.

6.2 Recomendaciones.

Se recomienda establecer un sistema de control topográfico y batimétrico permanente que permita monitorear la evolución de los rellenos, asentamientos y desplazamientos durante todas las fases constructivas.

Es indispensable integrar la programación del dragado y la instalación de tablestacado, evitando desfases que puedan comprometer la estabilidad de los rellenos o generar retrasos en la obra.

Se debe priorizar la implementación de un modelo de ejecución por frentes simultáneos, con coordinación centralizada, para maximizar la productividad y reducir interferencias entre actividades.

Se recomienda desarrollar un plan detallado de manejo de materiales y vertido, incluyendo control de sedimentación, sectorización de recintos y medidas ambientales para evitar afectaciones al entorno lagunar.

Es necesario fortalecer la planeación logística del proyecto, incluyendo infraestructura temporal, suministro de insumos, transporte interno y servicios al personal, dado el alto volumen de recursos humanos requeridos.

Se recomienda incorporar desde etapas tempranas criterios de durabilidad y mantenimiento, considerando el ambiente agresivo marino, con el fin de garantizar la vida útil de la infraestructura.

Se sugiere que el desarrollo del proyecto ejecutivo refine y detalle los procedimientos aquí planteados, sin perder la lógica integral del sistema constructivo, asegurando su adaptación a las condiciones reales de obra.

Asimismo, se debe implementar un sistema de control de calidad riguroso durante el suministro, manejo, almacenamiento e instalación de los perfiles metálicos y tablestacas, verificando tolerancias, alineamientos y condiciones de los elementos antes y durante su hincado.

Finalmente, se recomienda considerar dentro de la programación de obra los posibles periodos de condiciones meteorológicas adversas, como lluvias intensas o eventos ciclónicos, que puedan afectar las operaciones marítimas y el avance de los trabajos, con el fin de minimizar riesgos operativos y retrasos en el proyecto.

ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

SERVICIOS DE INGENIERÍA MARÍTIMA Y PORTUARIA

“CONSTRUCCIÓN DE MUELLES EN LA ETAPA 1 DE DESARROLLO DEL PUERTO NUEVO MANZANILLO CUYUTLÁN MEDIANTE TABLESTACADO Y DRAGADO DE CONSTRUCCIÓN, ASIPONA MANZANILLO."

MECÁNICA DE SUELOS.

ÍNDICE

MÉCANICA DE SUELOS. 7
1. MEDIO FÍSICO 7
2. TRABAJOS DE CAMPO 8
2.1. PROCEDIMIENTO 8
2.2. MUESTREO 9
3. TRABAJOS DE LABORATORIO Y GABINETE. 10
3.1. LABORATORIO 10
4. INFORMES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO. 11
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 92
6. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SONDEOS. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. 94
7. REPORTE FOTOGRÁFICO. 95
I. ANEXO MECANICA DE SUELOS 101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sondeos de exploración Geotécnica. 9
Tabla 2 Tipo de suelo asignado a los estratos. 92
Tabla 2 Continuación Tipo de suelo asignado a los estratos. 93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 3. Sondeo 1. 12
Figura 2 Granulometría. Sondeo 1. Muestra 1. 13
Figura 3 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 3. Sondeo 2. 14
Figura 4 Granulometría. Sondeo 2. Muestra 1, 2. 15
Figura 5 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 3. Sondeo 3. 16
Figura 6 Granulometría. Sondeo 3. Muestra 1, 2. 17

Figura 7 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 4. 18
Figura 8 Granulometría. Sondeo 4. Muestra 5. 19
Figura 9 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 5. 20
Figura 10 Granulometría. Sondeo 5. Muestra 6. 21
Figura 11 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 6. 22
Figura 12 Granulometría. Sondeo 6. Muestra 5, 6. 23
Figura 13 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 7. 24
Figura 14 Granulometría. Sondeo 7. Muestra 3, 4. 25
Figura 15 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 8. 26
Figura 16 Granulometría. Sondeo 8. Muestra 4, 5. 27
Figura 17 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 9. 28
Figura 18 Granulometría. Sondeo 9. Muestra 4. 29
Figura 19 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 10. 30
Figura 20 Granulometría. Sondeo 10. Muestra 3, 4. 31
Figura 21 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 11. 32
Figura 22 Granulometría. Sondeo 11. Muestra 4, 5. 33
Figura 23 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 12. 34
Figura 24 Granulometría. Sondeo 12. Muestra 5, 6. 35
Figura 25 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 13. 36
Figura 26 Granulometría. Sondeo 13. Muestra 8. 37
Figura 27 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 14. 38
Figura 28 Granulometría. Sondeo 14. Muestra 6. 39
Figura 29 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 15. 40
Figura 30 Granulometría. Sondeo 15. Muestra 4, 5. 41
Figura 31 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 16. 42
Figura 32 Granulometría. Sondeo 16. Muestra 2. 43
Figura 33 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 17. 44

Figura 34 Granulometría. Sondeo 17. Muestra 1. 45
Figura 35 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 18. 46
Figura 36 Granulometría. Sondeo 18. Muestra 5. 47
Figura 37 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 19. 48
Figura 38 Granulometría. Sondeo 19. Muestra 5. 49
Figura 39 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 20. 50
Figura 40 Granulometría. Sondeo 20. Muestra 5. 51
Figura 41 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 21. 52
Figura 42 Granulometría. Sondeo 21. Muestra 6. 53
Figura 43 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 22. 54
Figura 44 Granulometría. Sondeo 22. Muestra 3, 4. 55
Figura 45 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 23. 56
Figura 46 Granulometría. Sondeo 23. Muestra 7. 57
Figura 47 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 24. 58
Figura 48 Granulometría. Sondeo 24. Muestra 6. 59
Figura 49 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 25. 60
Figura 50 Granulometría. Sondeo 25. Muestra 7, 8. 61
Figura 51 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 26. 62
Figura 52 Granulometría. Sondeo 26. Muestra 8. 63
Figura 53 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 27. 64
Figura 54 Granulometría. Sondeo 27. Muestra 3, 4. 65
Figura 55 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 28. 66
Figura 56 Granulometría. Sondeo 28. Muestra 5, 6. 67
Figura 57 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 29. 68
Figura 58 Granulometría. Sondeo 29. Muestra 4. 69
Figura 59 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 30. 70
Figura 60 Granulometría. Sondeo 30. Muestra 5, 6. 71

Figura 61 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 31. 72
Figura 62 Granulometría. Sondeo 31. Muestra 2, 3. 73
Figura 63 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 32. 74
Figura 64 Granulometría. Sondeo 32. Muestra 6, 7. 75
Figura 65 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 33. 76
Figura 66 Granulometría. Sondeo 33. Muestra 3, 4. 77
Figura 67 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 34. 78
Figura 68 Granulometría. Sondeo 34. Muestra 1, 2. 79
Figura 69 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 35. 80
Figura 70 Granulometría. Sondeo 35. Muestra 6. 81
Figura 71 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 36. 82
Figura 72 Granulometría. Sondeo 36. Muestra 6. 83
Figura 73 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 37. 84
Figura 74 Granulometría. Sondeo 37. Muestra 4, 5. 85
Figura 75 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 38. 86
Figura 76 Granulometría. Sondeo 38. Muestra 5. 87
Figura 77 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 39. 88
Figura 78 Granulometría. Sondeo 39. Muestra 5. 89
Figura 79 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 40. 90
Figura 80 Granulometría. Sondeo 40. Muestra 5, 6. 91
Figura 81 Localización de los sondeos. 94
Figura 82 Sondeo 1 96
Figura 83 Sondeo 2 96
Figura 84 Sondeo 3 96
Figura 85 Sondeo 4 96
Figura 86 Sondeo 5 96
Figura 87 Sondeo 6 96
Figura 88 Sondeo 7 97
Figura 89 Sondeo 8 97
Figura 90 Sondeo 9 97

Figura 91 Sondeo 10. 97
Figura 92 Sondeo 11. 97
Figura 93 Sondeo 12. 97
Figura 94 Sondeo 13. 98
Figura 95 Sondeo 14. 98
Figura 96 Sondeo 15. 98
Figura 97 Sondeo 16. 98
Figura 98 Sondeo 17. 98
Figura 99 Sondeo 18. 98
Figura 100 Sondeo 19. 99
Figura 101 Sondeo 20. 99
Figura 102 Sondeo 21. 99
Figura 103 Sondeo 22. 99
Figura 104 Sondeo 23. 99
Figura 105 Sondeo 24. 99
Figura 106 Sondeo 25. 100
Figura 107 Sondeo 26. 100
Figura 108 Sondeo 27. 100
Figura 109 Sondeo 28. 100
Figura 110 Sondeo 29. 100
Figura 111 Sondeo 30. 100

MÉCANICA DE SUELOS.

1. MEDIO FÍSICO

El estado de Colima posee una superficie territorial de 5,455 Km2 y se localiza entre las latitudes norte 19°31' y 18°41' así como las longitudes oeste 103°29' y 104°41'.

Por su orografía, el territorio es atravesado por La Sierra Madre del Sur, en particular por las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, así como la Cordillera Costera del Sur, que juntas comprenden el 84% de la superficie del Estado.

El estado de Colima está dividido en tres regiones hidrológicas. La cuenca Río Chacala-Purificación, que abarca los municipios de Minatitlán y Manzanillo; la cuenca Río Armería, que abarca los municipios de Comala, Villa de Álvarez, Coquimatlán y Armería; la cuenca Río Coahuayana que abarca los municipios de Cuauhtémoc, Colima, Ixtlahuacán y Tecomán.

La geología está representada principalmente por rocas ígneas intrusivas (Mesozoico, Cretácico) y extrusivas (Cenozoico, Terciario), que comprenden el 46% de la geología. El resto de los suelos está formado por rocas sedimentarias en un 39% y un 15% de suelos, de origen aluvial o resultados de la degradación de rocas y cenizas volcánicas, entre los cuales se identifican principalmente del tipo Feozem, Litosol, Planosol, Regosol y Fluvisol. Estos suelos se caracterizan principalmente por poseer texturas muy diversas que van desde las graníticas arenosas hasta las sedimentarias arcillosas.

El clima del estado se define como cálido sub-húmedo con lluvias en verano para los municipios de Comala, Cuauhtémoc, Villa de Álvarez, Colima, Coquimatlán, Ixtlahuacán, Manzanillo y las zonas costeras de Armería y Tecomán. Y semiseco muy cálido al interior de los municipios de Armería Y Tecomán.

El municipio de Manzanillo se caracteriza por combinar la planicie costera con zonas montañosas. Forma parte de la fisiografía de la Sierra Madre Sur, la que ocupa la mayor parte del estado y se extiende hasta Oaxaca. Esta provincia fisiográfica tiene relación con la llamada Placa de Cocos, que está en continuo proceso de subducción con relación a las placas de Norteamérica y del Caribe. En consecuencia, debe considerarse que Manzanillo se encuentra ubicado en la zona D dentro de la carta de sismicidad, en la que la ocurrencia de sismos es muy frecuente. El relieve del suelo lo forman los cerros, valles y depresiones, el territorio del municipio se conformó en la era terciaria, desde hace 50 a 60 millones de años.

Las colindancias del municipio son; al norte con Jalisco y el municipio de Minatitlán; al este con los municipios de Minatitlán, Coquimatlán y Armería; al sur con el municipio de Armería y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico y Jalisco.

La morfología del municipio se caracteriza por una zona montañosa perteneciente a la Sierra Madre del Sur, un lomerío de baja a media altitud de la Sierra de la Costa de Jalisco y Colima, y un valle aluvial irrigado por escorrentías provenientes de las laderas de dicha Sierra, pertenecientes a la cuenca Río Chacala-Purificación, entre los ríos Marabasco y Armería.

La geología está representada principalmente por rocas ígneas intrusivas (Mesozoico, Cretácico) y extrusivas (Cenozoico, Terciario) y suelos de origen sedimentario, principalmente Fluvisol.

La estratigrafía de estas áreas está compuesta principalmente por arenas y arenas limosas de compresibilidad muy baja a nula.

Estos materiales se subdividen en varias capas intercaladas, que presentan grados de consistencia que van de medios a muy densos.

2. TRABAJOS DE CAMPO

La investigación en el área de estudio se realizó por medio de cuarenta sondeos de Penetración de Estándar (SPT) alcanzando una profundidad de 20 m en el lecho marino y descripción del material.

El estudio consiste en hincar una barra-guía de sección tubular equipada con una toma muestras llamado “de media caña”, de dos pulgadas de diámetro. El hincado se realiza por el golpeteo repetido de un martinete de 63.5 Kg., que se deja caer desde una altura de 76.2 cm.

2.1. PROCEDIMIENTO

Una vez localizado el punto exacto de hincado, se procedió de acuerdo con la norma ASTM D-1586, realizando hincados de 15 centímetros hasta completar un avance de 45 centímetros contando el número de golpes por cada avance de 15 cm.

La resistencia a la penetración estándar, denominada “N”, es el número de golpes requerido para un avance de 30cm., contados dentro de una frecuencia de golpeo no mayor a 30 impactos por minuto.

Cuando el número de golpes necesario para penetrar 15 centímetros es igual o superior a 50, el ensaye se da por terminado

2.2. MUESTREO

Durante el procedimiento del sondeo se retira el penetrómetro y se toma una muestra que será más tarde analizada en el laboratorio como complemento del estudio de identificación de los materiales componentes, determinación de sus características físicas y cálculo de su capacidad portante.

Las muestras recuperadas se guardan en recipientes herméticos, estos son etiquetados para su precisa identificación con la siguiente información: Tipo de sondeo; Localización de la prueba; Número de muestra; Profundidad a la que se obtuvo; Nombre del operador responsable del estudio; Fecha y Hora; Condiciones del clima.

Tabla 1 Sondeos de exploración Geotécnica.

Sondeo	Coordenadas UTM		NBMI (m)	Prof. Explorada (m)
	X	Y		
S-01	578,004	2,100,814	15.50	-35.00
S-02	578,349	2,101,661	15.50	-35.00
S-03	578,491	2,102,243	15.50	-35.00
S-04	578,673	2,102,767	2.50	-22.95
S-05	579,135	2,104,122	0.50	-20.90
S-06	578,191	2,104,009	1.20	-21.07
S-07	578,639	2,103,475	1.40	-21.85
S-08	578,293	2,103,033	1.50	-21.95
S-09	577,521	2,102,633	1.20	-21.65
S-10	577,281	2,103,434	2.40	-22.85
S-11	577,818	2,103,313	1.50	-21.95
S-12	578,191	2,103,852	1.40	-21.85
S-13	578,369	2,104,500	0.50	-20.95
S-14	577,866	2,104,701	0.50	-20.95
S-15	577,682	2,104,261	1.60	-22.05
S-16	577,050	2,104,250	0.80	-21.25
S-17	576,970	2,103,434	1.60	-22.05
S-18	576,483	2,103,131	1.80	-22.25
S-19	575,662	2,103,502	1.30	-20.75
S-20	576,271	2,103,777	1.20	-21.65
S-21	575,671	2,103,952	1.40	-21.85
S-22	576,543	2,104,528	1.20	-21.65
S-23	577,034	2,104,907	1.30	-20.75
S-24	577,459	2,105,251	0.50	-20.95
S-25	577,270	2,106,023	0.50	-20.95
S-26	576,692	2,105,436	0.50	-20.95
S-27	576,290	2,105,051	1.40	-21.85
S-28	575,705	2,104,644	0.70	-21.15
S-29	575,376	2,104,286	1.20	-21.65
S-30	574,999	2,103,906	1.50	-21.95

Tabla 1 Continuación. *Sondeos de exploración Geotécnica.*

Sondeo	Coordenadas UTM		NBMI (m)	Prof. Explorada (m)
	X	Y		
S-31	574,352	2,104,136	1.40	-21.85
S-32	574,872	2,104,704	0.70	-21.15
S-33	575,350	2,105,245	0.60	-21.05
S-34	575,851	2,105,301	1.60	-22.05
S-35	576,234	2,105,848	0.50	-20.95
S-36	575,210	2,105,880	0.90	-21.35
S-37	574,641	2,105,384	0.30	-19.75
S-38	573,929	2,104,775	1.20	-21.65
S-39	573,287	2,104,224	0.30	-19.75
S-40	574,286	2,106,162	1.50	-21.95

3. TRABAJOS DE LABORATORIO Y GABINETE.

A todas las muestras recuperadas se les determinó su contenido natural de agua, y se realizó su clasificación visual y al tacto. Selectivamente se efectuaron pruebas de límites de consistencia, porcentajes de finos (lavado) y granulometría por mallas, atendiendo al tipo de material que se tratara. Con estos datos se obtuvo la clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) de los diversos materiales.

3.1. LABORATORIO

Las muestras obtenidas se analizan en laboratorio para su identificación y determinación de sus características físicas, de acuerdo con los siguientes procesos:

a) Determinación de la humedad natural. Diferencia en pesos (antes/después) de una muestra secada 24 horas en horno eléctrico.
b) Identificación del tipo de suelo de acuerdo con la clasificación SUCS. Granulometría por Mallas y Valores Índice (Límites de Atterberg).
c) Determinación del contenido de finos menores a 0.0750mm (malla No.200), por medio de pruebas de lavado o análisis hidrométrico, según convenga al proyecto.
d) Determinación de la resistencia a esfuerzos cortantes en materiales cohesivos, por medio de pruebas en cámara triaxial o pruebas de corte directo (si son requeridas por el proyecto).

Los resultados sobre las características litológicas y cualidades físico-mecánicas de los diferentes estratos, aparecen detallados en los reportes de las pruebas de campo y laboratorio del siguiente capítulo.

4. INFORMES DE LAS PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO.

Los registros de laboratorio completos se encuentran en el Anexo Mecánica de Suelos.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 3.
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-01
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-35.00	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,004.00 m E; Y: 2,100,814.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	15.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)				Resultados del muestreo					Límites de Atterberg			Análisis granulométrico			Rocas	
	N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	LL.	LP.	IP.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.00																	
-2.00																	
-3.00																	
-4.00																	
-5.00																	
-6.00																	
-7.00																	
-8.00	APL					Tirante de agua											
-9.00																	
-10.00																	
-11.00																	
-12.00																	
-13.00																	
-14.00																	
-15.00																	

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 3. Sondeo 1.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

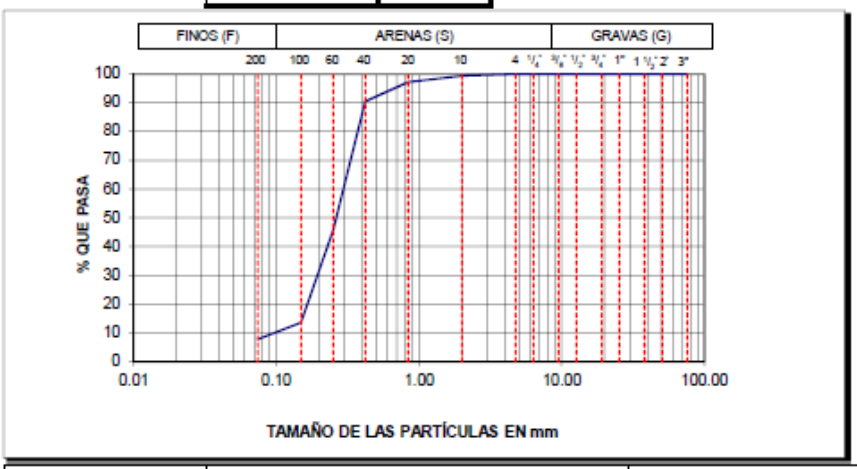
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-01 **MUESTRA:** 1

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -15.50 a -15.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	169.20 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		169.2	------		
	sumas	169.2	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano fino color gris
10	2.000	1.2	0.71	99.29	99.29	
20	0.840	3.6	2.13	97.16	97.16	Análisis efectuado con
40	0.420	11.4	6.74	90.43	90.43	muestra total de
60	0.250	75.8	44.80	45.63	45.63	169.20 g
100	0.149	54.2	32.03	13.59	13.59	
200	0.074	9.9	5.85	7.74	**7.74%**	% material menor que 200
pasa 200		13.1	------			
	sumas	169.2	92.26%			



L.L.= 21.4
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= 3.00
Cc= 1.33

G= 0.00%
S= 92.26%
F= 7.74%

S.U.C.S.: SP-SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 2 Granulometría. Sondeo 1. Muestra 1.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 3.
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-02
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-35.00	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,349.00 m E; Y: 2,101,661.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	15.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)				Resultados del muestreo					Límites de Atterberg			Análisis granulométrico			Rocas	
	N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	LL.	LP.	IP.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.00	1																
-2.00	2																
-3.00	3																
-4.00	4																
-5.00	5																
-6.00	6																
-7.00	7																
-8.00	8	APL				Tirante de agua											
-9.00	9																
-10.00	10																
-11.00	11																
-12.00	12																
-13.00	13																
-14.00	14																
-15.00	15																

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 3 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 3. Sondeo 2.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

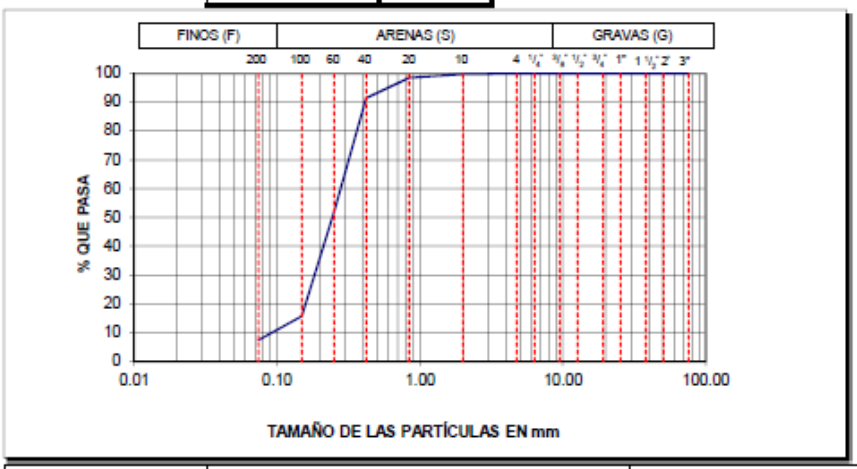
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-02 **MUESTRA:** 1, 2

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -15.50 a -16.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	174.90 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		174.9	------		
	sumas	174.9	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano fino color gris
10	2.000	0.5	0.29	99.71	99.71	
20	0.840	2.3	1.32	98.40	98.40	Análisis efectuado con
40	0.420	12.3	7.03	91.37	91.37	muestra total de
60	0.250	69.2	39.57	51.80	51.80	174.90 g
100	0.149	63.1	36.08	15.72	15.72	
200	0.074	14.6	8.35	7.38	7.38%	% material menor que 200
pasa 200		12.9	------			
	sumas	174.9	92.62%			



L.L.= 21.7
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= 3.00
Cc= 1.33

G= 0.00%
S= 92.62%
F= 7.38%

S.U.C.S.: SP-SM

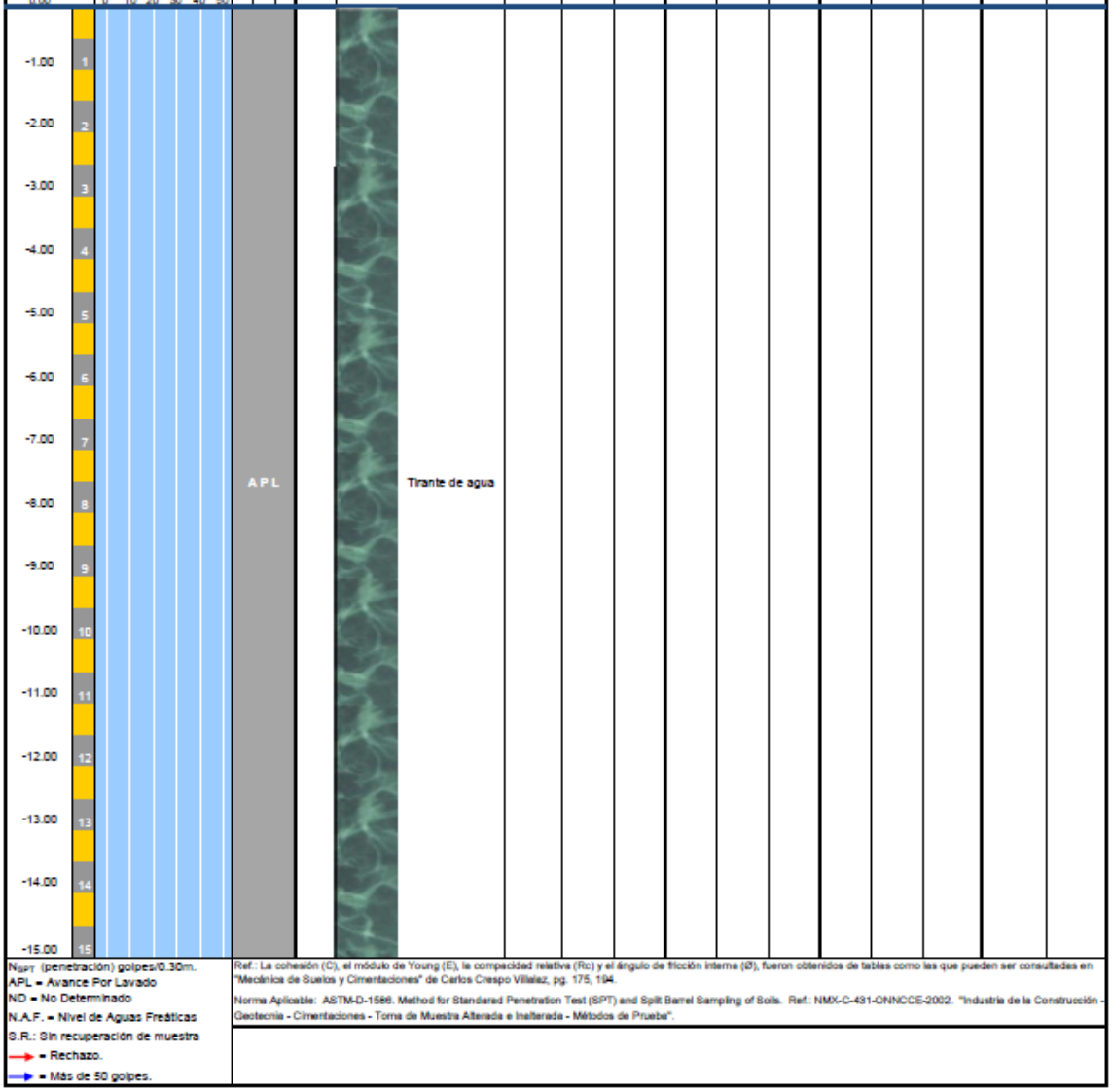
Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 4 Granulometría. Sondeo 2. Muestra 1, 2.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 3.
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-03
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-35.00	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,491.00 m E; Y: 2,102,243.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	15.50



N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 5 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 3. Sondeo 3.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

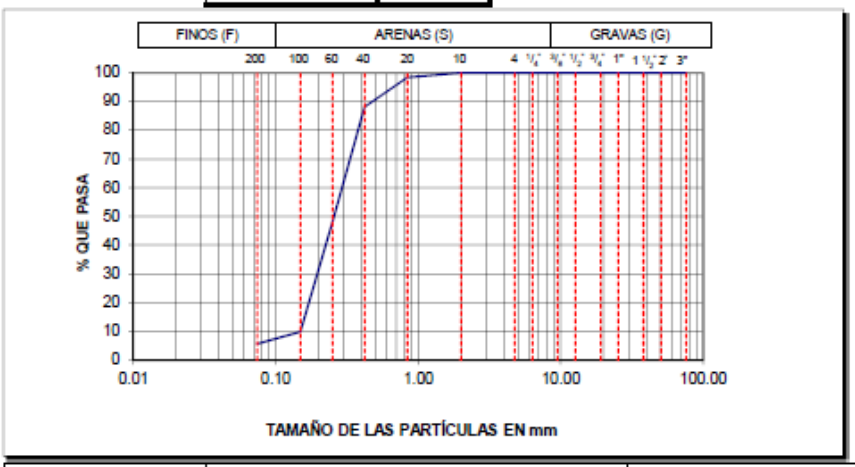
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-03 **MUESTRA:** 1, 2

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -15.50 a -16.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	196.80 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		196.8	-----		
	sumas	196.8	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano fino color gris
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	3.2	1.63	98.37	98.37	Análisis efectuado con
40	0.420	20.2	10.26	88.11	88.11	muestra total de
60	0.250	78.8	40.04	48.07	48.07	196.80 g
100	0.149	75.2	38.21	9.86	9.86	
200	0.074	8.2	4.17	5.69	5.69%	% material menor que 200
pasa 200		11.2	-----			
	sumas	196.8	94.31%			



L.L.= 20.3
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= 2.00
Cc= 0.89

G= 0.00%
S= 94.31%
F= 5.69%

S.U.C.S.: SP

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 6 Granulometría. Sondeo 3. Muestra 1, 2.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-04
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-22.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,673.00 m E; Y: 2,102,767.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	2.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50						Tirante de agua											
-0.95	1																
-1.50																	
-1.95	2																
-2.50		APL															
-2.95	3	PH	PH	PH	SR	Arcilla arenosa color gris											
-3.50		APL															
-3.95	4	PH	PH	PH	SR												
-4.50		APL															
-4.95	5	PH	PH	PH	SR												
-5.50		APL															
-5.95	6	PH	PH	PH	SR												
-6.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	25.5	16.9	20.0	NP	NP	0.00	90.54	9.46	-	-
-6.95	7	2	3	4	26												
-7.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	45.5	17.8	19.8	NP	NP	0.00	92.18	7.82	-	-
-7.95	8	6	8	9	27												
-8.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	81.0	20.3	19.7	NP	NP	0.00	90.36	9.64	-	-
-8.95	9	15	20	26	21												
-9.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	82.0	20.1	20.5	NP	NP	0.00	90.79	9.21	-	-
-9.95	10	20	24	28	26												
-10.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	83.0	18.9	20.3	NP	NP	0.00	90.99	9.01	-	-
-10.95	11	22	27	30	25												
-11.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	84.0	18.4	20.4	NP	NP	0.00	90.51	9.49	-	-
-11.95	12	23	30	36	28												
-12.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	85.0	20.3	19.1	NP	NP	0.00	93.21	6.79	-	-
-12.95	13	28	32	34	27												
-13.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	86.0	18.8	19.3	NP	NP	0.00	92.53	7.47	-	-
-13.95	14	26	31	35	26												
-14.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP'-SM	87.0	16.9	19.2	NP	NP	0.00	92.33	7.67	-	-
-14.95	15	24	31	36	26												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

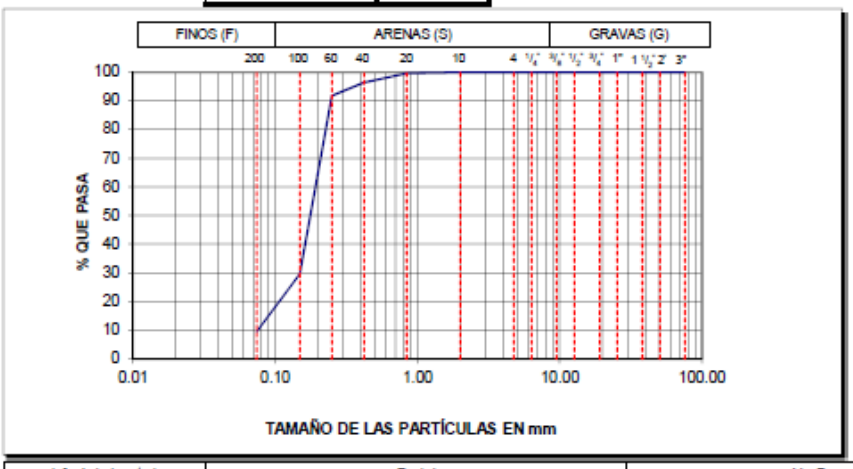
Figura 7 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-04 — MUESTRA: 5
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -5.95 a -6.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	218.80 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		218.8	------		
	sumas	218.8	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano fino color gris
10	2.000	0.1	0.05	99.95	99.95	
20	0.840	0.9	0.41	99.54	99.54	Análisis efectuado con
40	0.420	7.0	3.20	96.34	96.34	muestra total de
60	0.250	10.1	4.62	91.73	91.73	218.80 g
100	0.149	135.9	62.11	29.62	29.62	
200	0.074	44.1	20.16	9.46	9.46%	% material menor que 200
pasa 200		20.7	------			
	sumas	218.8	90.54%			



L.L.= 20.0
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= 2.53
Cc= 2.03

G= 0.00%
S= 90.54%
F= 9.46%

S.U.C.S.: SP-SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 8 Granulometría. Sondeo 4. Muestra 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-05
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"	Fecha del reporte:	
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 579,135.00 m E; Y: 2,104,122.00 m N	Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50			APL			Tirante de agua											
-0.95	1	F H	PH	F H	SR	Arcilla color café											
-1.50			APL														
-1.95	2	F H	PH	F H	SR												
-2.50			APL														
-2.95	3	F H	PH	F H	SR												
-3.50			APL														
-3.95	4	F H	PH	F H	SR												
-4.50			APL														
-4.95	5	F H	PH	F H	SR												
-5.50			APL														
-5.95	6	F H	PH	F H	36	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	96.9	64.2	45.3	18.9	0.00	1.60	98.40	-	-
-6.50			APL														
-6.95	7	F H	PH	F H	49	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	87.1	60.5	43.6	16.9	0.00	2.85	97.15	-	-
-7.50			APL														
-7.95	8	F H	PH	F H	50	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	83.2	52.3	40.0	12.3	0.00	19.86	80.14	-	-
-8.50			APL														
-8.95	9	F H	PH	F H	45	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	59.9	53.6	40.4	13.2	6.91	32.57	60.52	-	-
-9.50			APL														
-9.95	10	F H	PH	F H	36	Arcilla color gris	CH	Muy Blanda	63.2	53.2	39.4	13.8	3.70	13.29	83.01	-	-
-10.50			APL														
-10.95	11	F H	PH	F H	43	Arcilla color gris	CL	Muy Blanda	83.2	45.6	34.7	10.9	2.03	8.25	89.71	-	-
-11.50			APL														
-11.95	12	F H	PH	F H	38	Arcilla color gris	CL	Muy Blanda	113.5	43.2	32.1	11.1	1.22	9.66	89.12	-	-
-12.50			APL														
-12.95	13	F H	PH	F H	35	Arcilla color gris	CL	Muy Blanda	46.9	38.3	28.7	9.6	2.54	49.48	47.98	-	-
-13.50			APL														
-13.95	14	3	5	3	28	Arena limosa color gris	SM	35.0	19.6	24.2	19.9	4.3	3.28	78.88	17.84	-	-
-14.50			APL														
-14.95	15	4	6	9	26	Arena limosa color gris	SM	42.5	20.3	22.6	NP	NP	14.66	71.32	14.02	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 9 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

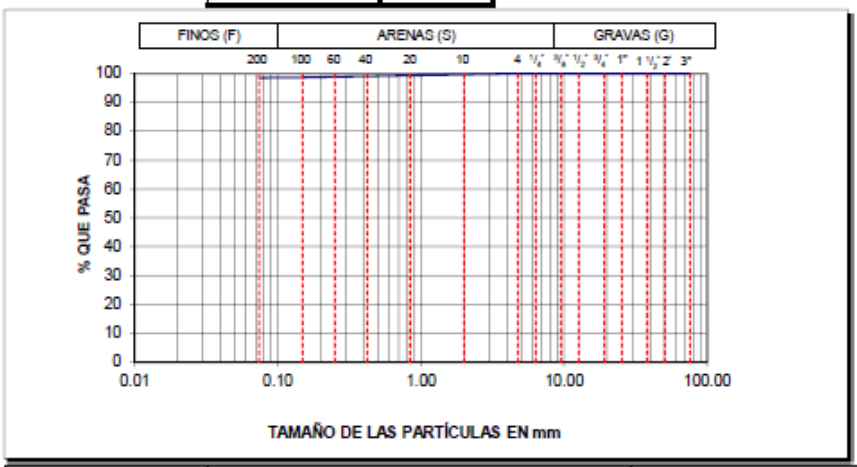
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-05 **MUESTRA:** 6

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -4.95 a -5.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	125.00 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		125.0	------		
	sumas	125.0	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	0.4	0.32	99.68	99.68	
20	0.840	0.4	0.32	99.36	99.36	Análisis efectuado con
40	0.420	0.4	0.32	99.04	99.04	muestra total de
60	0.250	0.2	0.16	98.88	98.88	125.00 g
100	0.149	0.3	0.24	98.64	98.64	
200	0.074	0.3	0.24	98.40	**98.40%**	% material menor que 200
pasa 200		123.0	------			
	sumas	125.0	1.60%			



L.L.= 64.2
L.P.= 45.3
I.P.= 18.9
C.L.= 7.3%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 1.60%
F= 98.40%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 10 Granulometría. Sondeo 5. Muestra 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-06
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-84 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.65	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,669.00 m E; Y: 2,104,009.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.20

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.20			APL			Tirante de agua											
-1.65		PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-2.20			APL														
-2.65		PH	PH	PH	SR												
-3.20			APL														
-3.65		PH	PH	PH	SR												
-4.20			APL														
-4.65		PH	PH	PH	SR												
-5.20			APL														
-5.65		PH	PH	PH	39	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	82.5	55.6	42.4	13.2	2.09	16.70	81.20	-	-
-6.20			APL														
-6.65		PH	PH	PH	38												
-7.20			APL														
-7.65		PH	PH	PH	37	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	75.6	59.7	43.5	16.2	2.58	14.19	83.23	-	-
-8.20			APL														
-8.65		PH	PH	PH	35	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	152.0	52.3	40.1	12.2	7.88	6.81	85.32	-	-
-9.20			APL														
-9.65	3	1	2	1	26	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	53.2	45.7	35.6	10.1	4.73	4.73	90.53	-	-
-10.20			APL														
-10.65	5	2	1	4	27	Arcilla color café	CL	15.0	46.3	42.2	31.4	10.8	7.32	28.73	63.94	-	-
-11.20			APL														
-11.65	12	5	6	6	29	Arena arcillosa color grisaceo	SC	38.0	21.0	33.2	25.1	8.1	11.57	57.83	30.61	-	-
-12.20			APL														
-12.65	19	8	9	10	24	Arena de grano fino color gris	SM	48.5	22.3	22.3	NP	NP	0.00	85.41	14.59	-	-
-13.20			APL														
-13.65	37	14	19	18	21	Arena de grano fino color gris	SP	72.0	16.9	21.5	NP	NP	0.00	95.22	4.78	-	-
-14.20			APL														
-14.65	45	21	23	22	23	Arena de grano fino color gris	SP-GM	80.0	18.3	22.3	NP	NP	0.00	92.20	7.80	-	-
-15.00			APL														

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

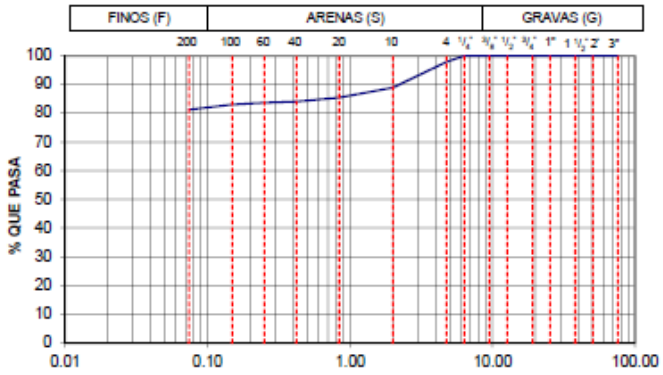
Figura 11 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-06
MUESTRA:	5, 6
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-4.65 a -6.65 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	181.40 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	3.8	2.09	97.91	% material menor que No. 4
pasa No.4		177.6	------		
	sumas	181.4	2.09%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	97.91	Arcilla color cafe
10	2.000	16.4	9.23	90.77	88.86	
20	0.840	6.2	3.49	87.27	85.45	Análisis efectuado con
40	0.420	2.5	1.41	85.87	84.07	muestra total de
60	0.250	0.8	0.45	85.42	83.63	177.60 g
100	0.149	1.2	0.68	84.74	82.97	
200	0.074	3.2	1.80	82.94	**81.20%**	% material menor que 200
pasa 200		147.3	------			
	sumas	177.6	16.70%			



L.L.=	55.6
L.P.=	42.4
I.P.=	13.2
C.L.=	4.3%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	2.09%
S=	16.70%
F=	81.20%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 12 Granulometría. Sondeo 6. Muestra 5, 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-07
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.85	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,639.00 m E; Y: 2,103,475.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.40

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.40						Tirante de agua											
-1.85		ph	ph	ph	SR												
-2.40		APL															
-2.85		ph	ph	ph	SR												
-3.40		APL															
-3.85		ph	ph	ph	29	Arcilla de alta plasticidad color café	CH	Muy Blanda	99.8	73.8	55.9	17.9	2.04	15.14	82.82	-	-
-4.40		APL															
-4.85		ph	ph	ph	33												
-5.40		APL															
-5.85		ph	ph	ph	32	Arcilla de alta plasticidad color café	CH	Muy Blanda	105.9	64.3	47.5	16.8	4.04	28.65	66.95	-	-
-6.40		APL															
-6.85		ph	ph	ph	34												
-7.40		APL				Arcilla de alta plasticidad color café	CH	Muy Blanda	135.7	59.3	44.1	15.1	13.42	46.00	40.59	-	-
-7.85		ph	ph	ph	35												
-8.40		APL				Arena arcillosa color café	SC	Muy Blanda	27.5	35.2	25.6	9.6	7.58	53.67	38.76	-	-
-8.85		ph	ph	ph	37												
-9.40		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	15.0	24.2	22.1	NP	NP	0.00	94.45	5.55	-	-
-9.85	4	1	2	2													
-10.40		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	35.0	25.8	20.3	NP	NP	7.94	86.16	5.91	-	-
-10.85	9	3	4	5													
-11.40		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	51.5	26.9	21.1	NP	NP	19.55	70.79	9.67	-	-
-11.85	21	7	9	12													
-12.40		APL				Arena de grano fino color gris	SP	65.0	23.4	19.6	NP	NP	0.00	96.29	3.71	-	-
-12.85	30	13	14	16													
-13.40		APL															
-13.85	48	13	23	25	20	Arena de grano fino color gris	SP	83.0	21.3	19.8	NP	NP	0.00	95.18	4.82	-	-
-14.40		APL															
-14.85	→	18	26	27													

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

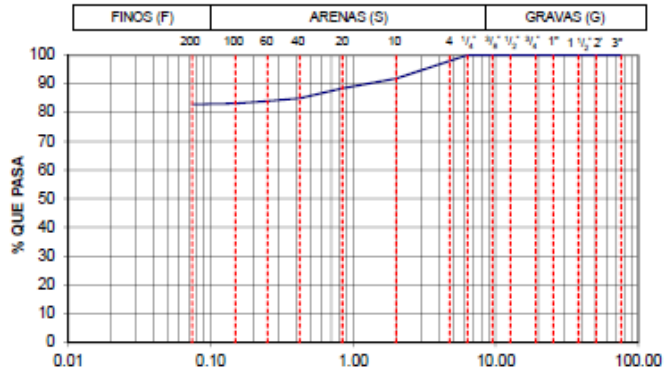
Figura 13 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 7.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-07
MUESTRA:	3, 4
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-2.85 a -4.85 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	127.50 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	2.6	2.04	97.96	% material menor que No. 4
pasa No.4		124.9	------		
	sumas	127.5	2.04%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	97.96	Arcilla de alta plasticidad color café
10	2.000	7.8	6.24	93.76	91.84	
20	0.840	4.4	3.52	90.23	88.39	Análisis efectuado con
40	0.420	4.4	3.52	86.71	84.94	muestra total de
60	0.250	1.3	1.04	85.67	83.92	124.90 g
100	0.149	1.0	0.80	84.87	83.14	
200	0.074	0.4	0.32	84.55	82.82%	% material menor que 200
pasa 200		105.6	------			
	sumas	124.9	15.14%			



L.L.=	73.8
L.P.=	55.9
I.P.=	17.9
C.L.=	6.6%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	2.04%
S=	15.14%
F=	82.82%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 14 Granulometría. Sondeo 7. Muestra 3, 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-08
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	**Equipo:**	Long Year P34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.95	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 578,293.00.00 m E; Y: 2,103,033.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.50		APL				Tirante de agua											
-1.95		PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-2.50		APL															
-2.95		PH	PH	PH	SR												
-3.50		APL															
-3.95		PH	PH	PH	SR												
-4.50		APL															
-4.95		PH	PH	PH	35	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	34.2	35.2	23.0	12.2	2.01	43.70	54.29	-	-
-5.50		APL															
-5.95	2	1	1	1	33												
-6.50		APL															
-6.95	3	1	1	2	24	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	35.2	35.5	26.7	8.8	4.23	47.15	48.62	-	-
-7.50		APL															
-7.95	10	4	4	6	20	Arena fina color gris	SM	35.0	22.3	22.1	NP	NP	0.00	84.12	15.88	-	-
-8.50		APL															
-8.95	16	7	8	9	22	Arena fina color gris	SW-SM	44.0	26.3	21.5	NP	NP	0.00	87.07	12.93	-	-
-9.50		APL															
-9.95	25	7	10	11	21	Arena fina color gris	SW-SM	57.5	23.2	20.6	NP	NP	0.00	90.77	9.23	-	-
-10.50		APL															
-10.95	28	11	16	12	19	Arena fina color gris	SP-SM	62.0	25.4	20.4	NP	NP	0.00	91.12	8.88	-	-
-11.50		APL															
-11.95	32	15	16	16	22	Arena fina color gris	SP-SM	67.0	21.1	20.3	NP	NP	0.00	94.49	5.51	-	-
-12.50		APL															
-12.95	45	18	22	23	19	Arena fina color gris	SP-SM	70.0	20.9	19.5	NP	NP	0.00	92.93	7.07	-	-
-13.50		APL															
-13.95	→	26	50/15		21												
-14.50		APL															
-14.95	→	38	50/13		19	Arena fina color gris	SP-SM	85.0	17.4	20.5	NP	NP	0.00	93.30	6.70	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

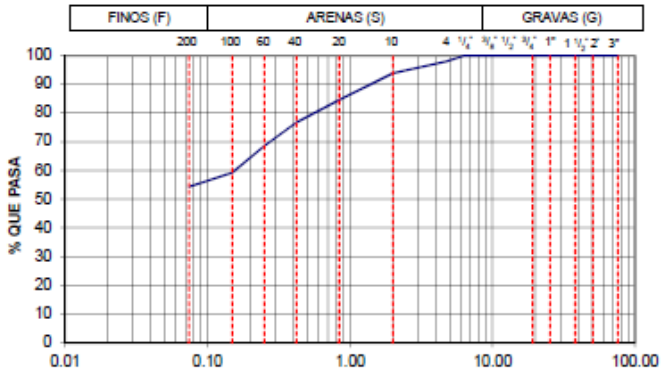
Figura 15 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 8.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-08
MUESTRA:	4, 5
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-3.95 a -5.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	213.50 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	4.3	2.01	97.99	% material menor que No. 4
pasa No.4		209.2	------		
	sumas	213.5	2.01%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA MUESTRA< No.4	% ACUM. QUE PASA MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
				100.00	97.99	Arcilla color cafe
10	2.000	8.9	4.25	95.75	93.82	
20	0.840	19.8	9.46	86.28	84.54	Análisis efectuado con
40	0.420	16.8	8.03	78.25	76.67	muestra total de
60	0.250	17.5	8.37	69.89	68.48	209.20 g
100	0.149	19.8	9.46	60.42	59.20	
200	0.074	10.5	5.02	55.40	54.29%	% material menor que 200
pasa 200		115.9	------			
	sumas	209.2	43.70%			

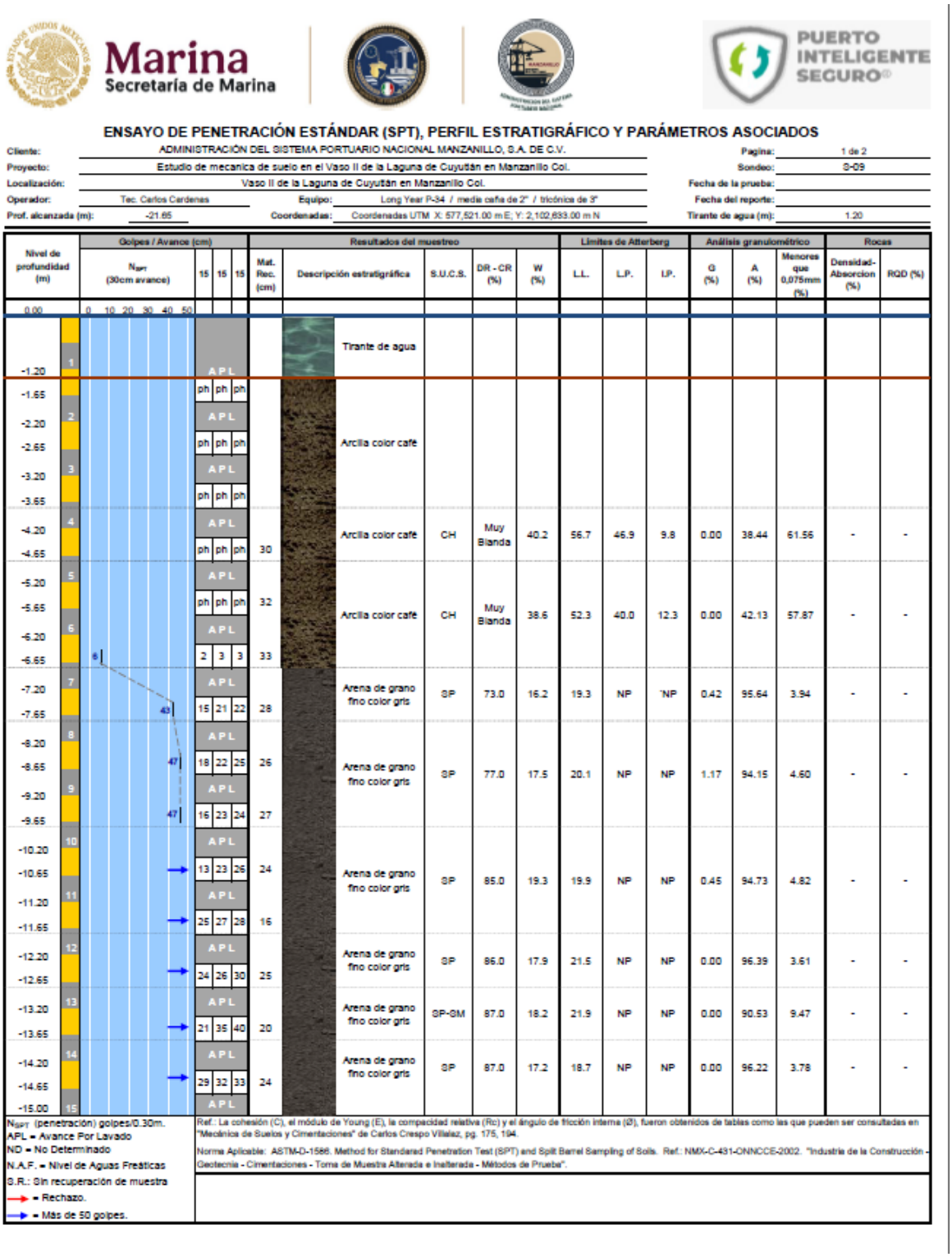


L.L.=	35.2
L.P.=	23.0
I.P.=	12.2
C.L.=	3.9%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	2.01%
S=	43.70%
F=	54.29%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 16 Granulometría. Sondeo 8. Muestra 4, 5.



ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-09
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.65	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 577,521.00 m E; Y: 2,102,633.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.20

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.20	APL					Tirante de agua											
-1.65	ph	ph	ph														
-2.20	APL																
-2.65	ph	ph	ph			Arcilla color café											
-3.20	APL																
-3.65	ph	ph	ph														
-4.20	APL																
-4.65	ph	ph	ph	30		Arcilla color café	CH	Muy Blanda	40.2	56.7	46.9	9.8	0.00	38.44	61.56	-	-
-5.20	APL																
-5.65	ph	ph	ph	32		Arcilla color café	CH	Muy Blanda	38.6	52.3	40.0	12.3	0.00	42.13	57.87	-	-
-6.20	APL																
-6.65	2	3	3	33													
-7.20	APL																
-7.65	15	21	22	28		Arena de grano fino color gris	SP	73.0	16.2	19.3	NP	'NP	0.42	95.64	3.94	-	-
-8.20	APL																
-8.65	18	22	25	26		Arena de grano fino color gris	SP	77.0	17.5	20.1	NP	NP	1.17	94.15	4.60	-	-
-9.20	APL																
-9.65	16	23	24	27													
-10.20	APL																
-10.65	13	23	26	24		Arena de grano fino color gris	SP	85.0	19.3	19.9	NP	NP	0.45	94.73	4.82	-	-
-11.20	APL																
-11.65	25	27	28	16													
-12.20	APL																
-12.65	24	26	30	25		Arena de grano fino color gris	SP	86.0	17.9	21.5	NP	NP	0.00	96.39	3.61	-	-
-13.20	APL																
-13.65	21	35	40	20		Arena de grano fino color gris	SP-SM	87.0	18.2	21.9	NP	NP	0.00	90.53	9.47	-	-
-14.20	APL																
-14.65	29	32	33	24		Arena de grano fino color gris	SP	87.0	17.2	18.7	NP	NP	0.00	96.22	3.78	-	-
-15.00	APL																

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 17 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 9.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

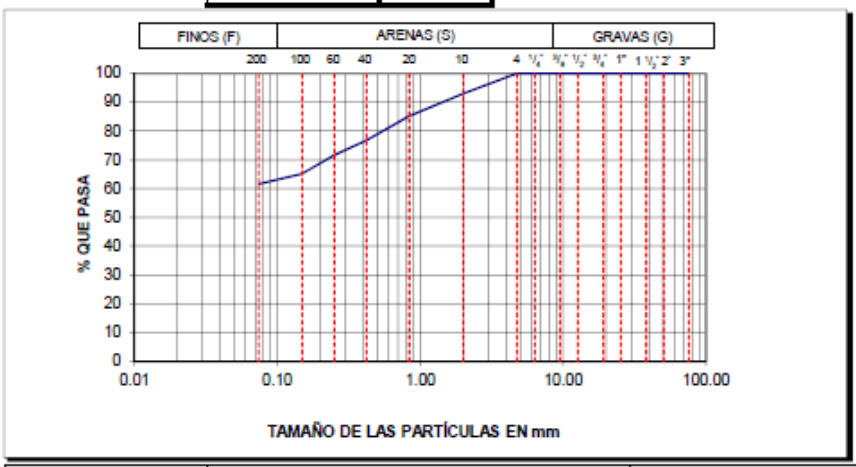
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-09 **MUESTRA:** 4

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -3.65 a -4.65 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	174.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		174.3	------		
	sumas	174.3	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	12.3	7.06	92.94	92.94	
20	0.840	13.5	7.75	85.20	85.20	Análisis efectuado con
40	0.420	14.8	8.49	76.71	76.71	muestra total de
60	0.250	8.9	5.11	71.60	71.60	174.30 g
100	0.149	11.3	6.48	65.12	65.12	
200	0.074	6.2	3.56	61.56	61.56%	% material menor que 200
pasa 200		107.3	------			
	sumas	174.3	38.44%			



L.L.= 56.7
L.P.= 46.9
I.P.= 9.8
C.L.= 4.8%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 38.44%
F= 61.56%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 18 Granulometría. Sondeo 9. Muestra 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-10
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-22.85	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 573,287.00 m E; Y: 2,104,224.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	2.40

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0.075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-2.40						Tirante de agua											
-2.85		ph	ph	ph	SR												
-3.40		APL															
-3.85		ph	ph	ph	SR												
-4.40		APL															
-4.85		ph	ph	ph	33	Arcilla arenosa color café	CH	Muy Blanda	30.5	51.1	35.5	15.6	0.00	38.11	61.89	-	-
-5.40		APL															
-5.85		ph	ph	ph	34												
-6.40		APL															
-6.85		ph	ph	ph	36	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	33.4	39.2	28.5	10.7	0.00	6.28	93.72	-	-
-7.40		APL															
-7.85		ph	ph	ph	34												
-8.40		APL															
-8.85		ph	ph	ph	30	Arcilla arenosa color café	CL	Muy Blanda	41.3	42.5	28.9	13.6	0.00	37.80	62.20	-	-
-9.40		APL															
-9.85		ph	ph	ph	31	Arcilla arenosa color café	CL	Muy Blanda	48.2	45.3	34.1	11.2	0.00	37.81	62.19	-	-
-10.40		APL															
-10.85		ph	ph	ph	34	Arcilla arenosa color café	CL	Muy Blanda	34.3	48.2	34.0	14.2	1.70	37.74	61.55	-	-
-11.40		APL															
-11.85		ph	ph	ph	35												
-12.40		APL															
-12.85	3	1	1	2	35	Arena arcillosa con fosiles marinos	SC	15.0	24.4	29.3	20.4	8.9	18.25	59.65	22.11	-	-
-13.40		APL															
-13.85	7	2	3	4	32	Arena de grano fino color grisaceo	SP-SM	19.5	23.1	22.1	NP	NP	0.00	90.99	9.01	-	-
-14.40		APL															
-14.85	10	1	6	4	42	Arena de grano fino color grisaceo	SP-SM	35.0	22.5	20.8	NP	NP	0.00	90.48	9.52	-	-
-15.00		APL															

N_{SPT} (penetración): golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

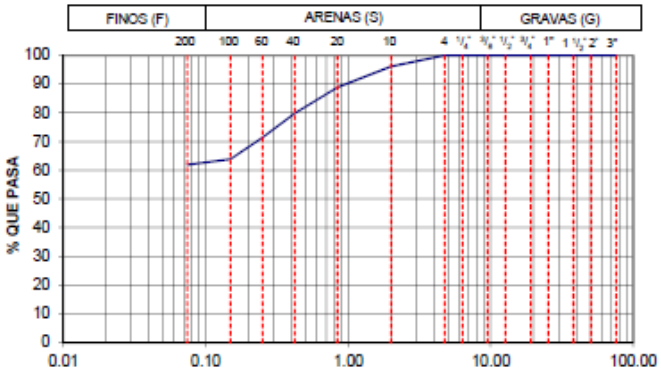
Figura 19 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 10.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-10
MUESTRA:	3, 4
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-3.85 a -5.85 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	87.90 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		87.9	------		
	sumas	87.9	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla arenosa color cafe
10	2.000	3.4	3.87	96.13	96.13	
20	0.840	6.4	7.28	88.85	88.85	Análisis efectuado con
40	0.420	8.0	9.10	79.75	79.75	muestra total de
60	0.250	7.4	8.42	71.33	71.33	87.90 g
100	0.149	6.6	7.51	63.82	63.82	
200	0.074	1.7	1.93	61.89	**61.89%**	% material menor que 200
pasa 200		54.4	------			
	sumas	87.9	38.11%			



L.L.=	51.1
L.P.=	35.5
I.P.=	15.6
C.L.=	5.6%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	38.11%
F=	61.89%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 20 Granulometría. Sondeo 10. Muestra 3, 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-11
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	**Equipo:**	Long Year P34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.95	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM (aprox.) X: 577,818.00 m E; Y: 2,103,313.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.50	1	APL				Tirante de agua											
-1.95	2	PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-2.50		APL															
-2.95	3	PH	PH	PH	SR												
-3.50		APL															
-3.95	4	PH	PH	PH	SR												
-4.50		APL															
-4.95	5 1	PH	PH	1	28	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	36.9	39.3	25.7	13.6	5.54	45.07	43.39	-	-
-5.50		APL															
-5.95	6 3	2	2	1	33												
-6.50		APL															
-6.95	7 3	2	1	2	29	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	33.2	30.1	19.6	10.5	2.90	48.90	48.20	-	-
-7.50		APL															
-7.95	8 11	4	3	8	21	Arena fina color gris	SM	36.5	25.9	22.9	NP	NP	4.24	75.18	20.58	-	-
-8.50		APL															
-8.95	9 17	6	8	9	23	Arena fina color gris	SW-SM	45.5	24.2	21.5	NP	NP	6.28	84.09	9.63	-	-
-9.50		APL															
-9.95	10 21	7	10	11	25	Arena fina color gris	SW-SM	51.5	23.8	20.3	NP	NP	3.65	87.25	9.10	-	-
-10.50		APL															
-10.95	11 21	11	9	12	18	Arena fina color gris	SP-SM	51.5	25.2	21.9	NP	NP	0.00	92.70	7.30	-	-
-11.50		APL															
-11.95	12 32	15	14	18	23	Arena fina color gris	SP-SM	67.0	22.1	20.3	NP	NP	0.00	90.44	9.56	-	-
-12.50		APL															
-12.95	13 42	18	22	20	22	Arena fina color gris	SP-SM	77.0	20.1	20.9	NP	NP	0.00	92.95	7.05	-	-
-13.50		APL															
-13.95	14 →	50/14			SR												
-14.50		APL															
-14.95	15 →	38	50/13		20	Arena fina color gris	SP-SM	85.0	18.2	19.2	NP	NP	0.00	93.13	6.87	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 21 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 11.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

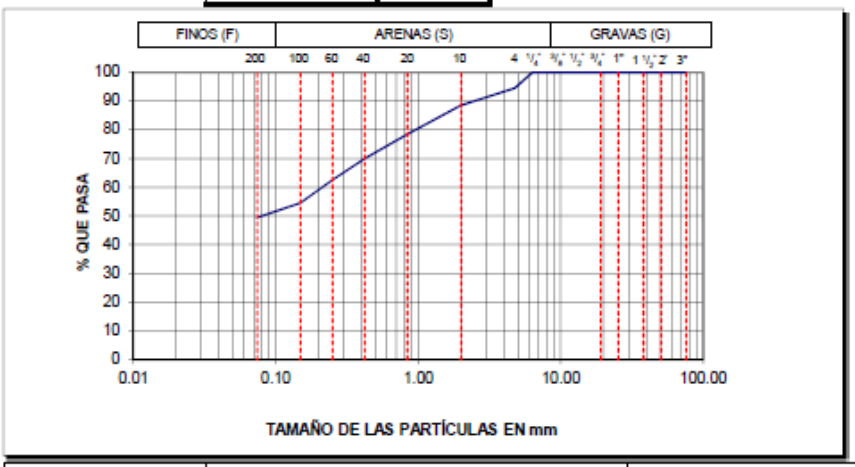
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-11 **MUESTRA:** 4, 5

ESTRATO: **PROFUNDIDAD:** -3.95 a -5.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	222.10 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	12.3	5.54	94.46	% material menor que No. 4
pasa No.4		209.8	------		
	sumas	222.1	5.54%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	94.46	Arcilla color cafe
10	2.000	13.2	6.29	93.71	88.52	
20	0.840	22.5	10.72	82.98	78.39	Análisis efectuado con
40	0.420	18.8	8.96	74.02	69.92	muestra total de
60	0.250	16.5	7.86	66.16	62.49	209.80 g
100	0.149	17.8	8.48	57.67	54.48	
200	0.074	11.3	5.39	52.29	**49.39%**	% material menor que 200
pasa 200		109.7	------			
	sumas	209.8	45.07%			



L.L.= 39.3
L.P.= 25.7
I.P.= 13.6
C.L.= 4.2%

Cu= NA
Cc= NA

G= 5.54%
S= 45.07%
F= 49.39%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 22 Granulometría. Sondeo 11. Muestra 4, 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-12
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.85	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,191.00 m E; Y: 2,103,852.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.40

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.40			APL			Tirante de agua											
-1.85		ph	ph	ph	SR												
-2.40			APL														
-2.85		ph	ph	ph	SR												
-3.40			APL			Arcilla arenosa color café											
-3.85		ph	ph	ph	SR												
-4.40			APL														
-4.85		ph	ph	ph	SR												
-5.40			APL														
-5.85		ph	ph	ph	32												
-6.40			APL			Arcilla arenosa color café	CH	Muy Blanda	94.3	57.3	40.2	17.1	2.47	7.84	89.68	-	-
-6.85		ph	ph	ph	33												
-7.40			APL			Arcilla arenosa color café	CL	Muy Blanda	27.9	49.2	36.6	12.6	1.81	44.43	53.76	-	-
-7.85		ph	ph	ph	35												
-8.40	2		APL			Arena arcillosa color café	SC	Muy Blanda	27.5	38.1	27.1	11.0	2.63	56.85	40.53	-	-
-8.85		1	1	1	28												
-9.40			APL			Arena arcillosa color café	SC	Muy Blanda	26.1	35.2	26.3	8.9	2.01	55.02	42.97	-	-
-9.85	3	1	2	1	30												
-10.40			APL			Arena poco limosa color gris	SM	15.0	25.7	22.3	NP	NP	0.00	76.50	23.50	-	-
-10.85	4	1	2	2	28												
-11.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	36.5	23.3	20.8	NP	NP	0.00	94.54	5.46	-	-
-11.85	11	4	5	6	26												
-12.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	45.5	20.9	21.5	NP	NP	0.00	93.81	6.19	-	-
-12.85	17	7	8	9	25												
-13.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	22.5	20.9	NP	NP	0.00	89.05	10.95	-	-
-13.85	→	12	21	32	29												
-14.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	27.1	21.3	NP	NP	0.00	91.30	8.70	-	-
-14.85	→	19	26	27	27												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

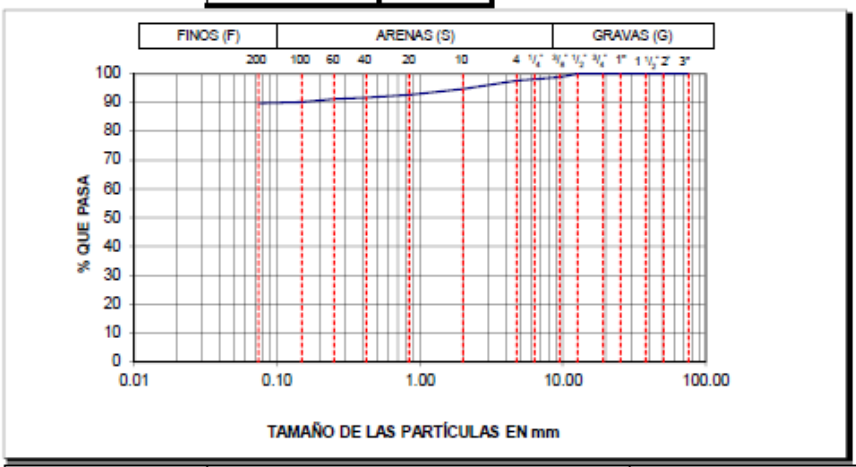
Figura 23 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 12.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-12
MUESTRA:	5, 6
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-4.85 a -6.85 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	141.50 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	1.7	1.20	98.80	
1/4"	6.350	1.1	0.78	98.02	
No. 4	4.760	0.7	0.49	97.53	% material menor que No. 4
pasa No.4		138.0	------		
	sumas	141.5	2.47%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	97.53	Arcilla arenosa color café
10	2.000	4.1	2.97	97.03	94.63	
20	0.840	2.9	2.10	94.93	92.58	Análisis efectuado con
40	0.420	1.3	0.94	93.99	91.66	muestra total de
60	0.250	0.7	0.51	93.48	91.17	138.00 g
100	0.149	1.5	1.09	92.39	90.11	
200	0.074	0.6	0.43	91.96	89.68%	% material menor que 200
pasa 200		126.9	------			
	sumas	138.0	7.84%			



L.L.=	57.3
L.P.=	40.2
I.P.=	17.1
C.L.=	5.6%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	2.47%
S=	7.84%
F=	89.68%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 24 Granulometría. Sondeo 12. Muestra 5, 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-13
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Cecliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 578,369.00 m E; Y: 2,104,400.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50		APL				Tirante de agua											
-0.95	1	P H	PH	P H	SR	Arcillas arenosas											
-1.50		APL															
-1.95	2	P H	PH	P H	SR												
-2.50		APL															
-2.95	3	P H	PH	P H	SR												
-3.50		APL															
-3.95	4	P H	PH	P H	SR												
-4.50		APL															
-4.95	5	P H	PH	P H	SR												
-5.50		APL															
-5.95	6	P H	PH	P H	SR												
-6.50		APL															
-6.95	7	P H	PH	P H	SR												
-7.50		APL				Arena arcillosa color café oscuro con fosiles marinosa	SC	15.0	23.2	26.4	18.9	7.5	0.00	85.74	14.26	-	-
-7.95	8	1	2	2	29												
-8.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	33.5	21.0	21.2	NP	NP	0.00	94.33	5.67	-	-
-8.95	9	4	5	4	28												
-9.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	50.0	23.2	20.7	NP	NP	0.00	92.64	7.06	-	-
-9.95	10	6	11	9	23												
-10.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	67.0	19.8	20.5	NP	NP	0.00	93.59	6.41	-	-
-10.95	11	11	14	18	24												
-11.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	75.0	16.7	21.3	NP	NP	0.00	90.84	9.16	-	-
-11.95	12	11	17	23	22												
-12.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	18.2	19.3	NP	NP	0.00	94.80	5.20	-	-
-12.95	13	16	23	29	21												
-13.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	19.5	20.8	NP	NP	0.00	91.04	8.96	-	-
-13.95	14	20	23	28	22												
-14.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	20.1	20.9	NP	NP	0.00	95.88	4.12	-	-
-14.95	15	24	28	30	23												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 25 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 13.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

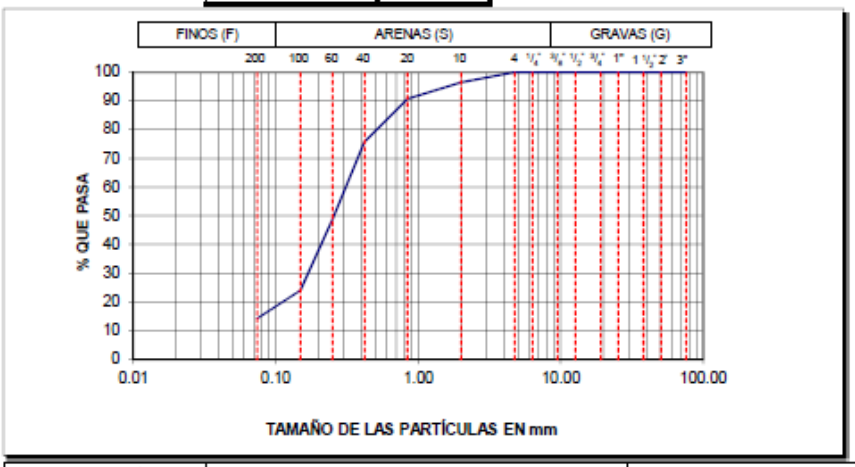
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-13 **MUESTRA:** 8

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -6.95 a -7.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	199.80 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		199.8	------		
	sumas	199.8	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena arcillosa color café
10	2.000	7.2	3.60	96.40	96.40	oscuro con fosiles marinosa
20	0.840	11.5	5.76	90.64	90.64	Análisis efectuado con
40	0.420	29.6	14.81	75.83	75.83	muestra total de
60	0.250	54.2	27.13	48.70	48.70	199.80 g
100	0.149	49.3	24.67	24.02	24.02	
200	0.074	19.5	9.76	14.26	**14.26%**	% material menor que 200
pasa 200		28.5	------			
	sumas	199.8	85.74%			



L.L.= 26.4
L.P.= 18.9
I.P.= 7.5
C.L.= 0.9%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 85.74%
F= 14.26%

S.U.C.S.: SC

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 26 Granulometría. Sondeo 13. Muestra 8.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-14
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 577,866.00 m E; Y: 2,104,701.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0.075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50		APL				Tirante de agua											
-0.95 / -1.50	1	PH	PH	PH	SR	Arcilla color café grisaceo											
-1.95 / -2.50	2	PH	PH	PH	SR												
-2.95 / -3.50	3	PH	PH	PH	SR												
-3.95 / -4.50	4	PH	PH	PH	SR												
-4.95 / -5.50	5	PH	PH	PH	SR												
-5.95	6	3	2	5	32	Arena de grano fino color gris	SM	25.5	18.9	20.4	NP	NP	0.65	87.23	12.13	-	-
-6.95	7	4	4	5	29	Arena de grano fino color gris	SM	32.5	20.3	20.1	NP	NP	0.24	86.69	13.07	-	-
-7.95	8	6	6	8	28	Arena de grano fino color gris	SM	41.0	21.5	20.0	NP	NP	0.58	85.47	13.95	-	-
-8.95	9	9	12	14	24	Arena de grano fino color gris	SP-SM	59.0	16.9	19.8	NP	NP	0.00	91.00	9.00	-	-
-9.95	10	5	13	16	26	Arena de grano fino color gris	SP-SM	63.5	18.4	19.7	NP	NP	0.00	92.77	7.23	-	-
-10.95	11	12	17	19	25	Arena de grano fino color gris	SP-SM	71.0	17.3	19.9	NP	NP	0.00	88.10	11.90	-	-
-11.95	12	19	20	23	24	Arena de grano fino color gris	SM	78.0	18.2	20.4	NP	NP	0.00	84.59	15.41	-	-
-12.95	13	16	24	30	23	Arena de grano fino color gris	SM	85.0	20.3	20.2	NP	NP	0.00	86.82	13.18	-	-
-13.95	14	26	27	29	23	Arena de grano fino color gris	SM	86.0	21.1	20.1	NP	NP	0.00	84.39	15.61	-	-
-14.95	15	29	30	32	24	Arena de grano fino color gris	SM	87.0	19.8	20.7	NP	NP	0.00	74.31	25.69	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

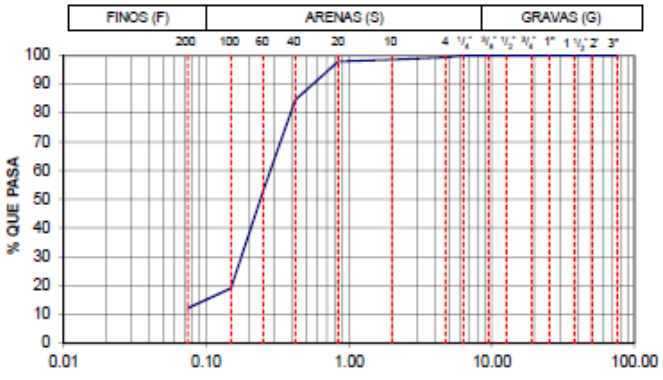
Figura 27 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 14.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-14 — MUESTRA: 6
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -4.95 a -5.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	232.50 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	1.5	0.65	99.35	% material menor que No. 4
pasa No.4		231.0	------		
	sumas	232.5	0.65%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	99.35	Arena de grano fino color gris
10	2.000	1.9	0.82	99.18	98.54	
20	0.840	1.5	0.65	98.53	97.89	Análisis efectuado con
40	0.420	31.0	13.42	85.11	84.56	muestra total de
60	0.250	73.8	31.95	53.16	52.82	231.00 g
100	0.149	78.5	33.98	19.18	19.05	
200	0.074	16.1	6.97	12.21	12.13%	% material menor que 200
pasa 200		28.2	------			
	sumas	231.0	87.23%			



L.L.=	20.4
L.P.=	-
I.P.=	-
C.L.=	-
Cu=	3.73
Cc=	1.38
G=	0.65%
S=	87.23%
F=	12.13%

S.U.C.S.:SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 28 Granulometría. Sondeo 14. Muestra 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-15
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	**Equipo:**	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"	**Fecha del reporte:**	
Prof. alcanzada (m):	-22.05	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 577,682.00 m E; Y: 2,104,261.00 m N	**Tirante de agua (m):**	1.60

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.60		APL				Tirante de agua											
-2.05		PH	PH	PH	SR	Arcilla arenosa color café											
-2.60		APL															
-3.05		PH	PH	PH	SR												
-3.60		APL															
-4.05		PH	PH	PH	SR												
-4.60		APL															
-5.05		PH	PH	PH	35	Arcilla arenosa color café	CH	Muy Blanda	37.2	56.3	39.5	16.8	2.33	12.24	85.42	-	-
-5.60		APL															
-6.05		PH	PH	PH	32												
-6.60		APL															
-7.05		PH	PH	PH	36	Arcilla arenosa color café	CL	Muy Blanda	35.2	45.2	33.5	11.7	0.00	29.79	70.21	-	-
-7.60		APL															
-8.05		PH	PH	PH	28												
-8.60		APL				Arena arcillosa color café	SC	15.0	23.2	32.5	23.2	9.3	4.23	67.52	28.26	-	-
-9.05	3	1	2	1	26												
-9.60		APL				Arena arcillosa color café	SC	15.0	20.2	34.2	26.6	7.6	0.00	87.27	12.73	-	-
-10.05	4	1	2	2	27												
-10.60		APL				Arena poco limosa color gris	SM	18.0	18.8	21.7	NP	NP	0.00	79.27	20.73	-	-
-11.05	6	3	3	3	33												
-11.60		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	41.0	16.2	21.3	NP	NP	0.00	92.41	7.59	-	-
-12.05	14	4	5	9	29												
-12.60		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	45.5	17.5	20.5	NP	NP	0.00	94.68	5.32	-	-
-13.05	17	8	7	10	24												
-13.60		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	58.5	17.2	19.8	NP	NP	0.00	93.32	6.68	-	-
-14.05	25	16	10	15	23												
-14.60		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	71.0	18.0	20.4	NP	NP	0.00	93.26	6.74	-	-
-15.05	36	18	17	19	25												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

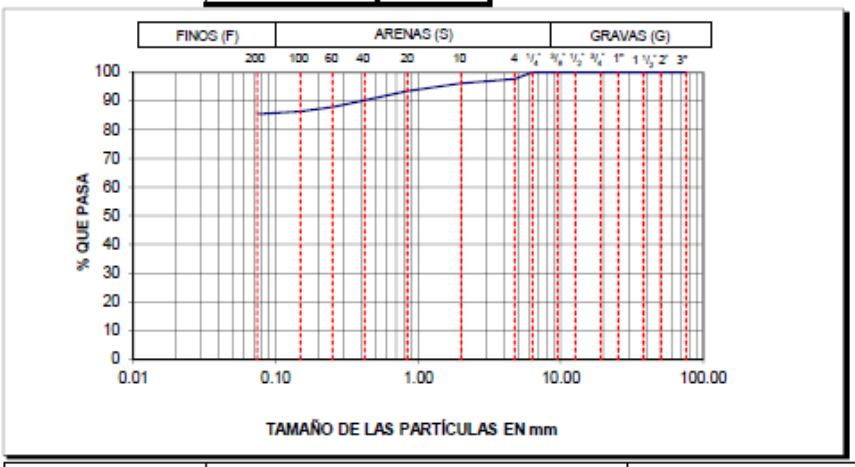
Figura 29 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 15.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-15
MUESTRA:	4, 5
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-4.05 a -6.05 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	137.20 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	3.2	2.33	97.67	% material menor que No. 4
pasa No.4		134.0	-----		
	sumas	137.2	2.33%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	97.67	Arcilla arenosa color café
10	2.000	2.2	1.64	98.36	96.06	
20	0.840	3.6	2.69	95.67	93.44	Análisis efectuado con
40	0.420	4.5	3.36	92.31	90.16	muestra total de
60	0.250	3.2	2.39	89.93	87.83	134.00 g
100	0.149	2.1	1.57	88.36	86.30	
200	0.074	1.2	0.90	87.46	**85.42%**	% material menor que 200
pasa 200		117.2	-----			
	sumas	134.0	12.24%			



L.L.=	56.3
L.P.=	39.5
I.P.=	16.8
C.L.=	5.5%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	2.33%
S=	12.24%
F=	85.42%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 30 Granulometría. Sondeo 15. Muestra 4, 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-16
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	**Equipo:**	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.25	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 577,050.00 m E; Y: 2,104,250.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.80

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.80			APL			Tirante de agua											
-1.25	1	ph	ph	ph	SR	Arcilla arenosa color café oscuro con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	22.5	53.6	45.6	8.0	10.47	37.38	52.15	-	-
-1.80			APL														
-2.25	2	ph	ph	ph	38			Muy Blanda									
-2.80			APL														
-3.25	3	ph	ph	ph	SR			Muy Blanda									
-3.80			APL			Arcilla arenosa color café oscuro con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	26.8	51.5	43.3	8.2	9.52	43.44	47.04	-	-
-4.25	4	ph	ph	ph	40												
-4.80			APL					Muy Blanda									
-5.25	5	ph	ph	ph	36												
-5.80			APL			Arcilla arenosa color café oscuro con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	21.3	52.3	44.5	7.8	6.81	36.91	56.28	-	-
-6.25	6	ph	ph	ph	42												
-6.80			APL					Muy Blanda									
-7.25	7	ph	ph	ph	45												
-7.80			APL			Arena poco limosa color café presencia de fosiles marinos	SP-SM	15.0	19.8	21.3	NP	NP	0.00	91.20	8.80	-	-
-8.25	8	2	2	6	32												
-8.80			APL					41.0									
-9.25	9 14	4	6	8	28												
-9.80			APL			Arena poco limosa color café presencia de fosiles marinos	SP-SM	60.5	20.6	20.5	NP	NP	0.00	93.11	6.89	-	-
-10.25	10 27	10	12	15	30												
-10.80			APL					66.0									
-11.25	11 31	11	13	18	29												
-11.80			APL			Arena poco limosa color café presencia de fosiles marinos	SP-SM	67.0	19.6	19.8	NP	NP	0.00	91.71	8.29	-	-
-12.25	12 32	11	16	16	31												
-12.80			APL					77.0									
-13.25	13 42	12	18	24	26												
-13.80			APL					81.0									
-14.25	14 46	14	20	26	27												
-14.80			APL														
	15																

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

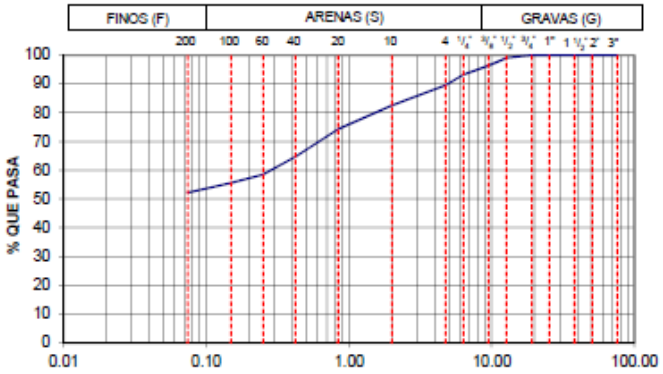
Figura 31 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 16.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-16 — MUESTRA: 2
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -1.25 a -3.25 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	231.20 g
1/2"	12.700	2.3	0.99	99.01	
3/8"	9.525	6.1	2.64	96.37	
1/4"	6.350	7.3	3.16	93.21	
No. 4	4.760	8.5	3.68	89.53	% material menor que No. 4
pasa No.4		207.0	------		
	sumas	231.2	10.47%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	89.53	Arcilla arenosa color café
10	2.000	16.3	7.87	92.13	82.48	oscuro con presencia de fosiles marinos
20	0.840	19.0	9.19	82.94	74.26	Análisis efectuado con
40	0.420	22.2	10.72	72.21	64.65	muestra total de
60	0.250	14.2	6.86	65.35	58.51	207.00 g
100	0.149	6.9	3.33	62.02	55.53	
200	0.074	7.8	3.77	58.25	52.15%	% material menor que 200
pasa 200		120.6	------			
	sumas	207.0	37.38%			



L.L.=	53.6
L.P.=	45.6
I.P.=	8.0
C.L.=	-
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	10.47%
S=	37.38%
F=	52.15%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 32 Granulometría. Sondeo 16. Muestra 2.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-17
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P-34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-22.05	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 676,970.00 m E; Y: 2,109,434.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.60

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0.075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.60	1	APL				Tirante de agua											
-2.05	2	PH	PH	PH	SR	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos											
-2.60		APL															
-3.05	3	PH	PH	PH	SR.												
-3.60		APL															
-4.05	4	PH	PH	PH	SR												
-4.60		APL															
-5.05	5	PH	PH	PH	SR												
-5.60		APL															
-6.05	6	1	2	2	26	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	CH	Muy Blanda	48.9	52.7	37.8	14.9	0.00	45.12	54.88	-	-
-6.60		APL															
-7.05	7	2	4	3	28	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	36.2	36.7	29.8	8.9	2.66	48.02	49.33	-	-
-7.60		APL															
-8.05	8	21	24	25	26	Arena de grano fino color gris	SP-SM	80.0	18.5	21.6	NP	NP	0.00	94.02	5.98	-	-
-8.60		APL															
-9.05	9	20	27	29	32	Arena de grano fino color gris	SP-SM	81.0	20.3	20.3	NP	NP	0.00	94.75	5.25	-	-
-9.60		APL															
-10.05	10	23	28	30	33	Arena de grano fino color gris	SP-SM	82.0	19.6	20.3	NP	NP	0.00	91.58	84.2	-	-
-10.60		APL															
-11.05	11	21	26	50/1	29	Arena de grano fino color gris	SP-SM	83.0	20.5	21.4	NP	NP	0.00	92.64	7.36	-	-
-11.60		APL															
-12.05	12	29	32	50/1	26												
-12.60		APL															
-13.05	13	32	37	50/1	22	Arena de grano fino color gris	SP-SM	84.0	23.0	20.5	NP	NP	0.00	90.19	9.81	-	-
-13.60		APL															
-14.05	14	29	50/14		18	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	22.1	20.7	NP	NP	1.16	93.58	5.26	-	-
-14.60		APL															
-15.05	15	34	50/13		19	Arena de grano fino color gris	SM	86.0	26.0	22.3	NP	NP	1.49	87.20	11.31	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
N/D = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-481-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 33 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 17.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

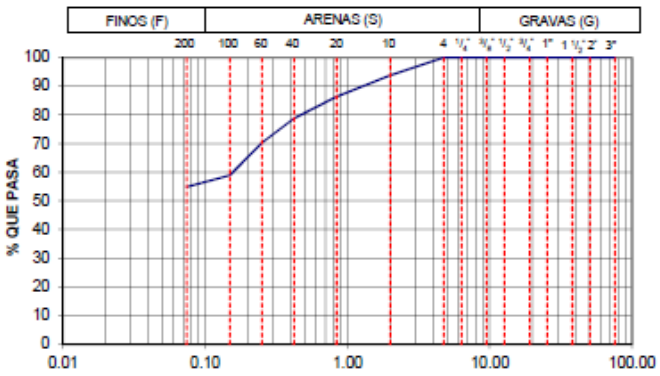
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-17 **MUESTRA:** 1

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -5.05 a -6.05 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	212.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		212.3	------		
	sumas	212.3	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color café con presencia
10	2.000	13.3	6.26	93.74	93.74	de fosiles marinos
20	0.840	15.8	7.44	86.29	86.29	Análisis efectuado con
40	0.420	16.2	7.63	78.66	78.66	muestra total de
60	0.250	17.9	8.43	70.23	70.23	212.30 g
100	0.149	24.1	11.35	58.88	58.88	
200	0.074	8.5	4.00	54.88	54.88%	% material menor que 200
pasa 200		116.5	------			
	sumas	212.3	45.12%			



L.L.= 52.7
L.P.= 37.8
I.P.= 14.9
C.L.= -

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 45.12%
F= 54.88%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 34 Granulometría. Sondeo 17. Muestra 1.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-18
Localización:	Vaso II de la lLaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Carlos Cardenas	Equipo:	Long Year P34 / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-22.25	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 576,483.00 m E; Y: 2,109,131.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.80

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0.075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.80 / -1.25 / -1.80	1				SR	Tirante de agua											
-2.25 / -2.80 / -3.25 / -3.80 / -4.25 / -4.80 / -5.25	2 3 4 5	PH PH PH / APL / PH PH PH / APL / PH PH PH / APL / PH PH PH			SR / SR / SR	Arcilla arenosa con presencia de fosiles marinos											
-5.80 / -6.25	6	6	APL	2 3 3	32	Arcilla arenosa con presencia de fosiles marinos	CL	15.0	34.9	55.8	44.5	11.3	6.05	37.19	56.76	-	-
-6.80 / -7.25	7	18	APL	6 8 10	23	Arena de grano fino color gris	SP-SM	47.0	21.0	23.1	NP	NP	0.00	94.73	5.27	-	-
-7.80 / -8.25	8	42	APL	13 20 22	21	Arena de grano fino color gris	SP-SM	77.0	23.5	20.6	NP	NP	0.00	92.02	7.98	-	-
-8.80 / -9.25	9	47	APL	18 23 24	20	Arena de grano fino color gris	SP-SM	83.0	22.3	22.1	NP	NP	0.00	93.53	6.47	-	-
-9.80 / -10.25	10	→	APL	19 25 27	28	Arena de grano fino color gris	SP	84.0	25.7	18.9	NP	NP	0.00	96.03	3.97	-	-
-10.80 / -11.25	11	→	APL	21 28 28	31	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	24.9	19.7	NP	NP	0.00	94.71	5.19	-	-
-11.80 / -12.25	12	→	APL	24 26 30	33	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	25.3	19.0	NP	NP	0.00	91.83	8.17	-	-
-12.80 / -13.25	13	→	APL	23 31 32	34	Arena de grano fino color gris	SP-SM	86.0	26.0	21.4	NP	NP	0.00	94.50	5.50	-	-
-13.80 / -14.25 / -14.80	14 15	→	APL	25 31 32	35	Arena de grano fino color gris	SP-SM	86.0	24.9	21.1	NP	NP	0.00	94.04	5.96	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 35 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 18.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

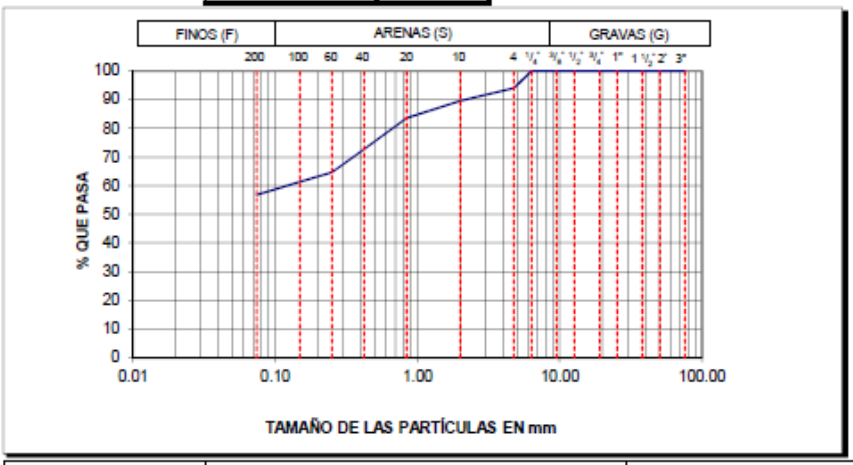
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-18 **MUESTRA:** 5

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -5.25 a -6.25 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	203.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	12.3	6.05	93.95	% material menor que No. 4
pasa No.4		191.0	------		
	sumas	203.3	6.05%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	93.95	Arcilla arenosa color café
10	2.000	8.9	4.66	95.34	89.57	oscuro con presencia de fosiles marinos
20	0.840	12.3	6.44	88.90	83.52	Análisis efectuado con
40	0.420	22.2	11.62	77.28	72.60	muestra total de
60	0.250	16.2	8.48	68.80	64.63	191.00 g
100	0.149	6.8	3.56	65.24	61.29	
200	0.074	9.2	4.82	60.42	56.76%	% material menor que 200
pasa 200		115.4	------			
	sumas	191.0	37.19%			



L.L.= 55.8
L.P.= 44.5
I.P.= 11.3
C.L.= -

Cu= NA
Cc= NA

G= 6.05%
S= 37.19%
F= 56.76%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 36 Granulometría. Sondeo 18. Muestra 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-19
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	**Equipo:**	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.30	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 575,662.00 m E; Y: 2,103,502.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.30

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.30		APL				Tirante de agua											
-0.75	1																
-1.30		PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-1.75	2																
-2.30		APL															
-2.75		PH	PH	PH	SR												
-3.30	3	APL															
-3.75		PH	PH	PH	SR												
-4.30	4	APL															
-4.75		PH	PH	PH	SR												
-5.30	5	APL															
-5.75	7	2	4	3	39	Arcilla color café	CL	Blanda	45.8	32.2	24.7	5.5	0.00	52.28	47.72	-	-
-6.30	6 20	APL															
-6.75		7	8	12	23	Arena poco limosas color café	SP-SM	50.0	23.2	20.6	NP	NP	0.00	92.82	7.18	-	-
-7.30	7	APL															
-7.75	35	9	15	20	20	Arenas finas color gris	SP-SM	70.0	20.2	23.1	NP	NP	0.00	92.66	7.34	-	-
-8.30	8	APL															
-8.75	38	14	17	21	25	Arenas finas color gris	SP-SM	73.0	25.6	21.4	NP	NP	0.00	94.19	5.81	-	-
-9.30	9	APL															
-9.75	38	16	18	20	22	Arenas finas color gris	SP-SM	73.0	23.1	20.7	NP	NP	0.00	90.67	9.33	-	-
-10.30	10	APL															
-10.75	40	11	18	22	23	Arenas finas color gris	SP-SM	75.0	18.9	19.1	NP	NP	0.00	90.51	9.49	-	-
-11.30	11	APL															
-11.75	47	18	23	24	27	Arenas finas color gris	SP-SM	82.0	19.3	19.8	NP	NP	0.00	92.72	7.28	-	-
-12.30	12	APL															
-12.75	49	21	24	25	30	Arenas finas color gris	SP-SM	84.0	17.6	19.4	NP	NP	0.00	89.93	10.07	-	-
-13.30	13	APL															
-13.75	→	19	27	37	21	Arenas finas color gris	SP-SM	85.0	20.3	20.9	NP	NP	0.00	93.11	6.89	-	-
-14.30	14	APL															
-14.75		28	29	33	26	Arenas finas color gris	SP-SM	85.0	21.1	20.3	NP	NP	0.00	90.53	9.47	-	-
-15.00	15 →	APL															

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

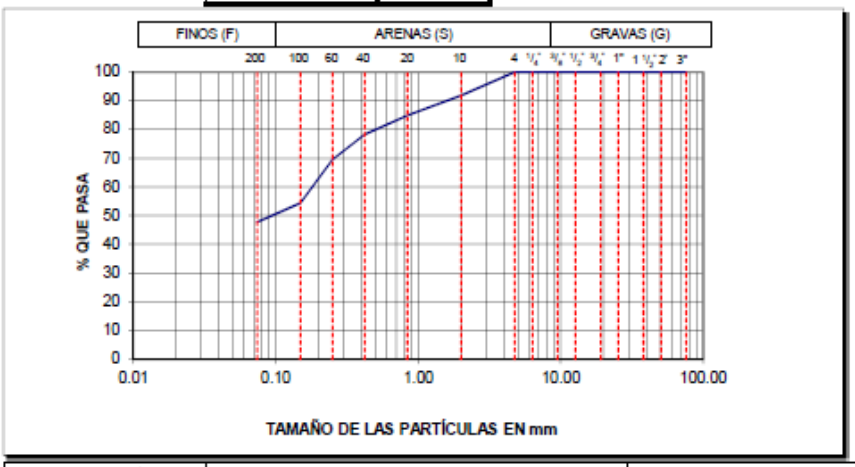
Figura 37 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 19.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-19 — MUESTRA: 5
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -4.75 a -5.75 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	214.60 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		214.6	------		
	sumas	214.6	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	17.5	8.15	91.85	91.85	
20	0.840	15.1	7.04	84.81	84.81	Análisis efectuado con
40	0.420	14.2	6.62	78.19	78.19	muestra total de
60	0.250	18.7	8.71	69.48	69.48	214.60 g
100	0.149	32.5	15.14	54.33	54.33	
200	0.074	14.2	6.62	47.72	**47.72%**	% material menor que 200
pasa 200		102.4	------			
	sumas	214.6	52.28%			



L.L.=	32.2
L.P.=	24.7
I.P.=	7.5
C.L.=	2.1%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	52.28%
F=	47.72%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 38 Granulometría. Sondeo 19. Muestra 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-20
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"	Fecha del reporte:	
Prof. alcanzada (m):	-21.65	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 576,271.00 m E; Y: 2,103,777.00 m N	Tirante de agua (m):	1.20

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.20			APL			Tirante de agua											
-1.65		P H	PH	P H		Arcilla arenosa con presencia de fosiles marino											
-2.20			APL														
-2.65		P H	PH	P H													
-3.20			APL														
-3.65		P H	PH	P H													
-4.20			APL														
-4.65		P H	PH	P H													
-5.20	4		APL		26	Arcilla arenosa con presencia de fosiles marinos	CL	15.0	36.9	54.3	42.1	12.2	4.89	36.89	58.23	-	-
-5.65		1	2	2													
-6.20	22		APL		28	Arena de grano fino color gris	SP-SM	53.0	16.6	20.1	NP	NP	0.00	94.49	5.51	-	-
-6.65		2	8	14													
-7.20	45		APL		31	Arena de grano fino color gris	SP-SM	75.0	18.9	20.6	NP	NP	0.00	94.00	6.00	-	-
-7.65		13	21	24													
-8.20	→		APL		26	Arena de grano fino color gris	SW-SM	80.0	14.3	19.6	NP	NP	1.36	89.66	8.98	-	-
-8.65		15	23	28													
-9.20	→		APL		23	Arena de grano fino color gris	SP-SM	81.0	16.9	21.3	NP	NP	9.12	88.44	2.43	-	-
-9.65		19	29	32													
-10.20	→		APL		19	Arena de grano fino color gris	SP-SM	82.0	17.8	20.3	NP	NP	10.65	81.09	8.26	-	-
-10.65		20	36	49													
-11.20	→		APL		23	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	20.1	20.3	NP	NP	6.99	84.99	8.02	-	-
-11.65		25	34	37													
-12.20	→		APL		22	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	13.4	19.8	NP	NP	1.74	89.21	9.05	-	-
-12.65		29	30	43													
-13.20	→		APL		26	Arena de grano fino color gris	SP-SM	86.0	15.4	21.7	NP	NP	0.48	88.62	10.90	-	-
-13.65		26	32	50													
-14.20	→		APL		25	Arena de grano fino color gris	SP-SM	86.0	17.3	20.9	NP	NP	7.17	85.39	7.44	-	-
-14.65		28	31	48													
-15.00			APL														

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

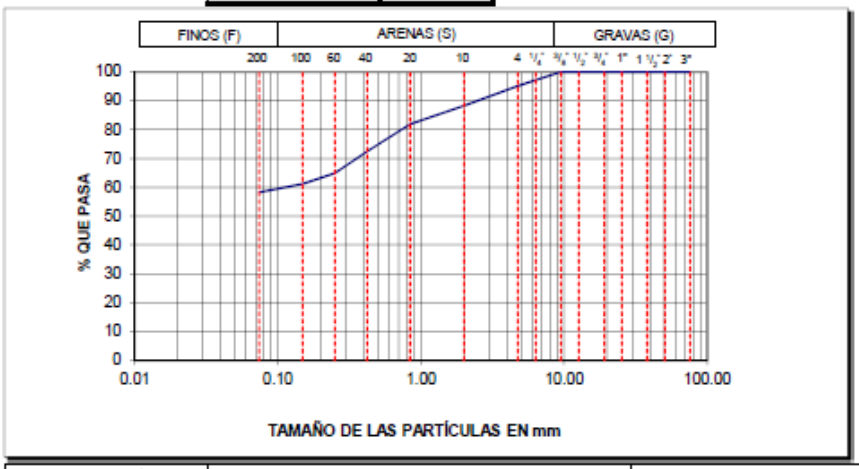
Figura 39 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 20.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-20 — MUESTRA: 5
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -4.65 a -5.65 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	223.10 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	6.3	2.82	97.18	
No. 4	4.760	4.6	2.06	95.11	% material menor que No. 4
pasa No.4		212.2	------		
	sumas	223.1	4.89%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	95.11	Arcilla arenosa color café
10	2.000	15.3	7.21	92.79	88.26	oscuro con presencia de fosiles marinos
20	0.840	14.2	6.69	86.10	81.89	Análisis efectuado con
40	0.420	21.2	9.99	76.11	72.39	muestra total de
60	0.250	16.8	7.92	68.19	64.86	212.20 g
100	0.149	8.3	3.91	64.28	61.14	
200	0.074	6.5	3.06	61.22	**58.23%**	% material menor que 200
pasa 200		129.9	------			
	sumas	212.2	36.89%			



L.L.=	54.3
L.P.=	42.1
I.P.=	12.2
C.L.=	-
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	4.89%
S=	36.89%
F=	58.23%

S.U.C.S.: CL

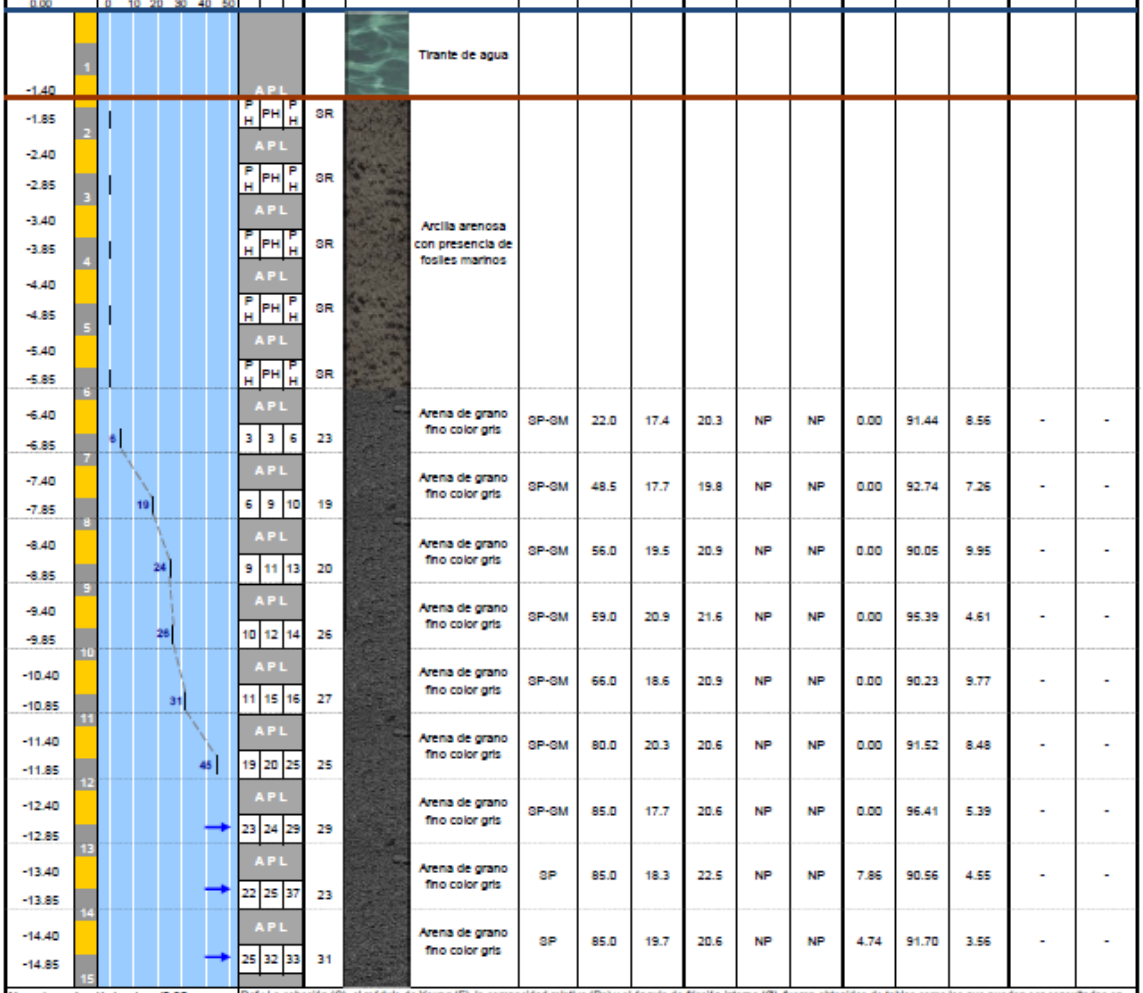
Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 40 Granulometría. Sondeo 20. Muestra 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-21
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.85	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 575,671.00 m E; Y: 2,103,952.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.40



Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.40						Tirante de agua											
-1.85		APL			SR	Arcilla arenosa con presencia de fosiles marinos											
-2.40		PH	PH	PH													
-2.85		APL			SR												
-3.40		PH	PH	PH													
-3.85		APL			SR												
-4.40		PH	PH	PH													
-4.85		APL			SR												
-5.40		PH	PH	PH													
-5.85		APL			SR												
-6.40	6	3	3	6	23	Arena de grano fino color gris	SP-SM	22.0	17.4	20.3	NP	NP	0.00	91.44	8.56	-	-
-6.85		APL															
-7.40	19	6	9	10	19	Arena de grano fino color gris	SP-SM	48.5	17.7	19.8	NP	NP	0.00	92.74	7.26	-	-
-7.85		APL															
-8.40	24	9	11	13	20	Arena de grano fino color gris	SP-SM	56.0	19.5	20.9	NP	NP	0.00	90.05	9.95	-	-
-8.85		APL															
-9.40	26	10	12	14	26	Arena de grano fino color gris	SP-SM	59.0	20.9	21.6	NP	NP	0.00	95.39	4.61	-	-
-9.85		APL															
-10.40	31	11	15	16	27	Arena de grano fino color gris	SP-SM	66.0	18.6	20.9	NP	NP	0.00	90.23	9.77	-	-
-10.85		APL															
-11.40	45	19	20	25	25	Arena de grano fino color gris	SP-SM	80.0	20.3	20.6	NP	NP	0.00	91.52	8.48	-	-
-11.85		APL															
-12.40	→	23	24	29	29	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	17.7	20.6	NP	NP	0.00	96.41	5.39	-	-
-12.85		APL															
-13.40	→	22	25	37	23	Arena de grano fino color gris	SP	85.0	18.3	22.5	NP	NP	7.86	90.56	4.55	-	-
-13.85		APL															
-14.40	→	25	32	33	31	Arena de grano fino color gris	SP	85.0	19.7	20.6	NP	NP	4.74	91.70	3.56	-	-
-14.85																	

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

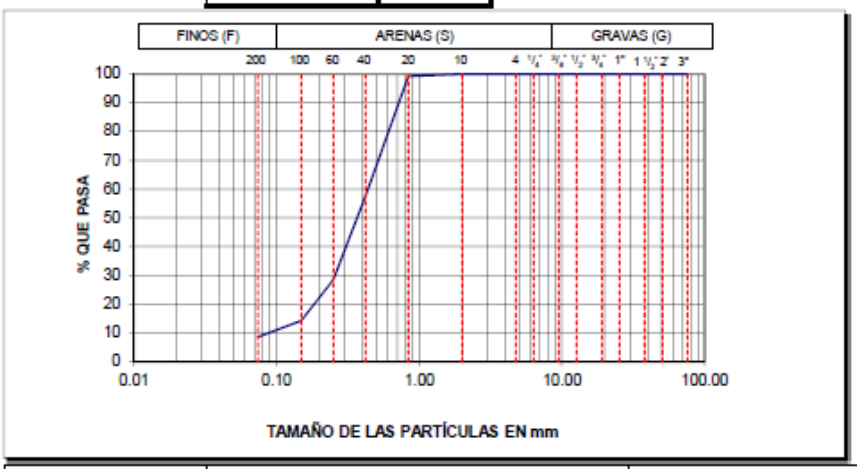
Figura 41 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 21.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-21 MUESTRA: 6
ESTRATO:	1 PROFUNDIDAD: -5.85 a -6.85 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	272.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		272.3	------		
	sumas	272.3	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano fino color gris
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	2.3	0.84	99.16	99.16	Análisis efectuado con
40	0.420	113.5	41.68	57.47	57.47	muestra total de
60	0.250	79.0	29.01	28.46	28.46	272.30 g
100	0.149	38.8	14.25	14.21	14.21	
200	0.074	15.4	5.66	8.56	8.56%	% material menor que 200
pasa 200		23.3	------			
	sumas	272.3	91.44%			



L.L.=	20.3
L.P.=	NP
I.P.=	NP
C.L.=	-
Cu=	4.56
Cc=	1.69
G=	0.00%
S=	91.44%
F=	8.56%

S.U.C.S.: SP-SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 42 Granulometría. Sondeo 21. Muestra 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-22
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.65	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 576,543.00 m E; Y: 2,104,526.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.20

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.20			APL			Tirante de agua											
-1.65		ph	ph	ph	SR	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2.20			APL														
-2.65		ph	ph	ph	SR												
-3.20			APL														
-3.65		ph	ph	ph	19	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	45.6	53.2	46.7	6.5	10.39	43.93	45.68	-	-
-4.20			APL														
-4.65		ph	ph	ph	23												
-5.20			APL														
-5.65		ph	ph	ph	22												
-6.20			APL			Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	44.4	54.4	49.1	5.3	9.70	43.19	45.68	-	-
-6.65		ph	ph	ph	SR												
-7.20			APL														
-7.65		ph	ph	ph	42												
-8.20	10		APL			Arena poco limosa color grisaceo con presencia de	SP-SM	35.0	18.5	20.2	NP	NP	0.00	93.79	6.21	-	-
-8.65		3	4	6	38												
-9.20	22		APL			Arena poco limosa color grisaceo con presencia de	SP-SM	53.0	18.1	18.7	NP	NP	5.25	88.14	6.61	-	-
-9.65		9	10	12	36												
-10.20	36		APL			Arena poco limosa color grisaceo con presencia de	SP-SM	71.0	18.3	19.0	NP	NP	3.85	89.89	6.25	-	-
-10.65		8	13	23	30												
-11.20	37		APL			Arena poco limosa color grisaceo con presencia de fosiles marinos	SP-SM	75.0	19.1	19.8	NP	NP	5.74	87.72	6.54	-	-
-11.65		10	14	23													
-12.20	49		APL														
-12.65		11	16	24													
-13.20	42		APL			Arena poco limosa color grisaceo con presencia de fosiles marinos	SP-SM	82.0	18.2	18.6	NP	NP	10.35	86.57	3.09	-	-
-13.65		13	18	24	28												
-14.20			APL														
-14.65	47	15	22	25													
-15.00			APL														

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

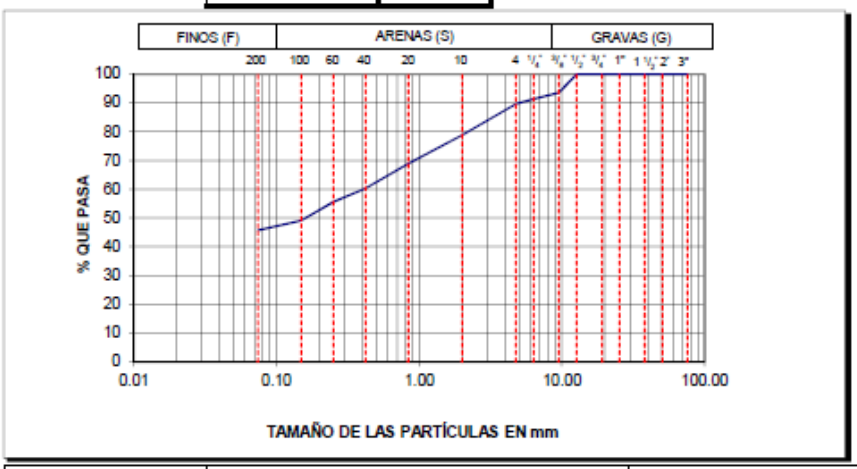
Figura 43 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 22.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-22
MUESTRA:	3, 4
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-2.65 a -4.65 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	189.60 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	12.3	6.49	93.51	
1/4"	6.350	4.2	2.22	91.30	
No. 4	4.760	3.2	1.69	89.61	% material menor que No. 4
pasa No.4		169.9	------		
	sumas	189.6	10.39%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	89.61	Arcilla color café con presencia
10	2.000	20.6	12.12	87.88	78.74	de fosiles marinos
20	0.840	18.8	11.07	76.81	68.83	Análisis efectuado con
40	0.420	16.2	9.54	67.27	60.28	muestra total de
60	0.250	8.9	5.24	62.04	55.59	169.90 g
100	0.149	12.3	7.24	54.80	49.10	
200	0.074	6.5	3.83	50.97	**45.68%**	% material menor que 200
pasa 200		86.6	------			
	sumas	169.9	43.93%			



L.L.=	53.2
L.P.=	46.7
I.P.=	6.5
C.L.=	-
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	10.39%
S=	43.93%
F=	45.68%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 44 Granulometría. Sondeo 22. Muestra 3, 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-23
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.75	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 577,034.00 m E; Y: 2,104,907.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.30

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.30 / -0.75	1	APL				Tirante de agua											
-1.30 / -1.75	2	PH	PH	PH	SR												
-2.30 / -2.75	3	APL / PH	PH	PH	SR												
-3.30 / -3.75	4	APL / PH	PH	PH	SR												
-4.30 / -4.75	5	APL / PH	PH	PH	SR												
-5.30 / -5.75	6	APL / PH	PH	PH	SR												
-6.30 / -6.75	7	APL / PH	PH	PH	SR												
-7.30 / -7.75	8	APL / PH	PH	PH	47	Arena arcillosa color café con fosiles marinos	SC	Muy Blanda	26.8	33.2	25.7	7.5	0.00	85.74	14.26	-	-
-8.30 / -8.75	9	APL / PH	PH	PH	45	Arena arcillosa color café osuro con fosiles marinos	SC	Muy Blanda	24.5	30.1	23.4	6.7	0.00	86.61	13.39	-	-
-9.30 / -9.75	10	APL	1	1	1	32	Arena poco limosa color grisaceo con fosiles marinos	SM	Muy Blanda	29.3	20.5	NP	NP	0.00	84.93	15.07	-	-
-10.30 / -10.75	11	APL	1	1	2	24	Arena de grano fino color gris	SP-SM	Muy Blanda	25.2	20.8	NP	NP	0.00	93.62	6.38	-	-
-11.30 / -11.75	12	APL	3	4	4	25	Arena de grano fino color gris	SP-SM	25.0	19.6	19.8	NP	NP	0.00	92.03	7.97	-	-
-12.30 / -12.75	13	APL	5	6	7	27	Arena de grano fino color gris	SP	39.5	20.5	18.2	NP	NP	0.00	95.12	4.88	-	-
-13.30 / -13.75	14	APL	5	6	9	22	Arena de grano fino color gris	SP-SM	42.5	20.8	19.3	NP	NP	0.00	91.51	8.49	-	-
-14.30 / -14.75 / -15.00	15	APL	8	14	16	24	Arena de grano fino color gris	SP-SM	65.0	23.2	19.9	NP	NP	0.00	90.27	9.73	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

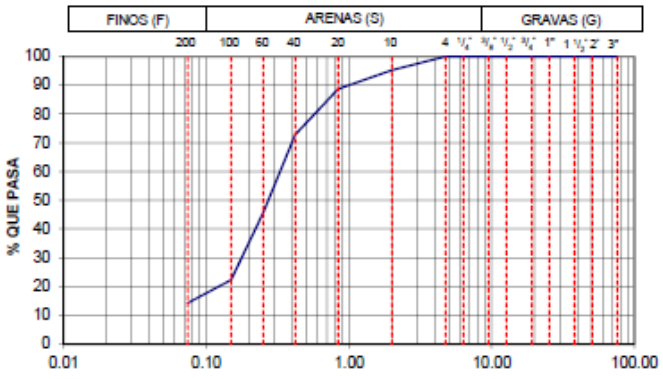
Figura 45 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 23.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-23
MUESTRA:	7
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-6.75 a -7.75

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	203.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		203.3	------		
	sumas	203.3	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena arcillosa color café
10	2.000	9.8	4.82	95.18	95.18	oscuro con fosiles marinosa
20	0.840	13.2	6.49	88.69	88.69	Análisis efectuado con
40	0.420	32.3	15.89	72.80	72.80	muestra total de
60	0.250	55.5	27.30	45.50	45.50	203.30 g
100	0.149	47.3	23.27	22.23	22.23	
200	0.074	16.2	7.97	14.26	**14.26%**	% material menor que 200
pasa 200		29.0	------			
	sumas	203.3	85.74%			



L.L.=	33.2
L.P.=	25.7
I.P.=	7.5
C.L.=	1.3%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	85.74%
F=	14.26%

S.U.C.S.: SC

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 46 Granulometría. Sondeo 23. Muestra 7.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-24
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 577,459.00 m E; Y: 2,105,251.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)				Resultados del muestreo					Límites de Atterberg			Análisis granulométrico			Rocas	
	N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0.075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50			APL			Tirante de agua											
-0.95	1	PH	PH	PH	SR	Arcilla arenosa color café											
-1.50			APL														
-1.95	2	PH	PH	PH	SR												
-2.50			APL														
-2.95	3	PH	PH	PH	SR												
-3.50			APL														
-3.95	4	PH	PH	PH	SR												
-4.50			APL														
-4.95	5	PH	PH	PH	SR												
-5.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	22.0	20.6	20.4	NP	NP	0.90	91.9	7.12	-	-
-5.95	6	2	3	3	29												
-6.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	22.0	23.2	20.8	NP	NP	1.37	90.72	7.91	-	-
-6.95	7	1	2	4	28												
-7.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	41.0	19.9	20.6	NP	NP	0.59	91.49	7.92	-	-
-7.95	8	4	6	8	30												
-8.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	53.0	20.6	20.9	NP	NP	0.00	88.68	11.32	-	-
-8.95	9	8	9	13	30												
-9.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	73.0	21.4	20.8	NP	NP	0.35	87.94	11.71	-	-
-9.95	10	13	14	24	32												
-10.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	74.0	22.4	20.6	NP	NP	0.00	89.90	10.10	-	-
-10.95	11	14	16	23	28												
-11.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	80.0	21.6	19.8	NP	NP	0.00	91.09	8.91	-	-
-11.95	12	16	22	23	29												
-12.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	19.8	20.1	NP	NP	0.00	91.69	8.31	-	-
-12.95	13	14	20	30	27												
-13.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	16.7	20.0	NP	NP	0.07	91.34	8.59	-	-
-13.95	14	22	26	25	27												
-14.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	86.0	18.9	19.7	NP	NP	1.27	84.68	14.05	-	-
-14.95	15	24	28	30	25												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
N/D = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-481-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 47 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 24.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

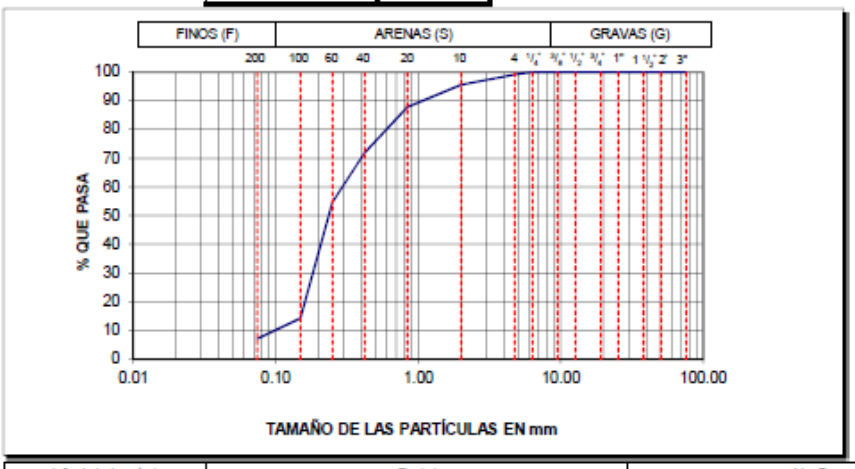
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-24 **MUESTRA:** 6

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -4.95 a -5.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	234.60 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	2.1	0.90	99.10	% material menor que No. 4
pasa No.4		232.5	-----		
	sumas	234.6	0.90%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	99.10	Arena de grano fino color gris
10	2.000	8.3	3.57	96.43	95.57	
20	0.840	18.3	7.87	88.56	87.77	Análisis efectuado con
40	0.420	37.4	16.09	72.47	71.82	muestra total de
60	0.250	40.2	17.29	55.18	54.69	232.50 g
100	0.149	94.9	40.82	14.37	14.24	
200	0.074	16.7	7.18	7.18	7.12%	% material menor que 200
pasa 200		16.7	-----			
	sumas	232.5	91.99%			



L.L.= 20.4
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= 3.00
Cc= 1.08

G= 0.90%
S= 91.99%
F= 7.12%

S.U.C.S.: SP-SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 48 Granulometría. Sondeo 24. Muestra 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-25
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 577,270.00 m E; Y: 2,165,023.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50			APL			Tirante de agua											
-0.95	1	P H	PH	P H	SR												
-1.50			APL														
-1.95	2	P H	PH	P H	SR												
-2.50			APL														
-2.95	3	P H	PH	P H	SR												
-3.50			APL														
-3.95	4	P H	PH	P H	SR												
-4.50			APL														
-4.95	5	P H	PH	P H	SR												
-5.50			APL														
-5.95	6	P H	1	1	SR	Arcillas arenosas											
-6.50			APL														
-6.95	7	1	2	1	22	Arena de grano fino color gris	SM	15.0	21.2	23.1	NP	NP	0.00	87.01	12.99	-	-
-7.50			APL														
-7.95	8	1	2	2	24												
-8.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	36.5	23.0	22.3	NP	NP	0.00	91.88	8.142	-	-
-8.95	9	4	5	6	23												
-9.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	55.5	16.9	22.8	NP	NP	0.00	92.30	7.70	-	-
-9.95	10	6	8	9	22												
-10.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	60.5	18.5	20.1	NP	NP	0.00	94.18	5.82	-	-
-10.95	11	10	12	15	24												
-11.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	71.0	17.4	21.8	NP	NP	0.00	93.33	6.67	-	-
-11.95	12	14	18	18	29												
-12.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	80.0	20.3	19.5	NP	NP	0.00	91.58	8.42	-	-
-12.95	13	16	20	25	24												
-13.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	19.4	19.9	NP	NP	0.00	94.06	5.94	-	-
-13.95	14	18	23	29	23												
-14.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	18.7	22.5	NP	NP	0.00	93.42	6.58	-	-
-14.95	15	24	28	29	21												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

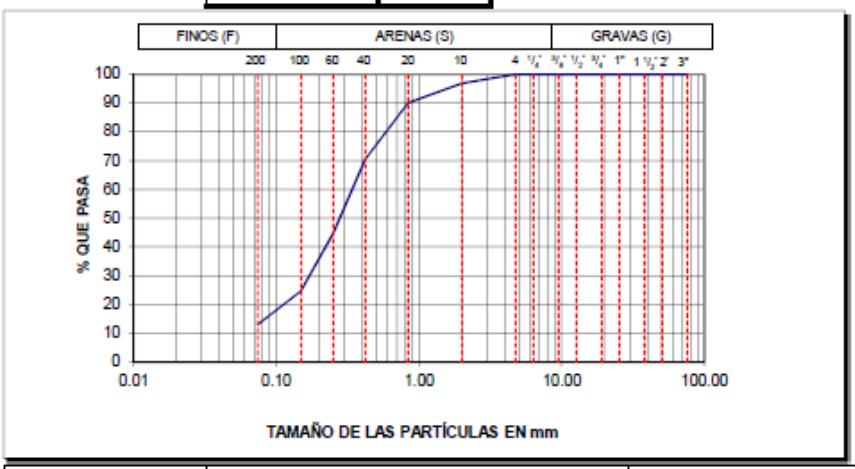
Figura 49 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 25.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-25 — MUESTRA: 7, 8
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -5.95 a -7.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	164.80 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		164.8	------		
	sumas	164.8	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena arcillosa color café
10	2.000	5.3	3.22	96.78	96.78	oscuro con fosiles marinosa
20	0.840	11.2	6.80	89.99	89.99	Análisis efectuado con
40	0.420	32.2	19.54	70.45	70.45	muestra total de
60	0.250	42.5	25.79	44.66	44.66	164.80 g
100	0.149	33.0	20.02	24.64	24.64	
200	0.074	19.2	11.65	12.99	12.99%	% material menor que 200
pasa 200		21.4	------			
	sumas	164.8	87.01%			



L.L.=	23.1
L.P.=	-
I.P.=	-
C.L.=	-
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	87.01%
F=	12.99%

S.U.C.S.: SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 50 Granulometría. Sondeo 25. Muestra 7, 8.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-26
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 576,692.00 m E; Y: 2,105,436.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50			APL			Tirante de agua											
-0.95	1	F H	PH	F H	SR	Arcillas arenosas											
-1.50			APL														
-1.95	2	F H	PH	F H	SR												
-2.50			APL														
-2.95	3	F H	PH	F H	SR												
-3.50			APL														
-3.95	4	F H	PH	F H	SR												
-4.50			APL														
-4.95	5	F H	PH	F H	SR												
-5.50			APL														
-5.95	6	F H	PH	F H	SR												
-6.50			APL														
-6.95	7	F H	PH	F H	SR												
-7.50			APL			Arena arcillosa color café oscuro con fosiles marinosa	SC	15.0	23.6	25.4	18.5	6.9	0.00	86.19	13.81	-	-
-7.95	8	1	2	3	32												
-8.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	47.0	22.2	22.3	NP	NP	0.00	93.95	6.05	-	-
-8.95	9	4	8	10	30												
-9.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	65.0	19.8	21.2	NP	NP	0.00	91.80	8.20	-	-
-9.95	10	6	11	19	31												
-10.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	67.0	17.6	21.3	NP	NP	0.00	93.70	6.30	-	-
-10.95	11	8	14	18	25												
-11.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	75.0	18.3	20.1	NP	NP	0.00	91.52	8.48	-	-
-11.95	12	11	17	23	21												
-12.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	19.2	18.2	NP	NP	0.00	93.65	6.35	-	-
-12.95	13	13	21	32	29												
-13.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	20.6	20.8	NP	NP	0.00	91.05	8.95	-	-
-13.95	14	19	30	35	20												
-14.50			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	20.8	20.3	NP	NP	0.00	91.35	8.65	-	-
-14.95	15	22	32	38	23												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 51 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 26.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

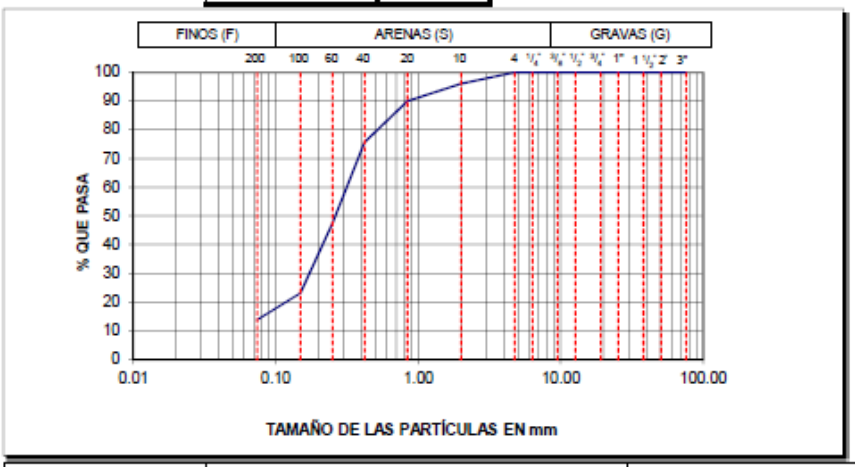
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-26 **MUESTRA:** 8

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -6.95 a -7.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	201.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		201.3	------		
	sumas	201.3	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena arcillosa color café oscuro con fosiles marinosa
10	2.000	8.0	3.97	96.03	96.03	
20	0.840	12.2	6.06	89.97	89.97	Análisis efectuado con
40	0.420	28.9	14.36	75.61	75.61	muestra total de
60	0.250	56.8	28.22	47.39	47.39	201.30 g
100	0.149	48.8	24.24	23.15	23.15	
200	0.074	18.8	9.34	13.81	**13.81%**	% material menor que 200
pasa 200		27.8	------			
	sumas	201.3	86.19%			



L.L.= 25.4
L.P.= 18.5
I.P.= 6.9
C.L.= 0.9%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 86.19%
F= 13.81%

S.U.C.S.: SC

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 52 Granulometría. Sondeo 26. Muestra 8.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la ILaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-27
Localización:	Vaso II de la ILaguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.85	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 576,290.00 m E; Y: 2,105,051.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.40

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.40		APL				Tirante de agua											
-1.85		ph	ph	hp	SR	Arena arcillosa color café con fosiles marinos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2.40		APL															
-2.85		ph	ph	ph	SR												
-3.40		APL				Arena arcillosa color café con fosiles marinos	SC	Muy Blanda	35.2	38.9	31.7	7.2	0.00	83.95	16.05	-	-
-3.85		ph	ph	ph	32												
-4.40		APL															
-4.85		ph	ph	ph	42												
-5.40		APL				Arena arcillosa color café con fosiles marinos	SC	Muy Blanda	34.6	35.9	30.3	5.6	0.00	85.41	14.59	-	-
-5.85		ph	ph	ph	45												
-6.40		APL															
-6.85		ph	ph	hp	49												
-7.40	16	APL				Arena poco limosa con fosiles marinos	SM	44.0	18.5	21.6	NP	NP	2.81	71.21	25.98	-	-
-7.85		4	8	8	35												
-8.40	25	APL				Arena poco limosa con fosiles marinos	SM	57.5	18.4	20.8	NP	NP	0.00	78.73	21.27	-	-
-8.85		6	10	15	38												
-9.40	43	APL				Arena poco limosa con fosiles marinos	SM	68.0	18.2	19.6	NP	NP	0.00	69.17	30.83	-	-
-9.85		9	16	27	40												
-10.40	49	APL				Arena poco limosa con fosiles marinos	SW-SM	74.0 a 85.0	18.4	18.4	NP	NP	0.00	91.40	8.60	-	-
-10.85		12	20	29	36												
-11.40		APL															
-11.85	→	16	22	30	34												
-12.40		APL				Arena poco limosa con fosiles marinos	SP-SM	85.0	18.6	18.0	NP	NP	0.00	93.40	6.60	-	-
-12.85	→	20	40	50/1	37												
-13.40		APL				Arena poco limosa con fosiles marinos	SP-SM	85.0 a 85.0	19.2	18.2	NP	NP	0.51	94.87	4.62	-	-
-13.85	→	21	38	49	35												
-14.40		APL															
-14.85	→	23	42	50/1	33												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 53 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 27.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

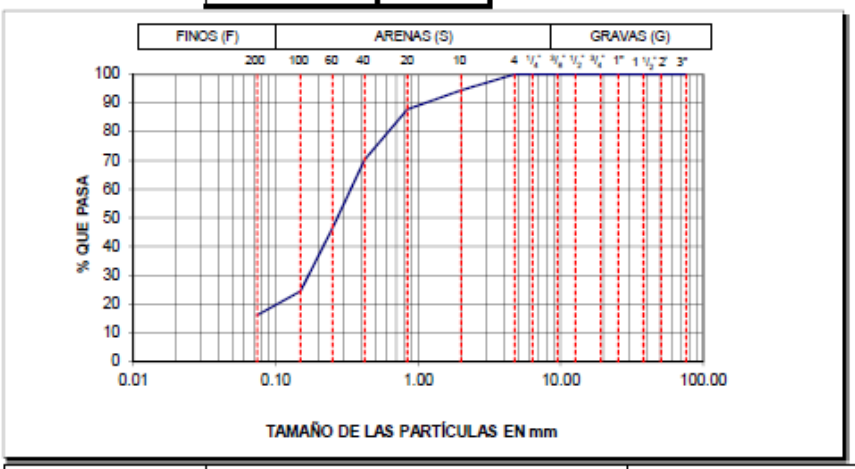
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-27 **MUESTRA:** 3, 4

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -2.85 a -4.85

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	219.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		219.3	------		
	sumas	219.3	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena arcillosa color café
10	2.000	12.3	5.61	94.39	94.39	oscuro con fosiles marinosa
20	0.840	14.6	6.66	87.73	87.73	Análisis efectuado con
40	0.420	38.4	17.51	70.22	70.22	muestra total de
60	0.250	52.2	23.80	46.42	46.42	219.30 g
100	0.149	48.3	22.02	24.40	24.40	
200	0.074	18.3	8.34	16.05	**16.05%**	% material menor que 200
pasa 200		35.2	------			
	sumas	219.3	83.95%			



L.L.= 38.9
L.P.= 31.7
I.P.= 7.2
C.L.= 2.0%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 83.95%
F= 16.05%

S.U.C.S.: SC

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 54 Granulometría. Sondeo 27. Muestra 3, 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-28
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.15	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 575,705.00 m E; Y: 2,104,844.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.70

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.70			APL			Tirante de agua											
-1.15	1	ph	ph	ph	SR	Arenas con trazas de arcillas y fosiles marinos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1.70			APL														
-2.15	2	ph	ph	ph	SR												
-2.70			APL														
-3.15	3	ph	ph	ph	SR												
-3.70			APL														
-4.15	4	ph	ph	ph	SR												
-4.70			APL														
-5.15	5	ph	ph	ph	38	Arena con presencia de fosiles marinos color gris	SP	15.0	22.2	20.2	NP	NP	0.00	95.68	4.32	-	-
-5.70			APL														
-6.15	6 07	2	3	4	42												
-6.70			APL														
-7.15	7 34	3	16	18	41	Arena con presencia de fosiles marinos color gris	SP	69.0	20.1	18.9	NP	NP	0.00	95.71	4.29	-	-
-7.70			APL			Arena con presencia de fosiles marinos color gris	SP-SM	70.0	20.6	19.5	NP	NP	0.00	93.84	6.16	-	-
-8.15	8 35	6	16	19	45												
-8.70			APL														
-9.15	9 35	9	15	20	40	Arena con presencia de fosiles marinos color gris	SP-SM	70.0	19.7	20.1	NP	NP	0.00	93.14	6.86	-	-
-9.70			APL														
-10.15	10 35	11	14	22	27												
-10.70			APL			Arena de grano medio a fino poco limosa color gris	SP-SM	79.0	20.1	18.4	NP	NP	0.00	92.65	7.35	-	-
-11.15	11 44	16	19	25	32												
-11.70			APL			Arena de grano medio a fino poco limosa color gris	SP-SM	85.0	20.8	19.0	NP	NP	0.00	91.01	8.99	-	-
-12.15	12 →	21	24	28	38												
-12.70			APL			Arena de grano medio a fino poco limosa color gris	SP-SM	85.0	19.3	18.4	NP	NP	0.18	90.01	9.80	-	-
-13.15	13 →	25	28	35	18												
-13.70			APL			Arena de grano medio a fino poco limosa color gris	SP-SM	85.0	18.0	18.6	NP	NP	0.00	90.42	9.58	-	-
-14.15	14 →	22	30	36	26												
-14.70			APL														
	15																

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

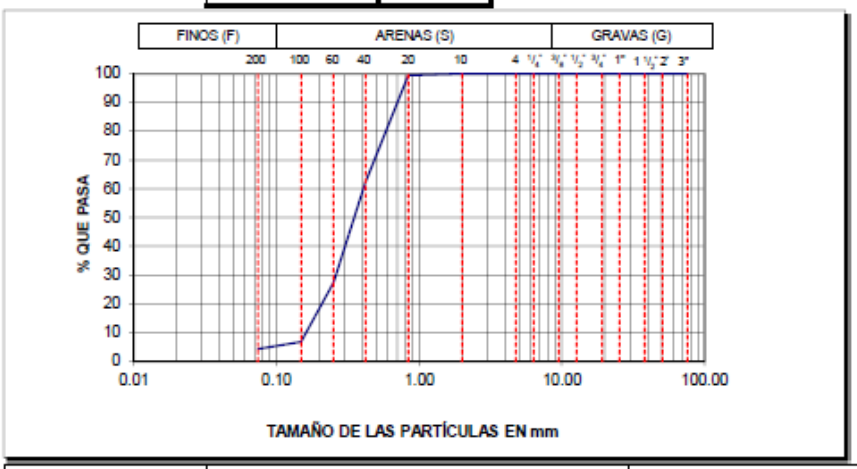
Figura 55 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 28.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-28
MUESTRA:	5, 6
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-4.15 a -6.15 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	192.20 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		192.2	------		
	sumas	192.2	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena con presencia de fosiles marinos color gris
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	1.2	0.62	99.38	99.38	Análisis efectuado con
40	0.420	71.5	37.20	62.17	62.17	muestra total de
60	0.250	67.3	35.02	27.16	27.16	192.20 g
100	0.149	39.1	20.34	6.82	6.82	
200	0.074	4.8	2.50	4.32	4.32%	% material menor que 200
pasa 200		8.3	------			
	sumas	192.2	95.68%			



L.L.=	20.2
L.P.=	NP
I.P.=	NP
C.L.=	0.0%
Cu=	2.50
Cc=	0.98
G=	0.00%
S=	95.68%
F=	4.32%

S.U.C.S.: SP

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 56 Granulometría. Sondeo 28. Muestra 5, 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-29
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edler Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.65	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 575,376.00 m E; Y: 2,104,286.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.20

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.20		APL				Tirante de agua											
-1.65		ph	ph	ph	SR	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos											
-2.20		APL															
-2.65		ph	ph	ph	SR												
-3.20		APL															
-3.65		ph	ph	ph	SR												
-4.20		APL				Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	33.4	47.2	35.5	11.7	7.97	34.20	57.82		
-4.65		ph	ph	ph	36												
-5.20		APL				Arcilla color café con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	32.1	38.9	30.0	8.9	0.00	31.08	68.92		
-5.65		ph	ph	ph	38												
-6.20		APL															
-6.65		ph	ph	ph	27												
-7.20		APL				Arena con trazas de arcilla color gris	SC	66.0	19.7	29.6	23.1	6.5	0.00	84.88	15.12		
-7.65	32	9	15	17	23												
-8.20		APL															
-8.65	30	14	14	16	17												
-9.20		APL				Arena de grano fino color gris	SP	65.0	19.5	21.3	NP	NP	0.00	95.79	4.21		
-9.65	29	12	13	16	22												
-10.20		APL				Arena de grano fino color gris	SP	66.0	20.2	20.9	NP	NP	0.00	97.37	2.63		
-10.65	31	9	13	18	25												
-11.20		APL				Arena de grano fino color gris	SP	70.0	19.7	21.5	NP	NP	0.00	97.16	2.84		
-11.65	35	12	16	19	23												
-12.20		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	75.0	20.6	21.1	NP	NP	0.00	90.36	9.64		
-12.65	49	16	19	21	22												
-13.20		APL				Arena de grano fino color gris	SP	85.0	21.0	20.2	NP	NP	0.41	96.40	3.19		
-13.65	→	12	17	35	26												
-14.20		APL				Arena de grano fino color gris	SP	86.0	20.7	19.1	NP	NP	1.32	94.94	3.74		
-14.65	→	18	25	36	27												
-15.00		APL															

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

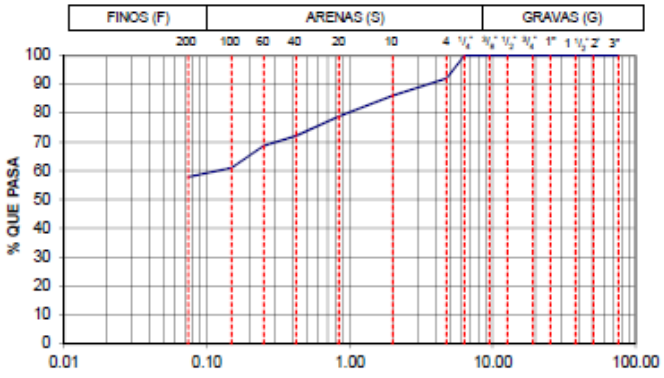
Figura 57 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 29.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-29 — MUESTRA: 4
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -3,65 a -4,65 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	203.20 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	16.2	7.97	92.03	% material menor que No. 4
pasa No.4		187.0	-----		
	sumas	203.2	7.97%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA MUESTRA< No.4	% ACUM. QUE PASA MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
				100.00	92.03	Arcilla color café con presencia de fosiles marinos
10	2.000	12.2	6.52	93.48	86.02	
20	0.840	14.5	7.75	85.72	78.89	Análisis efectuado con
40	0.420	13.9	7.43	78.29	72.05	muestra total de
60	0.250	6.8	3.64	74.65	68.70	187.00 g
100	0.149	15.6	8.34	66.31	61.02	
200	0.074	6.5	3.48	62.83	**57.82%**	% material menor que 200
pasa 200		117.5	-----			
	sumas	187.0	34.20%			



L.L.=	47.2
L.P.=	35.5
I.P.=	11.7
C.L.=	-
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	7.97%
S=	34.20%
F=	57.82%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 58 Granulometría. Sondeo 29. Muestra 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-30
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"	Fecha del reporte:	
Prof. alcanzada (m):	-21.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 574,999.00 m E; Y: 2,103,906.00 m N	Tirante de agua (m):	1.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.50		APL				Tirante de agua											
-1.95		PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-2.50		APL															
-2.95		PH	PH	PH	SR												
-3.50		APL															
-3.95		PH	PH	PH	SR												
-4.50		APL															
-4.95		PH	PH	PH	SR												
-5.50		APL															
-5.95	3	1	1	2	32	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	32.6	36.2	27.9	8.3	0.00	48.95	51.05	-	-
-6.50		APL															
-6.95	5	1	2	3	31												
-7.50		APL				Arena poco limoas color café	SP-SM	69.0	20.3	23.0	NP	NP	0.00	94.63	5.37	-	-
-7.95	34	9	13	21	23												
-8.50		APL				Arena poco limoas color café	SP-SM	69.0	18.9	21.3	NP	NP	0.00	90.09	9.91	-	-
-8.95	34	12	14	20	26												
-9.50		APL				Arenas finas color gris	SP-SM	72.0	19.8	19.8	NP	NP	0.00	90.60	9.40	-	-
-9.95	37	13	15	22	28												
-10.50		APL				Arenas finas color gris	SP-SM	74.0	19.5	19.8	NP	NP	0.00	92.82	7.18	-	-
-10.95	39	10	16	23	27												
-11.50		APL				Arenas finas color gris	SP-SM	80.0	19.3	21.8	NP	NP	0.00	92.77	7.23	-	-
-11.95	45	18	19	26	29												
-12.50		APL				Arenas finas color gris	SP-SM	85.0	18.1	21.0	NP	NP	0.00	95.93	4.07	-	-
-12.95	50	16	21	29	28												
-13.50		APL				Arenas finas color gris	SP-SM	85.0	17.4	20.6	NP	NP	0.00	92.01	7.99	-	-
-13.95	→	18	24	32	27												
-14.50		APL				Arenas finas color gris	SP	85.0	18.3	19.1	NP	NP	0.00	96.81	3.19	-	-
-14.95	→	20	26	33	30												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 59 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 30.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

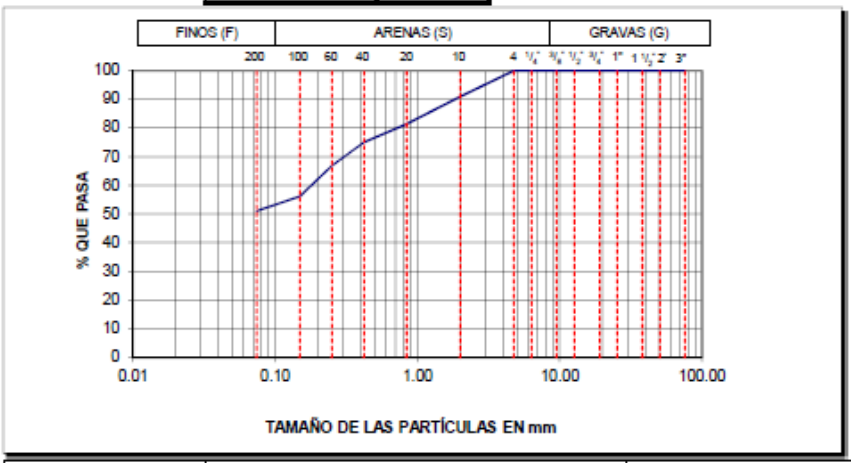
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-30 **MUESTRA:** 5, 6

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -4.95 a -6.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	243.70 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		243.7	------		
	sumas	243.7	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	22.2	9.11	90.89	90.89	
20	0.840	23.2	9.52	81.37	81.37	Análisis efectuado con
40	0.420	15.6	6.40	74.97	74.97	muestra total de
60	0.250	19.8	8.12	66.84	66.84	243.70 g
100	0.149	26.2	10.75	56.09	56.09	
200	0.074	12.3	5.05	51.05	**51.05%**	% material menor que 200
pasa 200		124.4	------			
	sumas	243.7	48.95%			



L.L.= 36.2
L.P.= 27.9
I.P.= 8.3
C.L.= 3.0%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 48.95%
F= 51.05%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 60 Granulometría. Sondeo 30. Muestra 5, 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-31
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.85	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 574,362.00 m E; Y: 2,104,136.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.40

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.40			APL			Tirante de agua											
-1.85		ph	ph	hp	SR	Arcilla arenosa color café oscuro con presencia de fosiles marinos	CL	Muy Blanda	34.9	49.3	40.0	9.3	6.41	40.19	53.40	-	-
-2.40			APL														
-2.85		ph	ph	hp	34												
-3.40			APL														
-3.85		ph	ph	hp	22												
-4.40			APL														
-4.85		ph	ph	ph	39	Arena arcillosa color café oscuro con presencia de fosiles marinos	SC	15.0	33.1	39.6	32.3	7.33	1.66	52.25	46.09	-	-
-5.40			APL														
-5.85	4	1	2	2	30												
-6.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	36.5	20.9	20.2	NP	NP	0.00	95.73	4.27	-	-
-6.85	11	3	4	7	32												
-7.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	79.0	19.8	20.6	NP	NP	0.00	90.01	9.99	-	-
-7.85	43	11	18	25	29												
-8.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	83.0	23.1	21.3	NP	NP	0.00	90.35	9.65	-	-
-8.85	47	14	20	27	34												
-9.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	24.9	20.8	NP	NP	0.00	94.73	5.27	-	-
-9.85	→	12	22	29	33												
-10.40			APL			Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	22.7	20.2	NP	NP	0.00	92.04	7.96	-	-
-10.85	→	12	26	36	31												
-11.40			APL														
-11.85	→	16	25	34	27												
-12.40			APL			Arena de grano fino poco limosa color gris	SM	86.0	22.1	19.0	NP	NP	0.00	88.79	12.21	-	-
-12.85	→	18	29	33	29												
-13.40			APL			Arena de grano fino poco limosa color gris	SM	86.0	19.8	19.2	NP	NP	0.00	81.62	18.38	-	-
-13.85	→	21	31	32	26												
-14.40			APL			Arena de grano fino poco limosa color gris	SP-SM	87.0	18.6	19.8	NP	NP	0.00	89.97	10.03	-	-
-14.85	→	24	28	35	28												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 61 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 31.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

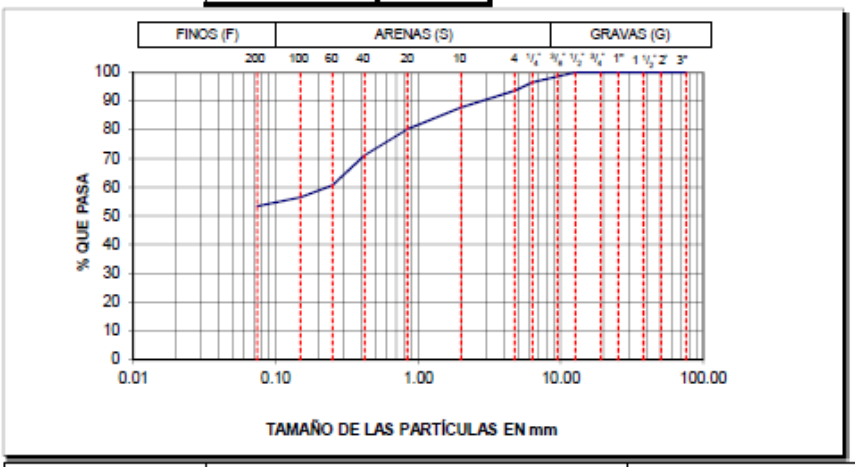
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-31 **MUESTRA:** 2, 3

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -1.85 a -3.85 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	212.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	3.2	1.51	98.49	
1/4"	6.350	4.2	1.98	96.51	
No. 4	4.760	6.2	2.92	93.59	% material menor que No. 4
pasa No.4		198.7	------		
	sumas	212.3	6.41%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	Arcilla arenosa color café
				100.00	93.59	oscuro con presencia de fosiles
10	2.000	12.3	6.19	93.81	87.80	marinos
20	0.840	16.2	8.15	85.66	80.17	Análisis efectuado con
40	0.420	19.2	9.66	75.99	71.13	muestra total de
60	0.250	22.2	11.19	64.81	60.65	198.70 g
100	0.149	8.9	4.48	60.33	56.46	
200	0.074	6.5	3.27	57.06	**53.40%**	% material menor que 200
pasa 200		113.4	------			
	sumas	198.7	40.19%			



L.L.= 49.3
L.P.= 40.0
I.P.= 9.3
C.L.= -

Cu= NA
Cc= NA

G= 6.41%
S= 40.19%
F= 53.40%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 62 Granulometría. Sondeo 31. Muestra 2, 3.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-32
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edler Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"	Fecha del reporte:	
Prof. alcanzada (m):	-21.15	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 574,872.00 m E; Y: 2,104,704.00 m N	Tirante de agua (m):	0.70

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.70			APL			Tirante de agua											
-1.15	1	ph	ph	ph	SR	Arenas arcillosas con fosiles marinos		Muy Blanda	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-1.70			APL														
-2.15	2	ph	ph	ph	SR												
-2.70			APL														
-3.15	3	ph	ph	ph	SR												
-3.70			APL														
-4.15	4	ph	ph	ph	SR												
-4.70			APL														
-5.15	5	ph	ph	ph	SR												
-5.70			APL														
-6.15	6 8	2	4	4	30	Arena de grano fino color café	SP	29.0	18.4	20.3	NP	NP	0.00	93.20	6.80	-	-
-6.70			APL														
-7.15	7 22	6	10	12	29												
-7.70			APL			Arena de grano fino color café	SP	56.0	20.2	19.8	NP	NP	0.00	95.55	4.45	-	-
-8.15	8 24	8	11	13	26												
-8.70			APL			Arena de grano fino color café	SP-GM	62.0	20.7	19.4	NP	NP	0.00	92.16	7.84	-	-
-9.15	9 28	10	12	16	23												
-9.70			APL			Arena de grano fino color café	SP	63.5	21.2	18.6	NP	NP	0.00	96.48	3.52	-	-
-10.15	10 29	9	11	18	21												
-10.70			APL			Arena de grano fino color café	SP-GM	73.0	19.6	20.1	NP	NP	0.00	92.56	7.44	-	-
-11.15	11 38	12	17	21	20												
-11.70			APL			Arena de grano fino color café	GP-GM	83.0	18.0	19.2	NP	NP	0.00	93.33	6.31	-	-
-12.15	12 48	15	23	25	18												
-12.70			APL														
-13.15	13 →	18	27	35	17												
-13.70			APL			Arena de grano fino color café	GP-GM	85.0	18.4	18.9	NP	NP	0.00	92.97	7.03	-	-
-14.15	14 →	19	30	32	19												
-14.70			APL														
	15																

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

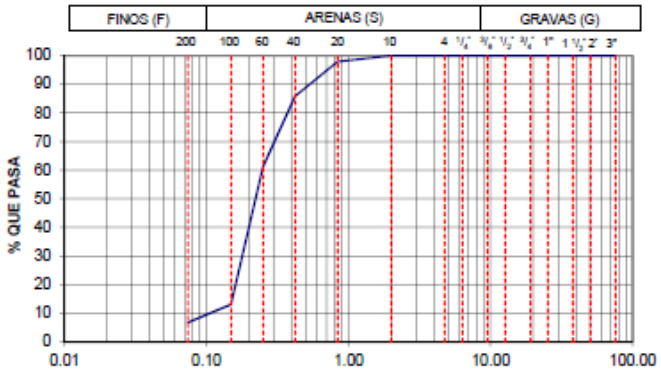
Figura 63 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 32.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-32
MUESTRA:	6, 7
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-5.15 a -7.15 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	108.90 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		108.9	------		
	sumas	108.9	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano fino colof café
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	2.3	2.11	97.89	97.89	Análisis efectuado con
40	0.420	13.2	12.12	85.77	85.77	muestra total de
60	0.250	26.8	24.61	61.16	61.16	108.90 g
100	0.149	52.3	48.03	13.13	13.13	
200	0.074	6.9	6.34	6.80	6.80%	% material menor que 200
pasa 200		7.4	------			
	sumas	108.9	93.20%			



L.L.=	20.3
L.P.=	NP
I.P.=	NP
C.L.=	0.0%
Cu=	2.50
Cc=	1.30
G=	0.00%
S=	93.20%
F=	6.80%

S.U.C.S.: SP

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 64 Granulometría. Sondeo 32. Muestra 6, 7.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-33
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Edler Ceciliano López	**Equipo:**	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.05	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 575,350.00 m E; Y: 2,105,245.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.60

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.60						Tirante de agua											
-1.05	1	ph	ph	ph	SR	Arena de grano medio color café											
-1.60		APL															
-2.05	2	ph	ph	ph	SR												
-2.60		APL															
-3.05	3	ph	ph	ph	32	Arena de grano medio color café	SP-SM	Suelta	31.2	20.8	NP	NP	0.00	93.33	6.67	-	-
-3.60		APL															
-4.05	4 3	1	1	2	36												
-4.60		APL															
-5.05	5 5	2	2	3	40	Arena de grano medio color café	SP-SM	15.0	34.2	20.2	NP	NP	0.00	91.20	8.80	-	-
-5.60		APL															
-6.05	6 9	3	4	5	38												
-6.60		APL															
-7.05	7 22	9	12	10	52	Arena de grano medio color café	SP-SM	51.5	30.6	19.3	NP	NP	0.62	93.41	5.98	-	-
-7.60		APL															
-8.05	8 19	8	10	9	45												
-8.60		APL				Arena de grano medio color café	SP-SM	54.5	20.3	19.8	NP	NP	0.00	92.72	7.28	-	-
-9.05	9 23	10	11	12	30												
-9.60		APL				Arena de grano medio color café	SP	57.5	17.6	19.3	NP	NP	0.00	95.55	4.43	-	-
-10.05	10 25	10	13	12	23												
-10.60		APL				Arena de grano medio color café	SP-SM	67.0	19.5	19.5	NP	NP	0.00	92.97	7.03	-	-
-11.05	11 32	13	16	16	24												
-11.60		APL				Arena de grano medio color café	SM	75.0	20.2	18.9	NP	NP	0.00	88.18	11.82	-	-
-12.05	12 40	15	18	22	21												
-12.60		APL				Arena de grano medio color café	SP	80.0	21.5	18.3	NP	NP	0.00	96.57	3.43	-	-
-13.05	13 →	21	35	50	19												
-13.60		APL				Arena de grano medio color café	SP	85.0	23.2	19.6	NP	NP	0.00	96.30	3.70	-	-
-14.05	14 →	30	36	50/1	22												
-14.60		APL															
-15.05	15 →	26	38	50/1	23												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 65 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 33.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

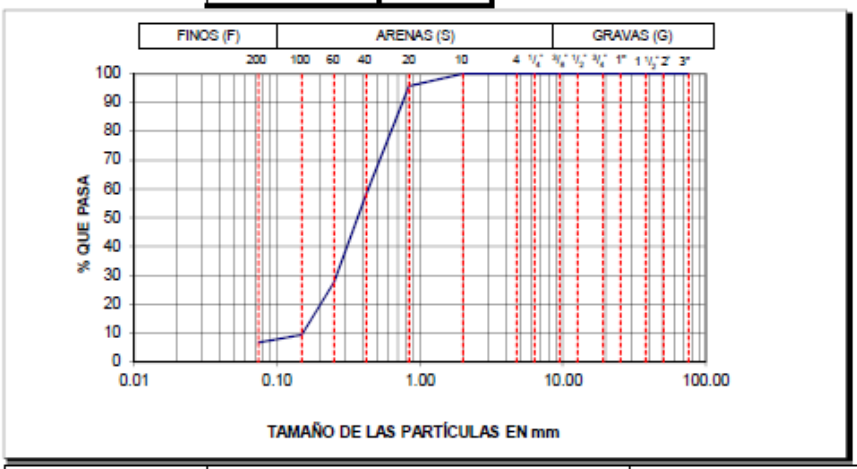
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-33 **MUESTRA:** 3, 4

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -2.05 a -4.05 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	193.40 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		193.4	------		
	sumas	193.4	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arena de grano medio color café
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	8.4	4.34	95.66	95.66	Análisis efectuado con
40	0.420	72.7	37.59	58.07	58.07	muestra total de
60	0.250	58.9	30.46	27.61	27.61	193.40 g
100	0.149	35.2	18.20	9.41	9.41	
200	0.074	5.3	2.74	6.67	**6.67%**	% material menor que 200
pasa 200		12.9	------			
	sumas	193.4	93.33%			



L.L.= 20.8
L.P.= NP
I.P.= NP
C.L.= 0.0%

Cu= 2.50
Cc= 0.98

G= 0.00%
S= 93.33%
F= 6.67%

S.U.C.S.: SP-SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 66 Granulometría. Sondeo 33. Muestra 3, 4.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-34
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	**Equipo:**	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-22.05	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 575,851.00 m E; Y: 2,105,301.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.60

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.60			APL			Tirante de agua											
-2.05		ph	ph	ph	43	Arena limosa color gris con presencia de fosiles marinos	SM	Suelta	36.4	20.3	NP	NP	18.57	61.00	20.43	-	-
-2.60			APL														
-3.05		ph	ph	ph	42												
-3.60			APL														
-4.05		ph	ph	ph	40	Arena limosa color gris con presencia de fosiles marinos	SM	Suelta	30.1	20.6	NP	NP	5.32	54.47	40.21	-	-
-4.60			APL														
-5.05		ph	ph	ph	38												
-5.60			APL														
-6.05	3	2	1	2	45	Arena de grano medio poco limosa color gris	SP-SM	15.0	37.4	19.8	NP	NP	0.00	94.66	5.34	-	-
-6.60			APL														
-7.05	2	2	1	1	50												
-7.60			APL														
-8.05	3	3	2	1	53	Arena de grano medio poco limosa color gris	SP-SM	15.0	20.9	18.6	NP	NP	0.00	94.87	5.13	-	-
-8.60			APL														
-9.05	19	6	7	12	41												
-9.60			APL			Arena de grano medio poco limosa color gris	SP-SM	62.0	23.2	19.4	NP	NP	0.00	92.29	7.71	-	-
-10.05	28	9	12	16	46												
-10.60			APL														
-11.05	42	11	15	27	45	Arena de grano medio poco limosa color gris	SM	77.0	22.0	20.1	NP	NP	0.00	88.25	11.75	-	-
-11.60			APL														
-12.05	46	17	20	26	42												
-12.60			APL			Arena de grano medio poco limosa color gris	SP-SM	84.0	21.4	19.3	NP	NP	0.00	91.61	8.39	-	-
-13.05	49	18	21	28	44												
-13.60			APL			Arena de grano medio poco limosa color gris	SP-SM	85.0	15.4	20.1	NP	NP	0.00	93.79	6.21	-	-
-14.05	→	18	24	31	45												
-14.60			APL			Arena de grano medio poco limosa color gris	SP-SM	85.0	18.9	17.9	NP	NP	0.00	92.45	7.55	-	-
-15.05	→	22	28	33	38												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

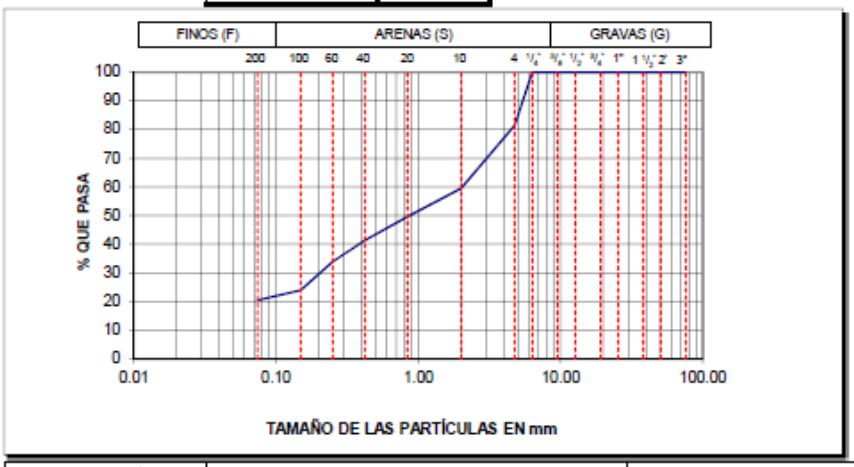
Figura 67 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 34.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-34 — MUESTRA: 1, 2
ESTRATO:	1 — PROFUNDIDAD: -1.60 a -3.05 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	242.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	45.0	18.57	81.43	% material menor que No. 4
pasa No.4		197.3	------		
	sumas	242.3	18.57%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA MUESTRA< No.4	% ACUM. QUE PASA MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
				100.00	81.43	Arena limosa color gris con presencia de fosiles marinos
10	2.000	53.3	27.01	72.99	59.43	
20	0.840	23.9	12.11	60.87	49.57	Análisis efectuado con
40	0.420	20.1	10.19	50.68	41.27	muestra total de
60	0.250	17.9	9.07	41.61	33.88	197.30 g
100	0.149	24.1	12.21	29.40	23.94	
200	0.074	8.5	4.31	25.09	**20.43%**	% material menor que 200
pasa 200		49.5	------			
	sumas	197.3	61.00%			



L.L.= 20.3
L.P.= NP
I.P.= NP
C.L.= 0.0%

Cu= NA
Cc= NA

G= 18.57%
S= 61.00%
F= 20.43%

S.U.C.S.: SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 68 Granulometría. Sondeo 34. Muestra 1, 2.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-35
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-20.95	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 576,294.00 m E; Y: 2,105,848.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.50		APL				Tirante de agua											
-0.95	1	PH	PH	PH	SR	Arcilla con presencia de fosiles marinos											
-1.50		APL															
-1.95	2	PH	PH	PH	SR												
-2.50		APL															
-2.95	3	PH	PH	PH	SR												
-3.50		APL															
-3.95	4	PH	PH	PH	SR												
-4.50		APL															
-4.95	5	PH	PH	PH	SR												
-5.50		APL				Arena de grano fino color gris	SM	15.0	23.2	20.8	NP	NP	0.00	85.26	14.74	-	-
-5.95	6 4	1	1	3	26												
-6.50		APL				Arena de grano fino color gris	SM	18.5	20.0	20.6	NP	NP	0.00	84.19	15.81	-	-
-6.95	7 5	1	2	3	27												
-7.50		APL				Arena de grano fino color gris	SM	35.0	19.8	21.0	NP	NP	0.00	84.11	15.89	-	-
-7.95	8 10	4	4	6	29												
-8.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP	48.5	18.4	18.8	NP	NP	0.00	98.59	1.41	-	-
-8.95	9 19	6	7	12	28												
-9.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP	65.0	19.6	18.7	NP	NP	0.00	98.93	1.07	-	-
-9.95	10 30	6	11	19	31												
-10.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP	68.0	20.3	19.0	NP	NP	0.00	98.53	1.47	-	-
-10.95	11 33	9	15	18	28												
-11.50		APL				Arena de grano fino color gris	SM	75.0	21.2	21.1	NP	NP	0.00	87.36	12.64	-	-
-11.95	12 40	13	18	22	30												
-12.50		APL				Arena de grano fino color gris	SM	85.0	20.8	21.3	NP	NP	0.00	86.17	13.83	-	-
-12.95	13 →	13	21	32	29												
-13.50		APL				Arena de grano fino color gris	SM	85.0	19.4	21.5	NP	NP	0.00	86.39	13.61	-	-
-13.95	14 →	18	23	29	27												
-14.50		APL				Arena de grano fino color gris	SP	86.0	16.7	18.9	NP	NP	0.00	94.08	5.92	-	-
-14.95	15 →	20	26	32	26												

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 69 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 35.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

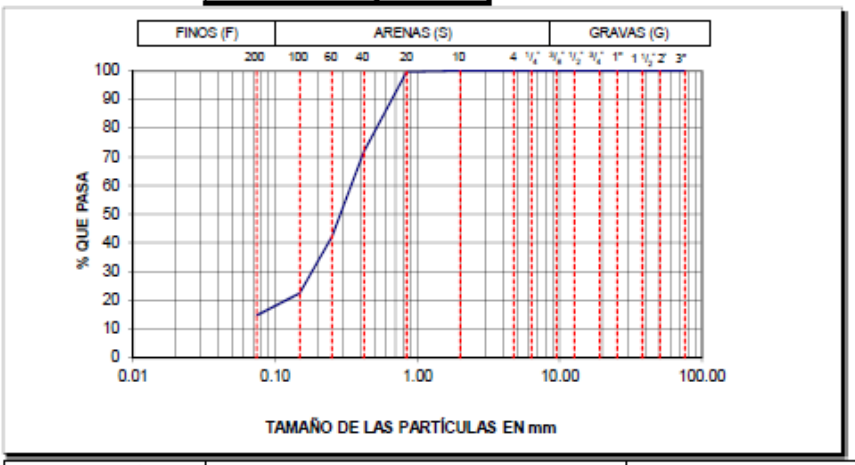
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-35 **MUESTRA:** 6

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -4.95 a -5.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	215.80 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		215.8	------		
	sumas	215.8	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA MUESTRA< No.4	% ACUM. QUE PASA MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
				100.00	100.00	Arena de grano fino color gris
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	0.9	0.42	99.58	99.58	Análisis efectuado con
40	0.420	60.0	27.80	71.78	71.78	muestra total de
60	0.250	64.2	29.75	42.03	42.03	215.80 g
100	0.149	42.1	19.51	22.52	22.52	
200	0.074	16.8	7.78	14.74	**14.74%**	% material menor que 200
pasa 200		31.8	------			
	sumas	215.8	85.26%			



L.L.= 20.8
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 85.26%
F= 14.74%

S.U.C.S.: SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 70 Granulometría. Sondeo 35. Muestra 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-36
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.35	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 575,210.00 m E; Y: 2,105,880.0 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.90

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.90		APL				Tirante de agua											
-1.35	1	P H	PH	P H	SR	Arcilla arenosa											
-1.90		APL															
-2.35	2	P H	PH	P H	SR												
-2.90		APL															
-3.35	3	P H	PH	P H	SR												
-3.90		APL															
-4.35	4	P H	PH	P H	SR												
-4.90		APL															
-5.35	5	P H	PH	P H	SR												
-5.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	Muy blanda	21.3	21.8	NP	NP	14.88	76.77	8.35	-	-
-6.35	6	P H	PH	P H	23												
-6.90		APL				Arena de grano fino color gris	SM	15.0	22.2	20.6	NP	NP	0.00	74.33	25.67	-	-
-7.35	7	1	2	1	28												
-7.90		APL				Arena de grano fino color gris	SM	23.5	17.5	21.6	NP	NP	0.00	88.14	11.86	-	-
-8.35	8	2	3	4	30												
-8.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	41.0	18.6	20.9	NP	NP	0.00	89.72	10.28	-	-
-9.35	9	6	7	7	24												
-9.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	63.5	16.2	19.7	NP	NP	0.00	91.45	8.55	-	-
-10.35	10	10	14	15	24												
-10.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	66.0	19.6	22.3	NP	NP	0.00	90.18	9.82	-	-
-11.35	11	12	15	16	26												
-11.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	68.0	20.5	20.3	NP	NP	0.00	92.76	7.24	-	-
-12.35	12	14	16	17	27												
-12.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	78.0	21.7	21.3	NP	NP	0.00	90.71	9.29	-	-
-13.35	13	16	17	26	20												
-13.90		APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	81.0	20.1	18.00	NP	NP	0.00	96.82	3.18	-	-
-14.35	14	18	22	24	22												
-14.90		APL															
	15																

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 184.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standarad Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 71 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 36.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

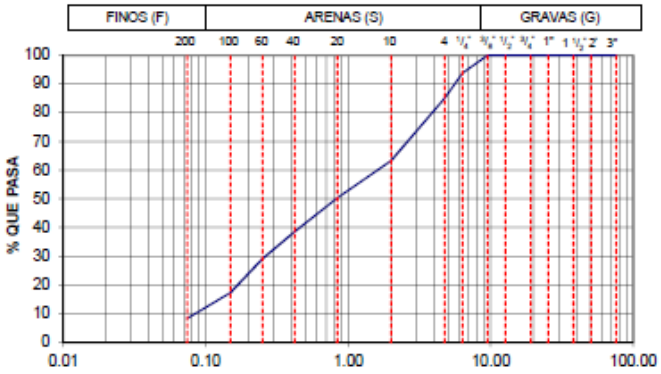
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-36 **MUESTRA:** 6

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -5.35 a -6.35 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	196.30 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	12.3	6.27	93.73	
No. 4	4.760	16.9	8.61	85.12	% material menor que No. 4
pasa No.4		167.1	-----		
	sumas	196.3	14.88%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA MUESTRA< No.4	% ACUM. QUE PASA MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
				100.00	85.12	Arena de grano fino color gris
10	2.000	42.9	25.67	74.33	63.27	
20	0.840	25.5	15.26	59.07	50.28	Análisis efectuado con
40	0.420	23.2	13.88	45.18	38.46	muestra total de
60	0.250	18.4	11.01	34.17	29.09	167.10 g
100	0.149	23.2	13.88	20.29	17.27	
200	0.074	17.5	10.47	9.81	8.35%	% material menor que 200
pasa 200		16.4	-----			
	sumas	167.1	76.77%			



L.L.= 21.8
L.P.= -
I.P.= -
C.L.= -

Cu= 15.00
Cc= 0.65

G= 14.88%
S= 76.77%
F= 8.35%

S.U.C.S.: SP-SM

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 72 Granulometría. Sondeo 36. Muestra 6.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-37
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-19.75	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 574,641.00 m E; Y: 2,105,384.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	0.30

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg LL.	LP.	IP.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.30						Tirante de agua											
-0.75	1	PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-1.30		APL															
-1.75	2	PH	PH	PH	SR												
-2.30		APL															
-2.75		PH	PH	PH	SR												
-3.30	3	APL															
-3.75		PH	PH	PH	26	Arcilla color café	CL	Muy Blana	32.1	41.6	30.5	11.1	0.00	47.91	52.09	-	-
-4.30	4	APL															
-4.75		PH	PH	PH	29												
-5.30	5	APL															
-5.75	4	2	2	2	30	Arcilla color café	CL	Muy Blana	28.7	36.5	26.8	9.7	0.00	36.88	63.12	-	-
-6.30	6	APL															
-6.75	24	7	8	16	23	Arena de grano fino color grisaceo	SM	56.0	18.1	23.2	NP	NP	.00	63.54	36.46	-	-
-7.30	7	APL															
-7.75	25	8	10	15	27	Arena de grano fino color gris	SP-SM	57.5	18.6	22.7	NP	NP	0.00	91.52	8.48	-	-
-8.30	8	APL															
-8.75	28	10	12	16	26	Arena de grano fino color gris	SP-SM	62.0	20.2	21.8	NP	NP	0.00	93.21	6.79	-	-
-9.30	9	APL															
-9.75	29	9	13	16	25	Arena de grano fino color gris	SP	63.5	19.7	20.3	NP	NP	0.00	95.02	4.98	-	-
-10.30	10	APL															
-10.75	31	9	14	17	28	Arena de grano fino color gris	SP	66.0	18.3	20.7	NP	NP	0.00	94.93	5.07	-	-
-11.30	11	APL															
-11.75	36	12	17	19	27	Arena de grano fino color gris	SP-SM	71.0	17.7	20.7	NP	NP	0.00	93.58	6.42	-	-
-12.30	12	APL															
-12.75	42	10	20	22	22	Arena de grano fino color gris	SP-SM	77.0	18.0	21.2	NP	NP	0.00	94.34	5.66	-	-
-13.30	13	APL															
-13.75	46	16	23	23	23	Arena de grano fino color gris	SP-SM	81.0	17.5	19.7	NP	NP	0.14	92.65	7.20	-	-
-14.30	14	APL															
-14.75	→	18	26	28	25	Arena de grano fino color gris	SP-SM	85.0	18.9	20.3	NP	NP	1.83	90.36	7.82	-	-
-15.00	15	APL															

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standared Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

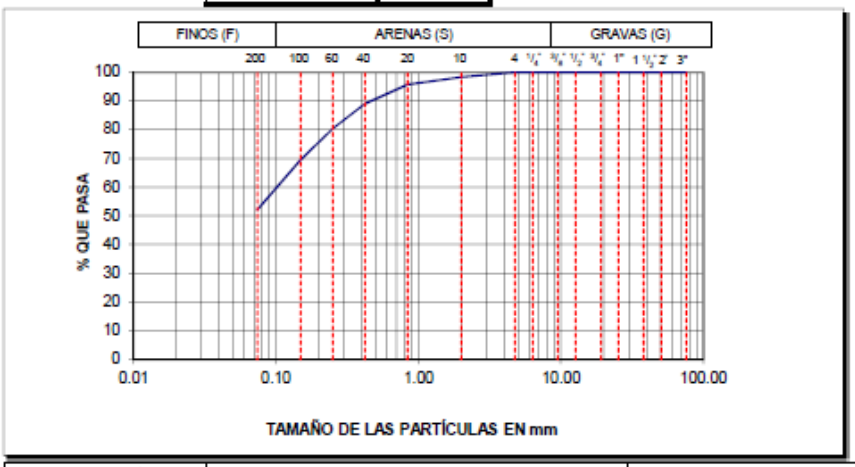
Figura 73 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 37.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-37
MUESTRA:	4, 5
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-2.75 a -4.75 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	186.20 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		186.2	-----		
	sumas	186.2	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	3.2	1.72	98.28	98.28	
20	0.840	4.8	2.58	95.70	95.70	Análisis efectuado con
40	0.420	12.5	6.71	88.99	88.99	muestra total de
60	0.250	16.2	8.70	80.29	80.29	186.20 g
100	0.149	20.2	10.85	69.44	69.44	
200	0.074	32.3	17.35	52.09	**52.09%**	% material menor que 200
pasa 200		97.0	-----			
	sumas	186.2	47.91%			



L.L.=	41.6
L.P.=	30.5
I.P.=	11.1
C.L.=	4.0%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	47.91%
F=	52.09%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 74 Granulometría. Sondeo 37. Muestra 4, 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	Pagina:	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Sondeo:	S-38
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyután en Manzanillo Col.	Fecha de la prueba:	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano López	Equipo:	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"	Fecha del reporte:	
Prof. alcanzada (m):	-21.65	Coordenadas:	Coordenadas UTM X: 573,929.00 m E; Y: 2,104,775.00 m N	Tirante de agua (m):	1.20

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.20	1		APL			Tirante de agua											
-1.65		P H	PH	P H	SR												
-2.20	2		APL														
-2.65		P H	PH	P H	SR												
-3.20	3		APL			Arcilla color café											
-3.65		P H	PH	P H	SR												
-4.20	4		APL														
-4.65		P H	PH	P H	SR												
-5.20	5		APL														
-5.65	2	1	1	1	32	Arcilla color café	CH	Muy Blanda	46.5	51.2	43.3	7.9	0.00	37.40	62.60	-	-
-6.20	6		APL														
-6.65	4	1	2	2	36	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	35.6	37.2	29.2	8.0	0.00	41.97	58.03	-	-
-7.20	7		APL														
-7.65	18	5	8	10	19	Arena fina color gris	SM	47.0	17.6	23.0	NP	NP	0.00	86.79	13.21	-	-
-8.20	8		APL														
-8.65	25	8	12	13	26	Arena fina color gris	SP-SM	57.5	18.5	20.8	NP	NP	0.00	91.73	8.27	-	-
-9.20	9		APL														
-9.65	32	9	14	18	28	Arena fina color gris	SP-SM	67.0	19.0	21.2	NP	NP	0.00	91.41	8.59	-	-
-10.20	10		APL														
-10.65	45	13	19	26	27	Arena fina color gris	SP-SM	80.0	18.4	20.5	NP	NP	0.00	96.15	3.85	-	-
-11.20	11		APL														
-11.65	45	15	20	25	26	Arena fina color gris	SP-SM	80.0	19.3	19.9	NP	NP	0.00	91.13	8.87	-	-
-12.20	12		APL														
-12.65	47	16	21	26	23	Arena fina color gris	SP-SM	82.0	21.1	19.7	NP	NP	0.00	92.96	5.63	-	-
-13.20	13		APL														
-13.65	→	16	24	35	25	Arena fina color gris	SP-SM	85.0	18.0	20.7	NP	NP	0.00	91.02	8.28	-	-
-14.20	14		APL														
-14.65	→	18	22	29	22	Arena fina color gris	SP-SM	85.0	19.3	21.3	NP	NP	0.66	88.65	10.68	-	-
-15.00	15		APL														

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
N/D = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

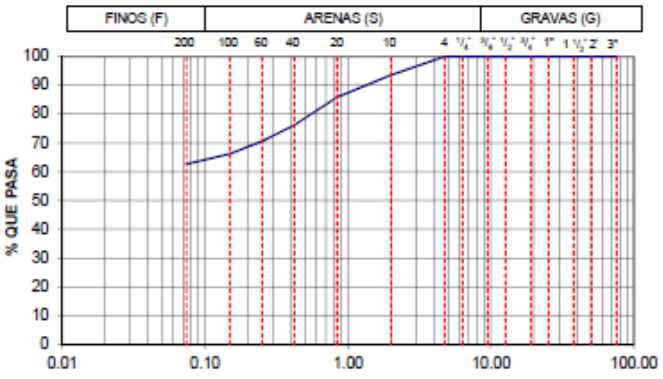
Figura 75 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 38.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-38 MUESTRA: 5
ESTRATO:	1 PROFUNDIDAD: -4.65 a -5.65

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	172.20 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		172.2	-----		
	sumas	172.2	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	11.2	6.50	93.50	93.50	
20	0.840	13.2	7.67	85.83	85.83	Análisis efectuado con
40	0.420	16.8	9.76	76.07	76.07	muestra total de
60	0.250	9.6	5.57	70.50	70.50	172.20 g
100	0.149	7.5	4.36	66.14	66.14	
200	0.074	6.1	3.54	62.60	**62.60%**	% material menor que 200
pasa 200		107.8	-----			
	sumas	172.2	37.40%			

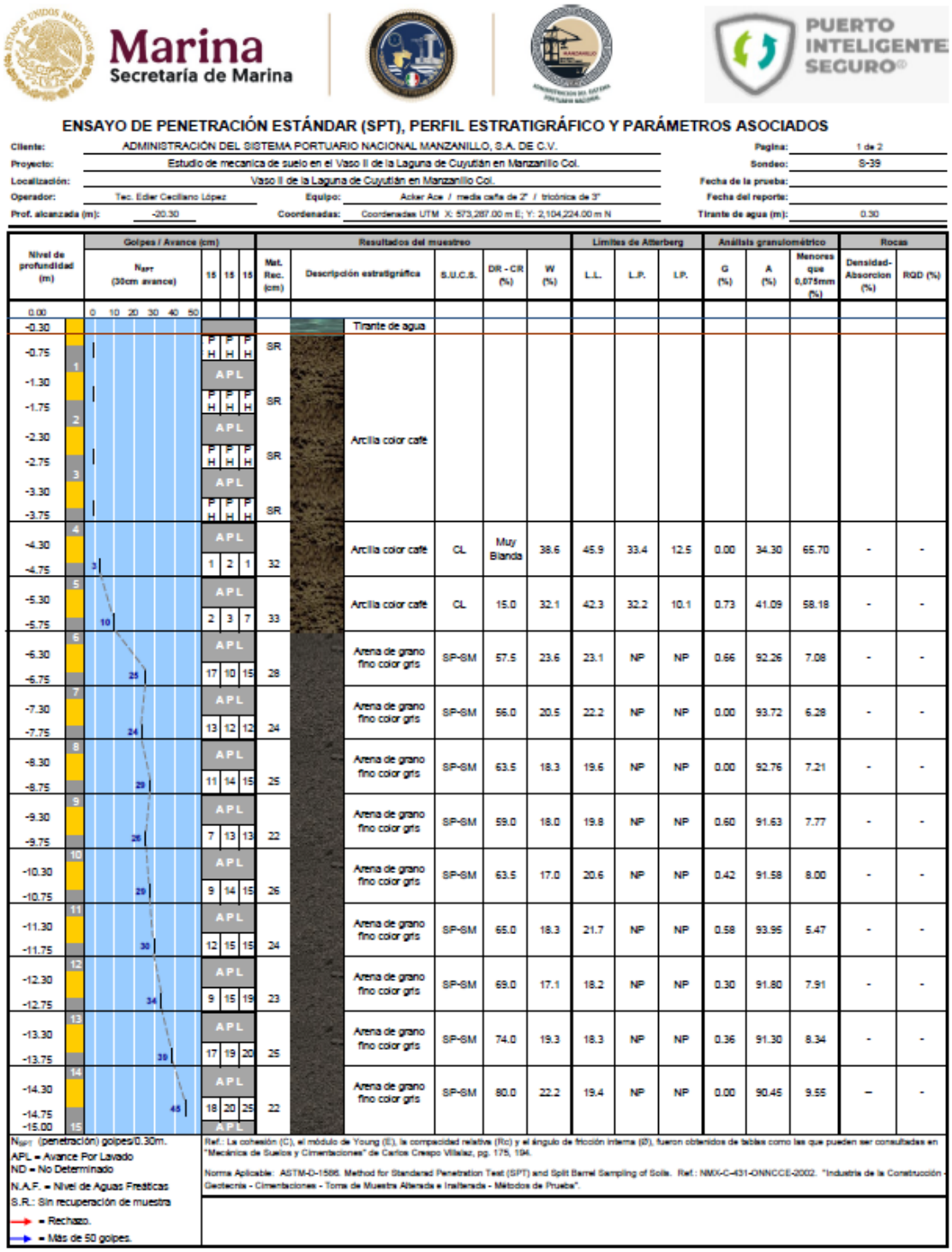


L.L.=	51.2
L.P.=	43.3
I.P.=	7.9
C.L.=	3.1%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	37.40%
F=	62.60%

S.U.C.S.: CH

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 76 Granulometría. Sondeo 38. Muestra 5.



ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-39
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Edier Cecilano López	**Equipo:**	Acker Ace / media caña de 2" / tricónica de 3"
Fecha del reporte:			
Prof. alcanzada (m):	-20.30	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 573,287.00 m E; Y: 2,104,224.00 m N
Tirante de agua (m):	0.30		

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-0.30						Tirante de agua											
-0.75		P H	P H	P H	SR	Arcilla color café											
-1.30	1	APL															
-1.75		P H	P H	P H	SR												
-2.30	2	APL															
-2.75		P H	P H	P H	SR												
-3.30	3	APL															
-3.75		P H	P H	P H	SR												
-4.30	4	APL				Arcilla color café	CL	Muy Blanda	38.6	45.9	33.4	12.5	0.00	34.30	65.70	-	-
-4.75	3	1	2	1	32												
-5.30	5	APL				Arcilla color café	CL	15.0	32.1	42.3	32.2	10.1	0.73	41.09	58.18	-	-
-5.75	10	2	3	7	33												
-6.30	6	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	57.5	23.6	23.1	NP	NP	0.66	92.26	7.08	-	-
-6.75	25	17	10	15	28												
-7.30	7	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	56.0	20.5	22.2	NP	NP	0.00	93.72	6.28	-	-
-7.75	24	13	12	12	24												
-8.30	8	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	63.5	18.3	19.6	NP	NP	0.00	92.76	7.21	-	-
-8.75	29	11	14	15	25												
-9.30	9	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	59.0	18.0	19.8	NP	NP	0.60	91.63	7.77	-	-
-9.75	26	7	13	13	22												
-10.30	10	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	63.5	17.0	20.6	NP	NP	0.42	91.58	8.00	-	-
-10.75	29	9	14	15	26												
-11.30	11	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	65.0	18.3	21.7	NP	NP	0.58	93.95	5.47	-	-
-11.75	30	12	15	15	24												
-12.30	12	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	69.0	17.1	18.2	NP	NP	0.30	91.80	7.91	-	-
-12.75	34	9	15	19	23												
-13.30	13	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	74.0	19.3	18.3	NP	NP	0.36	91.30	8.34	-	-
-13.75	39	17	19	20	25												
-14.30	14	APL				Arena de grano fino color gris	SP-SM	80.0	22.2	19.4	NP	NP	0.00	90.45	9.55	-	-
-14.75	45	18	20	25	22												
-15.00	15	APL															

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
ND = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-431-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

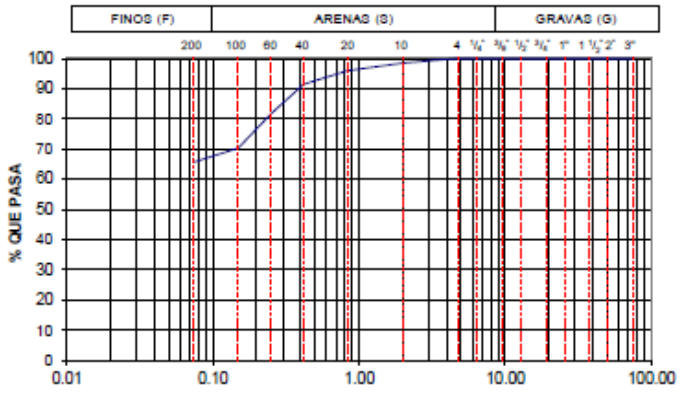
Figura 77 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 39.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.
PROYECTO:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.
UBICACIÓN:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.
SONDEO:	S-39
MUESTRA:	5
ESTRATO:	1
PROFUNDIDAD:	-3.75 a -4.75 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	147.80 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		147.8	———		
	sumas	147.8	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color café
10	2.000	2.3	1.56	98.44	98.44	
20	0.840	3.6	2.44	96.01	96.01	Análisis efectuado con
40	0.420	6.7	4.53	91.47	91.47	muestra total de
60	0.250	14.5	9.81	81.66	81.66	147.80 g
100	0.149	16.8	11.37	70.30	70.30	
200	0.074	6.8	4.60	65.70	**65.70%**	% material menor que 200
pasa 200		97.1	———			
	sumas	147.8	34.30%			



L.L.=	45.9
L.P.=	33.4
I.P.=	12.5
C.L.=	4.0%
Cu=	NA
Cc=	NA
G=	0.00%
S=	34.30%
F=	65.70%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 78 Granulometría. Sondeo 39. Muestra 5.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT), PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y PARÁMETROS ASOCIADOS

Cliente:	ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.	**Pagina:**	1 de 2
Proyecto:	Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Sondeo:**	S-40
Localización:	Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.	**Fecha de la prueba:**	
Operador:	Tec. Edier Ceciliano Lopez	**Equipo:**	Long Year P-34/ media caña de 2" / tricónica de 3"
Prof. alcanzada (m):	-21.95	**Coordenadas:**	Coordenadas UTM X: 574,286.00 m E; Y: 2,106,182.00 m N
		Fecha del reporte:	
		Tirante de agua (m):	1.50

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm) N_{SPT} (30cm avance)	15	15	15	Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	DR - CR (%)	W (%)	Límites de Atterberg L.L.	L.P.	I.P.	Análisis granulométrico G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	Rocas Densidad-Absorcion (%)	RQD (%)
0.00	0 10 20 30 40 50																
-1.50				APL		Tirante de agua											
-1.95		PH	PH	PH	SR	Arcilla color café											
-2.50				APL													
-2.95		PH	PH	PH	SR												
-3.50				APL													
-3.95		PH	PH	PH	SR												
-4.50				APL													
-4.95		PH	PH	PH	SR												
-5.50				APL													
-5.95	2	1	1	1	34	Arcilla color café	CL	Muy Blanda	42.5	35.9	25.3	10.6	0.00	31.45	68.55	-	-
-6.50				APL													
-6.95	3	1	1	2	35												
-7.50				APL													
-7.95	25	9	10	15	22	Arena poco limoas color café	SP-SM	57.5	23.2	20.8	NP	NP	0.00	91.82	8.18	-	-
-8.50				APL													
-8.95	26	10	12	16	25	Arena poco limoas color café	SP-SM	59.0	16.8	20.5	NP	NP	0.00	90.01	9.99	-	-
-9.50				APL													
-9.95	34	13	14	20	21	Arenas finas color gris	SP-SM	69.0	22.2	20.9	NP	NP	0.00	91.74	8.26	-	-
-10.50				APL													
-10.95	41	13	19	22	23	Arenas finas color gris	SP-SM	76.0	18.9	19.8	NP	NP	0.00	92.83	7.17	-	-
-11.50				APL													
-11.95	44	19	20	24	19	Arenas finas color gris	SP-SM	79.0	19.6	23.1	NP	NP	0.00	91.70	8.30	-	-
-12.50				APL													
-12.95	49	23	25	24	20	Arenas finas color gris	SP-SM	84.0	18.4	21.0	NP	NP	0.00	91.75	8.25	-	-
-13.50				APL													
-13.95	49	19	20	29	24	Arenas finas color gris	SP-SM	84.0	17.5	21.3	NP	NP	0.00	92.51	7.49	-	-
-14.50				APL													
-14.95	→	19	26	26	25	Arenas finas color gris	SP	85.0	18.2	19.1	NP	NP	0.00	91.78	8.25	-	-

N_{SPT} (penetración) golpes/0.30m.
APL = Avance Por Lavado
N/D = No Determinado
N.A.F. = Nivel de Aguas Freáticas
S.R.: Sin recuperación de muestra
→ = Rechazo.
→ = Más de 50 golpes.

Ref.: La cohesión (C), el módulo de Young (E), la compacidad relativa (Rc) y el ángulo de fricción interna (Ø), fueron obtenidos de tablas como las que pueden ser consultadas en "Mecánica de Suelos y Cimentaciones" de Carlos Crespo Villalaz, pg. 175, 194.

Norma Aplicable: ASTM-D-1586. Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split Barrel Sampling of Soils. Ref.: NMX-C-491-ONNCCE-2002. "Industria de la Construcción - Geotecnia - Cimentaciones - Toma de Muestra Alterada e Inalterada - Métodos de Prueba".

Figura 79 Ensayo de Penetración Estándar (SPT), perfil estratigráfico y parámetros asociados 1 de 2. Sondeo 40.

Marina
Secretaría de Marina
PUERTO INTELIGENTE SEGURO®

CLIENTE: ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA PORTUARIO NACIONAL MANZANILLO, S.A. DE C.V.

PROYECTO: Estudio de mecanica de suelo en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Mzo., Col.

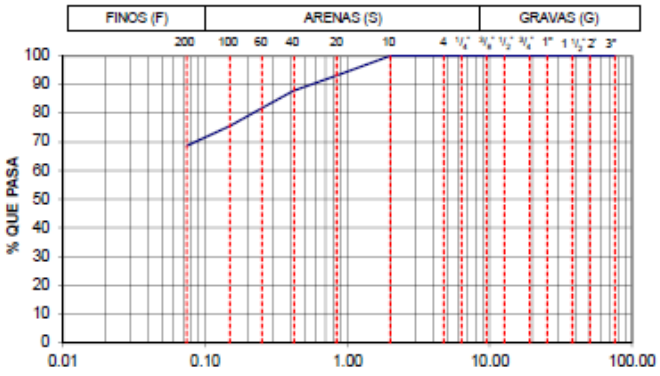
UBICACIÓN: Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en Manzanillo Col.

SONDEO: S-40 **MUESTRA:** 5, 6

ESTRATO: 1 **PROFUNDIDAD:** -4.95 a -6.95 m

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	ACUMULATIVO % QUE PASA	OBSERVACIONES
				100.00	
3"	76.200	0.0	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00	Análisis efectuado con
1"	25.400	0.0	0.00	100.00	muestra total de
3/4"	19.050	0.0	0.00	100.00	233.70 g
1/2"	12.700	0.0	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.0	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.0	0.00	100.00	
No. 4	4.760	0.0	0.00	100.00	% material menor que No. 4
pasa No.4		233.7	-----		
	sumas	233.7	0.00%		

MALLA	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	% PARCIAL RETENIDO	% ACUM. QUE PASA		OBSERVACIONES
				MUESTRA< No.4	MUESTRA TOTAL	
				100.00	100.00	Arcilla color cafe
10	2.000	0.0	0.00	100.00	100.00	
20	0.840	16.2	6.93	93.07	93.07	Análisis efectuado con
40	0.420	12.2	5.22	87.85	87.85	muestra total de
60	0.250	14.3	6.12	81.73	81.73	233.70 g
100	0.149	14.7	6.29	75.44	75.44	
200	0.074	16.1	6.89	68.55	68.55%	% material menor que 200
pasa 200		160.2	-----			
	sumas	233.7	31.45%			



L.L.= 35.9
L.P.= 25.3
I.P.= 10.6
C.L.= 4.9%

Cu= NA
Cc= NA

G= 0.00%
S= 31.45%
F= 68.55%

S.U.C.S.: CL

Jefe de Laboratorio	Revisó	Vo. Bo.

Figura 80 Granulometría. Sondeo 40. Muestra 5, 6.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo con lo observado, los suelos en el área de estudio están constituidos por un estrato superficial de arcillas de alta plasticidad con presencia de fósiles marinos, en algunos casos mezclados con turba (materia orgánica, en su totalidad compuesta por conchas marinas), en cantidades pequeñas. al cual subyace un estrato de arenas de grano fino de compacidad baja a alta de acuerdo con la profundidad como se observan en los perfiles estratigráficos presentados en el capítulo anterior.

La variedad de materiales componentes de los diferentes estratos detectados se expresa de otra manera a través de su tipología, tal como se describe a continuación:

Tabla 2 Tipo de suelo asignado a los estratos.

Sondeo	Profundidad	Tipo de suelo
S-01	-15.50 a -16.50 m	III
	-16.50 a -18.50 m	II
	-18.50 a -30.00 m	I
S-02	-15.50 a -16.95 m	III
	-16.95 a -18.50 m	II
	-18.50 - 30.00 m	I
s-03	-15.50 a -16.95 m	III
	-16.95 a -17.95 m	II
	-17.95 a -30.00 m	I
S-04	-2.50 a -6.95 m	III
	-6.95 a -7.95 m	II
	-7.95 a -22.95 m	I
S-05	-0.50 m a -14.95 m	III
	-14.95 a -16.95 m	II
	-16.95 a -20.95m	I
S-06	-1.20 a -11.65 m	III
	-11.65 a -12.65 m	II
	-12.65 a -21.65 m	I
S-07	-1.40 a -10.85 m	III
	-10.85 a -12.85 m	II
	-12.85 a -21.85 m	I

Sondeo	Profundidad	Tipo de suelo
S-08	-1.50 a -7.95 m	III
	-7.95 a -11.95 m	II
	-11.95 a -21.95 m	I
S-09	-1.20 a -6.65 m	III
	-6.65 a -21.65	I
S-10	-2.40 a -15.40 m	III
	-15.40 a -17.85 m	II
	-17.85 a -22.85 m	I
S-11	-1.50 a -6.95 m	III
	-6.95 a -11.95 m	II
	-11.95 a -21.95 m	I
S-12	-1.40 a -10.85 m	III
	-10.85 a -12.85 m	II
	-12.85 a -21.85 m	I
S-13	-0.50 a -8.95 m	III
	-8.95 a -10.95 m	II
	-10.95 a -20.95	I
S-14	-0.50 a -6.95 m	III
	-6.95 a -9.95 m	II
	-9.95 a -20.95 m	I

Tabla 3 Continuación Tipo de suelo asignado a los estratos.

Sondeo	Profundidad	Tipo de suelo
S-15	-1.60 a -11.05 m	III
	-11.05 a -14.05 m	II
	-14.05 a -22.05	I
S-16	-0.80 a -8.25 m	III
	-8.25 a -11.25 m	II
	-11.25 a -21.25 m	I
S-17	-1.60 a -7.05 m	III
	-7.05 a -22.05 m	I
S-18	-1.80 a -6.25 m	III
	-6.25 a -7.25 m	II
	-7.25 a -22.25 m	I
S-19	-1.30 a -5.75 m	III
	-5.75 a -6.75 m	II
	-6.75 a -20.75 m	I
S-20	-1.20 a -5.65 m	III
	-5.65 a -6.65 m	II
	-6.65 a -21.65 m	I
S-21	-1.40 a -6.85 m	III
	-6.85 a -10.85 m	II
	-10.85 a -21.85 m	I
S-22	-1.20 a -8.65 m	III
	-8.65 a -9.65 m	II
	-9.65 a -21.65 m	I
S-23	-1.30 a -11.75 m	III
	-11.75 a -14.75 m	II
	-14.75 a -20.75 m	I
S-24	-0.50 a -6.95 m	III
	-6.95 a -8.95 m	II
	-8.95 a -20.95 m	I
S-25	-0.50 s -7.95 m	III
	-7.95 s -10.95 m	II
	-10.95 a -10.95 m	I
S-26	-1.40 a -6.85 m	III
	-6.85 a -9.85 m	II
	-9.85 a -21.85 m	I
S-27	-1.40 a -6.85 m	III
	-6.85 a -9.85 m	II
	-9.85 a -21.85 m	I

Sondeo	Profundidad	Tipo de suelo
S-28	-0.70 a -6.15 m	III
	-6.15 a -11.65 m	II
	-11.65 a -21.65 m	I
S-29	-1.20 a -6.65	III
	-6.65 a -11.65 m	II
	-11.65 a -21.65 m	I
S-30	-1.50 a -6.95 m	III
	-6.95 a -21.95 m	I
S-31	-1.40 a -5.85 m	III
	-5.85 a -6.85 m	II
	-6.85 a -21.85 m	I
S-32	-0.70 a -7.15 m	III
	-7.15 a -10.15 m	II
	-10.15 a -21.15 m	I
S-33	-0.70 a -7.15 m	III
	-7.15 a -10.15 m	II
	-10.15 a -21.15 m	I
S-34	-1.60 a -9.05 m	III
	-9.05 a -22.05 m	I
S-35	-0.50 a -7.95 m	III
	-7.95 a -8.95 m	II
	-8.95 a -20.95 m	I
S-36	-0.90 a -8.35 m	III
	-8.35 a -10.35 m	II
	-10.35 a -21.35 m	I
S-37	-0.30 a -5.75 m	III
	-5.75 a -19.75 m	I
S-38	-1.20 a -6.65 m	III
	-6.65 a -9.65 m	II
	-9.65 a -21.65 m	I
S-39	-0.30 a -5.75 m	III
	-5.75 a -12.75 m	II
	-12.75 a - 19.75m	I
S-40	-1.50 a -6.95 m	III
	-6.95 a -9.95 m	II
	-9.95 a -21.95	I

Descripción de los tipos de suelo:

Suelo tipo I: Suelos formados por gravas y arenas muy compactas; suelos cohesivos muy duros; en general, suelos con densidades relativas iguales o superiores a 65%.

Suelos tipo II: Suelos granulares medianamente densos; suelos cohesivos de consistencia dura; en general, suelos con densidades relativas entre 35 y 65%; suelos con poca compresibilidad con poco riesgo de asentamientos.

Suelos tipo III: Suelos granulares poco densos; suelos cohesivos blandos o semiduros; en general, suelos con densidades relativas menores a 35%; suelos compresibles con riesgo de asentamientos.

6. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SONDEOS. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.



Figura 81 Localización de los sondeos.

7. REPORTE FOTOGRÁFICO.



Figura 82 Sondeo 1.



Figura 83 Sondeo 2.



Figura 84 Sondeo 3.



Figura 85 Sondeo 4.



Figura 86 Sondeo 5.



Figura 87 Sondeo 6.



Figura 88 Sondeo 7.



Figura 89 Sondeo 8.



Figura 90 Sondeo 9.



Figura 91 Sondeo 10.



Figura 92 Sondeo 11.



Figura 93 Sondeo 12.



Figura 94 Sondeo 13.



Figura 95 Sondeo 14.



Figura 96 Sondeo 15.



Figura 97 Sondeo 16.



Figura 98 Sondeo 17.



Figura 99 Sondeo 18.



Figura 100 Sondeo 19.



Figura 101 Sondeo 20.



Figura 102 Sondeo 21.



Figura 103 Sondeo 22.



Figura 104 Sondeo 23.



Figura 105 Sondeo 24.



Figura 106 Sondeo 25.



Figura 107 Sondeo 26.



Figura 108 Sondeo 27.



Figura 109 Sondeo 28.



Figura 110 Sondeo 29.



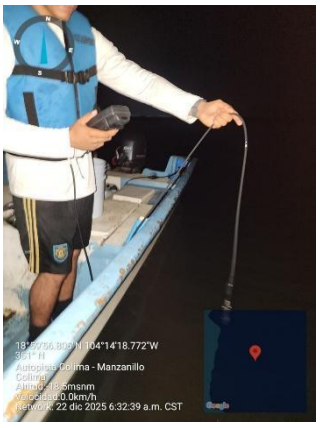
Figura 111 Sondeo 30.

I. ANEXO MECANICA DE SUELOS


19°0'15.827"N 104°13'8.318"W
357° N
Autopista Colima - Manzanillo
Colima
Altitud:-21.8msnm
Velocidad:0.0km/h
Network: 22 dic 2025 6:19:40 a.m. CST


19°0'16.196"N 104°13'9.893"W
330° NW
Autopista Colima - Manzanillo
Colima
Altitud:-18.4msnm
Velocidad:5.1km/h
Network: 22 dic 2025 6:00:38 a.m. CST




18°59'56.815"N 104°14'18.772"W
351° N
Autopista Colima - Manzanillo
Colima
Altitud:-18.3msnm
Velocidad:0.0km/h
Network: 22 dic 2025 6:32:39 a.m. CST


8.05
18°59'56.815"N 104°14'18.792"W
283° W
Autopista Colima - Manzanillo
Colima
Altitud:-27.9msnm
Velocidad:1.2km/h
Network: 22 dic 2025 6:35:41 a.m. CST


19°0'32.815"N 104°14'26.682"W
327° NW
Colima
Altitud:-20.3msnm
Velocidad:0.6km/h
Network: 22 dic 2025 7:11:59 a.m. CST


19°0'32.556"N 104°14'26.824"W
350° N
Colima
Altitud:-19.7msnm
Velocidad:0.7km/h
Network: 22 dic 2025 7:13:01 a.m. CST

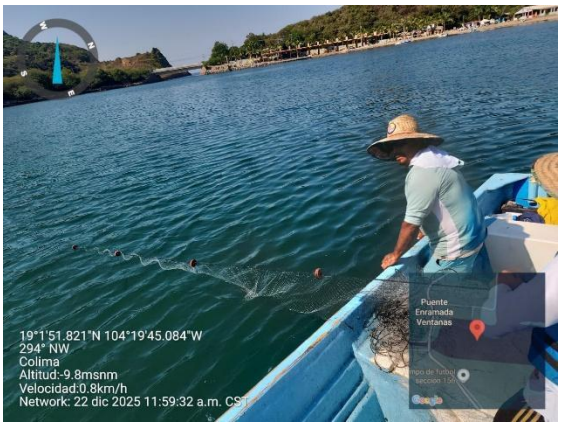

23 ene 2026 6:38:23 p.m.
19°7'27.534"N 104°24'5.142"W
Altitud:16.9m
Velocidad:0.0km/h


23 ene 2026 6:38:25 p.m.
19°7'27.516"N 104°24'5.1"W
Altitud:18.4m
Velocidad:0.0km/h


23 ene 2026 2:17:44 p.m.
18°54'18.21"N 104°3'23.496"W
Altitud:-9.3m
Velocidad:3.7km/h


24 ene 2026 7:38:00 a.m.
19°5'11.226"N 104°21'30.756"W
Altitud:-16.9m
Velocidad:1.3km/h


26 dic 2025 11:51:54 a.m.
19°7'27.057"N 104°24'4.978"W
Altitud:-9.5m


19°1'51.821"N 104°19'45.084"W
294° NW
Colima
Altitud:-9.8msnm
Velocidad:0.8km/h
Network: 22 dic 2025 11:59:32 a.m. CST
Puente
Enramada
Ventanas


23 dic 2025 1:22:37 p.m.
19°4'44.586"N 104°23'27.42"W
Altitud:-23.0m
Velocidad:0.0km/h


23 dic 2025 1:37:06 p.m.
19°6'31.896"N 104°22'22.05"W
Altitud:-16.8m
Velocidad:3.6km/h


24 ene 2026 7:36:09 a.m.
19°5'11.754"N 104°21'30.618"W
Altitud:-21.4m
Velocidad:0.5km/h

ANEXOS HIDROGEOLOGÍA

Tabla A 1. Datos de identificación de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI junto a algunos parámetros físicos

NUM	*FECHA*	*X*	*Y*	*TEMP*	*Q*	*NE*
45	19/08/2021	581388	2106970	29.9	12	12.5
46	19/08/2021	592940	2103310	28.8	9	22.5
49	20/08/2021	598982	2099120	29.1	25	-1
50	20/08/2021	608404	2095330	29.3	60	11.6
51	23/08/2021	616554	2094290	28.2	35	-1
52	20/08/2021	608530	2093590	29.6	30	-1
53	23/08/2021	619712	2092290	27.3	88	-1
54	23/08/2021	616717	2090030	28.7	26	-1
55	20/08/2021	606448	2087260	28.4	16	1.6
56	23/08/2021	622640	2086640	29.4	35	-1
57	23/08/2021	624977	2083730	30.8	100	-1
52	03/09/2015	581384	2106970	30.3	10	-1
54	03/09/2015	592942	2103310	31.5	10	12
56	07/09/2015	598992	2099120	28.8	35	6
58	07/09/2015	608400	2095320	29.1	40	-1
59	07/09/2015	608734	2094270	28.8	35	-1
60	03/09/2015	616549	2094280	28.3	64	9
61	07/09/2015	610202	2093690	28.8	41	10
62	07/09/2015	608525	2093590	28.4	50	-1

63	03/09/2015	619713	2092290	27.4	60	10
64	03/09/2015	616719	2090020	29.4	35	14.5
65	03/09/2015	606444	2087250	30.6	15	-1
66	02/09/2015	622640	2086660	29.3	40	-1
67	03/09/2015	609449	2085230	29.7	15	7
68	03/09/2015	610879	2083820	28.9	40	7
69	02/09/2015	624980	2083720	31.1	80	-1
1	19/11/1979	597570.19	2108930.49	-	-	-
2	18/11/1979	577976.351	2107750.14	-	-	5
3	18/11/1979	582083.975	2106711.43	-	-	9
4	18/11/1979	588741.159	2102816.27	-	-	20

Tabla A 2. Concentraciones de los cationes, ID y fecha de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI.

NUM	***FECHA***	***Ca^{2+}***	***Mg^{2+}***	***Na^{+}***	***K^{+}***
45	19/08/2021	52.94	23.85	37.24	5.03
46	19/08/2021	67.1	27.17	35.17	3.79
49	20/08/2021	98.15	47.13	76.79	7.03
50	20/08/2021	173.75	62.83	78.86	7.04
51	23/08/2021	98.42	39.76	75.87	8.9
52	20/08/2021	126.2	55.04	91.6	27.26
53	23/08/2021	123.91	37.18	65.98	12.52
54	23/08/2021	124.08	52.45	79.78	12.82
55	20/08/2021	85.09	35.14	119.78	13.38

56	23/08/2021	322.96	102.83	96.97	12.06
57	23/08/2021	119.27	32.98	60	12.94
52	03/09/2015	96.79	25.27	55.29	2.35
54	03/09/2015	56.91	16.65	34.94	7.82
56	07/09/2015	105.81	42.65	97.36	2.03
58	07/09/2015	198.8	71.44	68	1.8
59	07/09/2015	114.43	37.79	40.62	1.96
60	03/09/2015	157.51	35.84	82.76	5.67
61	07/09/2015	119.84	35.25	45.45	3.56
62	07/09/2015	122.85	44.47	79.43	11.53
63	03/09/2015	139.28	30.38	60.12	5.87
64	03/09/2015	133.67	44.23	72.19	5.67
65	03/09/2015	84.37	39	95.41	7.23
66	02/09/2015	311.02	51.03	82.3	5.47
67	03/09/2015	69.74	15.43	51.96	8.99
68	03/09/2015	65.93	15.19	49.43	7.62
69	02/09/2015	120.04	44.23	57.36	5.87
1	19/11/1979	30	17.3	21.2	5.1
2	18/11/1979	24	37.7	77.3	1.6
3	18/11/1979	56	18.6	15	2.3
4	18/11/1979	86	46.9	44.4	1.6

Tabla A 3. Concentraciones de los aniones, ID y fecha de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI.

NUM	*FECHA*	*SO_4^{2-}*	*HCO_3^-*	*Cl^-*	*NO_3^-*
45	19/08/2021	78.5	192.69	32.14	30.8
46	19/08/2021	58	293.59	28.7	19.52
49	20/08/2021	43.94	268.93	196.42	27.89
50	20/08/2021	324.2	374.49	138.67	29.75
51	23/08/2021	209	308.93	76.35	0
52	20/08/2021	278.29	385.92	83.18	24.73
53	23/08/2021	244.6	348.93	67.85	2.54
54	23/08/2021	303.53	346.22	77.64	0.43
55	20/08/2021	131.32	212.39	203.23	0
56	23/08/2021	954.8	385.32	30.8	8.99
57	23/08/2021	269.24	247.58	47.66	1.55
52	03/09/2015	118	234.83	86.92	30.79
54	03/09/2015	57.6	237.22	24.52	14.22
56	07/09/2015	40	295.37	246.32	25.12
58	07/09/2015	345.3	397.66	171.25	41.42
59	07/09/2015	197.2	281.74	63.83	27.73
60	03/09/2015	186.6	356.82	183.51	2.62
61	07/09/2015	180.9	306.85	57.7	14.6
62	07/09/2015	242.7	363.52	78.71	18.92
63	03/09/2015	265.6	313.05	66.09	3.04
64	03/09/2015	303.3	330.51	78.16	1.12

65	03/09/2015	120.5	206.13	203.7	0
66	02/09/2015	850	234.83	85.81	0.54
67	03/09/2015	141.7	189.38	38.9	0.41
68	03/09/2015	132.3	203.73	32.72	0
69	02/09/2015	304.5	253.97	55.21	1.44
1	19/11/1979	0	207.4	21	0
2	18/11/1979	50	228.8	103	2.5
3	18/11/1979	0	247.1	42	0.6
4	18/11/1979	0	295.9	195	1.2

Tabla A 4. Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos, ID y fecha de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI.

NUM	*FECHA*	*Dureza Ca*	*pH*	*CE*	*STD*
45	19/08/2021	230.44	7.5	586	293
46	19/08/2021	279.47	6.6	659	329
49	20/08/2021	439.17	6.7	1174	587
50	20/08/2021	692.65	7.2	1589	788
51	23/08/2021	409.5	8	1020	510
52	20/08/2021	541.82	7.3	1310	656
53	23/08/2021	462.54	7.3	1113	553
54	23/08/2021	525.87	7.7	1267	633
55	20/08/2021	357.21	7.8	1164	582
56	23/08/2021	1229.95	7.5	2321	1161
57	23/08/2021	433.63	7.3	1048	523

52	03/09/2015	345.78	6.9	934	459
54	03/09/2015	210.67	6.6	591	287
56	07/09/2015	439.85	6.8	1426	711
58	07/09/2015	790.63	7	1903	958
59	07/09/2015	441.35	7.4	1057	521
60	03/09/2015	540.93	7.7	1613	806
61	07/09/2015	444.41	7.3	1086	536
62	07/09/2015	489.89	7.6	1379	686
63	03/09/2015	472.88	7.3	1184	586
64	03/09/2015	515.91	7.4	1326	659
65	03/09/2015	371.3	7.7	1260	625
66	02/09/2015	986.79	7.6	2290	1161
67	03/09/2015	237.69	7.5	752	367
68	03/09/2015	227.18	7	718	350
69	02/09/2015	481.89	7.6	1113	550
1	19/11/1979	147	8.6	-	302
2	18/11/1979	217	7.4	-	525
3	18/11/1979	218	7.5	-	382
4	18/11/1979	411	8.3	-	671

Tabla A 5. Información de los niveles estáticos en 1996

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	3.1
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	4.38
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	7.48
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	11.29
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.61
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.56
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.45
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.72
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	3.51
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.08
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	11.39
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	48.58
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	2.83
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	7.43
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	9.83
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	18.28
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	15.56
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.56
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	9.63
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.51
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.28

2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.86
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	7.17

Tabla A 6. Información de los niveles estáticos en 1998.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.92
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.43
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	5.29
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	9.68
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.12
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.76
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.9
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	3.18
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	3.14
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.61
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	9.44
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	47.83
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	3.64
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	7.37
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	10.09
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	17.19
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	15.29

2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	10.12
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.49
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.95
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	6.47
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.18
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	32.17

Tabla A 7. Información de los niveles estáticos en 2000.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	19.9
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	30.85
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	25
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	8.85
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	21.61
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	13.2
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	5.6
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	5
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	3.38
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	3.1
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	6.03
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	9.57
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	7
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	12.3
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	4.24

3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	5.18
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	1.02
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	2.8
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.23
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	2.06
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	2.4
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	1.65
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	3.23
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	0.53
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	12.87
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	4.8
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	2.11
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.29
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	3.43
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	10.38
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.08
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.76
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	3.72
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.08
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	7.42
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	43.64
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	3.92

2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	5.42
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	7.14
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	16.93
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	14.53
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	11.17
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	3.81
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	2.46
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	13.77
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	5.88
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	7.45
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	9.51
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	12.98
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.41
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	6.21
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.72
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.72
2953	1040	Armería-Tecomán-Periquillos	18.946111	-103.91917	1.55
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	3.49
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	2.1

Tabla A 8. Información de los niveles estáticos en 2001.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.96
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	2.93

2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	3.84
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	12.88
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.62
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	4.93
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.36
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.07
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	4.36
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.22
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	4.17
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	4.91
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	10.78
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	10.42
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.82
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	7.31
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.56
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	4.73

Tabla A 9. Información de los niveles estáticos en 2003.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	28.55
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	43
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	35
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	13.27
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	19.8

2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	22.12
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	11
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	13.7
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	2.13
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	1.43
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	8.21
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	7.85
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	6.4
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	5.2
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	8.85
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	12.8
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	17.12
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	7.16
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	7.3
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	1.55
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	4.02
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.97
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	5.77
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	2.68
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	3
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	5.25
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	1.35
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	17.48

3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	7.4
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	0.92
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.27
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	3.52
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	7.39
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.37
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.1
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.61
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	2.88
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	1.89
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.85
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	7.32
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	48.38
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	2.14
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	5.17
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	4.31
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	16.08
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	14.82
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	9.35
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	2.76
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	2.36
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	18.71
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	8.78

2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	10.34
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	8.18
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	20.76
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.53
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	7.33
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.11
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	3.17
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	3.38

Tabla A 10. Información de los niveles estáticos en 2004.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	24.95
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	42.03
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	27.7
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	13.79
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	19.95
2988	897	Venustiano Carranza	19.003056	-104.11833	3.6
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	22.52
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	11
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	14.1
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	2
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	1.4
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	1.45
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	6.5

3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	4.5
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	4.65
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	7.8
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	11.6
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	8.96
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	15.65
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	6.2
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	6.8
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	1.4
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	3.95
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.56
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	5.05
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	2.67
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	4.55
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	1.55
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	16
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	6.55
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.36
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.9
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	5.17
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	7.48
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	3.39
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.1

2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	3.09
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.51
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	2.1
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.48
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	52.18
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	4.63
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	9.31
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	17.38
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	14.74
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	12.16
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.82
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	6.81
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	11.14
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.51
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	6.24
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.93
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	32.83
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.78
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	4.26

Tabla A 11. Información de los niveles estáticos en 2005.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	28.7
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	46.68

2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	29.05
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	16.95
2988	897	Venustiano Carranza	19.003056	-104.11833	5.2
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	24.21
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	12
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	15.2
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	3.25
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	1.5
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	9.2
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	8.5
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	4.88
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	9.2
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	13.7
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	10.83
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	16.8
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	7.55
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	8.57
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	2.15
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	4.53
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	6.95
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	2.95
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	2.95
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	5.5

3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	2.04
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	17
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	8.31
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	2.26
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	4.09
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	8.59
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	10.28
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	3.47
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.74
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	3.2
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.09
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.67
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	2.23
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.91
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	9.82
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	50.82
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	6.13
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	8.17
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	11.1
2927	450	Armería-Tecomán-Periquillos	18.845556	-103.91306	2.12
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	18.35
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	15.28
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	11.32

2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.52
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.89
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	7.38
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.37
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	35.43
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	7.51
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	4.72

Tabla A 12. Información de los niveles estáticos en 2006.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2980	367	Venustiano Carranza	19.045278	-104.10556	53.3
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	30
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	38.8
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	32.2
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	16.83
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	22.6
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	23.6
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	11.66
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	14.3
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	4.25
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	3.05
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	11.3
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	11.05
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	9

3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	7.35
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	11.58
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	17.45
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	13.8
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	22.88
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	10.4
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	11.38
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	2.62
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	5.9
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	2.95
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	8.75
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	4.14
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	4.05
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	7.3
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	2.7
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	23.65
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	11.2
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	2.72
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	4.93
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	7.28
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	3.66
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	5.28
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	1.71

2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.17
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	3.64
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	4.83
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.62
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	11.17
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	53.45
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	8.14
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	11.72
2927	450	Armería-Tecomán-Periquillos	18.845556	-103.91306	1.93
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	18.14
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	18.16
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	11.76
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	1.94
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	1.94
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	20.51
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	9.16
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	9.94
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.69
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	2.31
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	9.87
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	21.96
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	3.1
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	8.17

2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.21
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	34.1
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	7.14
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	5.41
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	4.17

Tabla A 13. Información de los niveles estáticos en 2007.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	1.71
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	3
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	5.71
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	5.71
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	4.8
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	2.5
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	5.2
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	8.53
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	7.05
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	7.58
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	10.5
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	6.05
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	0.94
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	2.39
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.1
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	4.35

3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	1.87
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	1.88
3019	939	El Colomo	19.053933	-104.21973	8.2
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	5.67
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	1.2
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	7.16
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	3.88
3024	1585	El Colomo	19.016667	-104.23694	2.15

Tabla A 14. Información de los niveles estáticos en 2008.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2980	367	Venustiano Carranza	19.045278	-104.10556	48.75
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	36.15
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	42.3
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	40.3
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	33.52
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	13.6
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	20
2987	1901	Venustiano Carranza	19.003056	-104.09833	10.74
2988	897	Venustiano Carranza	19.003056	-104.11833	8.56
2989	390	Venustiano Carranza	18.994444	-104.06861	14.8
2990	1602	Venustiano Carranza	18.985278	-104.06833	2.9
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	15.7
2992	1616	Venustiano Carranza	18.967778	-104.06056	2.2

2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	4.15
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	13.8
2995	1317	Venustiano Carranza	19.014722	-104.14833	4.38
2996	1888	Venustiano Carranza	19.011389	-104.16222	5.3
2997	393	Venustiano Carranza	18.979167	-104.06111	3.05
2998	358	Venustiano Carranza	19.016667	-104.17056	5.1
2999	356	Venustiano Carranza	19.02	-104.18583	2.5
3000	895	Venustiano Carranza	19.018056	-104.17667	3.2
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.8
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	2.1
2907	56	Armería-Tecomán-Periquillos	18.849722	-103.82861	11.38
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	6.8
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	7.5
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	4.13
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	2.2
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	7.9
2913	86	Armería-Tecomán-Periquillos	18.856944	-103.81583	3.38
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.45
2915	128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178056	-103.92222	43.6
2916	129	Armería-Tecomán-Periquillos	19.187778	-103.925	45.3
2917	131	Armería-Tecomán-Periquillos	19.203333	-103.92722	47.23
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	12
2919	219	Armería-Tecomán-Periquillos	18.863889	-103.95194	5.8

2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	3.8
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.4
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	24.15
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	45
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	2.3
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	4.35
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	11
2927	450	Armería-Tecomán-Periquillos	18.845556	-103.91306	5.4
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	10.87
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	23
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	8
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	0.3
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	4
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	22.3
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	12.23
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	8.6
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	14.56
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	7.64
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	6.2
2939	587	Armería-Tecomán-Periquillos	18.95	-103.89694	22.45
2940	608	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.95389	18.75
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	26.1
2942	617	Armería-Tecomán-Periquillos	19.0075	-103.97806	16.85

2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.3
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	13.5
2945	731	Armería-Tecomán-Periquillos	19.029722	-103.98278	73.5
2946	736	Armería-Tecomán-Periquillos	19.013611	-104.00194	50.3
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.3
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	49.3
2949	907	Armería-Tecomán-Periquillos	19.043333	-103.99833	76.91
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.3
2951	968	Armería-Tecomán-Periquillos	18.760556	-103.72833	14
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	5.5
2953	1040	Armería-Tecomán-Periquillos	18.946111	-103.91917	18.22
2954	1122	Armería-Tecomán-Periquillos	19.088333	-103.88222	65
2955	1131	Armería-Tecomán-Periquillos	18.906111	-103.96444	11.8
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	2.7
2957	1333	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.94417	13.42
2958	1364	Armería-Tecomán-Periquillos	18.777222	-103.75472	12.6
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	5.4
2960	1631	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8975	-104.00389	4.1
2961	1697	Armería-Tecomán-Periquillos	18.768056	-103.79556	4.56
2962	1840	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935	-103.83333	4.16
2963	1962	Armería-Tecomán-Periquillos	18.831389	-103.83806	1.1

Tabla A 15. Información de los niveles estáticos en 2010.

Núm. Pozo	***Nombre pozo***	***Acuífero***	***Latitud***	***Longitud***	***NE***

2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	3.15
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	1.7
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	4.2
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	3.9
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.4
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.3
2915	128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178056	-103.92222	27.8
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.8
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	4.15
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	3.6
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	1.5
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	6.8
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	16.8
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	15.8
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	7.2
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	1.8

Tabla A 16. Información de los niveles estáticos en 2018.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	9
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	11.2
2915	128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178056	-103.92222	31.3
2916	129	Armería-Tecomán-Periquillos	19.187778	-103.925	28.03
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	7.2

2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	3.7

Tabla A 17. Información de los niveles estáticos en 2025.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.62
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	1.65
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	1.74
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	1.89
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	7
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	7
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	7
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	10.7
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	10.8
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	14.6
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	19.44
2946	736	Armería-Tecomán-Periquillos	19.013611	-104.00194	36.08
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.6
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	36.43
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	6.87
2953	1040	Armería-Tecomán-Periquillos	18.946111	-103.91917	24.34
2954	1122	Armería-Tecomán-Periquillos	19.088333	-103.88222	13.76
2955	1131	Armería-Tecomán-Periquillos	18.906111	-103.96444	7.77
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	6
2958	1364	Armería-Tecomán-Periquillos	18.777222	-103.75472	14.17

2960	1631	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8975	-104.00389	2.26
2961	1697	Armería-Tecomán-Periquillos	18.768056	-103.79556	4.6
2962	1840	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935	-103.83333	2
2963	1962	Armería-Tecomán-Periquillos	18.831389	-103.83806	1.85
2964	P-2009	Armería-Tecomán-Periquillos	19.0886	-103.9114	23
2965	P-913	Armería-Tecomán-Periquillos	19.111103	-103.88502	7.63
2966	P-2270	Armería-Tecomán-Periquillos	18.881678	-103.98454	1.73
2967	P-635	Armería-Tecomán-Periquillos	18.843297	-103.94754	6.46
2968	N-2461	Armería-Tecomán-Periquillos	19.1598	-103.8729	2.9
2969	P-2471	Armería-Tecomán-Periquillos	19.0288	-103.874	4
2970	P-587 Bis	Armería-Tecomán-Periquillos	18.951097	-103.89528	16.3
2971	P-467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935711	-103.91787	15
2972	P-128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178536	-103.92271	16.5
2973	P-521	Armería-Tecomán-Periquillos	18.941791	-103.96941	19.8
2974	P-1332	Armería-Tecomán-Periquillos	18.928484	-103.94433	13.32
2975	P-725	Armería-Tecomán-Periquillos	18.998491	-103.9918	7.24
2976	P-1388	Armería-Tecomán-Periquillos	18.94	-104.02242	6.01
2977	P-248	Armería-Tecomán-Periquillos	18.967053	-103.84604	18
2978	P-93 Bis	Armería-Tecomán-Periquillos	18.862315	-103.81888	2.67
2979	N-75	Armería-Tecomán-Periquillos	18.82546	-103.79414	3.18

“Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, III y IV) para medir el impacto hídrico debido de la construcción de un puerto”

CONCEPTO

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

Contenido

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO 4
1 INTRODUCCIÓN 4
2 OBJETIVOS 4
2.1 Objetivos particulares 4
3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO 5
3.1 Antecedentes 5
3.1.1 Geología 5
3.1.2 Estratigrafía 7
3.2 Acuíferos 8
3.2.1 Acuífero El Colomo. 9
3.2.2 Acuífero Venustiano Carranza 12
3.2.3 Acuífero Jalipa - Tapeixtles 13
3.2.4 Acuífero Armería Tecomán Periquillos 16
4 METODOLOGÍA 21
4.1 Recopilación de información y bases de datos 21
4.2 Trabajo de campo 23
4.3 Cálculo del flujo subterráneo 27
4.4 Modelación de agua subterránea 30
4.4.1 Delimitación de los modelos 30
4.4.2 Propiedades hidráulicas del modelo 34
4.4.3 Condiciones de fronteras 36
4.4.4 Calibración del modelo 37
5 45
5.1 Usos del agua subterránea 38
5.2 Análisis Hidrogeoquímico de información disponible 41
5.3 Niveles estáticos 52
5.3.1 Niveles históricos 52

5.4 Niveles estáticos actuales. Campaña de campo 65
5.3 Aporte del acuífero a la Laguna Cuyutlán 68
5.5 Resultados del modelo hidrogeológico El Colomo 74
5.6 Resultados del modelo hidrogeológico del acuífero Valle de Venustiano Carranza 75
5.6 Modelo conceptual hidrogeológico de la Laguna de Cuyutlán 77
6 DISCUSIÓN 78
ANEXOS 81

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

1 INTRODUCCIÓN

La Laguna de Cuyutlán, situada en la costa del Pacífico de Colima, México, es uno de los sistemas de lagunas costeras dominantes en el oeste de México desde el punto de vista hidrológico, ecológico y socioeconómico. Es una laguna poco profunda con una profundidad media de menos de un metro, aislada del océano a través de estructuras de barras costeras arenosas, responsables de regular el intercambio de agua con el mar.

Los intercambios de agua con el mar se realizan a través de entradas y canales, los elementos continentales ingresan a través de la escorrentía superficial, la precipitación directa ocurre en la superficie de la laguna, mientras que la evaporación atmosférica—comúnmente en ambientes costeros tropicales—contribuye a la dinámica hidrológica de la laguna a través de la interacción de muchos procesos físicos.

Desde un punto de vista hidrogeológico, la Laguna de Cuyutlán se encuentra en depósitos de llanura costera de origen aluvial, lacustre y costero reciente. Los materiales sedimentarios, particularmente arena, grava, limo y arcilla, exhiben heterogeneidad litológica que determina la conductividad hidráulica del material subterráneo en el cual el agua subterránea regional juega un papel activo en la respuesta hídrica.

La laguna está hidráulicamente vinculada con los acuíferos circundantes, cuya formación ocurre junto a depósitos aluviales de alta permeabilidad de los acuíferos adyacentes de El Colomo y Venustiano Carranza, donde los acuíferos de alta permeabilidad conducen agua subterránea desde zonas de recarga dentro de montañas cercanas hasta la costa.

Existe un gradiente hidráulico donde el agua subterránea puede fluir naturalmente desde la superficie topográficamente más alta hacia las pendientes más bajas de la superficie en la estructura hidrogeológica, desde la cual el sistema de agua se descargará y bajo condiciones naturales hacia la laguna y el sistema oceánico. Esta interacción de agua subterránea, agua superficial y agua de mar resulta en mecanismos complicados de mezcla y evolución hidrogeoquímica expresados por la variabilidad local en la salinidad y los químicos del agua de la laguna.

El objetivo de este trabajo busca describir los datos de flujo de agua subterránea alrededor de la Laguna de Cuyutlán y su interacción con el sistema de la laguna, así como el estuario Palo Verde. Se incorporaron datos geológicos, hidrogeológicos, piezométricos e hidrogeoquímicos de observaciones in situ, investigaciones de laboratorio y bases de datos oficiales. Como resultado del análisis combinado de dicha información, se establece la hidrogeología del sistema y se describe el efecto de las contribuciones subterráneas sobre los parámetros físico-químicos de la laguna.

2 OBJETIVOS

Desarrollar un estudio hidrogeológico de la Laguna Cuyutlán para determinar el comportamiento de los flujos subterráneos que interactúan con la Laguna y modifican sus condiciones físico – químicas, principalmente de salinidad.

2.1 Objetivos particulares

- Realizar una estimación de los flujos que ingresan a cada uno de los vasos por flujo subterráneo superficial.
- Determinar la influencia de estos flujos en los valores de concentración en la Laguna
- Conocer la interacción subterránea entre los vasos y el estero Palo Verde.

3 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

3.1 Antecedentes

El Proyecto se localiza en el estado de Colima, ubicado en la costa del Pacífico. Se encuentra dentro de una envolvente delimitada por el Sistema Ambiental Regional (SAR) que abarca los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán y la línea de costa (Figura 1). Esta región forma parte de un entorno geológico y geomorfológico complejo caracterizado por la interacción entre unidades volcánicas, sedimentarias y depósitos cuaternarios recientes asociados a procesos fluviales, lacustres y marinos.

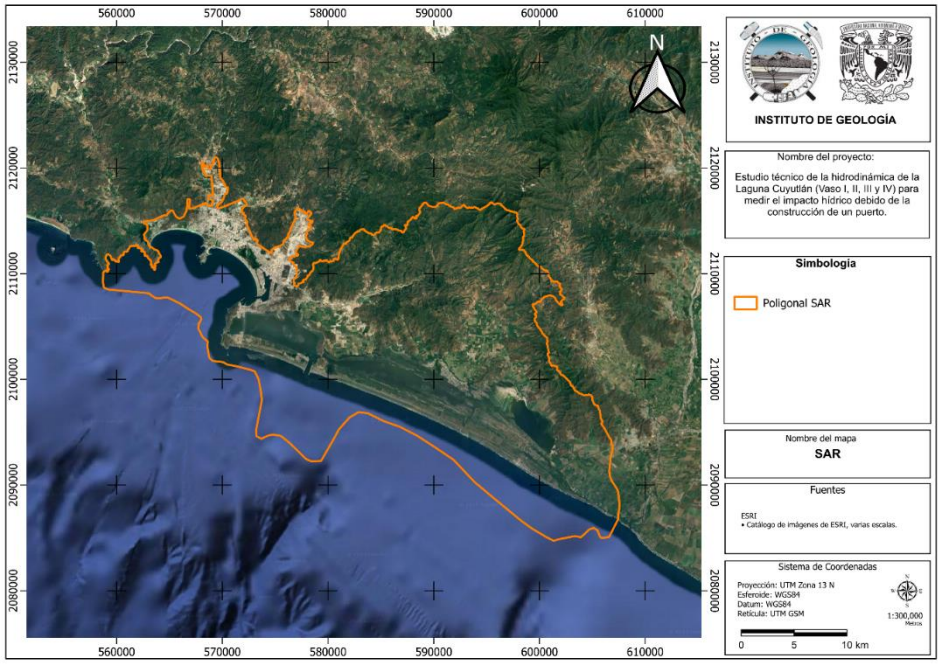


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Desde el punto de vista fisiográfico, la zona se encuentra en la transición entre la provincia Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico Transversal, lo que genera un relieve compuesto por sierras volcánicas, valles intermontanos y planicies costeras. Estas unidades geomorfológicas controlan los patrones de escurrimiento superficial y la recarga de los acuíferos que alimentan el sistema hidrogeológico regional.

3.1.1 Geología

La Laguna de Cuyutlán se encuentra en la porción sur-occidental del estado de colima, donde encontramos las siguientes litologías de acuerdo con (Carta Geológico-Minera Manzanillo E13-B43 Colima, Figura 2) unidades cretácicas constituidas por depósitos vulcanosedimentarios y rocas sedimentarias calcáreas como caliza y dolomías, que tiene dimensiones masivas, rocas ígneas intrusivas destacando el cuerpo intrusivo denominado batolito de manzanillo el cual presenta granodioritas y granito aflorando en superficie, tobas andesíticas a intermedias, brecha volcánica acida y derrames andesíticos.

El paleógeno está representado por rocas volcánicas como tobas y brechas intermedias, tobas andesíticas, toba y brecha acida las cuales son resultado de la primera fase de vulcanismo terciario. Cabe destacar que las rocas ígneas intrusivas que encontramos aflorando son diques.

En la zona encontramos depósitos de grabas, arenas, limos, arcillas y materia orgánica de diferentes granulometrías que no están consolidados lo que nos da como resultado: Suelos residuales que contienen sedimentos grueso, secos y materia orgánica, palustre que destacan por la acumulación de materia orgánica y su bajo contenido de oxígeno dándonos como resultado zonas pantanosos como marismas, ciénagas o lagunas, lacustre los cuales destacan por su acumulación de sedimentos finos como limos y arcillas , zona aluvial que se forma por las corrientes de ríos y arroyos dando como resultado, abanicos aluviales, llanuras de inundación y deltas y el litoral que esta principalmente influenciado por mareas y corrientes en la zonas costeras.

Rocas sedimentarias conglomerados-polimíctico formado clastos de diferentes rocas como caliza, ignimbrita y areniscas por mencionar algunas, su matriz está conformada por arena y limo-arcillas, el conglomerado-oligomíctico está conformado por una o dos tipos de clastos lo que hace que se diferencie del conglomerados-polimíctico.

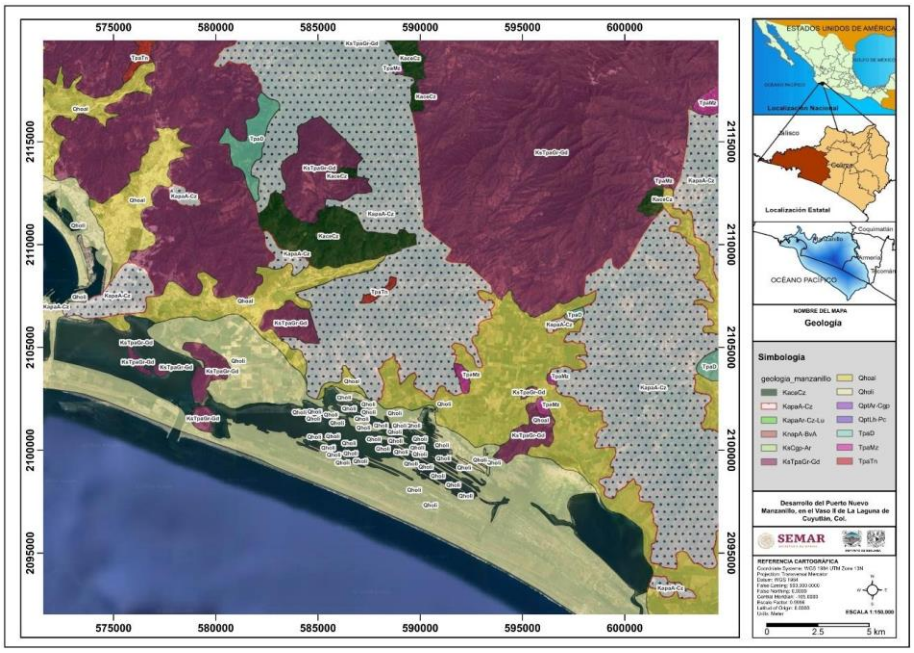


Figura 2. Mapa Geológico.

El basamento regional está constituido por rocas ígneas intrusivas y extrusivas de edad cretácica y terciaria, entre las que destacan granodioritas, granitos, andesitas y brechas volcánicas asociadas al Batolito de Manzanillo y a los eventos volcánicos del arco magmático del Pacífico mexicano. Estas unidades presentan generalmente baja permeabilidad primaria, aunque localmente pueden desarrollar permeabilidad secundaria asociada a fracturamiento tectónico y procesos de alteración hidrotermal.

Sobre este basamento se depositan unidades sedimentarias cuaternarias que conforman la planicie costera. Estas unidades están compuestas por depósitos aluviales, lacustres, palustres y litorales formados por mezclas heterogéneas de gravas, arenas, limos y arcillas. Los depósitos aluviales y fluviales presentan una mayor proporción de materiales granulares, lo que favorece la infiltración y circulación de agua subterránea, mientras que los depósitos lacustres y palustres suelen presentar mayor contenido de sedimentos finos que generan condiciones locales de semiconfinamiento.

Estos depósitos cuaternarios constituyen el principal medio acuífero de la región, formando sistemas de acuíferos libres en las zonas bajas a semiconfinados en algunas zonas costa adentro, con espesores que pueden superar los 100 m en algunas zonas de la planicie costera, de acuerdo con la información reportada por CONAGUA. La heterogeneidad litológica del medio granular genera variaciones espaciales en los parámetros hidráulicos, tales como la conductividad hidráulica, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, lo que condiciona la distribución del flujo subterráneo en el sistema.

3.1.2 Estratigrafía

Cretácico superior

Granodiorita (KsgD – KsTpa Gd-D) Forma parte del batolito de manzanillo el cual se extiende a lo largo de las costas de Jalisco y Colima, formando parte de la Sierra Madre del sur, al oriente de Minatitlan se localizan las intrusiones más recientes y menos extendidas representadas por cuarzodioritas y dioritas, las cuales intrusionan a las rocas graníticas más antiguas (Consejo de Recursos Minerales.2001). La composición de dichas rocas son cristales de plagioclasa y cuarzo, principalmente. Cristales grandes de biotita también forman un porcentaje importante de la composición.

Brecha volcánica intermedia-caliza (KiBvi-Cz): Compuesta por una mezcla de fragmentos volcánicos angulares y fragmentos de caliza, roca sedimentaria principalmente compuesta por carbonatos.

Toba intermedia-brecha volcanica ácida (KsTi-Bva): Está formado por intercalaciones de tobas, principalmente ceniza volcánica y brecha volcánica compuesta por fragmentos angulosos de rocas ígneas como riolitas, dacitas, también presentan material piroclástico.

Terciario – paleógeno

Toba intermedia (TpgTi): Predominan las litologías de grano fino principalmente andesíticas, brecha andesítica y en menor proporción una unidad de tobas cristalinas (Fuentes Munguía, 2007)

Cuaternario

Conglomerado oligomítico (QptCgo): Se refiere a un tipo de roca sedimentaria compuesta por clastos de uno o dos tipos de roca.

Palustre (Qpa): SEMARNAT, n.d. menciona que, son sedimentos finos del tamaño del limo y arcilla, originado de una zona pantanosa. Contiene materia orgánica vegetal, y se localiza en la planicie costera cerca de la ciudad de Manzanillo.

Lacustre (Qla): Son sedimentos de limo y arcilla, depositados en un medio ambiente de transición de tipo lagunar, donde el agua es somera, intermitente y con vida vegetal. Contiene sales y gases disueltos. (SEMARNAT, n.d)

Aluvial (Qal): Los depósitos aluviales están constituidos por materiales granulares que son producto de la desintegración de las rocas y son transportados por los arroyos y ríos, generalmente se presentan arenas, gravas, cantos (Fuentes Munguía, 2007).

Litoral (Qa): Son depósitos clásticos recientes de playa, bien clasificado originados por la acción de la solas y corrientes marinas. Los detritos son de cuarzo, micas, fierro, titanio, zircón y fragmentos sub redondeados y redondeados de rocas y conchas, con granulometría de la arena, de color negro.

La columna general se presenta en la Figura 3

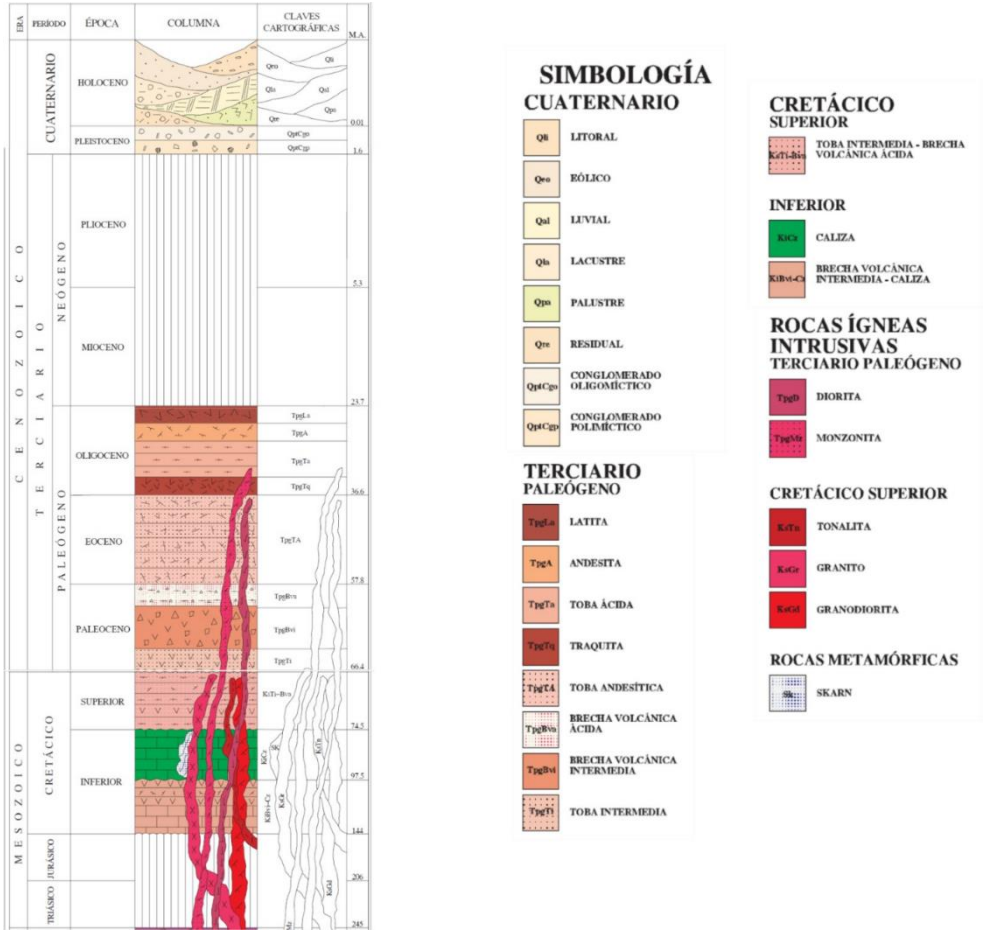


Figura 3. Columna estratigráfica.

3.2 Acuíferos

Dentro del Sistema Ambiental Regional se identifican seis acuíferos principales definidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sin embargo, sólo cuatro de ellos presentan interacción directa o indirecta con el sistema lagunar de Cuyutlán. Estos acuíferos son:

- Acuífero El Colomo (0607)
- Acuífero Venustiano Carranza (0605)
- Acuífero Jalipa–Tapeixtles (0608)
- Acuífero Armería–Tecomán–Periquillos

Entre estos, los acuíferos **El Colomo y Venustiano Carranza** constituyen el sistema hidrogeológico con mayor interacción con la Laguna de Cuyutlán.

Ambos acuíferos se desarrollan en depósitos aluviales cuaternarios de alta permeabilidad que conforman la planicie costera y reciben recarga principalmente por infiltración de precipitación, escurrimientos superficiales provenientes de las sierras circundantes e infiltración en cauces fluviales.

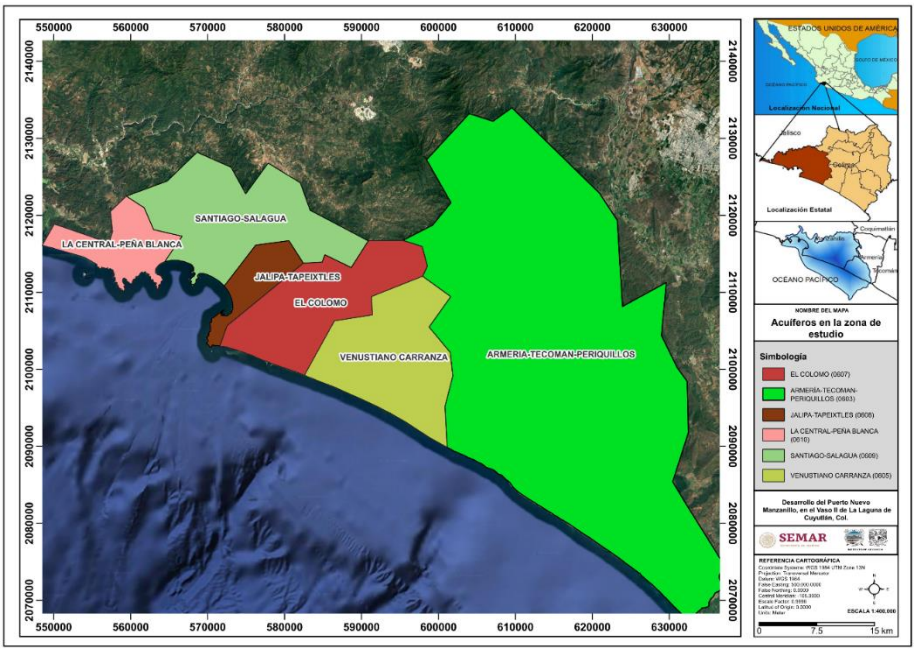


Figura 4. Mapa de los seis acuíferos dentro del SAR

3.2.1 Acuífero El Colomo.

De acuerdo con CONAGUA, el acuífero El Colomo (0607) (Figura 5) se localiza en la porción nororiental del estado de Colima, entre las coordenadas 18°59’ y 19°09’ de latitud norte, 104°03’ y 104°19’ de longitud oeste. Tiene una extensión superficial de 23 km^2 y un área, incluida su zona de recarga (Zona Geohidrológica), de 210.72 km^2; se ubica en la zona costera del municipio de Manzanillo, colindando con la Ciudad y Puerto de Manzanillo al occidente y con la zona geohidrológica de Venustiano Carranza al oriente (CONAGUA, 2024).

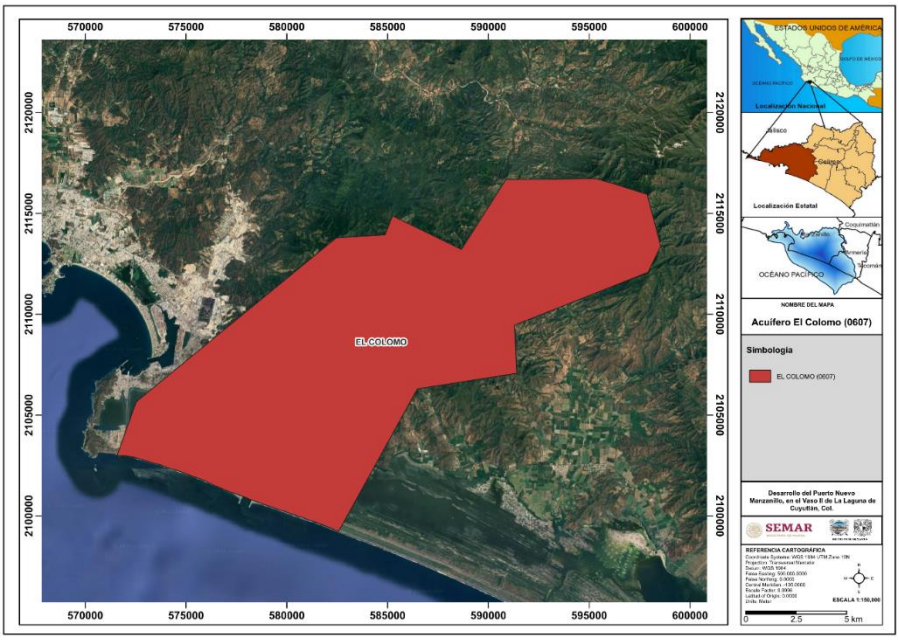


Figura 5. Acuífero El Colomo.

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Límites del polígono del acuífero El Colomo.

VÉRTICE	LONGITUD OESTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	LATITUD NORTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	OBSERVACIONES
1	104	19	9.6	19	1	4.9	
2	104	18	37.1	19	2	30.1	
3	104	12	56.7	19	6	53.2	
4	104	11	33.5	19	6	57.9	
5	104	11	20.8	19	7	28.4	
6	104	9	24	19	6	33.8	
7	104	8	7.9	19	8	26.1	
8	104	5	34.9	19	8	26.9	
9	104	4	8.4	19	8	1.1	
10	104	3	45.7	19	6	37.7	
11	104	4	7.4	19	5	55.4	
12	104	7	54.8	19	4	31	

VÉRTICE	LONGITUD OESTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	LATITUD NORTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	OBSERVACIONES
13	104	7	50.9	19	3	13.4	
14	104	10	40	19	2	48.9	
15	104	12	54.6	18	58	59.6	**DEL 15 AL 1 POR LA LINEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA**
1	104	19	9.6	19	1	4.9	

El acuífero El Colomo es catalogado como de tipo **libre**, formado principalmente por depósitos aluviales, conformados por gravas y arenas de diferente tipo, con un espesor variable, de norte a sur, de 80 a 120 m, y por rocas ígneas intrusivas impermeables (CONAGUA, 2024). La recarga principal de este acuífero proviene de los escurrimientos de las sierras que lo rodean, del arroyo las Juntas y de la precipitación en el valle (Hidrotec S.A., 1974; CONAGUA, 2024).

De acuerdo con CONAGUA, y estudios realizados en la zona, el acuífero El Colomo cuenta con una transmisividad (T) variable de **0.005 y 0.05 m²/s**, registrando valores mayores en las partes altas de la planicie costera y en sus causes principales. Su coeficiente de almacenamiento es equivalente a su porosidad efectiva, tomado valores que varían entre **0.12 y 0.25**, dependiendo de la granulometría que lo conforma. El valor de conductividad hidráulica (K) es igual a **0.25 (m/s)**, el valor del coeficiente de almacenamiento es **0.16** y finalmente el valor de la porosidad eficaz por rendimiento específico (SY) es de **0.15** (I.C.G., 1975; CONAGUA, 2024).

En cuanto a la piezometría, CONAGUA no cuenta con un registro claro de la profundidad y elevación al nivel estático. Se hace alusión a que existe una variación de estos de acuerdo con la topografía, la recarga y bombeo, así como de la transmisividad del acuífero.

En las partes altas de las planicies costeras y en los estrechos valles, se observaron abatimientos de 5 a 18 m, con recuperación rápida por medio de la precipitación en temporada de lluvias, esto en un periodo de 1981-1984.

En general, en las planicies costeras, los niveles freáticos afloran en las proximidades del litoral, oscilando en valores de 5 a 20 m en el borde superior de las planicies; luego en los pequeños valles de las cuencas de Cuyutlán y de Cihuatlán, varía en el rango de 20 a 70 m, también con tendencia creciente hacia aguas arriba (CONAGUA, 2024).

El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 43.0 hm^3/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 18.0 hm^3/año. El volumen de extracción de aguas subterráneas, determinado a partir de los registros del REPDA con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022, asciende a 18,662,527 m^3 anuales. Como resultado, la disponibilidad

media anual calculada es de 6.337473 hm^3/año, lo que indica la existencia de volumen disponible para nuevas concesiones

3.2.2 Acuífero Venustiano Carranza

El acuífero Venustiano Carranza clave 0605 (Figura 6) se localiza en las coordenadas 18.54 - 19 de latitud norte, 104°00' y 104°13' de longitud oeste. Tiene una extensión superficial de 34 km^2 y un área incluida su zona de recarga de 218 km^2.

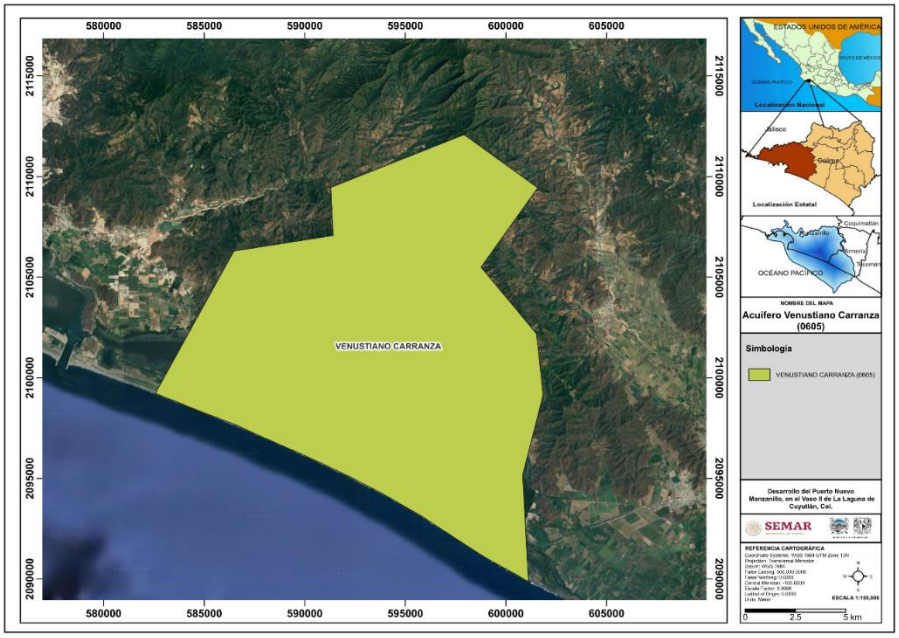


Figura 6. Acuífero Venustiano Carranza

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Límites del polígono del acuífero Venustiano Carranza.

VÉRTICE	LONGITUD OESTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	LATITUD NORTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	OBSERVACIONES
1	104	4	7.4	19	5	55.4	
2	104	2	2.6	19	4	28.7	
3	104	3	39.7	19	2	20.8	
4	104	2	6	19	0	32.8	

VÉRTICE	LONGITUD OESTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	LATITUD NORTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	OBSERVACIONES
5	104	1	55.3	18	58	53.8	
6	104	2	30.8	18	56	44.6	
7	104	2	22	18	53	52	**DEL 7 AL 8 POR LA LÍNEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA**
8	104	12	54.6	18	58	59.6	
9	104	10	40	19	2	48.9	
10	104	7	50.9	19	3	13.4	
11	104	7	54.8	19	4	31	
1	104	4	7.4	19	5	55.4	

El acuífero Venustiano Carranza es catalogado por CONAGUA como un acuífero de tipo libre constituido por materiales granulares que forman depósitos aluviales, con un espesor variable de entre 80 a 120 m, de norte a sur respectivamente. La recarga de este acuífero es generada por los escurrimientos existentes en las sierras que envuelven la zona y de los arroyos del Salto y Agua Blanca, así como de la precipitación en el valle.

Según datos de CONAGUA y estudios realizados en la zona, el acuífero Venustiano Carranza cuenta con una transmisividad variable de 0.005 y 0.05 m^2/s, registrando valores mayores en las partes altas de la planicie costera y en sus cauces principales. Su coeficiente de almacenamiento es equivalente a su porosidad efectiva, tomado valores que varían entre 0.12 y 0.25, dependiendo de la granulometría que lo conforma. El valor de conductividad hidráulica (K) es igual a 0.25 (m/s), el valor del coeficiente de almacenamiento es 0.16 y finalmente el valor de la porosidad eficaz por rendimiento específico (SY) es de 0.15 (I.C.G., 1975; CONAGUA, 2024).

En cuanto a la piezometría, CONAGUA no cuenta con un registro claro de la profundidad y elevación al nivele estático. Se hace alusión a que existe una variación de estos de acuerdo con la topografía, la recarga y bombeo, así como de la transmisividad del acuífero.

En las planicies costeras los niveles freáticos afloran en las proximidades del litoral. Desde esas áreas, la profundidad a los niveles del agua aumentó gradualmente hacia aguas arriba, teniendo una variación de valores entre 5 a 20 m en el borde superior de las planicies; luego en los pequeños valles de las cuencas de Cuyutlán y de Cihuatlán, varía en el rango de 20 a 70 m, también con tendencia creciente hacia aguas arriba (CONAGUA, 2024).

El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 37.0 hm^3/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 17.0 hm^3/año.

El volumen de extracción de aguas subterráneas, determinado a partir de los registros del REPDA con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022, asciende a 17,750,750 m^3 anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de 2.249250 hm^3/año, lo que indica El resultado indica que existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de 2,249,250 m^3 anuales.

3.2.3 Acuífero Jalipa - Tapeixtles

El acuífero Jalipa-Tapeixtles (Figura 7) se localiza en la porción occidental del estado de Colima, dentro del municipio de Manzanillo, y cubre una superficie aproximada de 60 km². Limita al norte y oeste con el acuífero Santiago-Salagua, al sur y este con el acuífero El Colomo, y al suroeste con el Océano Pacífico. Desde el punto de vista administrativo, pertenece al Organismo de Cuenca VIII Lerma-Santiago-Pacífico y se encuentra totalmente sujeto a veda tipo II, decretada en 1973, lo que implica restricciones severas para nuevas extracciones. El uso principal del agua subterránea en la zona es el abastecimiento público-urbano.

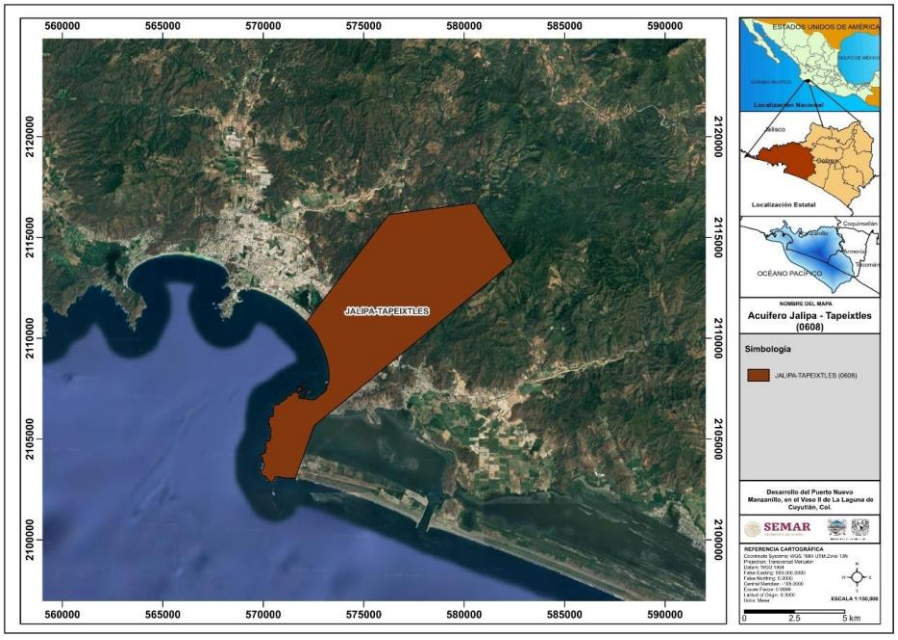


Figura 7. Acuífero Jalipa – Tapeixtles (0608).

La poligonal simplificada que delimita el acuífero se encuentra definida por los vértices cuyas coordenadas se muestran en la Tabla 3

Tabla 3. Límites del polígono del acuífero Jalipa - Tapeixtles

VÉRTICE	LONGITUD OESTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	LATITUD NORTE (G)	MINUTOS	SEGUNDOS	OBSERVACIONES
1	104	16	28.7	19	8	10.5	
2	104	14	0.7	19	8	28.8	
3	104	12	56.7	19	6	53.2	
4	104	18	37.1	19	2	30.1	
5	104	19	9.6	19	1	4.9	DEL 5 AL 6 POR LA LÍNEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA
6	104	18	49.7	19	5	17.9	
1	104	16	28.7	19	8	10.5	

El marco físico del acuífero corresponde a la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, en transición con el Eje Neovolcánico. La región presenta un relieve conformado por sierras, valles y llanuras costeras. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 937.3 mm y temperatura media anual de 26.5 °C. Hidrográficamente, el acuífero forma parte de la subcuenca Laguna de Cuyutlán, destacando como principal corriente superficial el arroyo Rancho Viejo, así como diversos cuerpos lagunares costeros.

Geológicamente, el sistema acuífero se desarrolla sobre una secuencia litológica que abarca desde el Cretácico Inferior hasta depósitos recientes del Holoceno. Se identifican rocas volcánicas, sedimentarias, vulcanosedimentarias e intrusivas, destacando el Batolito de Manzanillo como basamento hidrogeológico. La unidad actualmente explotada está constituida por depósitos aluviales y conglomerados de granulometría variada, con espesores entre 20 y 120 m, mientras que a mayor profundidad el flujo se aloja en rocas fracturadas con permeabilidad secundaria.

El acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico, con condiciones locales de semiconfinamiento asociadas a la presencia de lentes lacustres. Los parámetros hidráulicos obtenidos a partir de pruebas de bombeo indican valores de transmisividad entre 1.2×10^{-2} y 8.6×10^{-2} m²/s, y conductividad hidráulica entre 8×10^{-4} y 1.4×10^{-3} m/s. El rendimiento específico estimado varía entre 0.10 y 0.25.

El análisis piezométrico, basado en información de los años 2006 y 2013, muestra que la profundidad al nivel estático varía entre 5 y 35 m, mientras que la elevación del nivel estático oscila entre 3 y 35 msnm. La dirección preferencial del flujo subterráneo es noreste-suroeste, en concordancia con el drenaje superficial. Durante el periodo 2006-2013 se registró una recuperación generalizada de los niveles del agua subterránea, con

incrementos de hasta 10 m en la porción central del acuífero y un ritmo promedio de recuperación de 0.7 m/año, atribuida principalmente al cese de operación de pozos de abastecimiento urbano.

En cuanto a la hidrogeoquímica, los análisis realizados en cinco muestras indican que el agua subterránea se clasifica predominantemente como dulce, con sólidos totales disueltos entre 200 y 700 mg/L. Se identifican familias hidroquímicas bicarbonatadas cálcico-magnésicas asociadas a recarga reciente, así como aguas con componentes sulfatadas relacionadas con influencia evaporítica. Algunas muestras presentan concentraciones que exceden límites máximos permisibles en parámetros como fierro, manganeso, cloruros, dureza total y nitratos.

El censo de aprovechamientos efectuado en 2013 registró 24 obras, de las cuales 14 se encontraban activas. El volumen total de extracción fue estimado en 6.4 hm³/año, destinado principalmente al uso público-urbano. El balance de aguas subterráneas, planteado para el periodo 2006-2013 en una superficie de 17.3 km², considera como principales entradas la recarga vertical y el flujo subterráneo horizontal, estimándose este último en 8.2 hm³/año. Las salidas principales corresponden al bombeo, flujo horizontal hacia el mar y evapotranspiración real.

En términos generales, CONAGUA concluye que el acuífero presenta una recuperación piezométrica reciente, aunque mantiene características de vulnerabilidad propias de sistemas costeros, particularmente frente al riesgo de salinización e intrusión marina. La actualización de la disponibilidad proporciona el sustento técnico y normativo necesario para la gestión y regulación del recurso hídrico subterráneo en la región.

El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 10.8 hm^3 anuales, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 3.0 hm^3 anuales. El volumen de extracción de aguas subterráneas, determinado a partir de los registros del REPDA con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022, asciende a 9,158,491 m^3 anuales. Como resultado, la disponibilidad media anual calculada es de -1.358491 hm^3 /año, lo que indica la inexistencia de volumen disponible para nuevas concesiones y la presencia de un déficit anual del orden de 1,358,491 m^3 anuales.

3.2.4 Acuífero Armería Tecomán Periquillos

El acuífero Armería–Tecomán–Periquillos (Figura 8) se localiza en la región costera del estado de Colima, comprendiendo principalmente los municipios de Armería y Tecomán. Se ubica entre las coordenadas 18°40’ y 19°18’ de latitud norte, y 103°41’ y 104°08’ de longitud oeste. La superficie del acuífero es de 450.90 km², mientras que su zona geohidrológica, incluyendo áreas de recarga, alcanza aproximadamente 1,311 km². La región alberga importantes centros de población como Armería, Cofradía de Juárez, Caleras, Madrid, Tecomán y Cerro de Ortega, donde predominan actividades agrícolas, comerciales y de servicios. El acuífero de manera superficial no tiene una inferencia directa con la Laguna Cuyutlán, pero si la tiene directamente con el Estero Palo Verde.

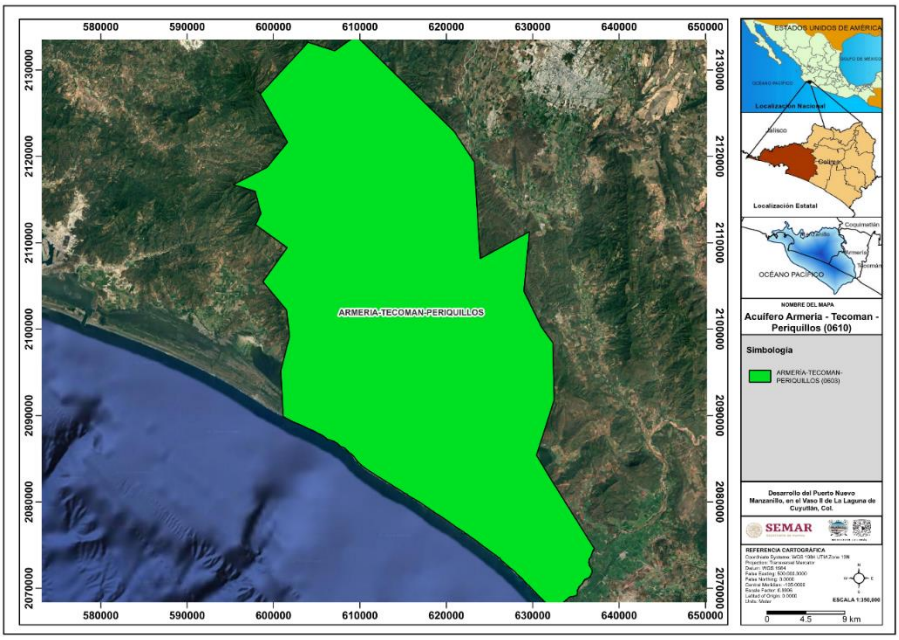


Figura 8. Acuífero Armería Tecomán Periquillos.

Los vértices que conforman a la poligonal del Acuífero Armería Tecomán Periquillos se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4. Límites del polígono del acuífero Armería Tecomán Periquillos.

Vértice	Longitud oeste (g)	Minutos	Segundos	Latitud norte (g)	Minutos	Segundos	Observaciones
1	104	0	35.5	19	17	21.5	
2	103	58	49.8	19	16	48.6	
3	103	57	25	19	17	45.2	
4	103	50	57.9	19	11	41.8	
5	103	49	39.7	19	9	47.2	
6	103	49	18.7	19	3	42.7	
7	103	46	3.1	19	5	22.9	
8	103	46	26.6	19	1	38.9	
9	103	45	17.1	18	59	22	
10	103	44	33.3	18	58	24.1	
11	103	44	29.8	18	54	48.4	
12	103	45	41.3	18	51	20.9	

Vértice	Longitud oeste (g)	Minutos	Segundos	Latitud norte (g)	Minutos	Segundos	Observaciones
13	103	44	46.7	18	49	53	
14	103	41	55	18	45	27.5	
15	103	44	21.4	18	41	4.9	**DEL 15 AL 16 POR LA LÍNEA DE BAJAMAR A LO LARGO DE LA COSTA**
16	104	2	22	18	53	52	
17	104	2	30.8	18	56	44.6	
18	104	1	55.3	18	58	53.8	
19	104	2	6	19	0	32.8	
20	104	3	39.7	19	2	20.8	
21	104	2	2.6	19	4	28.7	
22	104	4	7.4	19	5	55.4	
23	104	3	45.7	19	6	37.7	
24	104	4	8.4	19	8	1.1	
25	104	5	34.9	19	8	26.9	
26	104	3	21.3	19	9	31.2	
27	104	1	58.9	19	11	5.6	
28	104	3	46.4	19	14	7.5	
1	104	0	35.5	19	17	21.5	

Desde el punto de vista administrativo, el acuífero se encuentra sujeto a dos decretos de veda de aguas del subsuelo, publicados en 1973 y 1984, ambos orientados al control de extracciones y aprovechamientos. De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua 2024, el acuífero se clasifica como zona de disponibilidad 2. En la región se registran numerosas unidades de riego por bombeo, reflejando la alta dependencia del agua subterránea para fines agrícolas. Entre los principales usuarios destacan el organismo operador de agua potable (COMAPAT), las unidades de riego y el sector industrial.

Fisiográficamente, el sistema acuífero se ubica dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, caracterizada por un relieve variado que incluye sierras, valles y llanuras costeras. El drenaje principal está constituido por corrientes que fluyen desde las zonas montañosas hacia el Océano Pacífico. Hidrográficamente, el acuífero forma parte de la Región Hidrológica No. 16 Armería–Coahuayana, destacando la cuenca del río Armería como elemento dominante. Este río presenta un régimen hidrológico complejo, con tramos intermitentes y permanentes, recibiendo aportaciones tanto superficiales como subterráneas, sin embargo, este río no desemboca en la Laguna Cuyutlán y se encuentra fuera del SAR.

Geomorfológicamente, la región se divide en una zona montañosa y una planicie costera. La planicie está constituida por depósitos fluviales y aluviales recientes que conforman el medio acuífero principal. Las fronteras laterales al flujo subterráneo coinciden con contactos entre sedimentos permeables y rocas volcánicas o sedimentarias de baja permeabilidad. La recarga del acuífero proviene principalmente de la infiltración de escurrimientos superficiales, precipitación directa en el valle, retornos de riego e infiltración en cauces y canales.

Geológicamente, el acuífero se desarrolla sobre depósitos aluviales cuaternarios compuestos por mezclas de arenas, gravas y boleos, con intercalaciones de limos y arcillas. La profundidad del basamento rocoso varía entre 100 y 300 m. Las unidades subyacentes presentan características areno-arcillosas de reducida permeabilidad, lo que condiciona la dinámica hidráulica. Las fronteras hidrogeológicas están definidas por rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico, mientras que hacia el sur el sistema limita con el litoral costero.

El acuífero es de tipo libre, con alta capacidad de almacenamiento debido a su extensión y espesor saturado que se extiende desde la línea de costa y en dirección hacia el norte. Los valores de transmisividad (T) varían en un rango aproximado de 0.005 a 0.05 m²/s, dependiendo de la granulometría y el espesor del medio granular. El coeficiente de almacenamiento (S) se asocia a la porosidad efectiva, con valores estimados entre 0.12 y 0.25. La descarga natural del sistema ocurre mediante bombeo, flujo subterráneo hacia el mar, evapotranspiración y evaporación directa en zonas donde el nivel freático es somero.

El comportamiento piezométrico refleja una dinámica controlada por la variabilidad climática, recarga estacional y actividades de extracción. Los niveles freáticos presentan oscilaciones anuales, descendiendo durante el estiaje y recuperándose en la temporada de lluvias. A largo plazo, se observan tendencias relacionadas con ciclos secos y húmedos multianuales. En las planicies costeras, los niveles freáticos son someros cerca del litoral y aumentan gradualmente hacia el interior.

En términos hidrogeoquímicos, la calidad del agua subterránea es generalmente favorable, con concentraciones de sólidos totales disueltos predominantemente bajas, aunque se reportan intervalos entre 294 y 1,600 ppm en ciertas zonas. Las aguas presentan composiciones dominadas por calcio, sodio y bicarbonato, asociadas a la interacción con rocas ígneas y depósitos clásticos.

El censo histórico de aprovechamientos indica la existencia de un número significativo de pozos y norias destinados principalmente a usos agrícolas y público-urbanos. El volumen total de bombeo reportado en evaluaciones previas alcanza valores elevados, lo que refleja la intensa explotación del acuífero.

El balance de aguas subterráneas actualizado considera una recarga total media anual de 230.0 hm³/año, correspondiente íntegramente a recarga natural. La descarga natural comprometida se estimó en 20.0 hm³/año. El volumen de extracción de aguas subterráneas, determinado a partir de los registros del REPDA con fecha de corte al 30 de diciembre de 2022, asciende a 211,097,459 m³/año. Como resultado, la disponibilidad media anual

calculada es de −1.097459 hm³/año, lo que indica la inexistencia de volumen disponible para nuevas concesiones y la presencia de un déficit anual del orden de 1.1 hm³.

Los acuíferos anteriores son representativos de la zona, ya que interactúan directamente con la Laguna de Cuyutlán en cada uno de sus Vasos.

Existen dos acuíferos están ubicados sobre la bahía de manzanillo que están dentro del polígono que delimita al SAR pero, al no tener interacción directa con la laguna, serán mencionados brevemente. Los Acuíferos son:

Acuífero Santiago-Salagua (0609):

Se localiza en la porción occidental del estado de Colima, entre los paralelos 19° 05' y 19°15' de latitud norte y entre los meridianos 104° 08' y 104° 26' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 262 km^2.

El acuífero ha sido catalogado por CONAGUA como de **tipo libre**, heterogéneo y anisotrópico, con presencia de condiciones locales de semiconfinamiento debido a la existencia de sedimentos lacustres en las zonas cercanas a las lagunas.

Está integrado, en su porción superior por un medio granular constituido por sedimentos clásticos de granulometría variada y conglomerados, cuyo espesor puede alcanzar más de cien metros en la porción centro sur del acuífero; en su porción inferior por rocas volcánicas, sedimentarias y vulcanosedimentarias que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y alteración.

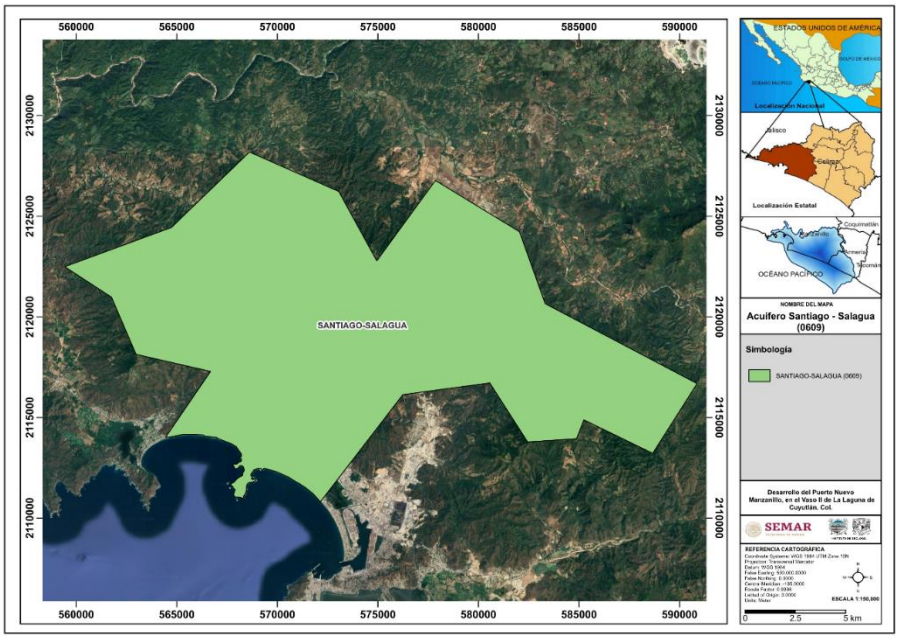


Figura 9. Acuífero Santiago - Salagua.

Acuífero La Central-Peña Blanca (0610).

Se ubica en la zona costera del municipio de Manzanillo entre los paralelos 19° 04' y 19° 12' de latitud norte y los meridianos 104° 22' y 104° 33' de longitud oeste. Tiene una extensión superficial de 12.20 km² y un área incluida su zona de recarga (Zona Geohidrológica) de 48.65 km².

El Acuífero es de tipo libre, ya que no existe confinamiento de los materiales granulares los cuales están formados por sedimentos aluviales del Reciente: grava, arenas, arcillas, boleos y conglomerados que en conjunto presentan una gran permeabilidad hidráulica que facilita la infiltración vertical de los volúmenes precipitados en el área.

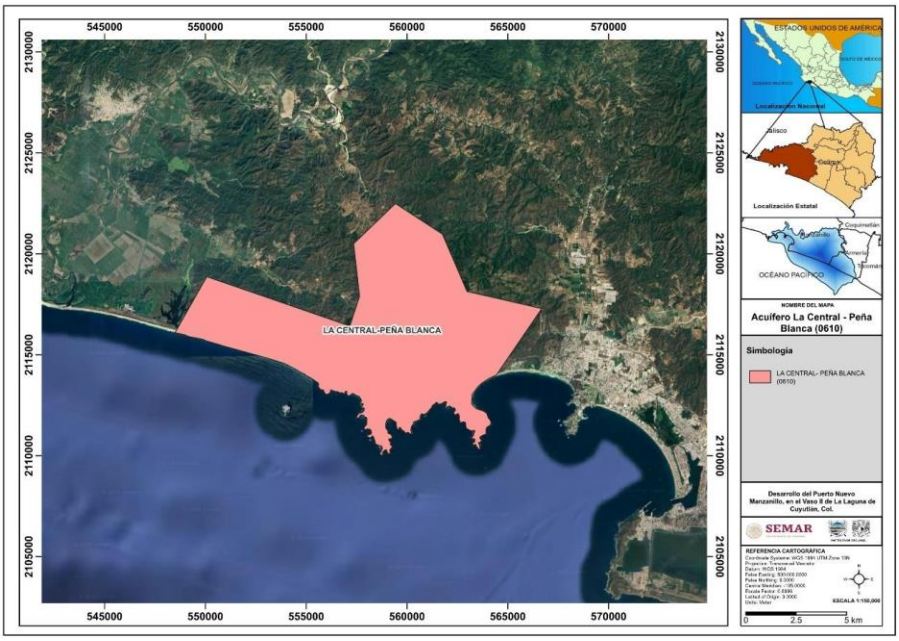


Figura 10. Acuífero La Central - Peña Blanca.

En general, de acuerdo con la información técnica de la Comisión Nacional del Agua la hidrogeología en el entorno de la Laguna de Cuyutlán está definida por la interacción de los acuíferos Venustiano Carranza y el Colomo y en menor medida Armería-Tecomán-Periquillos y Jalipa-Tapeixtles (Hernández-Juárez et al., 2019).

Regionalmente, los acuíferos El Colomo y Venustiano Carranza constituyen el sistema hidrogeológico más directamente conectado con la Laguna de Cuyutlán. Ambos se desarrollan en depósitos aluviales cuaternarios de alta permeabilidad que conforman la planicie costera.

La laguna funciona como una zona natural de descarga del flujo subterráneo proveniente de las sierras que delimitan la cuenca. El gradiente hidráulico regional favorece el movimiento del agua subterránea desde las zonas de recarga ubicadas en las elevaciones volcánicas y montañosas hacia la planicie costera y finalmente hacia el sistema lagunar o el océano Pacífico.

La unidad hidrogeológica más relevante en esta zona corresponde a los depósitos aluviales del Holoceno, los cuales consisten en una interestratificación de arenas, gravas, limos y arcillas de origen fluvial, costero y lacustre (Hernández-Juárez et al., 2019; Massaro et al., 2020). Esta unidad granular es la principal fuente de captación en la región, aportando el 51% del volumen de agua concesionado, aunque presenta una alta vulnerabilidad a la intrusión salina debido a su ubicación geográfica (Hernández-Juárez et al., 2019).

Además, se identifica una unidad de materiales de tipo lahar-piroclasto que representa el 25% de la extracción de agua subterránea en la cuenca y se distribuye desde las faldas del complejo volcánico hacia la llanura (Hernández-Juárez et al., 2019). En las zonas más profundas, el subsuelo está caracterizado por potentes espesores de sedimentos de relleno del Rift de Colima, compuestos por materiales lacustres y coluviales acumulados desde el Plioceno (Massaro et al., 2020).

Finalmente, la base de este sistema está conformada por un basamento de rocas ígneas intrusivas y extrusivas, como granitos, basaltos y andesitas, cuya fracturación tectónica permite la transmisión y recarga de agua hacia las unidades sedimentarias superficiales (Bustamante et al., 2023; Hernández-Juárez et al., 2019; Massaro et al., 2020). El sistema hidrogeológico que rodea la Laguna de Cuyutlán puede interpretarse como un sistema de flujo continental–costero, donde el agua subterránea se recarga en las zonas montañosas del interior, circula a través de los depósitos aluviales de la planicie costera y descarga finalmente hacia el sistema lagunar o directamente hacia el océano Pacífico. Esta dinámica genera una interacción hidráulica permanente entre el agua subterránea y el sistema lagunar, lo que influye en las condiciones hidrogeoquímicas y en la distribución espacial de la salinidad dentro de la laguna.

4 METODOLOGÍA

4.1 Recopilación de información y bases de datos

Para configurar el aporte de los acuíferos a la Laguna Cututlán se tomó en consideración los datos oficiales proporcionados por la base de datos REPDA (CONAGUA), cuyos datos se verificaron en campo para determinar su posición exacta o convertirla al sistema de referencia que se esté utilizando en el proyecto, Figura 11 se muestra una imagen del portal de consulta de datos REPDA.

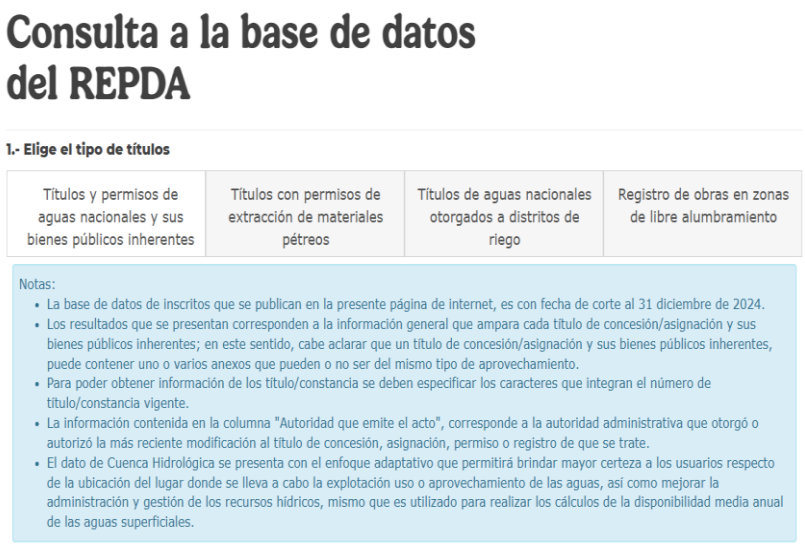


Figura 11. Vista de Página del REPDA.

La base de datos del Registro Público de Derechos del Agua (REPDA) de la CONAGUA para los acuíferos de El Colomo y Venustiano Carranza analizadas en esta sección corresponden al año en curso 2026. La distribución de los datos en ambos acuíferos no es uniforme y en el acuífero El Colomo es más notable que los datos se concentran en la zona sur y en la planicie por encima de los vasos dos y tres (Figura 12). Mientras, en el acuífero de Venustiano Carranza los registros se distribuyen en toda la parte plana por encima del vaso tres y cuatro, un área más extensa a la delimitada en el acuífero de El Colomo, llegando algunos al norte del acuífero (Figura 12). Para ambos acuíferos el uso de agua más importante es para la agricultura y el segundo para el acuífero El Colomo es la categoría diferentes usos, mientras en Venustiano Carranza es el pecuario, que se concentra en parte centro de la planicie, por encima del vaso tres, aproximadamente en los primeros 3 km (Figura 12). Además, en el acuífero Venustiano Carranza no existe el uso industrial a diferencia de El Colomo con un sitio registrado tanto para este uso como para acuacultura, la cual aumenta con un registro más en el acuífero de Venustiano Carranza (Figura 12).



Figura 12. Datos del Registro Público de Derechos del Agua para enero de 2026.

Al clasificar los registros por el volumen de agua ocupada y el uso que tienen para ambos acuíferos se aprecia que en la franja costera, debajo de los vasos dos, tres y cuatro, los volúmenes concesionados son en su mayoría bajos, encontrándose en el primer rango de 20 a 25,500 m^3 y el segundo de 25,501 a 84,000 m^3 (Figura 13), exceptuando dos puntos en el acuífero Venustiano Carranza, uno para uso agrícola y otro en la categoría diferentes usos cuyo volumen es el más grande, encontrándose en la categoría cuatro, entre los 221,556 m^3 a 431,640 m^3 (Figura 13).

En el acuífero de El Colomo los volúmenes hacia la parte norte y alrededor de las laderas son también bajos, entre los primeros dos rangos de 20 a 84,000 m^3 (Figura 13). Los volúmenes más altos en este acuífero están en la zona centro y oeste de la planicie, que corresponden al uso agrícola, diferentes usos y público urbano (Figura 13). Mientras, en el acuífero Venustiano Carranza los volúmenes más altos se ubican en la ladera al noreste del vaso tres y en toda la parte oeste que en su mayoría corresponden al uso agrícola, excepto por un registro para diferentes usos (Figura 13). Esos volúmenes están en el rango de 431,641 m^3 a 771,000 m^3. Le siguen los registros ubicados en el área delimitada entre las laderas de la sierra y el norte del vaso tres, que corresponden a uso agrícola y acuacultura y los del centro-este del acuífero, por encima del vaso cuatro, donde los volúmenes altos son de uso agrícola y se encuentran en el rango cuatro, entre los 221,556 m^3 y 431640 m^3 (Figura 13).



Figura 13. Datos del Registro Público de Derechos del Agua para enero de 2026. En verde, los aprovechamientos del acuífero el Colomo, en violeta los aprovechamientos del acuífero Venustiano Carranza.

4.2 Trabajo de campo

El monitoreo piezométrico es una actividad fundamental para el entendimiento y conservación del agua subterránea. Los programas de monitoreo temporal y espacial pueden proporcionar datos e información necesaria para la toma de decisiones dentro del proceso de gestión del recurso hídrico subterráneo (Baalousha, 2010) y también pueden contribuir en las tareas de protección de esta, ya que permite evaluar procesos de contaminación y problemas de sobreexplotación que tienen lugar en el acuífero. La temporalidad de los monitoreos depende de los objetivos de cada estudio, y este puede ser del orden anual, semestral, diario o incluso, continuo.

Su importancia radica fundamentalmente en los siguientes aspectos (Molano C, 2001).

El conocimiento directo del nivel estático del agua subterránea en los acuíferos es posible solamente a través de pozos que no se estén bombeando, y en el agua aflorante en manantiales. Desafortunadamente los pozos de bombeo tienen alteración en este tipo de datos fundamentalmente por las pérdidas de cabeza por el mismo

bombeo, y por efectos de almacenamiento en el mismo pozo, registrando niveles diferentes al que tiene el acuífero (en ocasiones con diferencias de decenas de metros).

Mediante el monitoreo de niveles de agua subterránea se logra tener un conocimiento primario de la forma como el agua subterránea se comporta, delimitando zonas de recarga, descarga, interacción con cauces superficiales, zonas despresurizadas por bombeo, y su cambio con el tiempo.

Con el monitoreo piezométrico se logra determinar los gradientes y direcciones de flujo, y con los datos geohidráulicos del acuífero la magnitud y dirección de las velocidades y caudales. Los niveles de agua subterránea con sus gradientes son parámetros importantes para la determinación de la vulnerabilidad del acuífero.

Para el cálculo del aporte del acuífero reciente se realizó un monitoreo piezométrico alrededor de toda la Laguna Cuyutlán y el Estero Palo verde, donde se registraron 18 pozos, principalmente en el perímetro del Vaso I, II, III y IV.

Para el monitoreo realizado, se ocupó la sonda eléctrica, que opera bajo el principio de cerrar un circuito eléctrico. Estas sondas poseen un sistema de alerta audible (speaker) y luminoso (luz led) que permite identificar con precisión cuando el electrodo tiene contacto con el agua. La sonda consiste en un cable enrollado en un carrete. El cable en uno de sus extremos lleva un electrodo en forma de varilla, que se introduce dentro del piezómetro (Figura 14), cuando la varilla se encuentra sumergida completamente dentro del agua, cierra el circuito del electrodo y manda una señal por el cable a superficie y esta es detectada en el cuerpo del carrete a través de la luz led o el speaker.

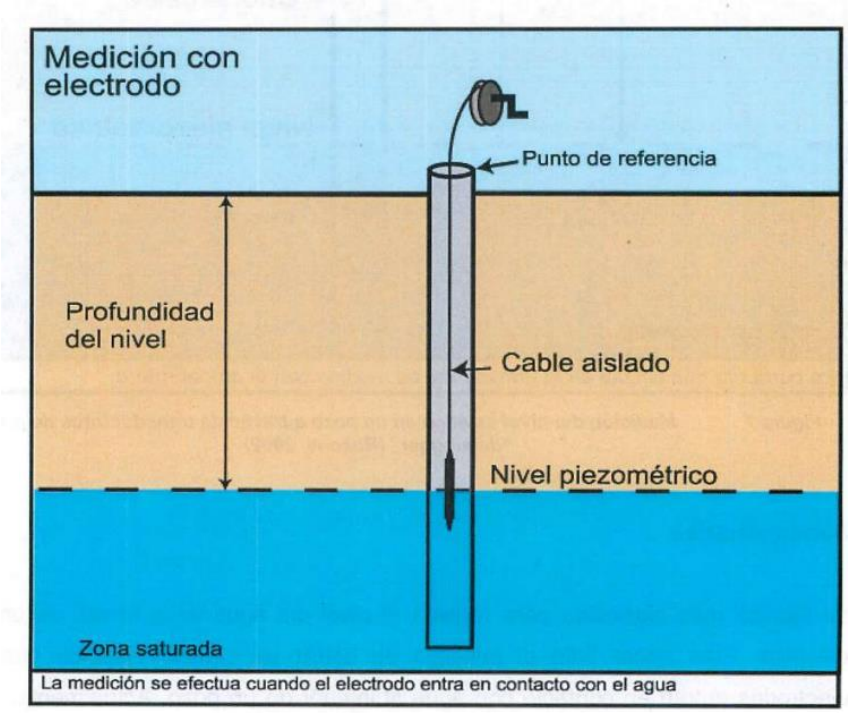


Figura 14. Medición del nivel piezométrico en pozo con sonda de nivel.

El trabajo del monitoreo piezométrico consistió en bajar una sonda de nivel graduada dentro del interior del pozo y observar la profundidad a la que se encontraba el espejo de agua. En caso de que se pudiera bombear el agua de el pozo se tomó una muestra a la que se le hacía una lectura de parámetros físico – químicos (pH, salinidad, temperatura y Sólidos Disueltos Totales).

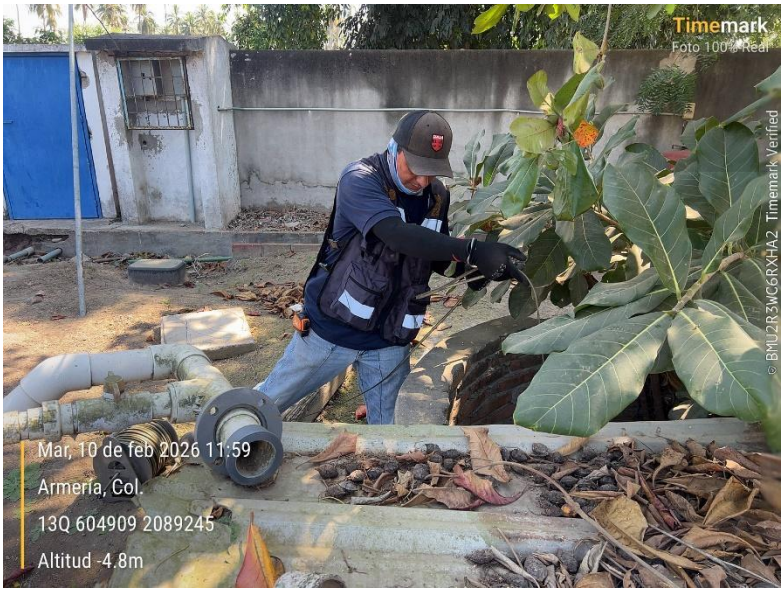
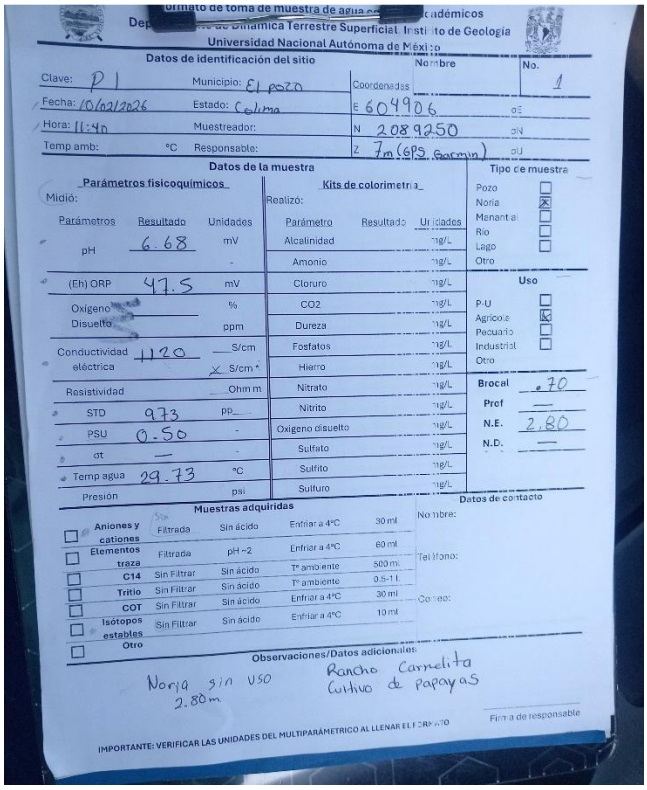


Figura 15. Ejemplo de introducción de la sonda de Nivel.



Figura 16. Multiparamétrico Hanna.

Los datos eran registrados en una bitácora física para su posterior captura y procesamiento.



Universidad Nacional Autónoma de México

Datos de identificación del sitio

Clave: P1 | Municipio: El pozo | Nombre | No. 1
Fecha: 10/02/2026 | Estado: Colima | Coordenadas
Hora: 11:40 | Muestreador: | E 604906
Temp amb: °C | Responsable: | N 2089250
Z 7m (GPS Garmin)

Datos de la muestra

Parámetros fisicoquímicos — Midió:

Parámetros	Resultado	Unidades
pH	6.68	mV
(Eh) ORP	47.5	mV
Oxígeno Disuelto		% / ppm
Conductividad eléctrica	1120	S/cm / S/cm *
Resistividad		Ohm m
STD	973	pp
PSU	0.50	-
ot	—	-
Temp agua	29.73	°C
Presión		psi

Kits de colorimetría — Realizó:

Parámetro	Resultado	Unidades
Alcalinidad		mg/L
Amonio		mg/L
Cloruro		mg/L
CO2		mg/L
Dureza		mg/L
Fosfatos		mg/L
Hierro		mg/L
Nitrato		mg/L
Nitrito		mg/L
Oxigeno disuelto		mg/L
Sulfato		mg/L
Sulfito		mg/L
Sulfuro		mg/L

Tipo de muestra: Pozo ☐ | Noria ☒ | Manantial ☐ | Rio ☐ | Lago ☐ | Otro ☐

Uso: P-U ☐ | Agricola ☒ | Pecuario ☐ | Industrial ☐ | Otro ☐

Brocal .70 | Prof — | N.E. 2.80 | N.D. —

Muestras adquiridas

☐	Aniones y cationes	Filtrada	Sin ácido	Enfriar a 4°C	30 ml
☐	Elementos traza	Filtrada	pH <2	Enfriar a 4°C	60 ml
☐	C14	Sin Filtrar	Sin ácido	T° ambiente	500 ml
☐	Tritio	Sin Filtrar	Sin ácido	T° ambiente	0.5-1 l
☐	COT	Sin Filtrar	Sin ácido	Enfriar a 4°C	30 ml
☐	Isótopos estables	Sin Filtrar	Sin ácido	Enfriar a 4°C	10 ml
☐	Otro				

Datos de contacto: Nombre: | Teléfono: | Correo:

Observaciones/Datos adicionales: Noria sin uso 2.80m | Rancho Carmelita Cultivo de papayas

IMPORTANTE: VERIFICAR LAS UNIDADES DEL MULTIPARÁMETRICO AL LLENAR EL FORMATO

Firma de responsable

Figura 17. Hoja de captura de datos.

Posteriormente en cada punto se tomaba la coordenada de ubicación y la altitud registrada con GPS



Figura 18. Ejemplo del registro del punto Pozo 1.



Figura 19. Ejemplo del registro del punto Pozo 2.



Figura 20. Ejemplo de colección de muestra del Pozo 2.

4.3 Cálculo del flujo subterráneo

Ley de Darcy

La Ley de Darcy describe el movimiento del agua que atraviesa un medio poroso saturado por un fluido, basada en experimentos de flujo de agua en columnas de agua para su filtración. Establece que el caudal es proporcional al gradiente y al área transversal de flujo. La ley fue propuesta por Henry Darcy en 1856 y establece que el caudal es proporcional al gradiente hidráulico:

$$Q=K\,A\,dhdl \qquad (1)$$

Donde:

- Q= caudal (m^3/s)
- K= conductividad hidráulica (m/s)
- A= área perpendicular al flujo (m^2)
- dhdl= gradiente hidráulico

La conductividad hidráulica (K) es un parámetro que depende tanto del fluido (densidad, viscosidad, etc.) como de las propiedades del medio que se atraviesa (tamaño de grano, conectividad de poros, etc.). El flujo establece es producto de las diferencias de cargas hidráulicas, siendo de cargas más altas a cargas hidráulicas menores.

Esta ley es ampliamente usada para el cálculo conceptual que se atraviesa en una sección de aporte de aguas subterráneas para cuantificar descargar hacia ríos, lagos, mar o zonas costeras.

Determinación de la carga hidráulica (h)

La construcción de las curvas de elevación del nivel estático se realizó a partir de la información levantada en campo y la cual consiste en las coordenadas X, Y y Z de los pozos censados en el recorrido, elevación del brocal y la profundidad del nivel estático del agua.

La elevación del terreno se realizó mediante la resta de la cota topográfica menos la altura del brocal. Posteriormente, obteniendo el nivel del terreno, se realizó la resta de la profundidad del nivel estático, obteniéndose el valor de la Elevación del Nivel Estático (ENE) para ese pozo. La elevación del nivel estático en cada punto de monitoreo se determinó mediante:

$$h=zb-d \qquad (2)$$

donde:

- h= carga hidráulica (m s.n.m.) o elevación del nivel estático.
- zb= elevación del brocal (m s.n.m.)
- d= profundidad al nivel del agua (m).

Determinación del gradiente hidráulico (i)

La determinación del gradiente hidráulico se realizó a partir de la distribución espacial de la carga hidráulica obtenida en los puntos de monitoreo. El gradiente hidráulico (i) representa la variación de la carga hidráulica por unidad de distancia en la dirección del flujo y constituye la fuerza impulsora del movimiento del agua subterránea según la Ley de Darcy.

Matemáticamente se expresa como:

$$i=\Delta h/\Delta l, \qquad (3)$$

Donde

Δh es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos y

Δl es la distancia horizontal que los separa, medida en la dirección perpendicular a las curvas equipotenciales.

Para su estimación, se utilizaron las curvas de carga hidráulica o elevación del nivel estático, calculando la diferencia entre dos curvas consecutivas y dividiéndola entre la distancia mínima entre ellas.

Este procedimiento permitió cuantificar la pendiente hidráulica del sistema y definir la dirección preferencial del flujo subterráneo, la cual ocurre en sentido descendente de la carga hidráulica.

Determinación de la Trasmisividad (T)

La **transmisividad** es un parámetro hidrogeológico que cuantifica la capacidad de un medio para transmitir agua a través de toda su sección saturada. Se define como el producto de la conductividad hidráulica del medio (K) por el espesor saturado del mismo (b). Conceptualmente, mientras la conductividad hidráulica (K) describe la facilidad con la que el agua se mueve a través del material poroso, la transmisividad (T) matemáticamente se expresa como:

$$T = K\,b \qquad (4)$$

Donde

T: es la transmisividad (m^2/s),

K: la conductividad hidráulica (m/s) y

B: el espesor saturado (m).

Modificación de la ecuación de la Ley de Darcy

El cálculo de las salidas subterráneas por flujo de agua subterránea basado en la Ley de Darcy a partir de las configuraciones de las elevaciones del nivel estático se integra los parámetros siguientes:

$$Q = B * i * T \qquad (5)$$

Donde

Q: Caudal (m^3/s)

B: Longitud de la celda (m)

i : Gradiente hidráulico

T : Transmisividad (m^2/s)

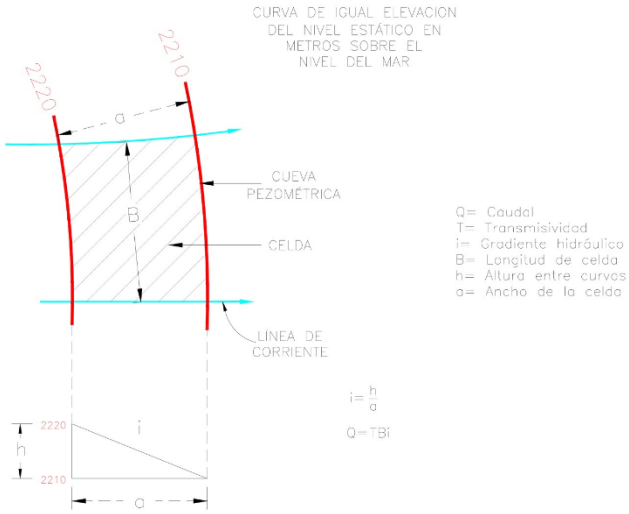


Figura 21. Cálculo del caudal con el método de igual nivel estático y la ley de Darcy

4.4 Modelación de agua subterránea

Para la modelación de agua subterránea se utilizó MODFLOW 6, desarrollado por el U.S. Geological Survey, ampliamente utilizado para la simulación del flujo de agua subterránea en medios porosos. Este modelo se basa en una formulación de volumen finito, mediante la cual las ecuaciones gobernantes del flujo se integran sobre volúmenes de control definidos por la discretización espacial del dominio. Este enfoque garantiza la conservación de masa a nivel de celda y permite representar sistemas hidrogeológicos complejos mediante una arquitectura modular que facilita la incorporación de diferentes procesos hidrológicos, condiciones de frontera y propiedades hidráulicas.

La construcción, configuración y ejecución del modelo se realizó mediante la librería FloPy, desarrollada en Python, la cual permite generar, editar y ejecutar simulaciones de MODFLOW 6 de manera programática. Esta herramienta facilita la automatización de tareas asociadas con la generación de la discretización del modelo, la asignación de parámetros hidrogeológicos, la definición de condiciones de frontera y el procesamiento de resultados.

De manera complementaria, se utilizó la librería modflow-setup, que permite estructurar la construcción del modelo a partir de archivos de configuración reproducibles. Este enfoque facilita la organización del flujo de trabajo, la trazabilidad de los parámetros utilizados y la gestión sistemática de la discretización, propiedades hidráulicas y condiciones de frontera, contribuyendo a mejorar la reproducibilidad y el control del proceso de modelación.

4.4.1 Delimitación de los modelos

La zona de estudio fue dividida en función de los dos acuíferos que la componen: Colomo y Venustiano Carranza. Para ello, se realizó un análisis geomorfológico utilizando un modelo de elevación digital con resolución espacial de 15 metros.

El análisis geomorfológico consistió en la redefinición de los límites de las cuencas que alimentan los acuíferos presentes en la zona de estudio, a partir de la interpretación de los patrones del relieve. Estos patrones fueron identificados mediante el análisis de mapas de sombras (hillshade) generados a partir del modelo de elevación digital, lo que permitió reconocer divisorias topográficas, direcciones preferenciales de escurrimiento y unidades geomorfológicas relevantes para la delimitación de las áreas de recarga (Figura 22).

Este procedimiento permitió ajustar la delimitación del área de aportación de cada acuífero, considerando la relación entre la topografía superficial y los procesos de escurrimiento que controlan la infiltración y la recarga potencial hacia el sistema subterráneo. De esta manera, se establecieron los límites superficiales utilizados posteriormente para la definición del dominio de los modelos hidrogeológicos.

En la porción baja de los acuíferos, el área del modelo fue recortada con el fin de concentrar el análisis en los sectores donde el flujo subterráneo converge y descarga hacia los vasos superficiales. Esta delimitación permitió enfocar la modelación en el sistema de flujo que alimenta dichas zonas de descarga, evitando extender innecesariamente el dominio del modelo hacia áreas que no contribuyen de manera directa al objetivo del estudio.

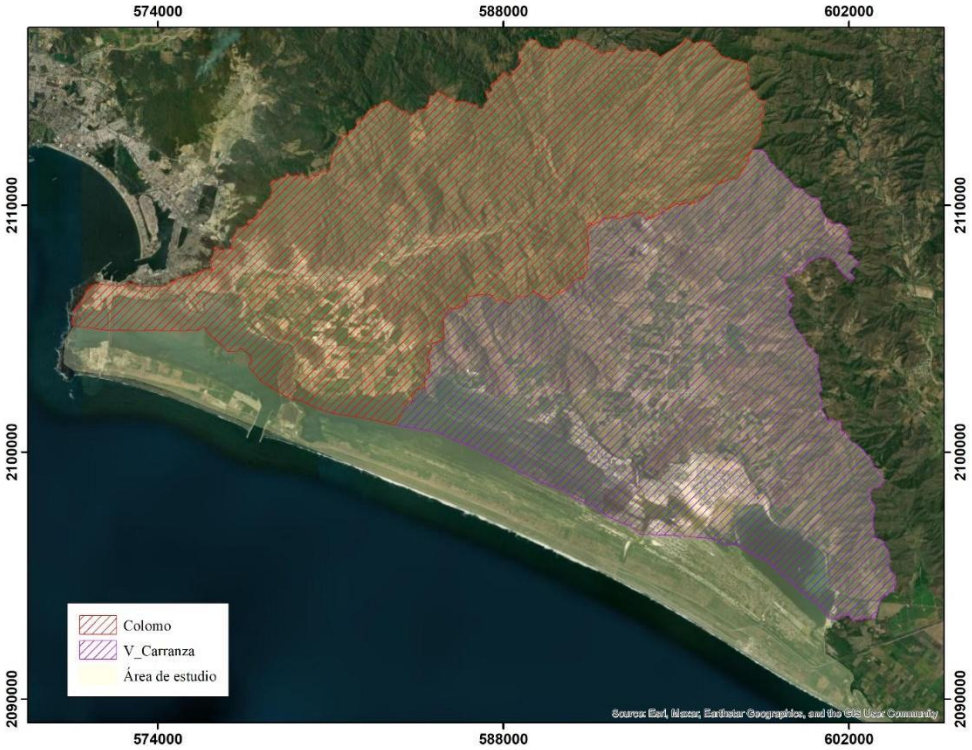


Figura 22. Áreas de modelado.

La superficie superior de los modelos se definió a partir de los valores del modelo de elevación digital (DEM). Por su parte, la base del modelo se estableció a una elevación de −300 m s.n.m., de acuerdo con la información geológica disponible para la zona de estudio.

En términos de discretización vertical, los modelos fueron definidos con un total de 10 capas que se pueden apreciar en las Figura 23Figura 24, donde la zona morada representa la zona activa del modelo. La distribución de estas capas presenta mayor detalle en los niveles superiores, con el fin de representar con mayor resolución las unidades someras del sistema hidrogeológico, en concordancia con los objetivos del modelo. Esta configuración permite capturar con mayor precisión los procesos de flujo subterráneo que ocurren en las zonas más cercanas a la superficie.

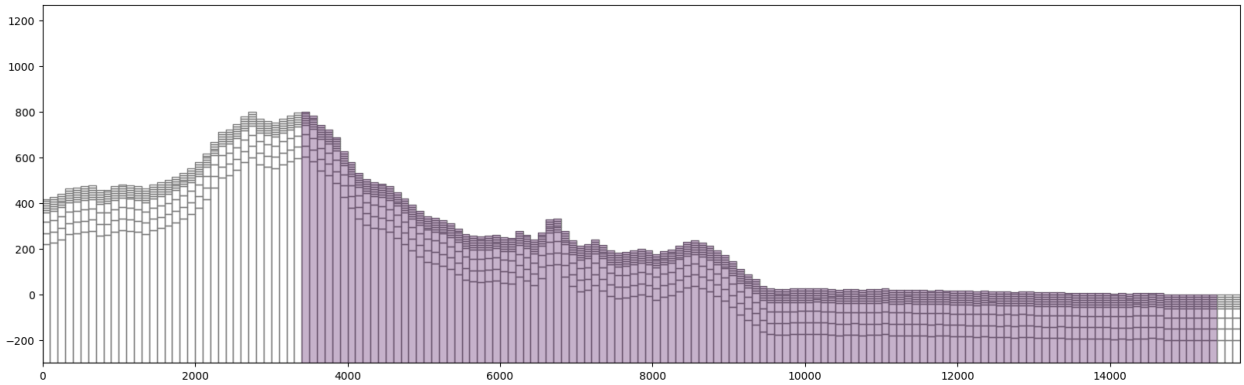


Figura 23. Discretización vertical modelo Colomo.

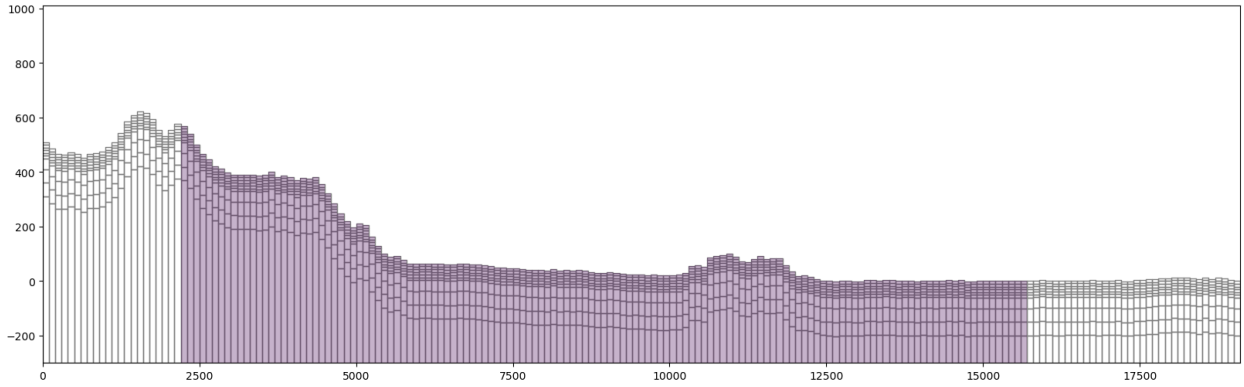


Figura 24. Discretización vertical Modelo Venustiano Carranza.

Los modelos se desarrollaron utilizando una malla estructurada con un tamaño de celda de 100 m (Figura 25Figura 26), lo que permitió discretizar el dominio del modelo de manera regular en las direcciones horizontal y vertical. Ambos modelos fueron planteados bajo condiciones estacionarias, considerando que el objetivo del análisis es representar el comportamiento promedio del sistema de flujo subterráneo. En la configuración del modelo se estableció el metro como unidad de longitud y el día como unidad de tiempo.

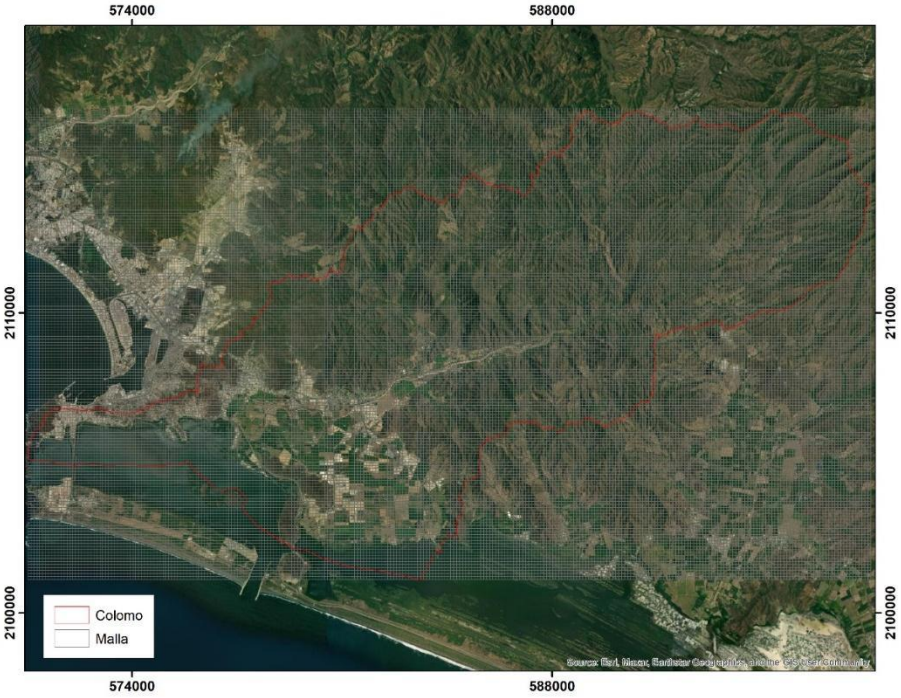


Figura 25. Malla modelo Colomo

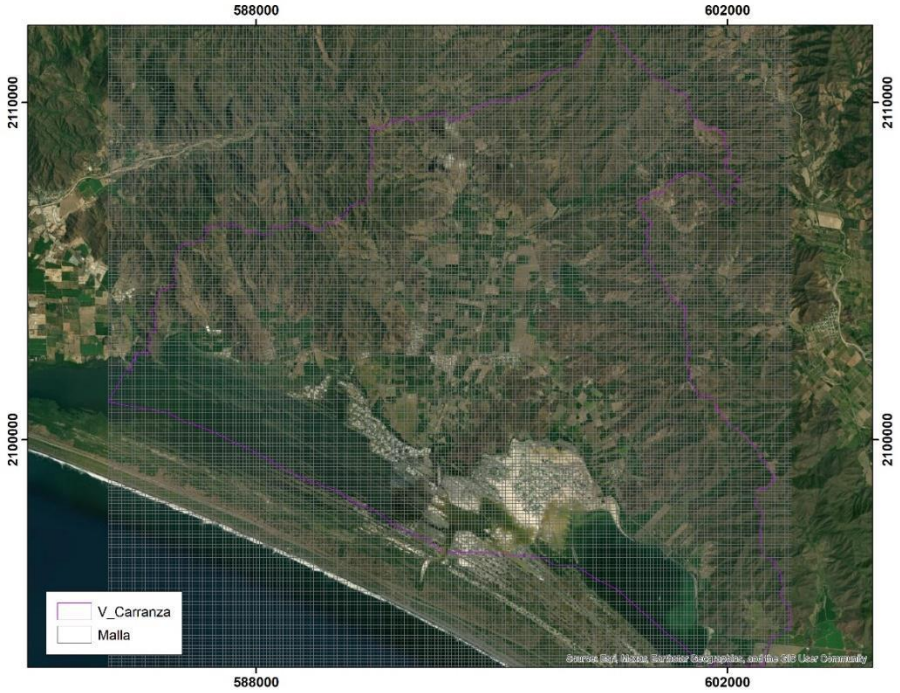


Figura 26. Malla Venustiano Carranza.

4.4.2 Propiedades hidráulicas del modelo

Para la asignación de las propiedades hidráulicas del modelo, inicialmente se digitalizaron en formato *shapefile* las unidades geológicas reportadas en las cartas mineras **Cuyutlán E13-B53** y **Manzanillo E13-B43**, ambas a escala 1:50,000. A partir de este proceso se obtuvo la distribución espacial de las unidades geológicas presentes en la zona de estudio.

En total se identificaron 40 litologías distintas dentro del área modelada. Posteriormente, estas litologías fueron agrupadas en conjuntos con comportamiento hidráulico similar, con el propósito de simplificar su representación dentro del modelo hidrogeológico y facilitar la asignación de propiedades hidráulicas consistentes. La clasificación resultante y los grupos definidos se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5 Clasificación unidades geológicas en la zona de estudio

Litología	Clasificación
Depósitos lacustres	Depósitos lacustres
Litoral	Depósitos no consolidados
Aluvial	

Diorita	Rocas intrusivas
Granito	
Granito-Granodiorita	
Monzonita	
Tonalita	
Caliza	Rocas metamórficas y carbonatadas
Esquisto-Neis	
Andesita	Rocas volcánicas masivas
Brecha volcánica acida	
Brecha volcánica intermedia caliza	
Brecha volcánica intermedia	
Latita	
Toba acida	Rocas volcánicas piroclásticas
Toba andesítica	
Toba andesítica-Limolita	
Toba intermedia	
Toba intermedia brecha volcánica acida	

Con el fin de representar la variación geológica en profundidad y considerando la información contenida en las secciones geológicas de las cartas mineras **Cuyutlán E13-B53** y **Manzanillo E13-B43**, se definieron dos configuraciones geológicas para el modelo.

La primera corresponde a una representación de la geología superficial, derivada directamente de la distribución de las unidades geológicas digitalizadas a partir de las cartas (Figura 27). Esta configuración permite representar las unidades que afloran en superficie y su distribución espacial dentro del área de estudio.

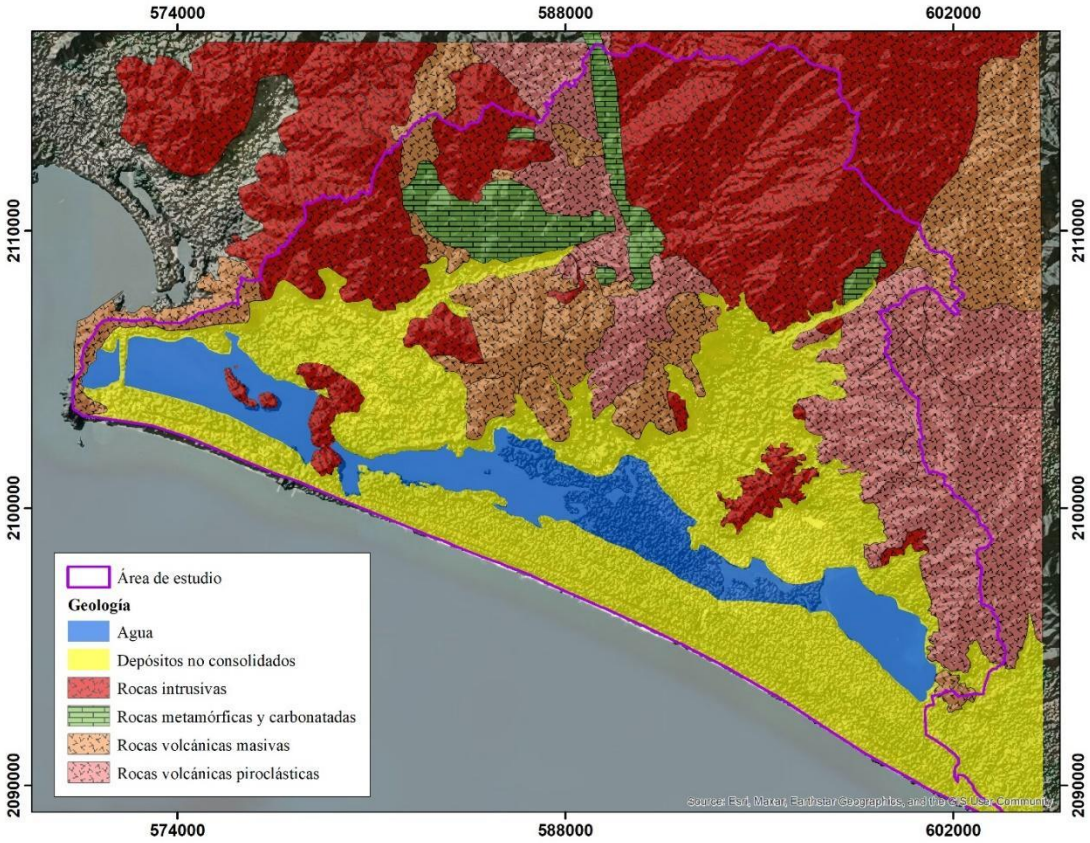


Figura 27. Geología en superficie.

La segunda configuración corresponde a una representación simplificada de la geología en profundidad, en la cual se considera la desaparición de los depósitos no consolidados observados en superficie (Figura 28). Esta representación se elaboró con el objetivo de aproximar la transición hacia unidades geológicas más consolidadas en el subsuelo, de acuerdo con la información disponible en las secciones geológicas de las cartas mineras. De esta manera, ambas configuraciones permiten considerar diferencias en la distribución de las unidades geológicas entre la superficie y los niveles más profundos del modelo.

Debido a que los reportes de disponibilidad de agua únicamente reportan parámetros hidráulicos para los depósitos no consolidados, los parámetros correspondientes a las demás unidades geológicas fueron obtenidos a partir de valores reportados en la literatura. Estos valores se utilizaron como una línea base inicial para la asignación de propiedades hidráulicas en el modelo y como punto de partida para el posterior proceso de calibración.

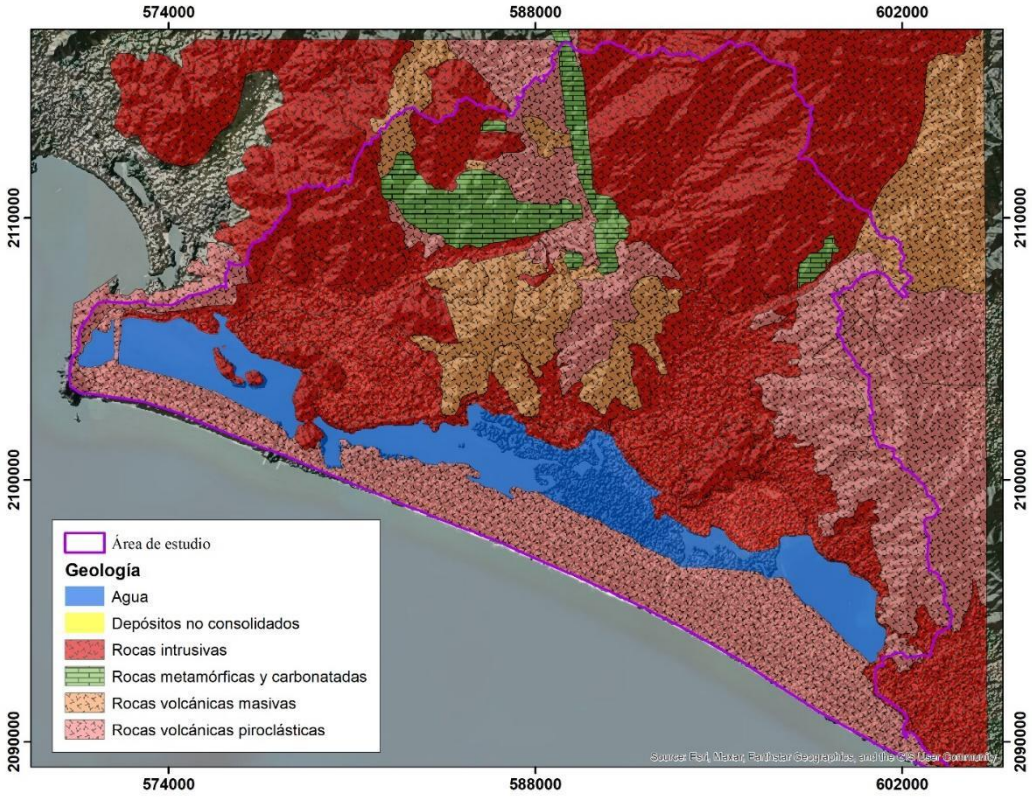


Figura 28. Geología a profundidad.

4.4.3 Condiciones de fronteras

La implementación de las condiciones de frontera fue la misma para ambos modelos. En la parte superior y en los lados del dominio se establecieron condiciones de no flujo, con el fin de representar los límites del sistema modelado y evitar intercambios de flujo a través de estos bordes.

En la parte inferior del modelo se conceptualizó que el sistema descarga hacia los vasos superficiales, por lo que se asignó una condición de frontera de carga constante (CHD) utilizando el paquete correspondiente de MODFLOW 6, con un valor de carga hidráulica de 0 m (Figura 29).

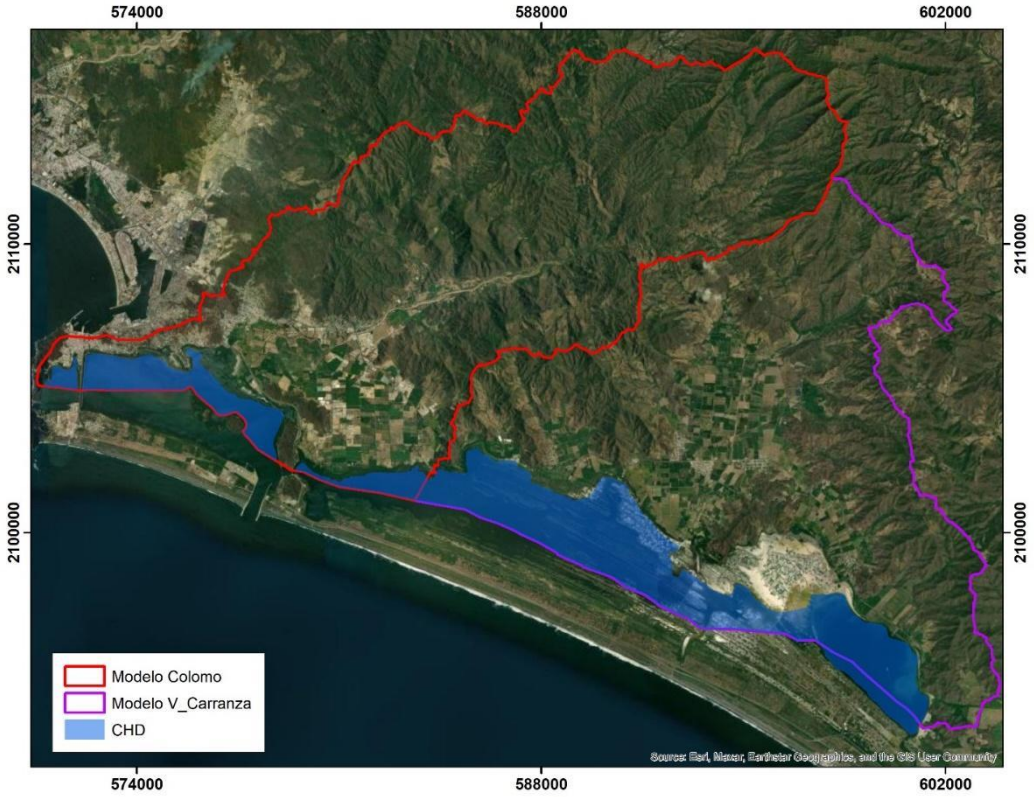


Figura 29. Condición de frontera de carga constante (CHD) en los modelos.

Con respecto a la recarga, se utilizó el paquete de recarga del modelo y se asignó un valor constante para toda el área de modelado. El valor de recarga utilizado corresponde a los valores reportados en los informes de disponibilidad media anual Dr_6005 y DR_6008 de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Estos valores fueron adoptados como condición de entrada para representar el aporte promedio de agua al sistema subterráneo dentro del dominio del modelo.

4.4.4 Calibración del modelo

El proceso de calibración consistió en la variación de las propiedades hidráulicas asignadas a las unidades geológicas presentes en la zona de estudio, con el objetivo de ajustar la respuesta del modelo hasta obtener una distribución de cargas hidráulicas físicamente coherente y consistente con la topografía del área.

Durante este proceso se realizaron ajustes progresivos en los valores de los parámetros hidráulicos de las distintas unidades geológicas, evaluando en cada caso la configuración resultante del campo de cargas hidráulicas. El criterio principal de evaluación fue que la distribución espacial de las cargas y las direcciones de flujo subterráneo fueran compatibles con la configuración topográfica y con la conceptualización del sistema hidrogeológico definida para el modelo.

5 RESULTADOS

5.1 Usos del agua subterránea

Cuando CONAGUA publica información por acuífero, lo hace dentro de los estudios de disponibilidad. Ahí aparece el volumen de extracción calculado con base en los títulos del REPDA, a continuación, se muestran los diferentes usos de los dos acuíferos principales que tienen influencia en la Laguna Cuyutlán.

5.2.1 Acuífero Venustiano Carranza

En el acuífero Venustiano Carranza se presentan siete tipos de uso del agua, que corresponden con los usos de acuacultura, agrícola, doméstico, pecuario, público urbano, servicios y diferentes usos. De ellos, el uso agrícola ocupa el volumen de agua más alto, de aproximadamente 15,000,000 m^3, lo que es muy contrastante con respecto a los otros usos, cuyos volúmenes son inferiores a 1,000,000 m^3, excepto para la categoría diferentes usos, cuyo volumen ronda los 1,292,417 m^3 (Figura 30). En el caso de las categorías: doméstico, pecuario y servicios, sus barras son no se visualizan, ya que rondan los 8,046 m^3, 13,676 m^3 y 28,820 m^3, respectivamente, pese a que en esas categorías existen más registros que para acuacultura, con sólo dos registros y un volumen de uso de agua mayor a las tres categorías mencionadas, el volumen ocupado por la acuacultura es de 320,000 m^3 (Figura 30).

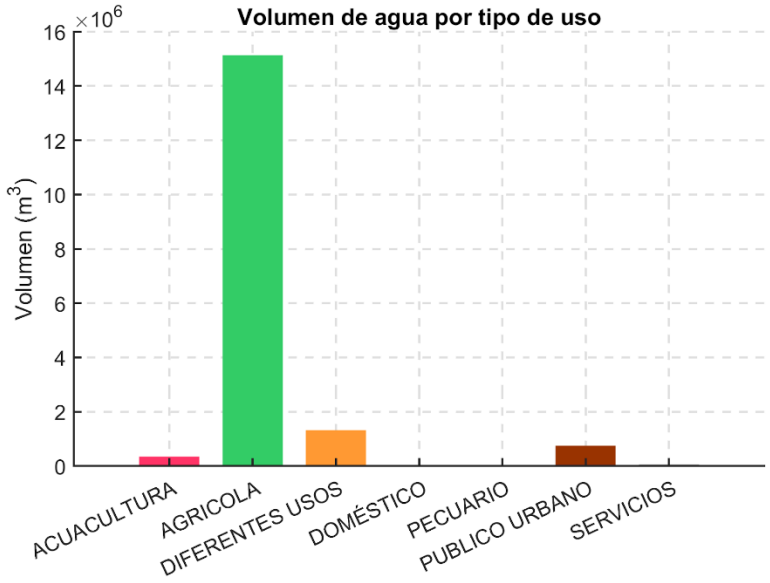


Figura 30. Volumen de agua por tipo de uso para el acuífero Venustiano Carranza.

De los volúmenes mencionados anteriormente, su equivalencia porcentual corresponde al 86.4% para el uso agrícola, al que le sigue la categoría diferentes usos con un 7.4% del total de agua usada en el acuífero Venustiano Carranza. El tercer lugar es para el uso público urbano con 4.1%, posteriormente la acuacultura con

un 1.8% y con porcentajes muy poco considerables, se encuentran los usos para servicios con casi 0.2%, pecuario con 0.07% y doméstico con 0.04% (Figura 31).

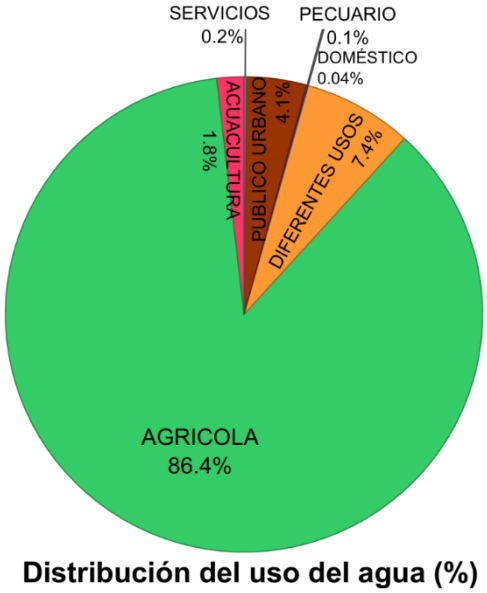


Figura 31. Porcentajes del uso de agua para el acuífero Venustiano Carranza.

El análisis espacial de los aprovechamientos registrados en el REPDA permite identificar un patrón claro de explotación del agua subterránea. La mayor densidad de pozos se concentra en las zonas agrícolas ubicadas al norte de los vasos III y IV de la Laguna de Cuyutlán, lo que sugiere que el acuífero es explotado principalmente en las áreas de mayor desarrollo agrícola.

En contraste, en la franja costera inmediata a la laguna predominan concesiones de bajo volumen, lo que indica que la explotación directa en el entorno inmediato del sistema lagunar es relativamente limitada. Esta condición es relevante desde el punto de vista hidrogeológico, ya que reduce la probabilidad de que el bombeo genere gradientes hidráulicos que favorezcan la intrusión marina o la inversión del flujo subterráneo hacia el interior del continente.

No obstante, la presencia de aprovechamientos en las zonas de transición entre las laderas montañosas y la planicie costera puede modificar localmente el régimen piezométrico del acuífero, generando conos de abatimiento que alteren la dirección natural del flujo subterráneo.

5.2.1 Acuífero El Colomo

En el acuífero El Colomo existen ocho usos de agua, siendo el industrial el uso extra a los presentes en el acuífero Venustiano Carranza. Aunque solo se presenta un registro para uso industrial, el volumen de agua concesionado es mayor que al de uso doméstico, que tiene 16 registros en el acuífero y alcanza los 11,760 m^3 y es superado por el industrial con 46,240 m^3 (Figura 32).

De igual manera que en el acuífero Venustiano Carranza, el uso agrícola es el que más volumen de agua ocupa con aproximadamente 11,500,000 m^3 (Figura 32). En segundo lugar, se encuentra la categoría diferentes usos con 5,675,000 m^3 aproximadamente (Figura 32).

Los otros seis usos restantes tienen volúmenes muy inferiores a los mencionados anteriormente, por debajo de los 2,000,000 m^3; ocupando el tercer lugar el uso público urbano con un volumen de 1,344,843 m^3 (Figura 32).

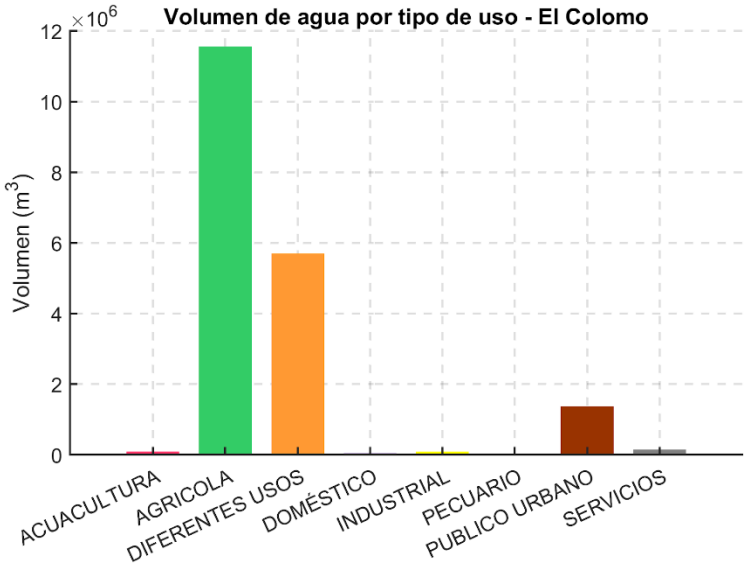


Figura 32. Distribución porcentual de los usos de agua para el acuífero El Colomo.

La distribución porcentual de los volúmenes de uso de agua en el acuífero es la siguiente: el 61.3% corresponde al uso agrícola, el 30.2% es representado por diferentes usos, un 7.1% es de uso público urbano y el restante 1.4% se distribuye entre los usos doméstico y pecuario, ambas con ~ 0.1%, el industrial con ~ 0.3%, la acuacultura con ~ 0.4% y los servicios con ~ 0.6% (Figura 33).

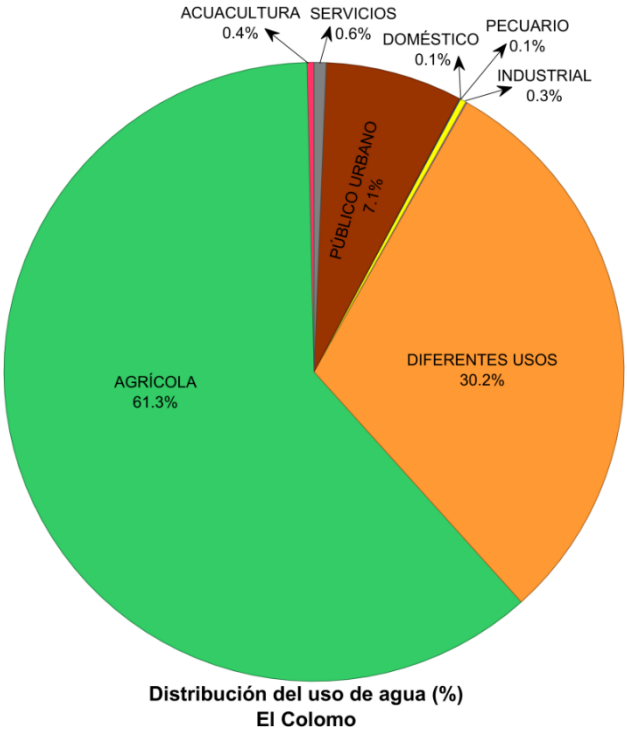


Figura 33. Porcentajes del uso de agua en el acuífero El Colomo.

5.2 Análisis Hidrogeoquímico de información disponible

La información Hidrogeoquímica presentada en esta sección se obtuvo de las bases de datos de INEGI, que corresponden a los años 1979, 2015 y 2021 (Tabla A 1). Dentro del acuífero de El Colomo se encuentran tres sitios con datos de muestreo histórico, dos en la parte norte de la planicie, que son para uso público urbano y doméstico con riego, y el otro al oeste es para uso doméstico (Figura 34). En el acuífero Venustiano Carranza se ubican cuatro registros dos muy cerca del límite con los vasos tres y cuatro, destinados a uso doméstico y riego para el sitio al oeste del acuífero y el de lado este sólo para uso doméstico (Figura 34). Los otros dos se encuentran en la parte norte del acuífero que corresponde al uso doméstico y de abrevadero y el último de lado oeste del acuífero en el piedemonte de la sierra es de uso público urbano (Figura 34).

En la planicie del acuífero de Armería, se ubican 12 sitios más principalmente entre los municipios de Tecomán y Ciudad de Armería, la mayoría de ellos son de uso público urbano a excepción de tres registros, dos muy cerca del mar, en la línea costera, destinados a uso doméstico y el otro más cerca de la laguna 'Amela' de uso agrícola (Figura 34).

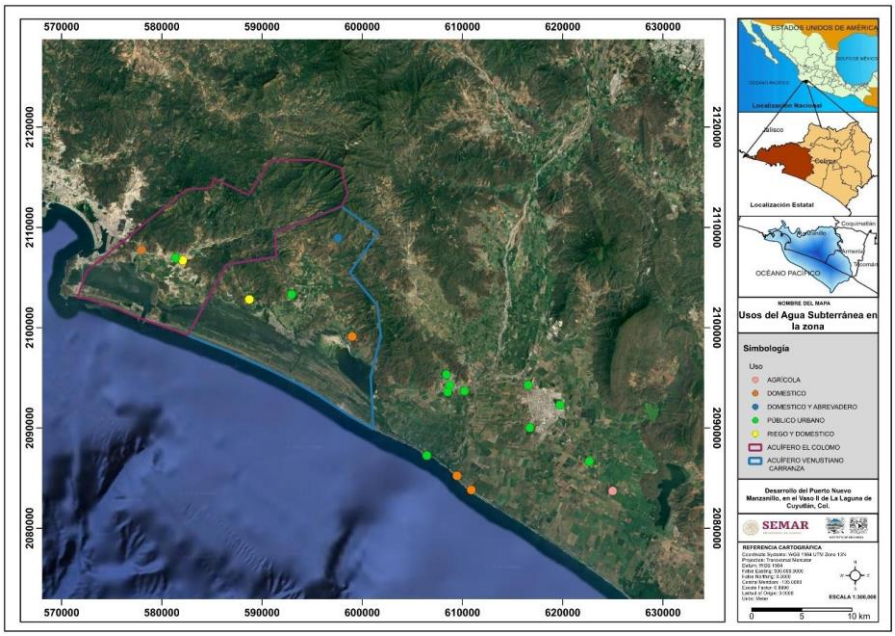


Figura 34. Ubicación y usos de la base de datos histórica del INEGI sobre el agua subterránea.

A continuación, se abordarán las distribuciones de las concentraciones de las especies iónicas reportadas para el registro histórico sobre el agua subterránea en la región.

Los cationes, el **calcio** (Ca^{2+}) tiene concentraciones muy bajas respecto a la Norma (500 mg/L es el límite permisible de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2021 de carbonatos) en los dos acuíferos de interés, sin embargo, en El Colomo el rango de concentraciones está entre los 24 y 98 mg/L distribuidos en los límites del área de planicie al oeste y norte de ella (Figura 35).

En el acuífero de Venustiano Carranza son ligeramente mayores al oeste del acuífero, por encima del vaso cuatro, que presenta un rango entre los 98 a 140 mg/L de Ca^{2+}. Los sitios en la zona oeste del acuífero se encuentran en el rango de 57 a 98 mg/L, mientras el punto al norte presenta el rango más chico de 24 a 57 mg/L (Figura 35).

En el cuadrante este de los acuíferos, se encuentran las concentraciones más altas de este catión, de lado oeste al pie de monte de la sierra se encuentran concentraciones entre los 98 mg/L a los 200 mg/L (Figura 35). En el municipio de Tecomán las concentraciones rondan los 98 mg/L hasta los 140 mg/L (Figura 35). Más al oeste hacia los límites con la laguna Amela se encuentra la concentración más alta en el rango de los 200 mg/L a los 323 mg/L (Figura 35).

Los sitios más cercanos a la línea de costa presentan concentraciones bajas de Ca^{2+} que varían entre los 57 mg/L y los 98 mg/L (Figura 35).

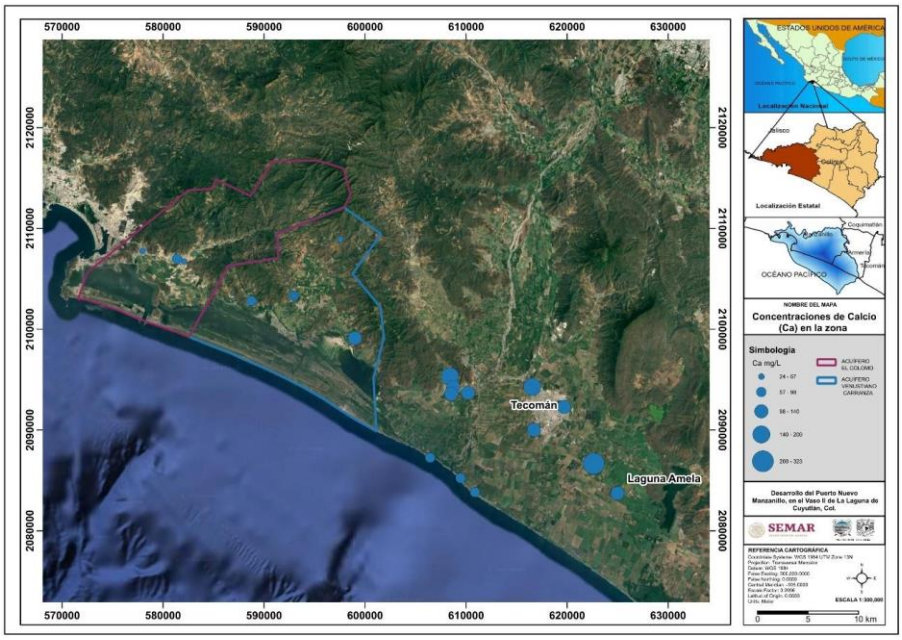


Figura 35. Distribución graduada de las concentraciones de Ca^{2+} de la base de datos INEGI.

En cuanto al **magnesio** (Mg^{2+}) de los tres sitios ubicados en el acuífero El Colomo nuevamente el que está al oeste es el que presenta una concentración más alta entre los 33 mg/L y los 47 mg/L, mientras los que están al norte de la planicie tienen las concentraciones más bajas de 15 a 18.6 mg/L y el otro entre los 18.6 mg/L y los 33 mg/L (Figura 36). La norma mexicana vigente, NOM-127-SSA1-2021, no establece un límite máximo específico únicamente para el magnesio en su lista de características químicas, sin embargo, el magnesio está regulado indirectamente a través del parámetro de Dureza Total

De igual manera para el acuífero Venustiano Carranza los sitios en los extremos oeste y este presentan las concentraciones más altas en un rango de los 33 a los 47 mg/L para el del oeste y el otro entre los 47 y los 71 mg/L (Figura 36). El sitio al norte del acuífero tiene la concentración más baja del rango entre los 15 y 18.6 mg/L (Figura 36).

De manera similar a la distribución del Ca^{2+} en el cuadrante este de los acuíferos se encuentran las concentraciones más altas para el Mg^{2+}, en el lado oeste se encuentran concentraciones que rondan de los 33 a 47 mg/L y de los 47 a los 71 mg/L para el sitio más cercano al piedemonte de la sierra. Los que se ubican en el municipio de Tecomán rondan el rango entre los 33 y 47 mg/L (Figura 36). El sitio al oeste del municipio Tecomán tiene la concentración más alta que es de 102.8 mg/L, mientras en la línea costera dos de los tres sitios presentan concentraciones bajas de entre los 15 a 18.6 mg/L y el otro se encuentra entre los 33 y 47 mg/L (Figura 36).

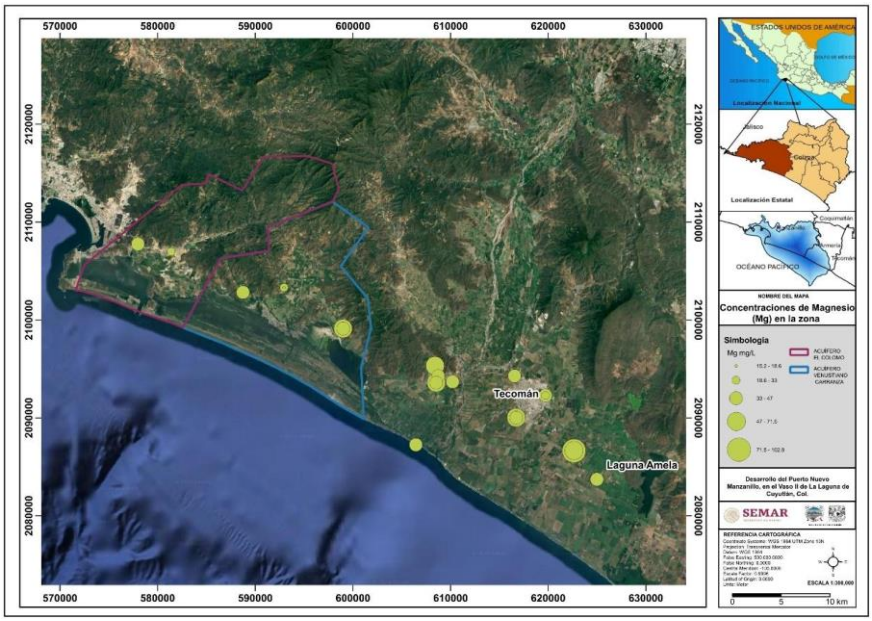


Figura 36. Distribución graduada de las concentraciones de Mg^{2+} de la base de datos INEGI.

El comportamiento del **sodio** (Na^{+}) para el acuífero El Colomo es bastante similar al del Mg2+, ya que el sitio al oeste de la planicie es nuevamente el que presenta la concentración más alta de 77.3 mg/L, mientras los otros tres restantes al norte de la planicie tienen concentraciones muy bajas de 15 mg/L y los otros dos de 37 mg/L y 55 mg/L (Figura 37). En el acuífero Venustiano Carranza las concentraciones son más bajas respecto al Mg^{2+} y Ca^{2+}, distribuyéndose de lado oeste los puntos con valores bajos de Na^{+}, de sur a centro tenemos concentraciones de 35 mg/L y 44 mg/L. El punto al norte nuevamente tiene la concentración más baja en este acuífero que es de 21 mg/L. Igual que los cationes anteriores los sitios al este del acuífero tiene la concentración más alta de Na^{+}, que son de 76.7 mg/L y 97.3 mg/L (Figura 37). El límite permisible es de 200 mg/L.

En el cuadrante este de los acuíferos las concentraciones son bastante homogéneas entre la mayoría de los sitios, encontrándose en el rango de los 72 mg/L y 83 mg/L. Para dos de los sitios al oeste del cuadrante entre los piedemontes de la sierra, las concentraciones son más bajas de 45.4 y 40.6 mg/L. Para el sitio más cercano a la laguna 'Amela' y dos de los ubicados en la línea de costa, las concentraciones rondan los 57 mg/L, 52 y 50 mg/L, respectivamente (Figura 37). En el caso del sitio más al oeste en la línea de costa su concentración de Na^{+} varía respecto un año y otro, es decir en 2015 presentó una concentración de 95.4 mg/L y para 2021 aumento a 119.7 mg/L (Figura 37). Este comportamiento también se presenta en el otro sitio cercano a la laguna 'Amela' en su franco este y en el oeste con el municipio Tecomán, su concentración de Na^{+} en el 2015 fue de 82.3. mg/L y para 2021 aumento a 96.9 mg/L.

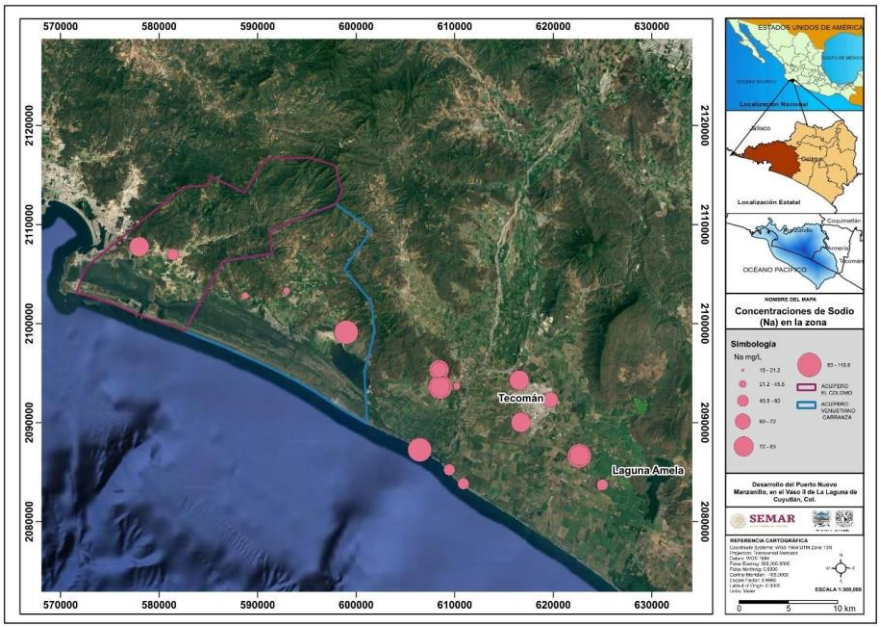


Figura 37. Distribución graduada de las concentraciones de Na^+ de la base de datos INEGI.

En el caso del ion **potasio** (K^+) las concentraciones en el acuífero El Colomo son muy mínimas ubicándose en el primer rango de 1.6 mg/L a 4 mg/L (no hay límite permisible en la NOM ya que no se considera un elemento toxico). Únicamente uno de los sitios al norte de la planicie presenta concentraciones para los años 1979 y 2021, que son de 2.3 mg/L y 5 mg/L, respectivamente (Figura 38).

De los cationes el K^+ es el que presenta las concentraciones más bajas en la zona, debido a su baja disponibilidad en el medio geológico (Figura 38). En el acuífero Venustiano Carranza las concentraciones en los extremos sur y norte del lado oeste son las más bajas, entre los 1.6 mg/L y los 5 mg/L, respectivamente. Mientras el sitio en la zona centro oeste del acuífero presenta, contrario al comportamiento de los cationes anteriores, una disminución en su contenido de K^+ de 2015 a 2021 pasando de 7.8 mg/L a 3.7 mg/L, en los años indicados (Figura 38). El sitio al este del acuífero también tiene registro para los años 2015 y 2021, aunque el comportamiento es de aumento pasando de 2 mg/L a 7 mg/L (Figura 38).

Los sitios en el cuadrante Este de los acuíferos también presentan ese comportamiento de aumento entre los registros de 2015 a 2021, los puntos al centro Oeste del cuadrante pasan de concentraciones de 1.8 mg/L y 11.5 mg/L a 7.0 mg/L y 27.2 mg/L, respectivamente para los sitios más al oeste, siendo esta región donde se encuentra la mayor concentración de este catión (Figura 38). El resto de los sitios en esa región tienen concentraciones muy pequeñas de 2 mg/L y 3.5 mg/L correspondientes al 2015.

En el municipio de Tecomán las concentraciones en el 2015 rondan los 5.6 y 5.8, mientras para el 2021 son de 8.9 mg/L, 12.5 mg/L y 12.8 mg/L (Figura 38). Para los dos sitios más al Este, las concentraciones cambian de valores alrededor de los 5.6 mg/L a los 12 mg/L y 13 mg/L (Figura 38). De los sitios en la línea de costa los dos más hacia la parte centro del cuadrante sólo tienen registro para el 2015 que corresponde a concentraciones

de 8.9 y 7.6 mg/L (Figura 38). El otro sitio más hacia el Oeste aumenta de los 7.2 mg/L a los 13.3 mg/L (Figura 38).

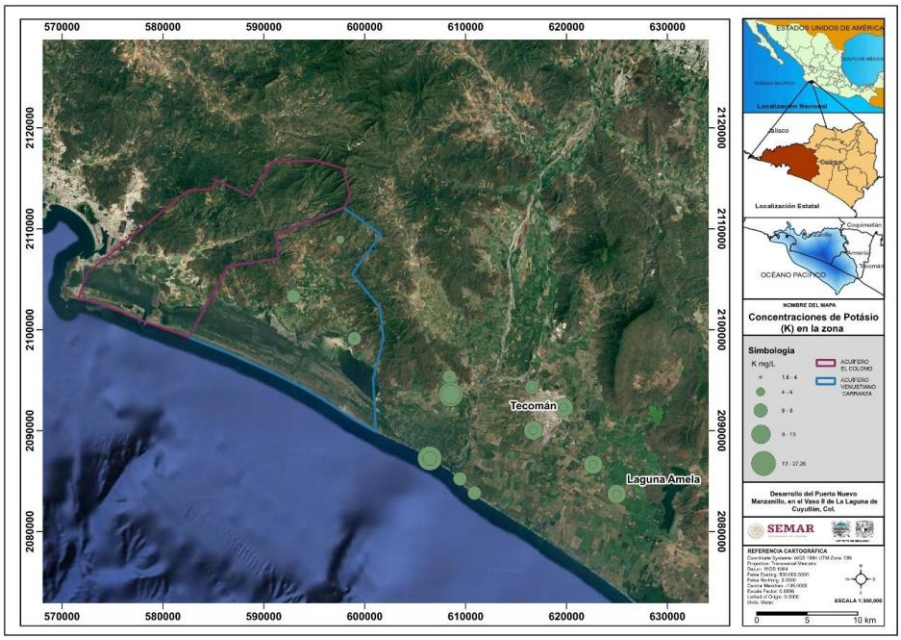


Figura 38. Distribución graduada de las concentraciones de K^+ de la base de datos INEGI.

En cuanto a los aniones, el sulfato (SO_4^{2-}) tanto en el acuífero de El Colomo, como en el de Venustiano Carranza tiene concentraciones bajas en el rango de los 78 mg/L a los 141.5 mg/L (Figura 39), la Norma establece un límite de 400 mg/L. En el caso del primer acuífero, el único punto que tiene registros para los años 2015 y 2021 se ubica en el norte de la planicie en los límites con las elevaciones del Oeste del acuífero, disminuyendo de los 118 mg/L a los 78.5 mg/L para el año más reciente (Tabla A 3, Figura 39).

En el acuífero Venustiano Carranza los dos sitios con registros para 2015 y 2021 no varían entre esos años, sus concentraciones para el sitio al oeste son de 57.6 mg/L y los 58 mg/L para 2021, mientras el segundo punto al este del acuífero varía entre los 40 mg/L para 2015 y 43.9 mg/L para el 2021 (Tabla A 3, Figura 39).

Los puntos al este de los acuíferos muestran cambios más significativos entre los registros de los años mencionados, además de tener concentraciones más altas a la de los acuíferos (Figura 39). Para los sitios alrededor del municipio Ciudad de Armería, los valores pasan de 242.7 mg/L a 278.2 mg/L para 2021, y de 345 mg/L disminuye a 324 mg/L en el otro sitio más al noroeste del municipio (Figura 39). Para los sitios ubicados en el municipio de Tecomán tampoco presentan cambios significativos entre los registros de los años mencionados encontrándose en el rango de los 186 mg/L a los 303 mg/L (Figura 39).

Nuevamente, el sitio al este del municipio de Tecomán presenta las concentraciones más altas de este anión, para 2015 registro un valor de 850 mg/L y para 2021 aumenta a 954.8 mg/L, mientras el sitio a su lado este más al límite con la laguna 'Amela' varía de los 304.5 mg/L a los 269.2 mg/L (Figura 39).

Finalmente, los sitios ubicados en la línea de costa no cambian casi nada entre años y sus valores se encuentran entre los 120.5 mg/L y 132.3 mg/L (Figura 39).

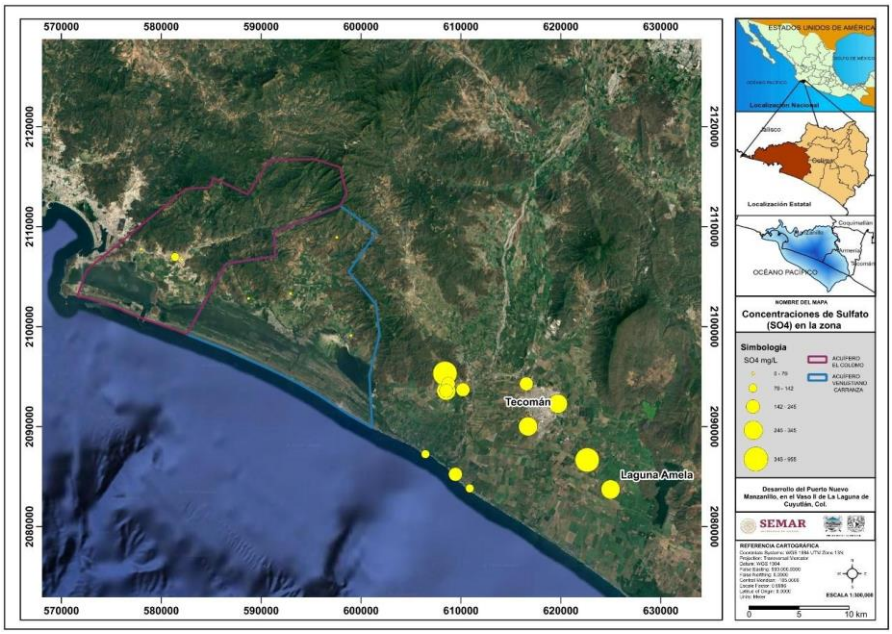


Figura 39. Distribución graduada de las concentraciones de SO_4^{2-} de la base de datos INEGI.

Para el anión del **bicarbonato** (HCO_3^-) en el acuífero El Colomo las concentraciones van de los 212.3 mg/L a los 268.9 mg/L en el caso de los dos sitios en el extremo oeste y en la zona norte-centro de la planicie (Figura 40). Mientras, para el único sitio con registros para 2015 y 2021 los valores disminuyen un poco de 234.8 mg/L a los 192.6 mg/L (Tabla A 3). En el acuífero Venustiano Carranza el rango de concentraciones se encuentra entre los 268.9 mg/L y los 313 mg/L y en el caso de los sitios con dos registros las concentraciones no varían tanto, aunque tienen tendencias distintas, en el sitio al este del acuífero las concentraciones disminuyeron aproximadamente 30 mg/L, de 295.3 mg/L en 2015 a 268.9 mg/L en 2021 (Tabla A 3, Figura 40). Y en el sitio al oeste-centro del acuífero, la concentración aumenta unos 50 mg/L, de 237.2 mg/L a 293.5 mg/L para 2021 (Tabla A 3, Figura 40). El único sitio al norte del acuífero presenta una concentración de 207 mg/L para el año 1979.

Los sitios en el municipio Ciudad de Armería, las concentraciones de HCO_3^- están en un rango entre los 300 mg/L y 397.6 mg/L, incluyendo los registros para ambos años 2015 y 2021. En el municipio de Tecomán las concentraciones tampoco varían tanto entre un año y otro, rondando los 308.9 mg/L y llegando hasta los 356.8 mg/L (Tabla A 3, Figura 40).

El sitio al este del municipio Tecomán se encuentra el sitio con un contraste más importante entre sus registros para 2015 y 2021, donde la concentración de HCO_3^- pasa de 234.8 mg/L a los 385.3 mg/L (Tabla A 3, Figura 40). Mientras, en el sitio más cercano a la laguna 'Amela' la concentración de HCO_3^- también disminuye pasando de 253.9 mg/L a los 247.5 mg/L para 2021 (Tabla A 3, Figura 40).

Finalmente, los sitios en la línea de costa tienen valores similares a los del acuífero El Colomo, que son relativamente pequeños, encontrándose en un rango de los 189.3 m/L hasta los 212.3 mg/L (Figura 40).

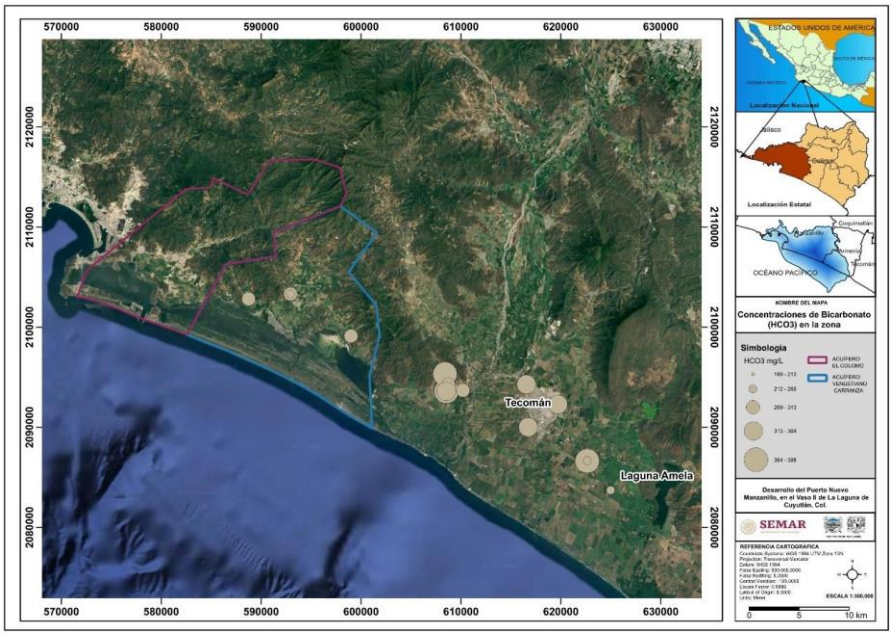


Figura 40. Distribución graduada de las concentraciones de HCO_3- de la base de datos INEGI.

El anión **cloruro** (Cl^-) tiene concentraciones menores a las del HCO_3^-, en el acuífero El Colomo las concentraciones se encuentran en el rango de los 42 mg/L a los 67.8 mg/L, aunque en el único sitio de este acuífero con registros para dos años, la concentración disminuye casi 50 mg/L, de 86.9 mg/L en 2015 a 32.14 mg/L en el 2021 (Figura 41). En el acuífero Venustiano Carranza las mayores concentraciones se encuentran al norte de los vasos tres y cuatro, que se encuentran en el rango de los 171.2 mg/L y los 246.3 mg/L. Y para los otros dos sitios al centro-oeste y norte del acuífero los valores rondan los 20 's mg/L (Figura 41). Anteriormente, el límite de cloruros era de actualmente, se centra en el cloro residual libre entre y para desinfección

El rango de concentraciones en el municipio de Ciudad de Armería varía bastante entre los que están al sur y norte del municipio respecto de los que están en el centro, donde el rango de concentraciones va de los 42 a los 67.8 mg/L, mientras en el sur la concentración de Cl^- pasa de los 78.7 mg/L en 2015 a 83.1 mg/L para 2021. Y en el que está al norte, de los 171 mg/L en 2015 a 138.6 mg/L en el 2021 (Tabla A 3, Figura 41). En el municipio de Tecomán las concentraciones se encuentran entre los 67.8 y 103 mg/L, a excepción del sitio al noroeste del municipio, donde hay una disminución en la concentración de 107 mg/L, que es la más grande en todos los registros, presentando en 2015 un contenido de Cl^- de 183.5 mg/L y para 2021 de 76.3 mg/L (Tabla A 3, Figura 41)

Para los sitios al este de Tecomán la concentración también disminuye unos 55 mg/L en el primer sitio del municipio hacia la laguna 'Amela', al presentar 85.8 mg/L en 2015 y 30.8 mg/L en el 2021. En el sitio más cercano a la laguna la concentración no varía tanto pasando de 55.2 mg/L en 2015 a 47.6 mg/L en el 2021 (Tabla A 3, Figura 41). Finalmente, para los sitios en la línea de costa, dos de ellos tienen concentraciones entre los 21 a 42 mg/L y el tercero más cercano al acuífero Venustiano Carranza la concentración de Cl- es mucho mayor, varían entre los 203 mg/L en los registros de ambos años, 2015 y 2021 (Tabla A 3, Figura 41).

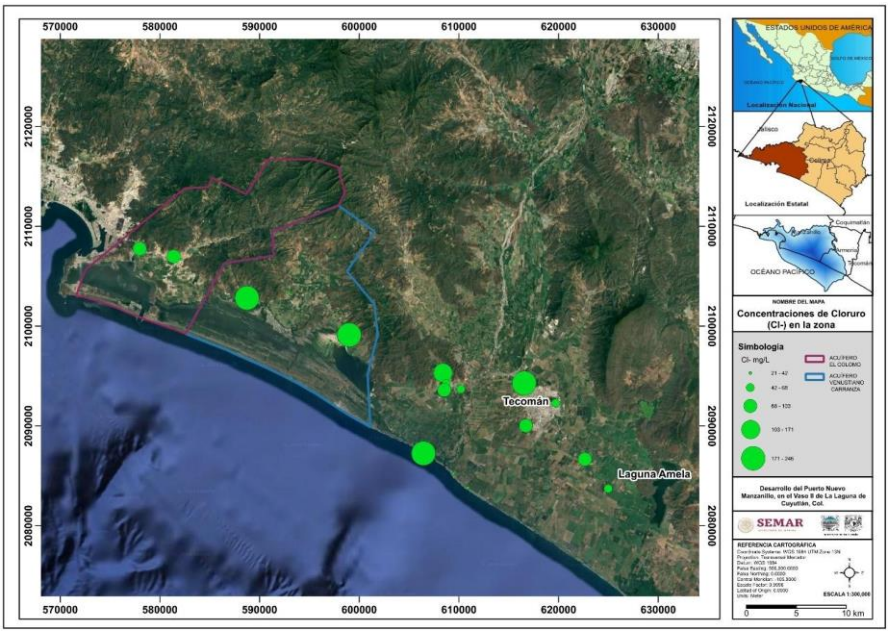


Figura 41. Distribución graduada de las concentraciones de Cl^- de la base de datos INEGI.

En el caso del **nitrato** (NO_3^-) la concentración más grande en el acuífero El Colomo se encuentra en el centro norte de la planicie que están en el rango más alto para este anión entre los 25 y 41 mg/L, mientras en los otros dos sitios las concentraciones son pequeñas, menores a 2.6 mg/L (Tabla A 3, Figura 42). Para el acuífero Venustiano Carranza las concentraciones más altas se ubican al norte del vaso cuatro y en el oeste-centro del acuífero, además no varían tanto respecto a un año y otro, para el primer sitio las concentraciones cambian de 25 mg/L en 2015 a 27 mg/L en 2021 y para el segundo de 14 mg/L e 2015 a 19.5 mg/L en 2021 (Tabla A 3, Figura 42).

Al este de los acuíferos, las concentraciones más altas de NO_3^- se encuentran en el municipio de Ciudad de Armería, donde las concentraciones se encuentran entre los 14 mg/L hasta los 41.4 mg/L, la concentración más alta para este anión (Tabla A 3, Figura 42). En la línea costera no hay presencia de este anión en los registros del INEGI y para el municipio de Tecomán y el sitio más cercano a la laguna 'Amela' las concentraciones son bajas alcanzando máximo los 3 mg/L. Y en el caso del sitio al este del municipio Tecomán las concentraciones de este anión aumentaron de 2015 a 2021 pasando de los 0.5 mg/L a 9 mg/L (Tabla A 3, Figura 42).

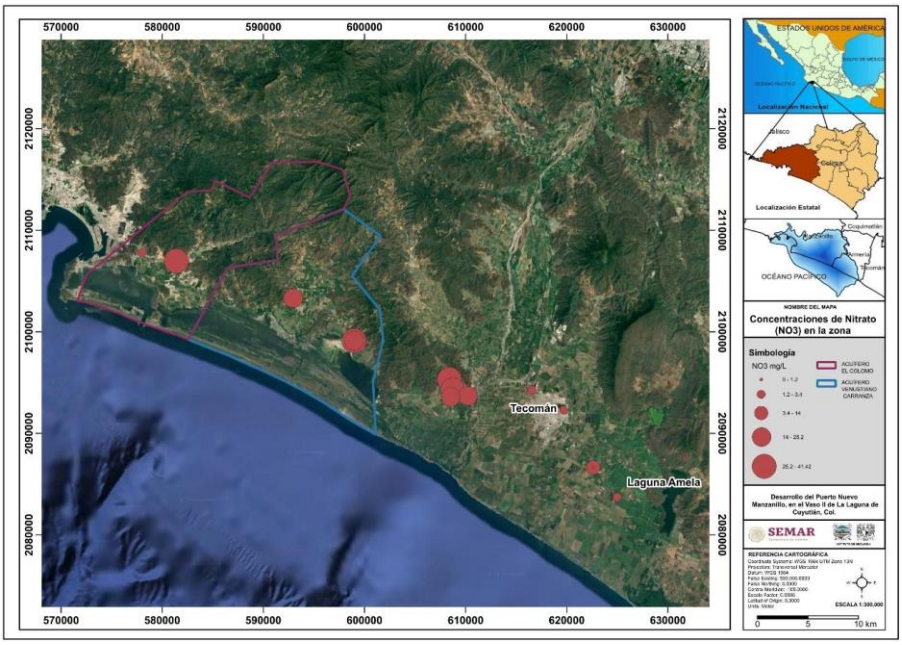


Figura 42. Distribución graduada de las concentraciones de NO_{3}- de la base de datos INEGI.

Los valores de **pH** no son tan variables en toda el área de distribución, ya que hay una diferencia de dos unidades entre el valor más bajo y alto, pero si hay una diferencia notoria entre los valores al este de los acuíferos que son más bajos y los presentados en el acuífero Venustiano Carranza con los valores más alcalinos de 8.3 unidades al suroeste del acuífero y de 8.6 unidades al norte (Figura 43).

En el acuífero El Colomo el pH ronda los 7.5, la diferencia existe en los registros de 2015 y 2021 para el punto al norte de la planicie donde el pH pasa de 6.9 a 7.5, respectivamente (Tabla A 4, Figura 43). En el municipio de Ciudad de Armería los valores van desde los 7 hasta los 7.6. Para el municipio de Tecomán los valores varían de 7.3 a 8 unidades. Y para los que se ubican en la línea de costa los valores van de oeste a este, de 7.8 a 7.5 a 7 unidades (Figura 43).

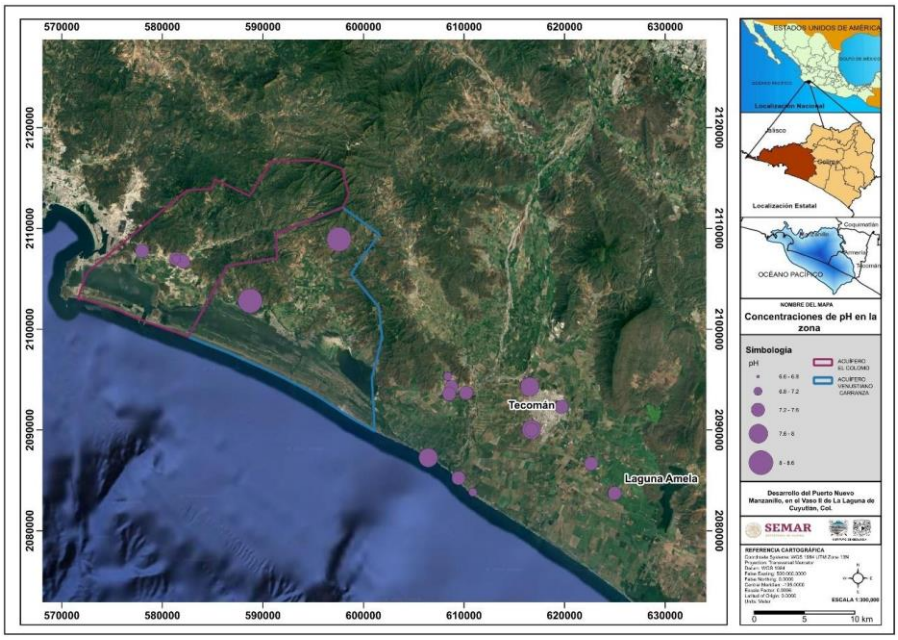


Figura 43. Distribución graduada de las concentraciones de pH de la base de datos INEGI.

En el caso de la **conductividad eléctrica** (CE) las concentraciones más altas se encuentran al este de los acuíferos en los municipios de Ciudad de Armería y Tecomán, así como al este del municipio y al oeste de la laguna 'Amela' (Figura 44), el rango de concentraciones presente en esta franja de sitios es desde los 1,020 mS/cm hasta los 2,321 mS/cm en el sitio al este del municipio Tecomán (Figura 44). En la línea de costa la CE varía de oeste a este entre los 1,100 mS/cm y 718 mS/cm (Figura 44). Para el año de 1979 no hay registro de CE, pero para el único sitio en el acuífero El Colomo con valores hay registro de este parámetro para 2015 y 2021, siendo de 934 mS/cm y 586 mS/cm, respectivamente (Tabla A 4, Figura 44). En el acuífero de Venustiano Carranza las concentraciones al oeste cambian de 591 mS/cm a 659 mS/cm y al este de 1426 mS/cm a 1174 mS/cm para los años 2015 y 2021 (Tabla A 4, Figura 44).

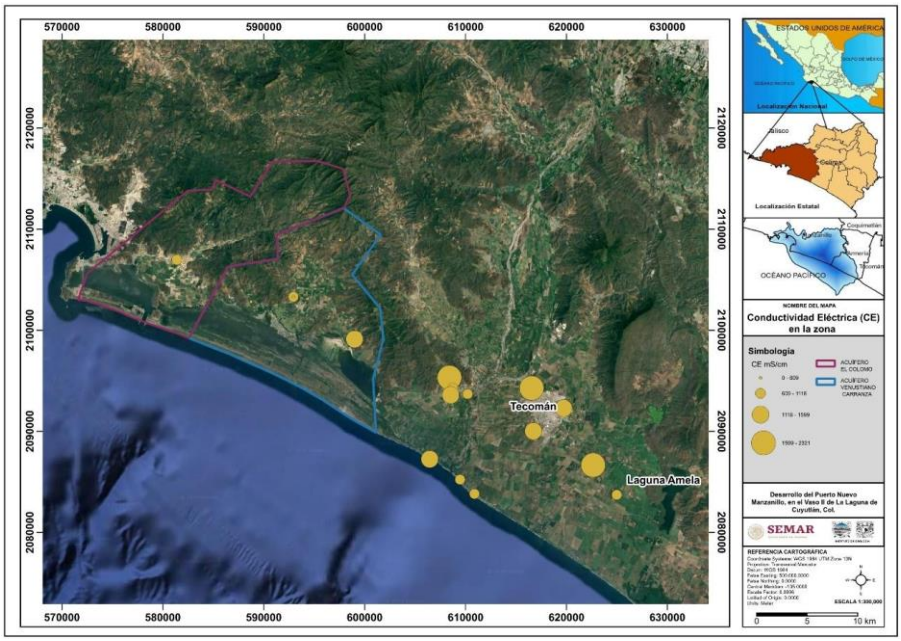


Figura 44. Distribución graduada de las concentraciones de CE de la base de datos INEGI.

La distribución de los **sólidos totales disueltos** (STD) es de manera general similar a la de la CE, debido a la relación directa y proporcional entre ambas, ya que a mayor cantidad de iones en la solución mayor es la conductividad (Figura 44 y Figura 45). Para el acuífero El Colomo los STD varían entre los 382 ppm hasta los 525 ppm al oeste y en el único sitio con registros para los años 2015 y 2021 los STD disminuyen de los 459 ppm a los 293 ppm, lo que implica 166 ppm de diferencia entre esos seis años (Tabla A 4 y Figura 45). En el acuífero Venustiano Carranza los STD más altos se ubican al norte de los vasos tres y cuatro, en el rango de los 553 ppm a los 711 ppm. Mientras en la zona centro-oeste y norte los valores se encuentran entre los 287 ppm y 382 ppm (Figura 45).

Al noroeste del municipio Ciudad de Armería se encuentra una de las concentraciones más altas en todo el registro, que es de 958 ppm, en el resto del municipio el rango es de 553 a 788 ppm (Figura 45). En el municipio de Tecomán los STD en 2015 toman un rango entre los 586 ppm y los 806 ppm, pero para 2021 disminuye a los 510 ppm y 633 ppm (Tabla A 4 y Figura 45). Al este del municipio Tecomán se encuentra un sitio con valores de STD de 1161 ppm tanto para 2015, como para 2021 (Tabla A 4 y Figura 45). Finalmente, en la línea de costa los valores más hacia el este tienen valores bajos de STD que rondan los 350 ppm y 367 ppm, mientras el que está más al oeste pasa de los 625 ppm en 2015 a 582 ppm para 2021 (Tabla A 4 y Figura 45).

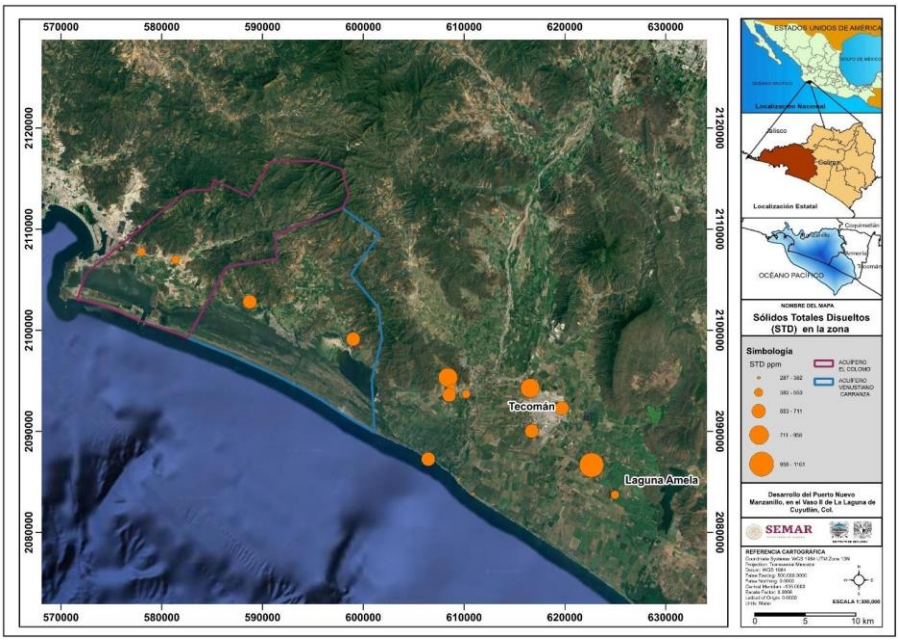


Figura 45. Distribución graduada de las concentraciones de STD de la base de datos INEGI.

Considerando el **diagrama de Piper** y las concentraciones de los mapas de iones, una gran mayoría de las muestras reportadas por el INEGI son del tipo sulfatadas cálcica magnésicas, una minoría es más del tipo clorurada cálcica magnésica, mientras la otra mayoría restante es bicarbonatada cálcica magnésica (Figura 46). Centrándose en el triángulo de los cationes, una gran mayoría de las muestras se encuentran en la zona de mezcla y el resto tiene predominancia del Ca^{2+} (Figura 46). En el triángulo de los aniones, en una mayoría de sitios hay predominancia del HCO_3^-, en los otros hay mezcla entre los aniones y solo en dos hay dominancia del SO_4^{2-} (Figura 46).

En la Tabla A 1 se presentan los datos de identificación y ubicación para todos los sitios mostrados en los mapas de las figuras 35 a 45, así como algunos parámetros como la temperatura, el caudal (Q) y el nivel estático (NE) para los años de 1979, 2015 y 2021. Los registros de 1979 son muy escasos de apenas cuatro sitios y para algunos parámetros no hay valores o datos reportados (Tablas A 1 – A 4)

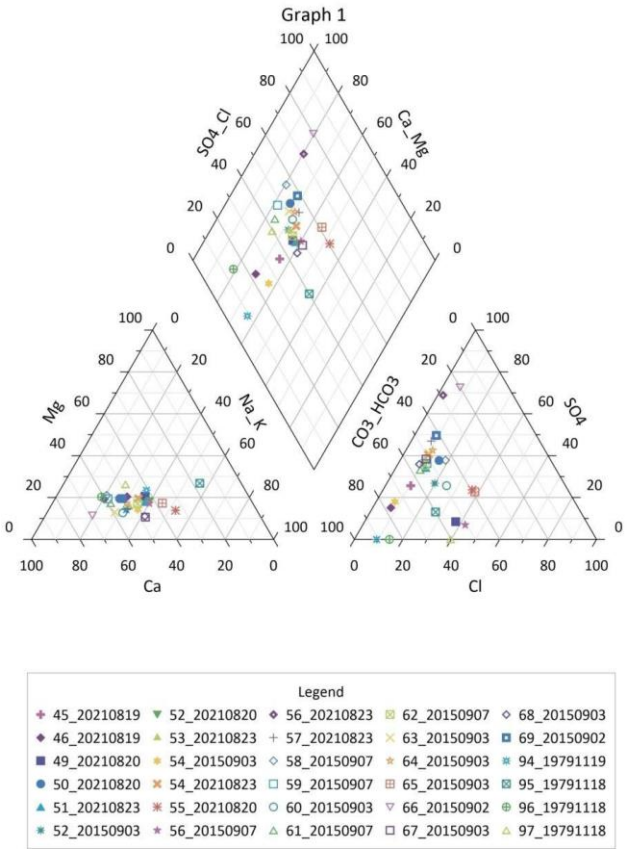


Figura 46. Diagrama de Piper de la base de datos INEGI.

La temperatura en la base de datos ronda los 29 °C, pero el valor mínimo es de 27.3 °C y existen dos sitios catalogados por el INEGI como termales, porque sus temperaturas son de 31.5 °C y 31.1 °C, respectivamente para los sitios 54 y 69, ambos registros corresponden al año 2015 (Tabla 1).

En cuanto al caudal, el valor promedio ronda los 38.6 L/s, aunque el mínimo es de 9 L/s y el valor máximo de 100 L/s (Tabla 1). Respecto a los valores de NE, el promedio es de 5 m el máximo de 22.5 m y para algunos sitios se reportan NE de -1 m (Tabla 1).

5.3 Niveles estáticos

5.3.1 Niveles históricos

Las configuraciones del nivel estático para la zona de estudio se realizaron a partir de la base de datos histórica de la CONAGUA (2025). Los siguientes mapas presentan esas configuraciones desde 1998 hasta 2025 con la información disponible, por lo que las configuraciones de nivel estático cubren distintas áreas a lo largo del tiempo. El comportamiento general de los niveles estáticos es ir disminuyendo de las laderas de las sierras hacia la línea de costa (Figuras 47 a

59). Los datos utilizados para la elaboración de este apartado se encuentran en el ANEXO del presente documento en la Tabla A 5 hasta la Tabla A 17.

El registro más antiguo, de 1996, abarca una porción al este del vaso 4 y presenta niveles estáticos pequeños desde 3 m en las zonas más cercanas al mar, hasta a un máximo de 52 m de profundidad al noreste de la información disponible, cerca de las colonias Santa María y Tecolapa, al norte del municipio Tecomán, donde los niveles estáticos rondan los 15 y 30 m de profundidad (Figura 47).

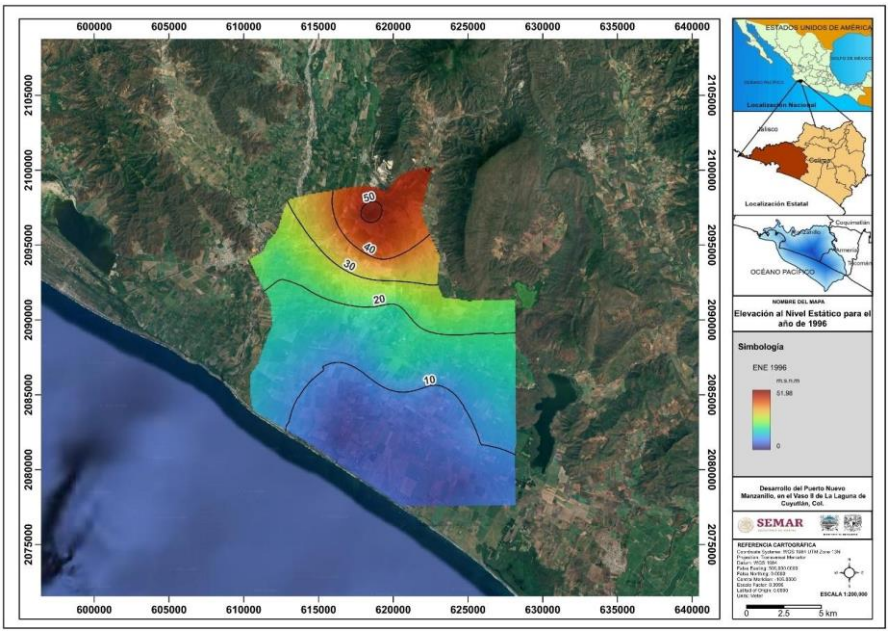


Figura 47. Configuración de los niveles estáticos para el año 1996.

Para el año de 1998 los registros abarcan casi la misma área que el año de 1996, esparciéndose un poco más hacia el sureste. Las profundidades y configuración del nivel estático también se mantienen casi igual que el registro de hace dos años, tomando valores de 3 m hasta 51 m. Disminuyendo de la zona norte, cerca de la colonia Santa María, hacia el mar, donde a lo largo de la línea de costa los niveles estáticos toman valores de 14.5 m a 3 m (Figura 48).

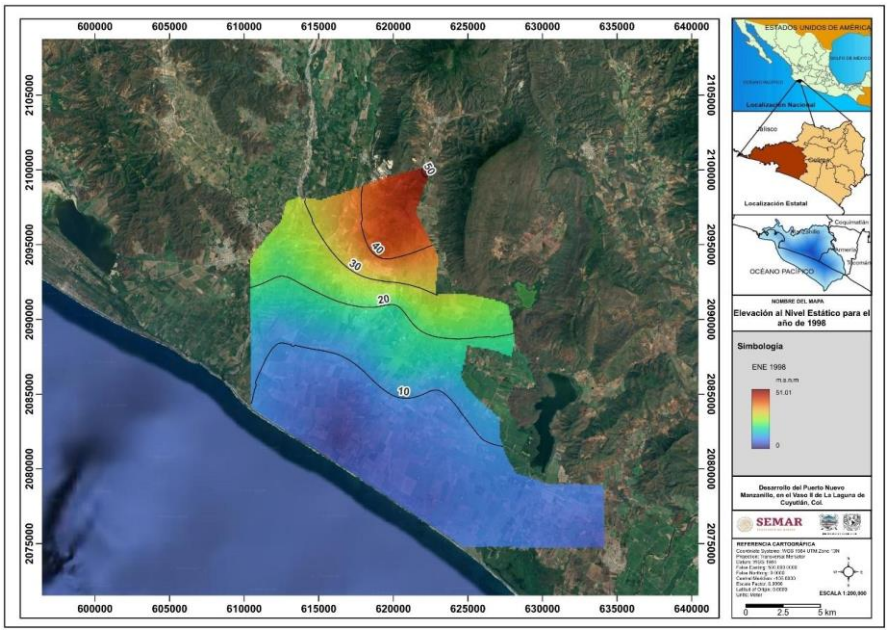


Figura 48. Configuración de los niveles estáticos para el año 1998.

Para el año 2000 existen más registros de niveles estáticos en el área de estudio, que se dispersan desde el vaso tres hasta el sureste al límite con la laguna Amela (Figura 49). Los niveles estáticos al norte de los vasos tres y cuatro son de 1.3 m hasta 10 m de profundidad, los cuales se esparcen a lo largo de la línea de costo y aproximadamente siete metros hacia el continente (Figura 49). Para este año las profundidades máximas del nivel estático llegan a los 48.5 m y ya no se encuentran en el extremo norte de la configuración, sino en la parte plana ubicada entre las zonas montañosas al noreste del vaso cuatro, alrededor del municipio de Tecomán (Figura 49).

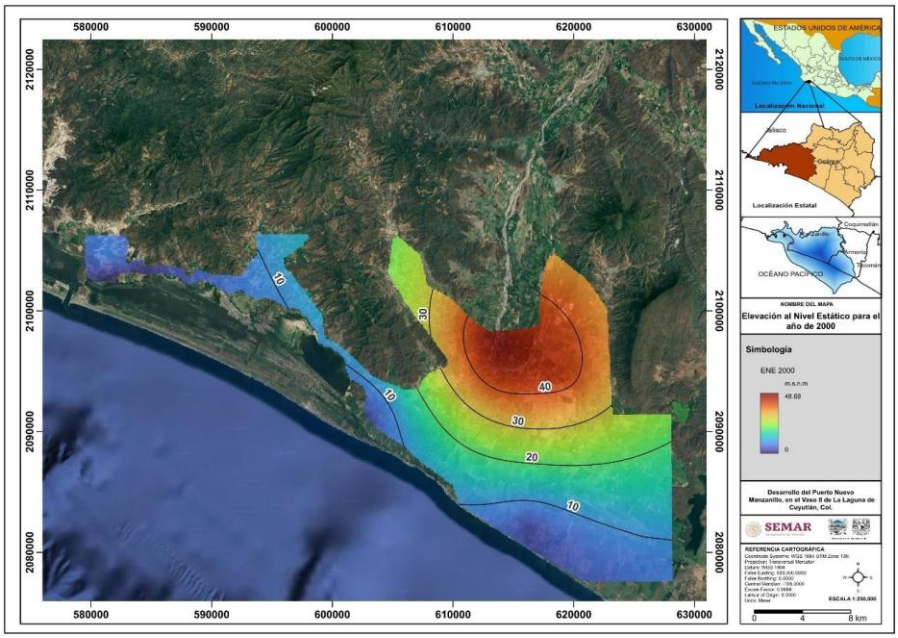


Figura 49. Configuración de los niveles estáticos para el año 2000.

Para el año 2001 la información piezométrica fue reducida, ubicándose en un pequeño cuadrante al Este del vaso cuatro y al límite oeste de la laguna Amela. Aproximadamente, los primeros 10.5 km de la costa hacia dentro del continente los niveles estáticos van de 3 m a un máximo de 13.5 m, ocupando mayor área el intervalo de 3 a 7.5m (Figura 50). Posteriormente, los niveles varían desde los 13.5 m hasta los 42.5 m al norte del municipio Tecomán, abarcando aproximadamente otros 8 km más dentro del continente, donde los cambios de nivel estático son más rápidos y grandes, ya que en esos 8 km se presentó una variación de casi 30 m (Figura 50).

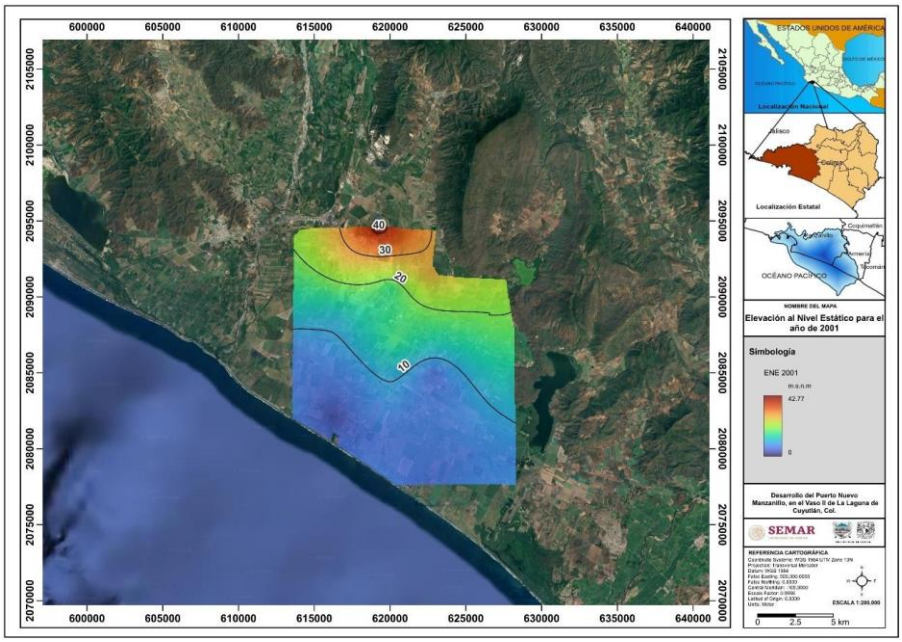


Figura 50. Configuración de los niveles estáticos para el año 2001.

Para el año 2003 la información piezométrica se distribuye longitudinalmente desde el noroeste del vaso tres al límite oeste de la laguna Amela, mientras la amplitud está delimitada al norte por las partes altas de las sierras y hacia el sur por la línea de costa en la zona este y por los límites con los vasos tres y cuatro en la zona oeste (Figura 51).

Al norte de los vasos dos y tres e incluso al noroeste del vaso cuatro los niveles estáticos son muy bajitos alcanzando un máximo de 5.5 m (Figura 51). En la parte noreste los niveles caen de 14 m hasta los 25 m y hacia el límite con las sierras llegan hasta los 36.5 m (Figura 51). Al este de los vasos, nuevamente los primeros 10.7 km de la costa hacia dentro del continente los niveles son pequeños alcanzando un máximo de 14 m dentro del continente (Figura 51). Posteriormente, los siguientes 5 km dentro del continente los niveles varían de los 14 m a los 36.5 m y en las áreas más cercanas a las laderas de las sierras los niveles varían de los 48 m a los 53.6 m de profundidad (Figura 51).

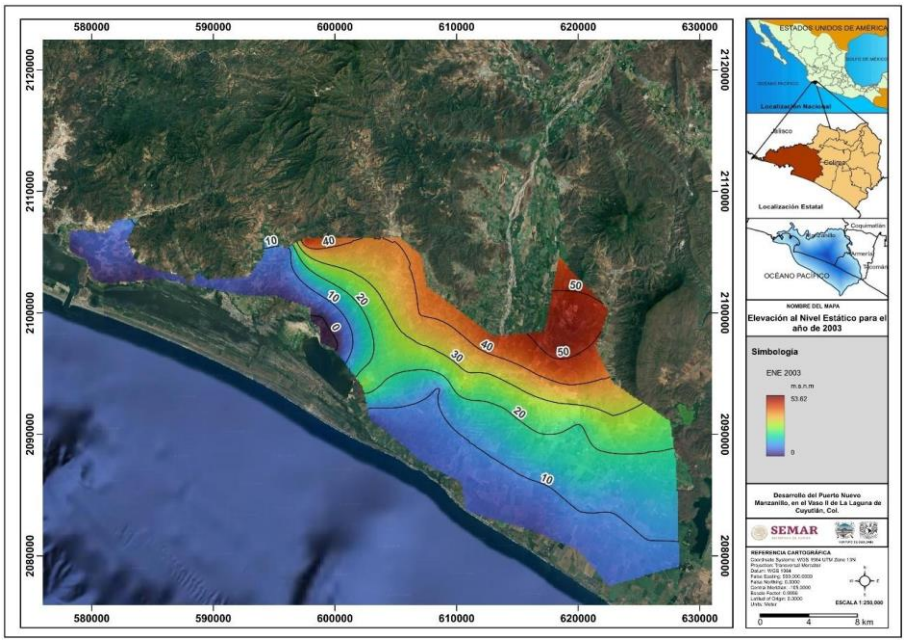


Figura 51. Configuración de los niveles estáticos para el año 2003.

Para los años de 2004, 2005 y 2006 los datos piezométricos son similares a los del año 2003 exceptuando que para la zona sur en los tres años posteriores se alarga hacia el sur de la laguna Amela (Figura 52, Figura 53 y Figura 54).

En el 2004 la configuración de los niveles estáticos es similar a la del año anterior con una ligera reducción de las áreas donde los niveles son bajos, en un rango de 2 m a 6 m, esas áreas se encuentran al norte de los vasos dos, tres y cuatro, aproximadamente 3 km hacia el continente, así como una ligera porción del límite sureste del polígono de datos (Figura 52).

El rango de niveles de 6 a 11.5 m de profundidad se encuentra entre los primeros 4.5 km de la costa hacia el continente en la porción oeste al límite con el vaso cuatro, mientras de lado este se extiende unos 6.5 km aproximadamente (Figura 52).

Posteriormente, los niveles varían de entre los 11.5 m hasta los 24 m de profundidad, aproximadamente en los 8 km subsecuentes en el límite este, los cuales se van reduciendo hacia el oeste a aproximadamente 1.4 km entre los vasos tres y cuatro (Figura 52). En esa misma porción oeste los 2.5 km subsecuentes los niveles van de los 24 m hasta los 58 m. Mientras, hacia la zona este se va ampliando la longitud de ese intervalo, abarcando casi 9 km en el límite con las laderas, aunque la longitud máxima de este intervalo es de 12.5 km en la zona centro del polígono de datos (Figura 52).

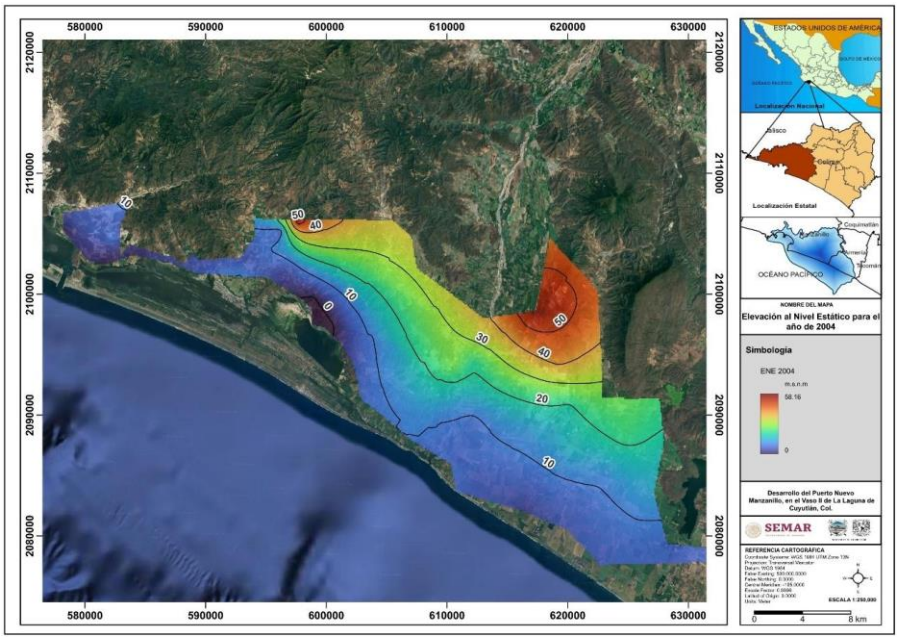


Figura 52. Configuración de los niveles estáticos para el año 2004.

En el año 2005 la configuración de niveles estáticos es muy similar a la de 2004 (Figura 52 y Figura 53), sin embargo, nuevamente como en el año 2003, los niveles estáticos se hacen más profundos cerca de la línea de costa al este del vaso cuatro, pasando de un rango de 6 m a 11.5 m en el 2004 a uno de 9.5 m a 14.5 m en una extensión de 3.3 km aproximadamente (Figura 51 y Figura 53).

Las otras diferencias particulares son que en 2005 los rangos de niveles estáticos disminuyen respecto al 2004, tomando valores de 0 m a 48 m de igual manera los niveles van disminuyendo de las laderas de las sierras hacia el mar (Figura 53).

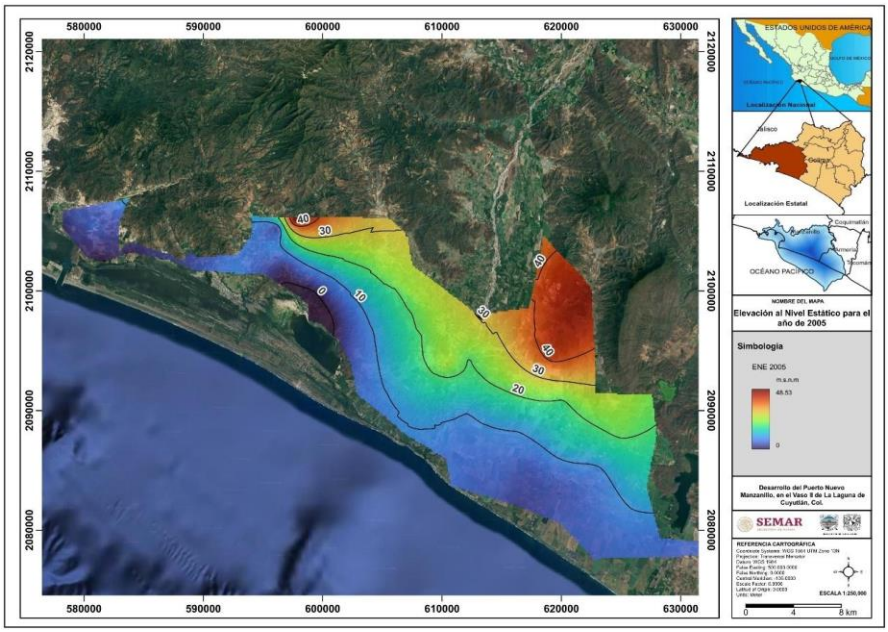


Figura 53. Configuración de los niveles estáticos para el año 2005.

Para 2006 los niveles se profundizan en la zona norte y noreste, cerca de las laderas, alcanzando los 62 m. Sin embargo, el rango más pequeño se hace menos amplio, tomando valores de 0 m a 3.5 m y se concentra solamente al norte de los vasos dos y tres, continuando por la delgada franja que se forma entre la sierra y los vasos tres y cuatro, abarcando hasta una pequeña porción del noroeste del vaso cuatro (Figura 54).

En la porción sur al este del vaso cuatro los valores más pequeños en los primeros 6.3 km aproximadamente van de los 3.5 a los 10 m de profundidad (Figura 54). En la porción noreste del vaso cuatro nuevamente, igual que el año anterior, los niveles estáticos se profundizan tomando valores de entre los 10 m hasta los 25 m del límite del vaso hasta 5 km, aproximadamente, dentro del continente (Figura 54).

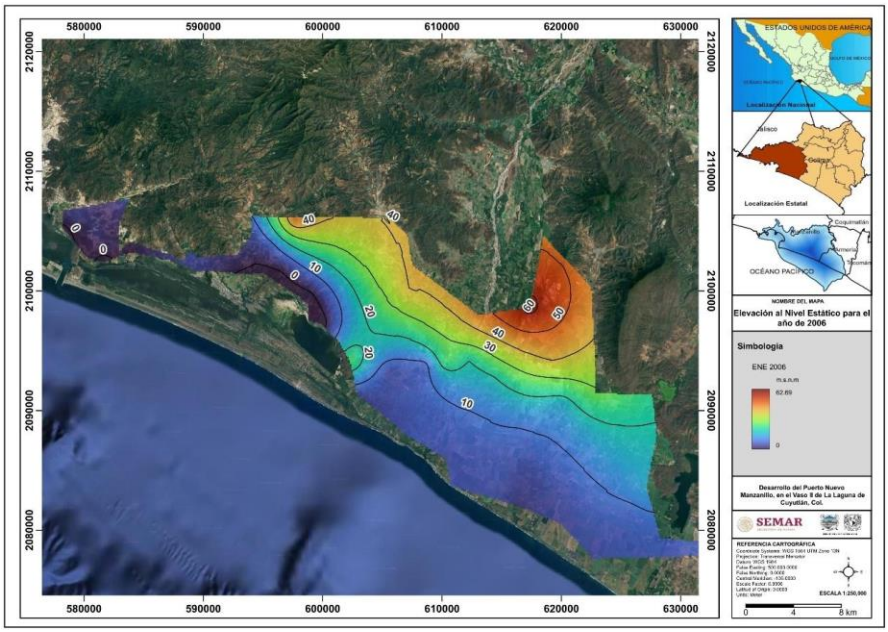


Figura 54. Configuración de los niveles estáticos para el año 2006.

Para el año 2007 los registros son más escasos y se concentran en un pequeño polígono al norte de los vasos dos y tres, colindando en los límites norte, oeste y este por las laderas de las sierras (Figura 55). Pese a ser un área pequeña los niveles varían mucho considerando los registros de los años 2000 (Figura 49) y de 2003 a 2006 (Figuras 65 a 68), donde los valores más profundos eran alrededor de los 10 m, mientras para este año los niveles en la zona norte alcanzan los 21.3 m de profundidad (Figura 55).

Del límite de los vasos dos y tres a un metro dentro del continente los niveles estáticos toman valores de 0 a 4 m. Posteriormente, como intervalo más dominante en esa pequeña área se encuentran valores desde los 4 m hasta los 7 m, siendo de 1.2 km en el límite este y de 0.9 km en la porción oeste (Figura 55).

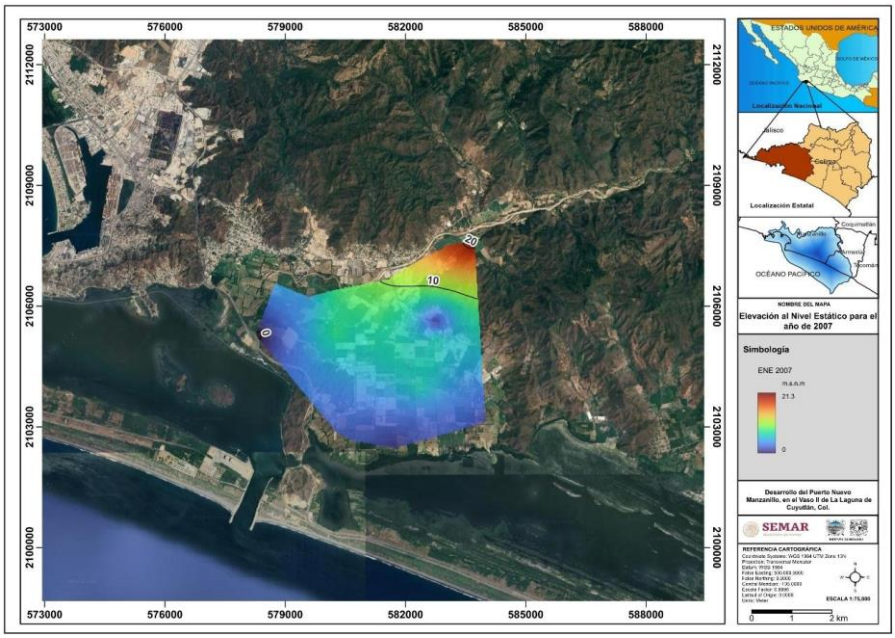


Figura 55. Configuración de los niveles estáticos para el año 2007.

Para 2008 hay mayor número de datos piezométricos, extendiéndose desde el vaso tres hacia el sureste de la laguna Amela y desde la costa hasta el norte del pueblo de Juárez, cubriendo una extensión de aproximadamente 36.7 km (Figura 56), lo que lo hace el año con mayor cobertura de información piezométrica.

Los primeros 6.7 km por encima del vaso tres tienen valores de 0 m a 13 m, al igual que los primeros 9.2 km al este del vaso cuatro, mientras en el límite oeste de la laguna Amela ese rango se extiende hasta 11.4 km aproximadamente (Figura 56).

Nuevamente al noreste del vaso cuatro los niveles se profundizan tomando valores desde los 13 m hasta los 31.5 m, rango que en el límite este puede extenderse 6 km por encima del rango más bajo (en rojo). El siguiente intervalo de niveles estáticos puede variar longitudinalmente desde los 5 km en la porción oeste hasta los 7.7 km en el límite este. En la zona más estrecha entre los pies de monte de las sierras y más dentro del continente, aproximadamente 17 km lejos de la costa, los niveles estáticos pueden variar desde los 54 m hasta los 226.8 m en el extremo norte del polígono (Figura 56).

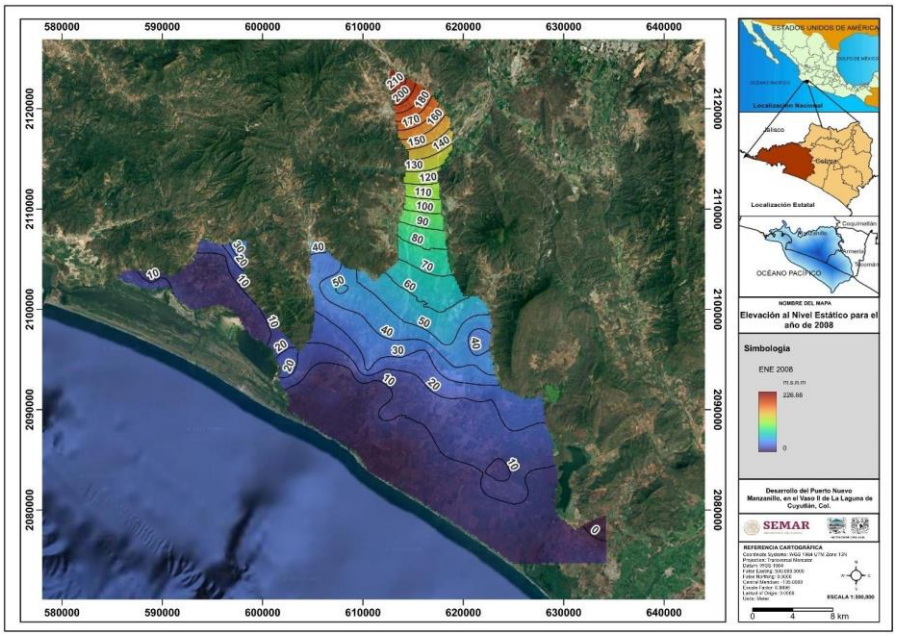


Figura 56. Configuración de los niveles estáticos para el año 2008.

Para el año 2010 el registro de niveles estáticos mantiene la extensión norte-sur del año 2008, pero se reduce lateralmente, comenzando al este del vaso cuatro y llegando al límite oeste de la laguna Amela (Figura 56 y Figura 57).

El rango de niveles estáticos de 0 m a 12 m puede extenderse desde los 6.6 km en el lado oeste del polígono (vaso cuatro) hasta los 8.5 km en el lado este (laguna Amela). Posteriormente, de los 12 m hasta los 30 m de profundidad se pueden distribuir en los 8 km subsecuentes de lado este, mientras al oeste solo cubren un máximo de 3 km (Figura 57).

Los otros dos rangos subsecuentes que abarcarían de los 30 m hasta los 60 m pueden extenderse otros 7 km u 8 km por encima de los dos rangos anteriores (Figura 57). Finalmente, en la parte más angosta del polígono que cubre casi 18 km de longitud se encuentran niveles estáticos desde los 60 m hasta los 220.5 m hacia el extremo norte (Figura 57).

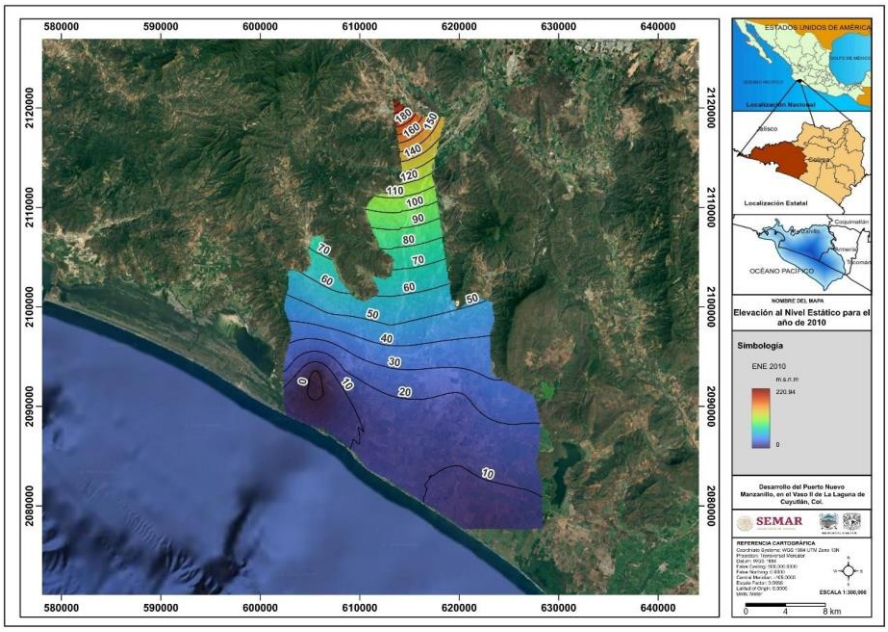


Figura 57. Configuración de los niveles estáticos para el año 2010.

Después de siete años sin registros, en el 2018 la información piezométrica genera un polígono largo pero estrecho que cubre aproximadamente 37 km longitudinalmente (Figura 58). En este año los niveles estáticos se profundizan, ya que cerca de la costa, en el extremo sureste del polígono y de 3 km a 6 km dentro del continente los niveles varían de 0 m hasta 26 m (Figura 58). El rango de valores de mayor extensión es el de 26 m a 51 m, cubriendo aproximadamente 11 km de longitud. Posteriormente, conforme se alejan del mar los niveles se hacen más profundos llegando hasta los 227 m en el extremo norte del polígono (Figura 58).

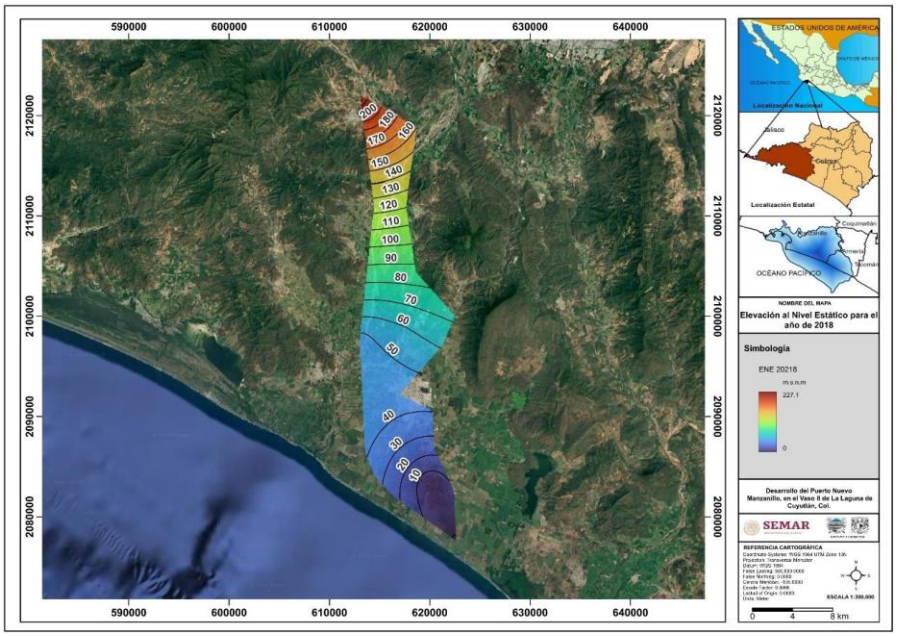


Figura 58. Configuración de los niveles estáticos para el año 2018.

En el año 2025 la distribución de los datos es similar a la del año 2010 (Figura 59 y Figura 57). Sin embargo, algunos puntos se extienden más en la zona oeste entre las laderas al norte del vaso cuatro y en el sureste hay algunos puntos que rodean la laguna Amela (Figura 59).

El primer rango de niveles estáticos puede extenderse desde la costa hacia continente entre 10 a 11 km, tomando valores desde 0 m hasta 13.5 m. El segundo rango que va de los 13.5 m a los 31 m de profundidad se puede extender en los siguientes 4.3 m de lado oeste hasta 8.5 km de lado este del polígono de datos (Figura 59). El tercer rango puede variar en extensión desde 3 km de lado oeste hasta los 6.7 km al este, en cuanto a profundidades del nivel estático, estas pueden ir de los 31 m hasta los 52 m (Figura 59). A partir del cuarto rango las variaciones de nivel estático son más rápidas y pueden llegar hasta los 246 m en el extremo norte del polígono de datos (Figura 59). Niveles más profundos a los presentados en el 2008 (Figura 56), 2010 (Figura 57) y 2018 (Figura 58).

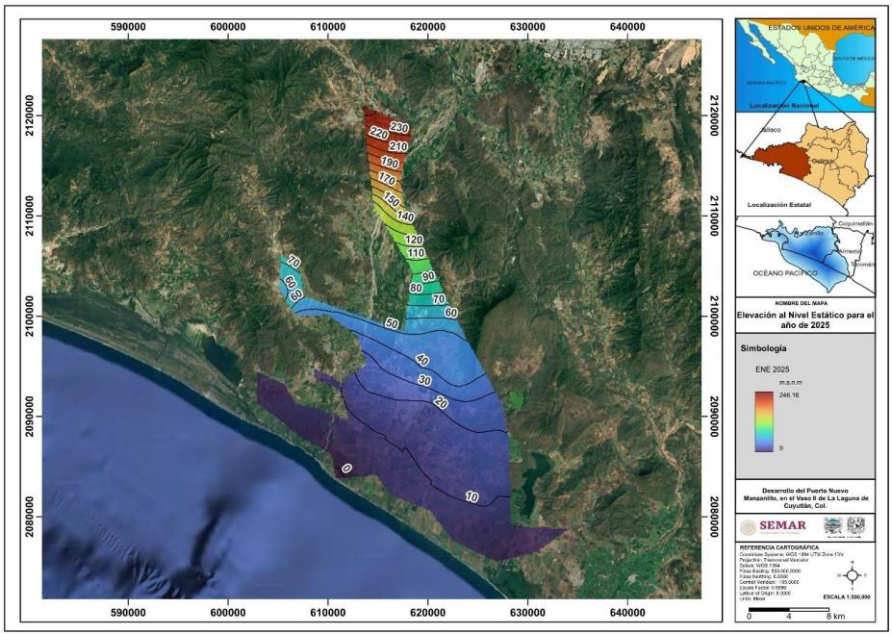


Figura 59. Configuración de los niveles estáticos para el año 2025.

Las configuraciones de niveles estáticos creadas en los mapas de las figuras 60-73 se generaron con la información de las tablas 1- cuya fuente es CONAGUA (2025).

En general, los niveles piezométricos históricos medidos alrededor de la Laguna de Cuyutlán muestran un gradiente hidráulico general con dirección norte–sur, lo cual es consistente con la configuración topográfica regional. La magnitud del gradiente es relativamente baja, característica común de sistemas acuíferos costeros desarrollados en depósitos aluviales de alta permeabilidad. Esta condición favorece velocidades de flujo subterráneo moderadas y permite la interacción hidráulica entre el acuífero y los cuerpos de agua superficiales adyacentes.

5.4 Niveles estáticos actuales. Campaña de campo

Del recorrido realizado del 9 al 14 de febrero se identificaron 18 pozos alrededor de los cuatro vasos de la laguna. La mayoría de los pozos fueron de aprovechamiento agrícola y otros no fueron identificados en la base de datos del REPDA.

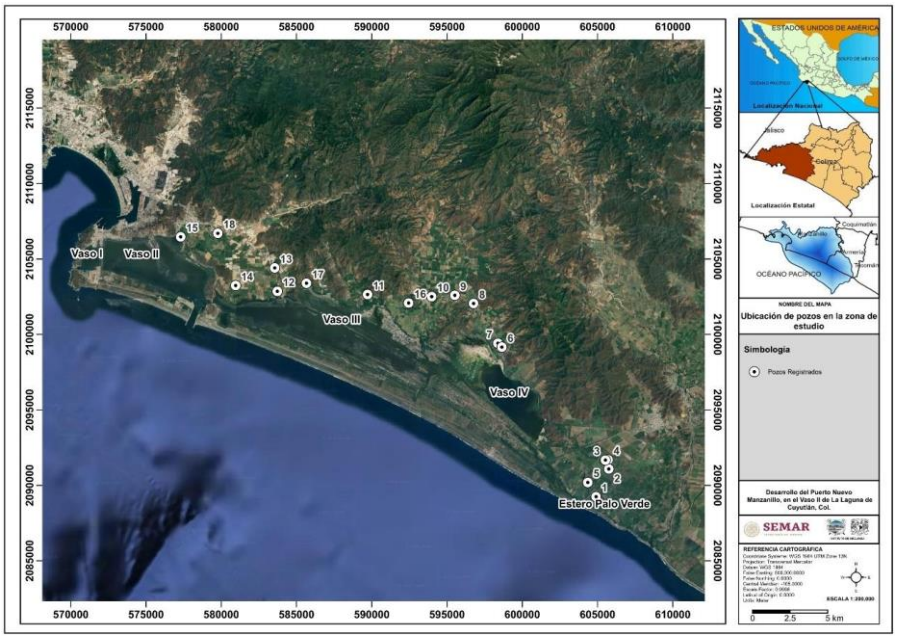


Figura 60. Ubicación de los puntos censados.

De los 18 pozos censados, 10 pozos fueron caracterizados con si nivel estático, ya que se encontraban apagados o se permitió apagar la bomba para la toma de las mediciones. Por otro lado, 8 pozos fueron registrados con nivel dinámico ya que se encontraban bombeando agua para diferentes usos y no fue posible tomar la información de forma estática.

Un resumen de la información obtenida para cada uno de los pozos se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Datos obtenidos de los 18 pozos censados durante la campaña de campo.

No. De pozo	X	Y	Altitud [m]	Brocal [m]	Profundidad del Nivel dinámico [m]	Profundidad del Nivel estático [m]
1	604902	2089247	11	0.7		2.8
2	605746	2091084	12	0.4	12.2	
3	605523	2091675	15	0.7	13.5	
4	605702	2091695	17	0.7		10.24
5	604352	2090192	9	0.4	1.3	
6	598642	2099158	14	0	8.5	
7	598377	2099414	13	0.54		10.29

No. De pozo	X	Y	Altitud [m]	Brocal [m]	Profundidad del Nivel dinámico [m]	Profundidad del Nivel estático [m]
8	596764	2102052	21	0.5		18.5
9	595518	2102592	22	0.7		23
10	593981	2102503	19	0.4	30	
11	589717	2102644	6	1.2		3.3
12	583722	2102857	6	0.5		3
13	583551	2104406	11	0.2	22.5	
14	580951	2103240	9	0.5		3
15	577300	2106465	5	0.2		2.5
16	592446	2102081	12	0.2	22	
17	585660	2103393	11	0.4		4.2
18	579768	2106698	15	0.4	20.21	

Con la información del nivel estático, se construyó una configuración de nivel estático alrededor de cada uno de los vasos, con el objetivo de determinar el aporte actual de los acuíferos hacia la laguna.

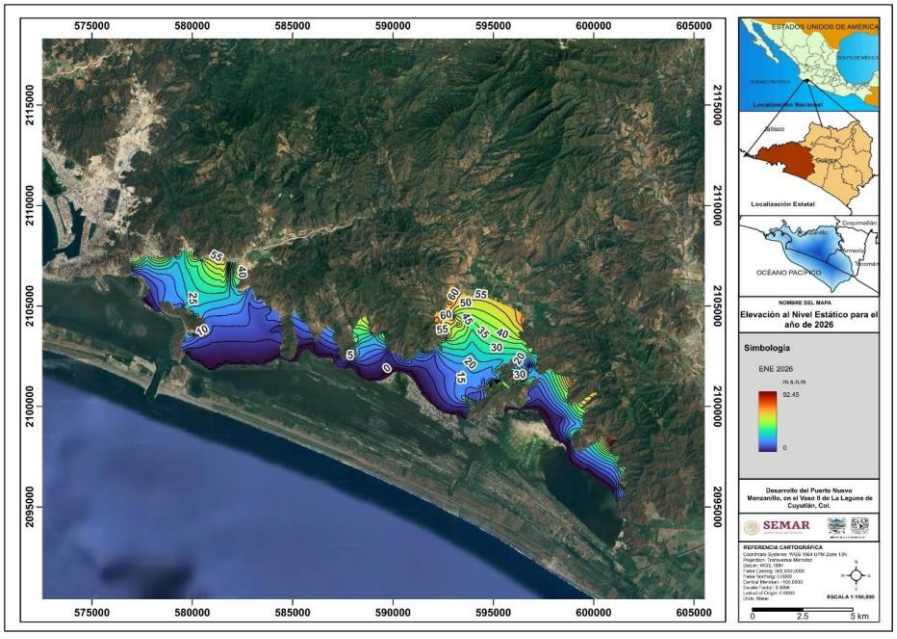


Figura 61. Configuración del nivel estático alrededor de la laguna Cuyutlán con los puntos obtenidos.

Una comparación con los valores históricos reportados en la literatura y los obtenidos en campo es complicada ya que los datos históricos están concentrados en el acuífero de Armería. Los datos cercanos al vaso II y III son los primeros en reportarse en la literatura abierta y no tienen puntos de comparación. Hacia el vaso IV se observa un ligero abatimiento hacia las zonas salineras, pero puede ser consecuencia de la estacionalidad ya que la medición reciente se realizó en temporada seca.

5.3 Aporte del acuífero a la Laguna Cuyutlán

El cálculo de entradas por flujo horizontal se realizó con base en la Ley de Darcy, partiendo de la configuración de elevación del nivel estático tomadas en campo, mediante la siguiente expresión (CONAGUA, 2020):

$$Q = T * B * i \quad (6)$$

Para el cálculo del gasto que aporta cada acuífero a la laguna Cuyutlán se tomaron diversas celdas formadas por la configuración y las zonas de descarga del acuífero.

En particular, para el acuífero El Colomo, se integraron 11 celdas (de CS-1 a CS-11), donde el flujo subterráneo proveniente del acuífero se subdivide en dos zonas de descarga principales. La primera, la descarga hacia el vaso II formada por las celdas CS1- a CS-8, mientras que la zona de descarga hacia el vaso III la forman las celdas CS-10 y CS-11.

Para el acuífero Venustiano Carranza, se identifican tres zonas de descarga hacia el vaso III formadas por las celdas CS12 y C13 para la primera, CS14 a CS25 para la segunda y de CS26 al CS39 para la tercera.

Para el vaso IV, el acuífero Venustiano Carranza descarga en la franja salinera. Se realizaron diversas celdas debido a la irregularidad de la zona y el contorno alrededor del vaso (celdas CS40 a CS54).

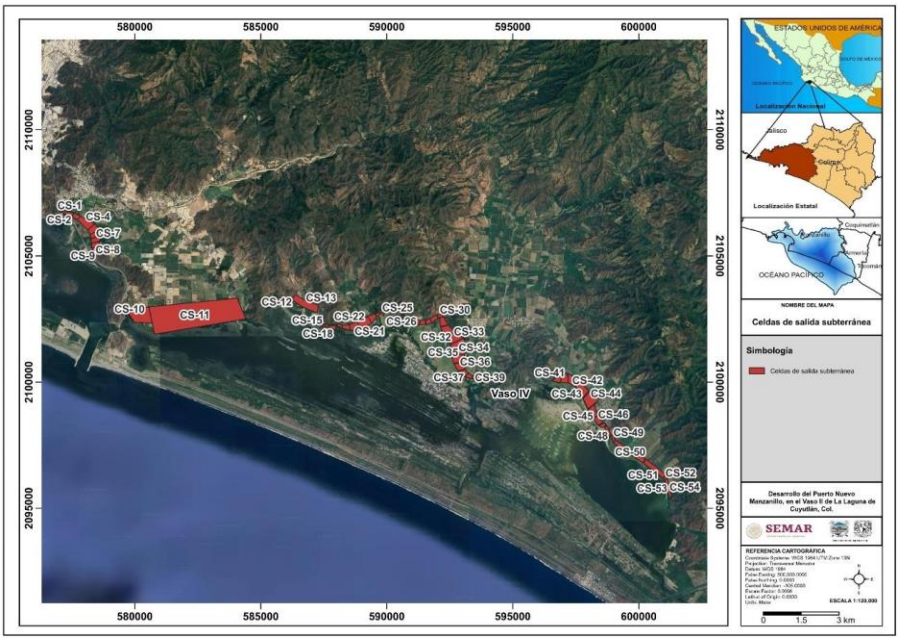


Figura 62. Configuración de las celdas de descarga para el cálculo del aporte de los acuíferos a la Laguna Cuyutlán.

Tabla 7. Celdas de cálculo para el acuífero El Colomo.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-1	104	73	5
CS-2	431	112	5
CS-3	268	186	5
CS-4	590	276	5
CS-5	240	392	5
CS-6	183	424	5
CS-7	196	376	5
CS-9	140	227	5
CS-8	200	280	5

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-10	763	620	5
CS-11	3604	989	5

Tabla 8. Celdas de cálculo para el acuífero Venustiano Carranza.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-14	85	83	5
CS-15	84	120	5
CS-16	71	125	5
CS-17	137	103	5
CS-18	269	132	5
CS-19	226	95.5	5
CS-20	300	167.5	5
CS-21	365	275	5
CS-22	492	328	5
CS-23	292	237	5
CS-24	182	95	5
CS-25	150	93	5
CS-26	282	144	5
CS-27	226	155	5
CS-28	212	192	5
CS-29	302	169	5
CS-30	179	270	5
CS-31	353	230	5
CS-32	398.5	353	5
CS-33	374	469	5
CS-34	537	633	5
CS-35	336	445	5
CS-36	300	315	5
CS-37	243	223	5
CS-38	227	149	5
CS-39	205	134	5
CS-40	295	151	5
CS-41	285	284	5

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico
CS-42	367	349	5
CS-43	545	295	5
CS-44	504	530	5
CS-45	419	230	5
CS-46	329	164	5
CS-47	183	225	5
CS-48	411	111	5
CS-49	252	78	5
CS-50	1400	127	5
CS-51	982	190	5
CS-52	109	174	5
CS-53	403	99	5
CS-54	316	107	5

Con la geometría determinada, se utilizó el valor de transmisibilidad de los reportes de CONAGUA, dentro del rango de 0.002 a 0.05 m^2 /s. Sin embargo, debido a su variabilidad, el valor se calibró de acuerdo con los volúmenes de recarga y la descarga natural comprometida.

Los cálculos se hacen aplicando la Ley de Darcy dando los siguientes resultados:

Para el vaso II desde el acuífero El Colomo en la zona del Proyecto

Tabla 9. Cálculo de gastos del acuifero El Colomo para el Vaso II.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-1	104	73	5	0.009	0.0641
CS-2	431	112	5	0.009	0.1732
CS-3	268	186	5	0.009	0.0648
CS-6	183	424	5	0.009	0.0194
CS-5	240	392	5	0.009	0.0276
CS-4	590	276	5	0.009	0.0962
CS-7	196	376	5	0.009	0.0235
CS-9	140	227	5	0.009	0.0278
CS-8	200	280	5	0.009	0.0321

Para el vaso III desde el acuífero El Colomo

Tabla 10. Cálculo de gastos del acuifero El Colomo para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-11	3604	989	5	0.009	0.1640
CS-10	763	620	5	0.009	0.0554

Para el vaso III desde el acuífero Venustiano Carranza (descarga 1)

Tabla 11. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-12	810	284	5	0.0022	0.0314
CS-13	1068	259	5	0.0022	0.0454

Para el vaso III desde el acuífero Venustiano Carranza (descarga 2)

Tabla 12. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-19	226	95.5	5	0.0022	0.0260
CS-18	269	132	5	0.0022	0.0224
CS-17	137	103	5	0.0022	0.0146
CS-14	85	83	5	0.0022	0.0113
CS-15	84	120	5	0.0022	0.0077
CS-16	71	125	5	0.0022	0.0062
CS-20	300	167.5	5	0.0022	0.0197
CS-21	365	275	5	0.0022	0.0146
CS-22	492	328	5	0.0022	0.0165
CS-24	182	95	5	0.0022	0.0211
CS-25	150	93	5	0.0022	0.0177
CS-23	292	237	5	0.0022	0.0136

Para el vaso III desde el acuífero Venustiano Carranza (descarga 3)

Tabla 13. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso III.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-26	282	144	5	0.0022	0.0215
CS-27	226	155	5	0.0022	0.0160
CS-28	212	192	5	0.0022	0.0121
CS-29	302	169	5	0.0022	0.0197
CS-30	179	270	5	0.0022	0.0073
CS-31	353	230	5	0.0022	0.0169
CS-32	398.5	353	5	0.0022	0.0124
CS-33	374	469	5	0.0022	0.0088
CS-34	537	633	5	0.0022	0.0093
CS-35	336	445	5	0.0022	0.0083
CS-36	300	315	5	0.0022	0.0105
CS-37	243	223	5	0.0022	0.0120
CS-38	227	149	5	0.0022	0.0168
CS-39	205	134	5	0.0022	0.0168

Para el vaso IV desde el acuífero Venustiano Carranza

Tabla 14. Cálculo de gastos del acuífero Venustiano Carranza para el Vaso IV.

Clave	Longitud de la Celda[m]	Ancho de celda A [m]	Gradiente hidráulico	Transmisividad [m^2 /s]	Gasto [m^3/s]
CS-40	295	151	5	0.0022	0.0215
CS-41	285	284	5	0.0022	0.0110
CS-42	367	349	5	0.0022	0.0116
CS-43	545	295	5	0.0022	0.0203
CS-44	504	530	5	0.0022	0.0105
CS-45	419	230	5	0.0022	0.0200
CS-50	1400	127	5	0.0022	0.1213
CS-51	982	190	5	0.0022	0.0569
CS-46	329	164	5	0.0022	0.0221
CS-47	183	225	5	0.0022	0.0089

CS-48	411	111	5	0.0022	0.0407
CS-49	252	78	5	0.0022	0.0355
CS-52	109	174	5	0.0022	0.0069
CS-53	403	99	5	0.0022	0.0448
CS-54	316	107	5	0.0022	0.0325

En total, para el vaso II drenan del acuífero El Colomo 0.52 m^3/s y para el vaso III 0.21 m^3/s. Del acuífero Venustiano Carranza, hacia el Vaso III, el gasto es de 0.45 m^3/s y hacia el vaso IV es de 0.42 m^3/s.

En la Figura 63 y Figura 64 se muestra un esquema general del aporte de cada uno de los acuíferos a cada uno de los vasos. Los valores totales son consistentes con los valores comprometidos de acuerdo con los informes de CONAGUA.

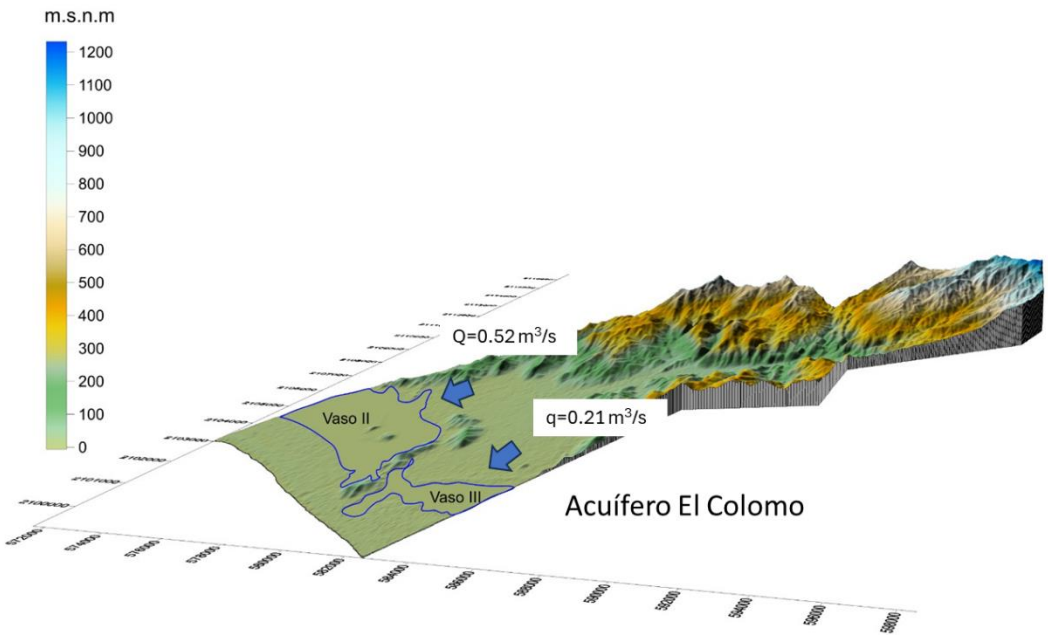


Figura 63. Aportes del acuífero El Colomo hacia la Laguna Cuyutlán.

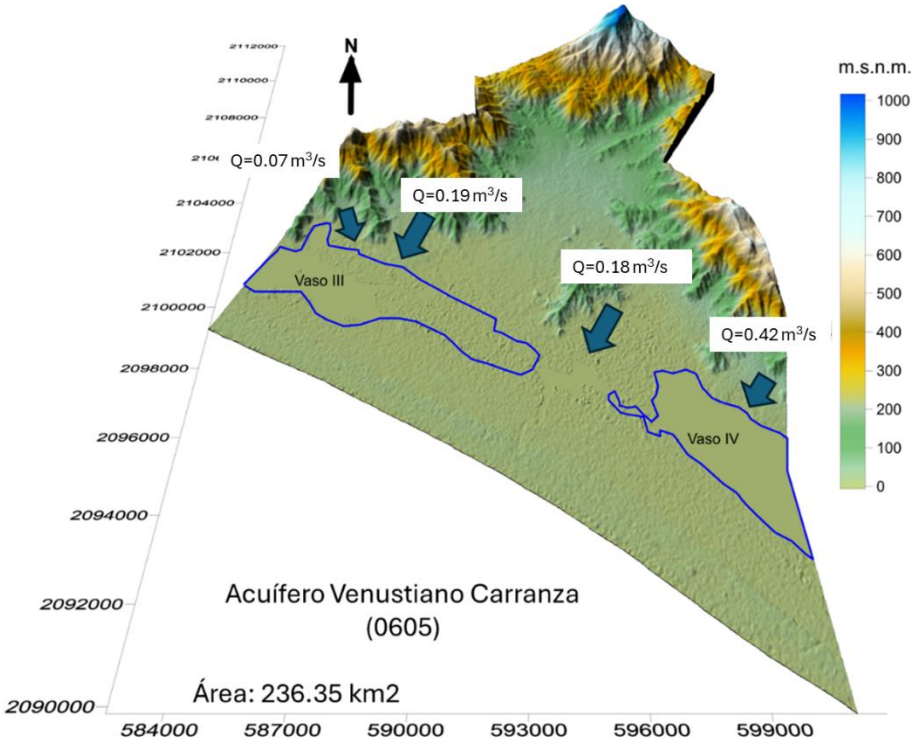


Figura 64. Aportes del acuífero Venustiano Carranza hacia la Laguna Cuyutlán.

5.5 Resultados del modelo hidrogeológico El Colomo

Los resultados del modelo muestran una distribución de carga hidráulica que sigue el gradiente topográfico de la zona de estudio. Las mayores cargas hidráulicas se localizan en la porción oriental del dominio del modelo, donde se registran valores superiores a 200 m, mientras que las menores cargas se presentan hacia la zona costera y los vasos lagunares, donde las cargas se aproximan a 0 m (Figura 65). Este patrón indica un flujo regional del agua subterránea desde las zonas altas ubicadas al este hacia las zonas bajas localizadas en el sistema lagunar y la zona costera.

Las isolíneas de carga hidráulica muestran un gradiente más pronunciado en la zona de transición entre las áreas montañosas y la planicie costera. En esta zona las isolíneas se encuentran más próximas entre sí, lo que indica un mayor gradiente hidráulico y una zona de convergencia del flujo subterráneo hacia la planicie aluvial y los vasos de descarga.

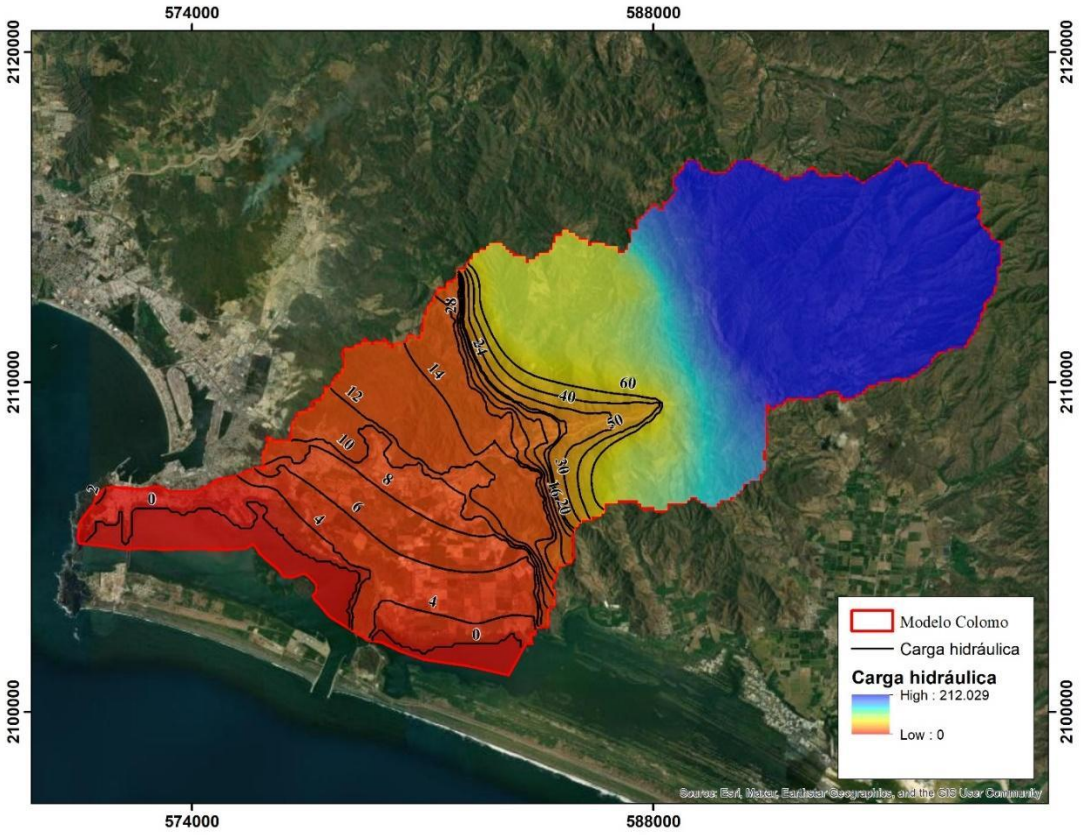


Figura 65. Distribución de carga hidráulica Modelo Colomo.

A partir del balance de flujo obtenido en el modelo se estimó el flujo de las zonas de descarga hacia el sistema lagunar (Figura 66).

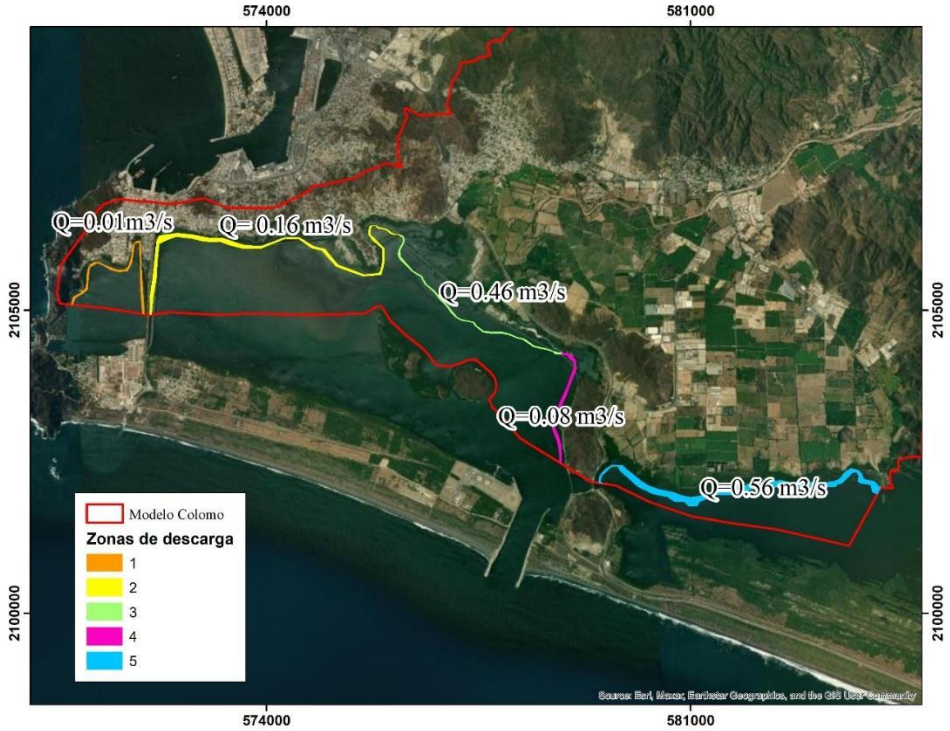


Figura 66. Zonas de descarga Modelo El Colomo.

De estas zonas, las mayores contribuciones de descarga se concentran en las zonas 3 y 5, mientras que las zonas 1 y 4 presentan aportes menores. Este patrón sugiere que la descarga subterránea hacia el sistema lagunar no ocurre de manera uniforme, sino que se concentra en sectores específicos controlados por la geometría del sistema de flujo y la configuración hidrogeológica del área.

5.6 Resultados del modelo hidrogeológico del acuífero Valle de Venustiano Carranza

Los resultados del modelo muestran una distribución de carga hidráulica que sigue el gradiente topográfico regional del área de estudio. Las mayores cargas hidráulicas se localizan en la porción norte y noreste del modelo, donde se alcanzan valores cercanos a 90 m, asociados a las zonas montañosas que rodean el valle (Figura 67). A partir de estas zonas elevadas, las cargas hidráulicas disminuyen progresivamente hacia el sur, en dirección a la planicie costera y al sistema lagunar.

Las isolíneas de carga hidráulica presentan una orientación general norte–sur, indicando que el flujo subterráneo regional se dirige desde las zonas de mayor elevación hacia la planicie costera. En la zona de transición entre la sierra y la planicie aluvial se observa una mayor densidad de isolíneas, lo que refleja un incremento en el gradiente hidráulico y una zona de concentración del flujo subterráneo.

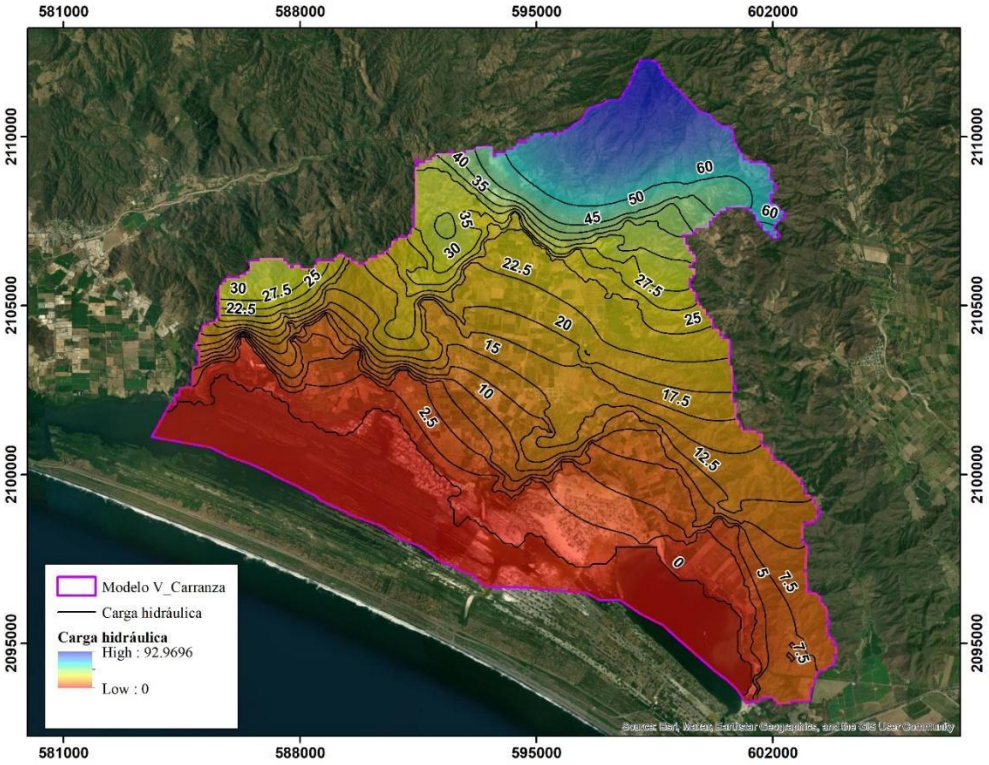


Figura 67. Distribución de carga hidráulica Modelo V_Carranza.

A partir del balance de flujo obtenido en el modelo se estimó el flujo de las zonas de descarga hacia el sistema lagunar (Figura 68).

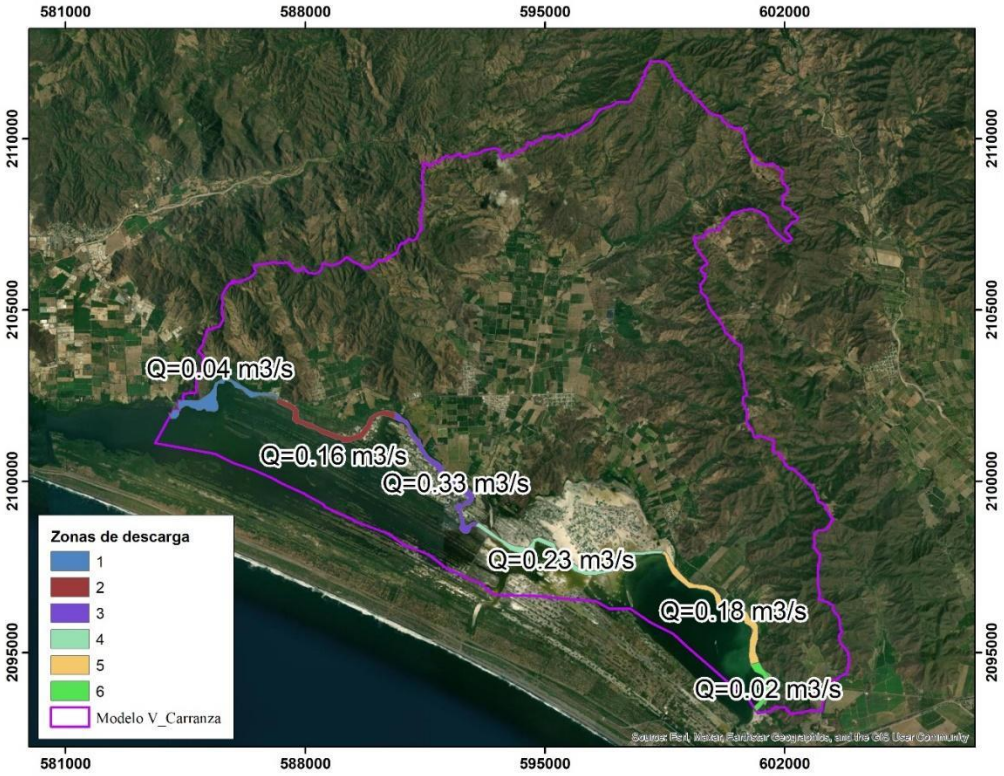


Figura 68. Zonas de descarga.

5.6 Modelo conceptual hidrogeológico de la Laguna de Cuyutlán

El sistema hidrogeológico de la Laguna de Cuyutlán se caracteriza por un sistema costero integrado en la interacción dinámica entre aguas superficiales, subterráneas y marinas, donde los depósitos sedimentarios recientes y las unidades volcánicas más antiguas dominan un marco geológico. Las cadenas montañosas volcánicas en el extremo norte a lo largo de la llanura costera estructuran; la llanura costera sur; controlando así la recarga, circulación y descarga de agua subterránea dentro del sistema geomorfológico regional.

Zonas de Recarga

La mayoría de las áreas de recarga del sistema hidrogeológico se encuentran en las tierras altas de la región, es decir, en las cadenas montañosas volcánicas que rodean la llanura costera. La infiltración de agua de lluvia es una recarga predominante en estas áreas. La precipitación sobre las fracturas de las formaciones volcánicas y el aluvión de los valles intermontanos drena hacia la superficie del suelo y llena los acuíferos regionales. La recarga se realiza mediante la infiltración del escurrimiento superficial en canales sedimentarios de ríos y arroyos y la infiltración difusa del escurrimiento superficial en llanuras aluviales. Y los acuíferos retroalimentan estos procesos, que a su vez alimentan el agua subterránea hacia las áreas costeras.

Sistema de Acuíferos Regionales

El flujo subterráneo regional se forma principalmente en depósitos aluviales cuaternarios que consisten en acuíferos compuestos por arenas, gravas y limos con una permeabilidad bastante alta. Se depositan como acuíferos no confinados desde las zonas de recarga a través de las cuales el agua subterránea fluye hacia la llanura costera. Los acuíferos El Colomo y Venustiano Carranza son los acuíferos más interrelacionados con la dinámica hidrogeológica de la Laguna de Cuyutlán. Ambos se desarrollan dentro de la llanura costera y contienen espesores generalizados de sedimentos permeables que facilitan el almacenamiento y transporte de agua. Interacción Acuífero-Laguna. En este sistema hidrogeológico, la Laguna de Cuyutlán sirve principalmente como una zona de descarga natural para el flujo subterráneo regional. En aquellas regiones donde el nivel freático está cerca de la superficie, el agua subterránea puede ser atraída hacia la laguna por flujos horizontales a través de sedimentos, o por una acción localizada en zonas con mayor permeabilidad.

Esta descarga subterránea se suma al balance hídrico de la laguna, pero generalmente de manera mucho menos marcada que otros procesos hidrológicos importantes como el intercambio con el Océano Pacífico y los procesos de evaporación de los ecosistemas de lagunas costeras poco profundas. El patrón temporal de interconexión del sistema de agua subterránea y laguna incluso puede cambiar según las condiciones hidrológicas regionales, especialmente por alta precipitación o por extracción subterránea intensa. Interacción con el océano y actividad de mezcla.

El intercambio crea variaciones espaciales y temporales de la salinidad de la laguna, especialmente en aquellos puntos cercanos a las conexiones con el mar. La composición química del agua en dicha laguna se determina según los procesos donde el agua de mar se mezcla con agua subterránea de origen continental y flujos de agua superficial de escorrentía. Además, debido a los procesos de evaporación que ocurren en la laguna, particularmente en la estación seca, los niveles de sales disueltas aumentan y el perfil hidrogeoquímico del sistema también cambia.

Dinámica hidrogeoquímica del sistema.

A lo largo del sistema hidrogeológico, la evolución química del agua está impulsada por muchos procesos, pero entre ellos, en el caso del agua en forma de roca durante el paso subterráneo, en el caso del agua de mar y la mezcla de agua de mar en zonas costeras, o en los procesos de evaporación del cuerpo lagunar son especialmente prominentes. El agua subterránea de las áreas de recarga generalmente muestra características hidrogeoquímicas que son características de aguas meteóricas jóvenes con bajos sólidos disueltos y con un alto porcentaje de bicarbonatos y calcio o magnesio. El agua puede experimentar procesos de mezcla con agua de mar o sufrir una mineralización aumentada a medida que fluye a lo largo de las zonas subterráneas y costeras.

6 DISCUSIÓN

El estudio conjunto de la hidrología superficial y la hidrogeología de los acuíferos de la Laguna de Cuyutlán proporciona un marco sólido del funcionamiento del sistema hídrico, donde los procesos continentales, subterráneos y marinos ocurren simultáneamente.

Los acuíferos de El Colomo y Venustiano Carranza son las principales unidades que proporcionan el flujo subterráneo hacia la llanura costera, lo que da el movimiento del gradiente hidráulico regional desde el punto de recarga de las montañas hasta la laguna y el Océano Pacífico a través del flujo de agua en el suelo en depósitos aluviales de gran permeabilidad del suelo bajo cubierta.

No obstante, en el balance hidrológico y en el análisis climático, encontramos que, en términos generales, puede haber solo una pequeña contribución de agua dulce (en tierra o subterránea) pero no mucho en el orden del intercambio oceánico. La recarga subterránea, aunque en escala, es algo difusa en todo el sistema y no ha mostrado un efecto volumétricamente significativo en la extensión del intercambio marino como el flujo del Canal de Tepalcates.

El sistema de la laguna de Cuyutlán es ahora esencialmente un sistema oceánico donde la entrada de agua de mar y la evaporación son las fuerzas clave que controlan la hidrología y la salinidad.

El movimiento del agua subterránea y la laguna se caracteriza principalmente por un flujo base difuso que contribuye localmente a cambiar las condiciones hidrogeoquímicas, particularmente en áreas poco profundas y dentro de subconjuntos. Sin embargo, esto no reemplaza los procesos de concentración salina causados por la evaporación o el intercambio de mareas.

Uno de los aspectos fundamentales de la hidrogeodiversidad para los estudios hidrogeológicos es la vulnerabilidad de los acuíferos costeros a la intrusión salina, principalmente debido a la gran permeabilidad y fuerte conexión hidráulica con el mar. La Laguna de Cuyutlán y los acuíferos asociados forman un sistema acoplado, donde el gradiente de hidrologías puede determinar la mezcla entre agua salada y dulce.

La modelación hidrológica desarrollada también confirma que la dirección del flujo subterráneo converge hacia las zonas de descarga ubicadas en la llanura costera, incluyendo la laguna y la línea costera. Los flujos considerados a partir de la ley de Darcy y el estudio de calibración del modelo son de un nivel moderado y distribuidos geográficamente ya que no producen cambios significativos en el volumen o la hidrología general del sistema lagunar.

En cuanto a los procesos internos (y la integración de procesos), la Laguna de Cuyutlán es un sistema híbrido, por lo tanto:

El flujo subterráneo conduce a condiciones hidrogeoquímicas base, la escorrentía superficial resulta de fluctuaciones estacionales, y el intercambio marino es el factor dominante en el sistema.

En tal sistema, los procesos hidrogeológicos también se consideran como mecanismos secundarios para regular el sistema lagunar, pero son principalmente útiles para apoyar situaciones locales, ya que solo pueden afectar las fluctuaciones pero no controlar el estado global del comportamiento del sistema.

En el contexto del desarrollo de proyectos portuarios, estos resultados sugieren que los efectos del flujo subterráneo regional podrían ser minúsculos siempre que no haya cambios serios en los flujos subterráneos asociados con los gradientes hidráulicos o la conexión laguna/oceano. Sin embargo, a nivel de área, el flujo de agua a través del subsuelo puede ser superficial y el cambio es posible en los bordes de las obras, lo que puede afectar los procesos de mezcla y la distribución de la salinidad en ciertas interfaces.

Finalmente, la evidencia combinada sugiere que nuestro sistema es algo resiliente al impacto continental y subterráneo, pero puede ser más sensible a la conectividad hidráulica y la circulación de la descarga marina. La razón por la que los flujos subterráneos no tienen un impacto significativo a partir de aquí es, pero potencialmente cambios en estos parámetros en cómo ocurre el flujo de la laguna.

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). Geochemistry, Groundwater and Pollution (2a ed.). A.A. Balkema Publishers.

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*. CRC press.

Chebotarev, I. I. (1955). Metamorphism of natural waters in the crust of weathering—1. Geochimica et Cosmochimica Acta, 8(1–2), 22–48

Coplen, T. B. (1988). Normalization of oxygen and hydrogen isotope data. *Chemical Geology: Isotope Geoscience Section*, *72*(4), 293-297.

Coplen, T. B., Brand, W. A., Gehre, M., Gröning, M., Meijer, H. A., Toman, B., & Verkouteren, R. M. (2006). New guidelines for δ 13C measurements. *Analytical chemistry*, *78*(7), 2439-2441.

Craig, H. 1961. "Isotopic Variations in Meteoric Waters." Science 133:1702–1703

Escolero Fuentes, Ó. A. (2018). Los sistemas de flujo de aguas subterráneas. En Sistemas regionales de flujo de agua subterránea en México (1a ed., pp. 57–83). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Fagundo-Castillo, J. R., Alconada-Magliano, M. M., Carrillo-Rivera, J. J., & González-Hernández, P. (2014). Caracterización de los flujos de agua subterránea a partir de su salinidad. Tecnología y Ciencias del Agua, V(3), 63–80.

Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Prentice-Hall

Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms controlling world water chemistry. Science, 170(3962).

Hatch Kuri, G., & Carrillo Rivera, J. J. (2017, julio). ¿Qué hacer con el agua subterránea? Nexos

Hernández Juárez, R. A., Martínez Rivera, L. M., Peñuela-Arévalo, L. A., & Rivera-Reyes, S. (2019). Gestión del agua subterránea en los acuíferos de la cuenca del río Ayuquila-Armería en Jalisco y Colima, México. región Y Sociedad, 31, e1093. https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1093

Hounslow, A. (2018). Water quality data: analysis and interpretation. CRC press.

Makarenko, F. A. (1948). On base flow, Troudy Laboratorii gidrogeologicheskikh problem USSR. Academy of Sciences, 1, 51–71

Mifflin, M. D. (1968). Delineation of Ground-Water Flow Systems in Nevada. Center for Water Resources Research, Desert Research Institute, University of Nevada System, Technical Report Series H-W (Número 4, p. 121)

PerkinElmer Inc. (2011). *Optima 8x00 Series ICP-OES Hardware Guide*. Shelton, CT, USA.

Rodriguez Padilla, Susana, sustentante Establecimiento de la línea base hidroquímica inorgánica del agua subterránea en la subcuenca de chalco, méxico / 2021

Selene, O. O., Ricardo, S. M., Lorena, R. G., Eric, M. C., Olivia, Z. M., Javier, T. L., ... & Felipe, A. V. (2025). Groundwater Flow System and Hydrogeochemical Evolution in Central Mexico's Major Lakes. Hydrological Processes, 39(9), e70252.

Tóth, J. (1963). A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. Journal of Geophysical Research, 68(16), 4795–4812.

Tóth, J. (1995). Hydraulic Continuity In Large Sedimentary Basins. Hydrogeology Journal, 3(4), 4–16

ANEXOS

Tabla A 1. Datos de identificación de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI junto a algunos parámetros físicos

NUM	*FECHA*	*X*	*Y*	*TEMP*	*Q*	*NE*
45	19/08/2021	581388	2106970	29.9	12	12.5
46	19/08/2021	592940	2103310	28.8	9	22.5
49	20/08/2021	598982	2099120	29.1	25	-1
50	20/08/2021	608404	2095330	29.3	60	11.6
51	23/08/2021	616554	2094290	28.2	35	-1
52	20/08/2021	608530	2093590	29.6	30	-1
53	23/08/2021	619712	2092290	27.3	88	-1
54	23/08/2021	616717	2090030	28.7	26	-1
55	20/08/2021	606448	2087260	28.4	16	1.6
56	23/08/2021	622640	2086640	29.4	35	-1
57	23/08/2021	624977	2083730	30.8	100	-1
52	03/09/2015	581384	2106970	30.3	10	-1
54	03/09/2015	592942	2103310	31.5	10	12
56	07/09/2015	598992	2099120	28.8	35	6
58	07/09/2015	608400	2095320	29.1	40	-1
59	07/09/2015	608734	2094270	28.8	35	-1
60	03/09/2015	616549	2094280	28.3	64	9

61	07/09/2015	610202	2093690	28.8	41	10
62	07/09/2015	608525	2093590	28.4	50	-1
63	03/09/2015	619713	2092290	27.4	60	10
64	03/09/2015	616719	2090020	29.4	35	14.5
65	03/09/2015	606444	2087250	30.6	15	-1
66	02/09/2015	622640	2086660	29.3	40	-1
67	03/09/2015	609449	2085230	29.7	15	7
68	03/09/2015	610879	2083820	28.9	40	7
69	02/09/2015	624980	2083720	31.1	80	-1
1	19/11/1979	597570.19	2108930.49	-	-	-
2	18/11/1979	577976.351	2107750.14	-	-	5
3	18/11/1979	582083.975	2106711.43	-	-	9
4	18/11/1979	588741.159	2102816.27	-	-	20

Tabla A 2. Concentraciones de los cationes, ID y fecha de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI.

NUM	***FECHA***	***Ca^{2+}***	***Mg^{2+}***	***Na^{+}***	***K^{+}***
45	19/08/2021	52.94	23.85	37.24	5.03
46	19/08/2021	67.1	27.17	35.17	3.79
49	20/08/2021	98.15	47.13	76.79	7.03
50	20/08/2021	173.75	62.83	78.86	7.04

51	23/08/2021	98.42	39.76	75.87	8.9
52	20/08/2021	126.2	55.04	91.6	27.26
53	23/08/2021	123.91	37.18	65.98	12.52
54	23/08/2021	124.08	52.45	79.78	12.82
55	20/08/2021	85.09	35.14	119.78	13.38
56	23/08/2021	322.96	102.83	96.97	12.06
57	23/08/2021	119.27	32.98	60	12.94
52	03/09/2015	96.79	25.27	55.29	2.35
54	03/09/2015	56.91	16.65	34.94	7.82
56	07/09/2015	105.81	42.65	97.36	2.03
58	07/09/2015	198.8	71.44	68	1.8
59	07/09/2015	114.43	37.79	40.62	1.96
60	03/09/2015	157.51	35.84	82.76	5.67
61	07/09/2015	119.84	35.25	45.45	3.56
62	07/09/2015	122.85	44.47	79.43	11.53
63	03/09/2015	139.28	30.38	60.12	5.87
64	03/09/2015	133.67	44.23	72.19	5.67
65	03/09/2015	84.37	39	95.41	7.23
66	02/09/2015	311.02	51.03	82.3	5.47
67	03/09/2015	69.74	15.43	51.96	8.99
68	03/09/2015	65.93	15.19	49.43	7.62

69	02/09/2015	120.04	44.23	57.36	5.87
1	19/11/1979	30	17.3	21.2	5.1
2	18/11/1979	24	37.7	77.3	1.6
3	18/11/1979	56	18.6	15	2.3
4	18/11/1979	86	46.9	44.4	1.6

Tabla A 3. Concentraciones de los aniones, ID y fecha de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI.

NUM	*FECHA*	*SO_4^{2-}*	*HCO_3^-*	*Cl^-*	*NO_3^-*
45	19/08/2021	78.5	192.69	32.14	30.8
46	19/08/2021	58	293.59	28.7	19.52
49	20/08/2021	43.94	268.93	196.42	27.89
50	20/08/2021	324.2	374.49	138.67	29.75
51	23/08/2021	209	308.93	76.35	0
52	20/08/2021	278.29	385.92	83.18	24.73
53	23/08/2021	244.6	348.93	67.85	2.54
54	23/08/2021	303.53	346.22	77.64	0.43
55	20/08/2021	131.32	212.39	203.23	0
56	23/08/2021	954.8	385.32	30.8	8.99
57	23/08/2021	269.24	247.58	47.66	1.55
52	03/09/2015	118	234.83	86.92	30.79

54	03/09/2015	57.6	237.22	24.52	14.22
56	07/09/2015	40	295.37	246.32	25.12
58	07/09/2015	345.3	397.66	171.25	41.42
59	07/09/2015	197.2	281.74	63.83	27.73
60	03/09/2015	186.6	356.82	183.51	2.62
61	07/09/2015	180.9	306.85	57.7	14.6
62	07/09/2015	242.7	363.52	78.71	18.92
63	03/09/2015	265.6	313.05	66.09	3.04
64	03/09/2015	303.3	330.51	78.16	1.12
65	03/09/2015	120.5	206.13	203.7	0
66	02/09/2015	850	234.83	85.81	0.54
67	03/09/2015	141.7	189.38	38.9	0.41
68	03/09/2015	132.3	203.73	32.72	0
69	02/09/2015	304.5	253.97	55.21	1.44
1	19/11/1979	0	207.4	21	0
2	18/11/1979	50	228.8	103	2.5
3	18/11/1979	0	247.1	42	0.6
4	18/11/1979	0	295.9	195	1.2

Tabla A 4. Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos, ID y fecha de la base de datos histórica de agua subterránea del INEGI.

NUM	*FECHA*	*Dureza Ca*	*pH*	*CE*	*STD*
45	19/08/2021	230.44	7.5	586	293
46	19/08/2021	279.47	6.6	659	329
49	20/08/2021	439.17	6.7	1174	587
50	20/08/2021	692.65	7.2	1589	788
51	23/08/2021	409.5	8	1020	510
52	20/08/2021	541.82	7.3	1310	656
53	23/08/2021	462.54	7.3	1113	553
54	23/08/2021	525.87	7.7	1267	633
55	20/08/2021	357.21	7.8	1164	582
56	23/08/2021	1229.95	7.5	2321	1161
57	23/08/2021	433.63	7.3	1048	523
52	03/09/2015	345.78	6.9	934	459
54	03/09/2015	210.67	6.6	591	287
56	07/09/2015	439.85	6.8	1426	711
58	07/09/2015	790.63	7	1903	958
59	07/09/2015	441.35	7.4	1057	521
60	03/09/2015	540.93	7.7	1613	806
61	07/09/2015	444.41	7.3	1086	536

62	07/09/2015	489.89	7.6	1379	686
63	03/09/2015	472.88	7.3	1184	586
64	03/09/2015	515.91	7.4	1326	659
65	03/09/2015	371.3	7.7	1260	625
66	02/09/2015	986.79	7.6	2290	1161
67	03/09/2015	237.69	7.5	752	367
68	03/09/2015	227.18	7	718	350
69	02/09/2015	481.89	7.6	1113	550
1	19/11/1979	147	8.6	-	302
2	18/11/1979	217	7.4	-	525
3	18/11/1979	218	7.5	-	382
4	18/11/1979	411	8.3	-	671

Tabla A 5. Información de los niveles estáticos en 1996

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	3.1

2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	4.38
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	7.48
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	11.29
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.61
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.56
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.45
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.72
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	3.51
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.08
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	11.39
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	48.58
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	2.83
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	7.43
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	9.83
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	18.28
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	15.56
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.56
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	9.63
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.51
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.28
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.86

2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	7.17

Tabla A 6. Información de los niveles estáticos en 1998.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.92
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.43
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	5.29
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	9.68
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.12
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.76
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.9
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	3.18
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	3.14
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.61
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	9.44
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	47.83
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	3.64
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	7.37
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	10.09

2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	17.19
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	15.29
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	10.12
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.49
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.95
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	6.47
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.18
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	32.17

Tabla A 7. Información de los niveles estáticos en 2000.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	19.9
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	30.85
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	25
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	8.85
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	21.61
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	13.2
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	5.6
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	5
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	3.38

3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	3.1
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	6.03
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	9.57
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	7
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	12.3
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	4.24
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	5.18
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	1.02
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	2.8
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.23
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	2.06
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	2.4
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	1.65
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	3.23
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	0.53
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	12.87
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	4.8
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	2.11
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.29
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	3.43
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	10.38

2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.08
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.76
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	3.72
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.08
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	7.42
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	43.64
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	3.92
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	5.42
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	7.14
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	16.93
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	14.53
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	11.17
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	3.81
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	2.46
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	13.77
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	5.88
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	7.45
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	9.51
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	12.98
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.41

2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	6.21
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.72
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.72
2953	1040	Armería-Tecomán-Periquillos	18.946111	-103.91917	1.55
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	3.49
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	2.1

Tabla A 8. Información de los niveles estáticos en 2001.

Núm. Pozo	***Nombre pozo***	***Acuífero***	***Latitud***	***Longitud***	***NE***
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.96
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	2.93
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	3.84
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	12.88
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.62
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	4.93
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.36
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.07
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	4.36
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.22
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	4.17

2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	4.91
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	10.78
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	10.42
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.82
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	7.31
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.56
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	4.73

Tabla A 9. Información de los niveles estáticos en 2003.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	28.55
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	43
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	35
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	13.27
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	19.8
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	22.12
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	11
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	13.7
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	2.13
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	1.43
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	8.21

3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	7.85
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	6.4
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	5.2
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	8.85
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	12.8
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	17.12
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	7.16
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	7.3
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	1.55
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	4.02
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.97
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	5.77
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	2.68
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	3
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	5.25
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	1.35
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	17.48
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	7.4
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	0.92
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.27
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	3.52

2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	7.39
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.37
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.1
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.61
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	2.88
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	1.89
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.85
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	7.32
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	48.38
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	2.14
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	5.17
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	4.31
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	16.08
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	14.82
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	9.35
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	2.76
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	2.36
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	18.71
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	8.78
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	10.34
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	8.18

2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	20.76
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.53
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	7.33
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.11
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	3.17
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	3.38

Tabla A 10. Información de los niveles estáticos en 2004.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	24.95
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	42.03
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	27.7
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	13.79
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	19.95
2988	897	Venustiano Carranza	19.003056	-104.11833	3.6
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	22.52
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	11
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	14.1
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	2
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	1.4

3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	1.45
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	6.5
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	4.5
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	4.65
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	7.8
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	11.6
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	8.96
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	15.65
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	6.2
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	6.8
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	1.4
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	3.95
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.56
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	5.05
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	2.67
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	4.55
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	1.55
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	16
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	6.55
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.36
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	3.9

2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	5.17
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	7.48
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	3.39
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.1
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	3.09
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.51
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	2.1
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.48
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	52.18
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	4.63
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	9.31
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	17.38
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	14.74
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	12.16
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.82
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	6.81
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	11.14
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.51
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	6.24
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.93
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	32.83

2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.78
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	4.26

Tabla A 11. Información de los niveles estáticos en 2005.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	28.7
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	46.68
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	29.05
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	16.95
2988	897	Venustiano Carranza	19.003056	-104.11833	5.2
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	24.21
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	12
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	15.2
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	3.25
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	1.5
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	9.2
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	8.5
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	4.88
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	9.2
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	13.7

3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	10.83
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	16.8
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	7.55
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	8.57
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	2.15
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	4.53
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	6.95
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	2.95
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	2.95
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	5.5
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	2.04
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	17
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	8.31
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	2.26
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	4.09
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	8.59
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	10.28
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	3.47
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	3.74
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	3.2
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.09

2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.67
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	2.23
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	2.91
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	9.82
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	50.82
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	6.13
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	8.17
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	11.1
2927	450	Armería-Tecomán-Periquillos	18.845556	-103.91306	2.12
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	18.35
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	15.28
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	11.32
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.52
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.89
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	7.38
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.37
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	35.43
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	7.51
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	4.72

Tabla A 12. Información de los niveles estáticos en 2006.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2980	367	Venustiano Carranza	19.045278	-104.10556	53.3
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	30
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	38.8
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	32.2
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	16.83
2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	22.6
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	23.6
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	11.66
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	14.3
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	4.25
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	3.05
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	11.3
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	11.05
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	9
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	7.35
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	11.58
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	17.45
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	13.8

3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	22.88
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	10.4
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	11.38
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	2.62
3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	5.9
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	2.95
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	8.75
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	4.14
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	4.05
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	7.3
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	2.7
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	23.65
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	11.2
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	2.72
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	4.93
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	7.28
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	3.66
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	5.28
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	1.71
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.17
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	3.64

2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	4.83
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.62
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	11.17
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	53.45
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	8.14
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	11.72
2927	450	Armería-Tecomán-Periquillos	18.845556	-103.91306	1.93
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	18.14
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	18.16
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	11.76
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	1.94
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	1.94
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	20.51
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	9.16
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	9.94
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	11.69
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	2.31
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	9.87
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	21.96
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	3.1
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	8.17

2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.21
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	34.1
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	7.14
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	5.41
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	4.17

Tabla A 13. Información de los niveles estáticos en 2007.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
3001	192	El Colomo	19.050003	-104.25151	1.71
3002	194	El Colomo	19.038683	-104.25601	3
3003	198	El Colomo	19.034517	-104.21951	5.71
3004	306	El Colomo	19.034739	-104.22312	5.71
3005	307	El Colomo	19.039378	-104.23271	4.8
3006	324	El Colomo	19.026461	-104.21743	2.5
3007	335	El Colomo	19.048739	-104.23709	5.2
3008	341	El Colomo	19.051044	-104.22437	8.53
3009	344	El Colomo	19.043683	-104.22729	7.05
3010	345	El Colomo	19.058683	-104.21029	7.58
3011	350	El Colomo	19.0416	-104.21351	10.5
3012	351	El Colomo	19.037906	-104.21357	6.05
3013	353	El Colomo	19.019211	-104.20198	0.94

3014	354	El Colomo	19.026739	-104.20332	2.39
3015	864	El Colomo	19.015072	-104.23296	1.1
3016	867	El Colomo	19.032683	-104.2279	4.35
3017	874	El Colomo	19.019822	-104.21943	1.87
3018	880	El Colomo	19.020211	-104.21121	1.88
3019	939	El Colomo	19.053933	-104.21973	8.2
3020	943	El Colomo	19.047044	-104.24354	5.67
3021	946	El Colomo	19.013267	-104.22365	1.2
3022	959	El Colomo	19.059322	-104.20437	7.16
3023	1026	El Colomo	19.039156	-104.23704	3.88
3024	1585	El Colomo	19.016667	-104.23694	2.15

Tabla A 14. Información de los niveles estáticos en 2008.

Núm. Pozo	*Nombre pozo*	*Acuífero*	*Latitud*	*Longitud*	*NE*
2980	367	Venustiano Carranza	19.045278	-104.10556	48.75
2981	701	Venustiano Carranza	19.043889	-104.07222	36.15
2982	376	Venustiano Carranza	19.036944	-104.08611	42.3
2983	366	Venustiano Carranza	19.032778	-104.10472	40.3
2984	379	Venustiano Carranza	19.023889	-104.09139	33.52
2985	896	Venustiano Carranza	19.008611	-104.08028	13.6

2986	362	Venustiano Carranza	19.016667	-104.11667	20
2987	1901	Venustiano Carranza	19.003056	-104.09833	10.74
2988	897	Venustiano Carranza	19.003056	-104.11833	8.56
2989	390	Venustiano Carranza	18.994444	-104.06861	14.8
2990	1602	Venustiano Carranza	18.985278	-104.06833	2.9
2991	752	Venustiano Carranza	18.986389	-104.06028	15.7
2992	1616	Venustiano Carranza	18.967778	-104.06056	2.2
2993	396	Venustiano Carranza	18.965	-104.05056	4.15
2994	850	Venustiano Carranza	19.019167	-104.15583	13.8
2995	1317	Venustiano Carranza	19.014722	-104.14833	4.38
2996	1888	Venustiano Carranza	19.011389	-104.16222	5.3
2997	393	Venustiano Carranza	18.979167	-104.06111	3.05
2998	358	Venustiano Carranza	19.016667	-104.17056	5.1
2999	356	Venustiano Carranza	19.02	-104.18583	2.5
3000	895	Venustiano Carranza	19.018056	-104.17667	3.2
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.8
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	2.1
2907	56	Armería-Tecomán-Periquillos	18.849722	-103.82861	11.38
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	6.8
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	7.5
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	4.13

2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	2.2
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	7.9
2913	86	Armería-Tecomán-Periquillos	18.856944	-103.81583	3.38
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.45
2915	128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178056	-103.92222	43.6
2916	129	Armería-Tecomán-Periquillos	19.187778	-103.925	45.3
2917	131	Armería-Tecomán-Periquillos	19.203333	-103.92722	47.23
2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	12
2919	219	Armería-Tecomán-Periquillos	18.863889	-103.95194	5.8
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	3.8
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	3.4
2922	249	Armería-Tecomán-Periquillos	18.963611	-103.8475	24.15
2923	252	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.8375	45
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	2.3
2925	294	Armería-Tecomán-Periquillos	18.853889	-103.88694	4.35
2926	417	Armería-Tecomán-Periquillos	18.886944	-103.89333	11
2927	450	Armería-Tecomán-Periquillos	18.845556	-103.91306	5.4
2928	467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935833	-103.95111	10.87
2929	470	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.91583	23
2930	474	Armería-Tecomán-Periquillos	18.895	-103.93583	8
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	0.3

2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	4
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	22.3
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	12.23
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	8.6
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	14.56
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	7.64
2938	585	Armería-Tecomán-Periquillos	18.962222	-103.8775	6.2
2939	587	Armería-Tecomán-Periquillos	18.95	-103.89694	22.45
2940	608	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989722	-103.95389	18.75
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	26.1
2942	617	Armería-Tecomán-Periquillos	19.0075	-103.97806	16.85
2943	621	Armería-Tecomán-Periquillos	18.828056	-103.89639	2.3
2944	656	Armería-Tecomán-Periquillos	18.866944	-103.92222	13.5
2945	731	Armería-Tecomán-Periquillos	19.029722	-103.98278	73.5
2946	736	Armería-Tecomán-Periquillos	19.013611	-104.00194	50.3
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	1.3
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	49.3
2949	907	Armería-Tecomán-Periquillos	19.043333	-103.99833	76.91
2950	931	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936944	-103.93389	6.3
2951	968	Armería-Tecomán-Periquillos	18.760556	-103.72833	14
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	5.5

2953	1040	Armería-Tecomán-Periquillos	18.946111	-103.91917	18.22
2954	1122	Armería-Tecomán-Periquillos	19.088333	-103.88222	65
2955	1131	Armería-Tecomán-Periquillos	18.906111	-103.96444	11.8
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	2.7
2957	1333	Armería-Tecomán-Periquillos	18.922222	-103.94417	13.42
2958	1364	Armería-Tecomán-Periquillos	18.777222	-103.75472	12.6
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	5.4
2960	1631	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8975	-104.00389	4.1
2961	1697	Armería-Tecomán-Periquillos	18.768056	-103.79556	4.56
2962	1840	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935	-103.83333	4.16
2963	1962	Armería-Tecomán-Periquillos	18.831389	-103.83806	1.1

Tabla A 15. Información de los niveles estáticos en 2010.

Núm. Pozo	***Nombre pozo***	***Acuífero***	***Latitud***	***Longitud***	***NE***
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	3.15
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	1.7
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	4.2
2909	67	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8525	-103.83361	3.9
2910	71	Armería-Tecomán-Periquillos	18.801111	-103.78278	2.4
2914	95	Armería-Tecomán-Periquillos	18.876944	-103.78583	2.3
2915	128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178056	-103.92222	27.8

2918	214	Armería-Tecomán-Periquillos	18.911667	-103.83361	4.8
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	4.15
2931	501	Armería-Tecomán-Periquillos	18.936389	-104.02861	3.6
2932	510	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910833	-104.02222	1.5
2933	515	Armería-Tecomán-Periquillos	18.933333	-103.96917	6.8
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	16.8
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	15.8
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	7.2
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	1.8

Tabla A 16. Información de los niveles estáticos en 2018.

Núm. Pozo	***Nombre pozo***	***Acuífero***	***Latitud***	***Longitud***	***NE***
2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	9
2908	60	Armería-Tecomán-Periquillos	18.839722	-103.86028	11.2
2915	128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178056	-103.92222	31.3
2916	129	Armería-Tecomán-Periquillos	19.187778	-103.925	28.03
2937	581	Armería-Tecomán-Periquillos	18.975833	-103.88528	7.2
2959	1377	Armería-Tecomán-Periquillos	18.970278	-103.92611	3.7

Tabla A 17. Información de los niveles estáticos en 2025.

Núm. Pozo	***Nombre pozo***	***Acuífero***	***Latitud***	***Longitud***	***NE***

2905	17	Armería-Tecomán-Periquillos	18.786667	-103.83694	1.62
2906	29	Armería-Tecomán-Periquillos	18.813333	-103.86194	1.65
2911	74	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8225	-103.80611	1.74
2912	78	Armería-Tecomán-Periquillos	18.838889	-103.79444	1.89
2920	222	Armería-Tecomán-Periquillos	18.904411	-103.86011	7
2921	238	Armería-Tecomán-Periquillos	18.940556	-103.86722	7
2924	276	Armería-Tecomán-Periquillos	18.872778	-103.8575	7
2934	526	Armería-Tecomán-Periquillos	18.93	-103.9975	10.7
2935	544	Armería-Tecomán-Periquillos	18.910556	-103.98722	10.8
2936	576	Armería-Tecomán-Periquillos	18.919722	-103.88861	14.6
2941	612	Armería-Tecomán-Periquillos	18.989167	-103.98278	19.44
2946	736	Armería-Tecomán-Periquillos	19.013611	-104.00194	36.08
2947	786	Armería-Tecomán-Periquillos	18.907222	-103.78944	2.6
2948	854	Armería-Tecomán-Periquillos	18.796389	-103.72778	36.43
2952	1020	Armería-Tecomán-Periquillos	18.883611	-103.81389	6.87
2953	1040	Armería-Tecomán-Periquillos	18.946111	-103.91917	24.34
2954	1122	Armería-Tecomán-Periquillos	19.088333	-103.88222	13.76
2955	1131	Armería-Tecomán-Periquillos	18.906111	-103.96444	7.77
2956	1134	Armería-Tecomán-Periquillos	18.800278	-103.8175	6
2958	1364	Armería-Tecomán-Periquillos	18.777222	-103.75472	14.17
2960	1631	Armería-Tecomán-Periquillos	18.8975	-104.00389	2.26

2961	1697	Armería-Tecomán-Periquillos	18.768056	-103.79556	4.6
2962	1840	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935	-103.83333	2
2963	1962	Armería-Tecomán-Periquillos	18.831389	-103.83806	1.85
2964	P-2009	Armería-Tecomán-Periquillos	19.0886	-103.9114	23
2965	P-913	Armería-Tecomán-Periquillos	19.111103	-103.88502	7.63
2966	P-2270	Armería-Tecomán-Periquillos	18.881678	-103.98454	1.73
2967	P-635	Armería-Tecomán-Periquillos	18.843297	-103.94754	6.46
2968	N-2461	Armería-Tecomán-Periquillos	19.1598	-103.8729	2.9
2969	P-2471	Armería-Tecomán-Periquillos	19.0288	-103.874	4
2970	P-587 Bis	Armería-Tecomán-Periquillos	18.951097	-103.89528	16.3
2971	P-467	Armería-Tecomán-Periquillos	18.935711	-103.91787	15
2972	P-128	Armería-Tecomán-Periquillos	19.178536	-103.92271	16.5
2973	P-521	Armería-Tecomán-Periquillos	18.941791	-103.96941	19.8
2974	P-1332	Armería-Tecomán-Periquillos	18.928484	-103.94433	13.32
2975	P-725	Armería-Tecomán-Periquillos	18.998491	-103.9918	7.24
2976	P-1388	Armería-Tecomán-Periquillos	18.94	-104.02242	6.01
2977	P-248	Armería-Tecomán-Periquillos	18.967053	-103.84604	18
2978	P-93 Bis	Armería-Tecomán-Periquillos	18.862315	-103.81888	2.67
2979	N-75	Armería-Tecomán-Periquillos	18.82546	-103.79414	3.18

“Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, III y IV) para medir el impacto hídrico debido de la construcción de un puerto”

CONCEPTO

ESTUDIO HIDROLÓGICO

Contenido

ESTUDIO HIDROLÓGICO 4
1 INTRODUCCIÓN 4
2 OBJETIVOS 4
2.1 Objetivos particulares 4
3 CONTEXTO HIDROLÓGICO 5
3.1 Antecedentes 5
3.1.1 Fisiografía 5
3.1.2 Geología 7
3.1.3 Regiones hidrológicas 10
3.2 Cuencas y subcuencas 11
3.2.1 Microcuenca El Colomo 14
3.2.2 Microcuenca San Buenaventura 16
3.2.3 Microcuenca Venustiano Carranza 18
3.2.4 Microcuenca Los Reyes 21
3.2.5 Microcuenca Los Reyes (Zorrillos) 22
3.2.6 Microcuenca Ciudad Armería 25
3.3 Aspectos climatológicos 26
4 METODOLOGÍA 27
4.1 Trabajo de campo 28
4.2 Análisis de estaciones climatológicas 32
4.3 Curvas IDF 33
4.5 Balance hidrológico 34
4.5.1 Precipitación 40
4.5.2 Evapotranspiración 40
4.5.3 Infiltración 44
4.5.4 Escurrimiento 48
4.5.5 Evaporación 53

5 RESULTADOS 58
5.1 Resultados del Trabajo de campo 58
5.2 Análisis de estaciones climatológicas 62
5.2.1 Análisis de eventos extremos de precipitación 63
5.2.2 Variabilidad interanual de la precipitación 64
5.2.3 Régimen promedio mensual de precipitación 65
5.3 Curvas IDF 66
5.3.1 Estación 6001 Armería 66
5.3.2 Estación 6018 Manzanillo 68
5.3.4 Estación 6074 Cuyutlán 71
5.4 Balance hidrológico 73
6 DISCUSIÓN 79
REFERENCIAS 83
ANEXO 84
Características del multiparamétrico HANNA 84

ESTUDIO HIDROLÓGICO

1 INTRODUCCIÓN

La Laguna de Cuyutlán está situada en la costa del Pacífico, en el estado de Colima, en los municipios de El Colomo, y Armería, y es uno de los sistemas lagunares más importantes debido a su valor ecológico, económico y social. Sobre la línea de costa, la laguna forma parte de un complejo sistema de cuerpos de agua dividido en cuatro Vasos principales conectados y un área de interacción de agua dulce correspondiente al estuario de Palo Verde. Los Vasos principales mantienen una estrecha interacción con el Océano Pacífico a través del Canal de Tepalcates (Vaso II) y las Ventanas (Vaso I). La escorrentía superficial, el intercambio con el océano y los procesos de evaporación e infiltración crean una dinámica hidrológica compleja que necesita ser cuantificada mediante un análisis integral del balance hídrico.

Este estudio hidrológico analiza el comportamiento del sistema basado en su balance hídrico general, las contribuciones de los ríos, la evaporación, la infiltración, el intercambio de agua entre vasos y en un esfuerzo de comprender el funcionamiento del sistema.

Por otro lado, el desarrollo urbano, las actividades agrícolas, la acuicultura y la variabilidad climática regional requieren información técnica continuamente actualizada para la evaluación de la sostenibilidad del sistema. El estudio integra la modelación hidrológica y la evaluación de parámetros físico-químicos para proporcionar una base científica sólida que apoye estrategias para la gestión integrada, la mitigación de riesgos y la conservación ambiental. Comprender mejor el comportamiento hidrológico de la Laguna de Cuyutlán podría ayudar a contribuir a la planificación territorial y la gestión de los recursos hídricos en la región.

2 OBJETIVOS

Desarrollar un estudio hidrológico de la Laguna Cuyutlán para determinar sus características y el comportamiento de los flujos superficiales que interactúan con la Laguna y modifican sus condiciones físico – químicas.

2.1 Objetivos particulares

- Realizar un balance hidrológico para estimar los aportes de escurrimiento, evapotranspiración e infiltración en las cuencas que rodean la Laguna Cuyutlán.
- Estimar los valores críticos de escurrimiento que llegan a los cuatro vasos.
- Conocer la interacción superficial entre los vasos especialmente el Arroyo Zacate.

3 CONTEXTO HIDROLÓGICO

3.1 Antecedentes

La Laguna Cuyutlán se localiza en el estado de Colima, ubicado en la costa del Pacífico. Para delimitar su influencia, se encuentra dentro de una envolvente delimitada por el Sistema Ambiental Regional (SAR) que abarca los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán y la línea de costa (Figura 1).

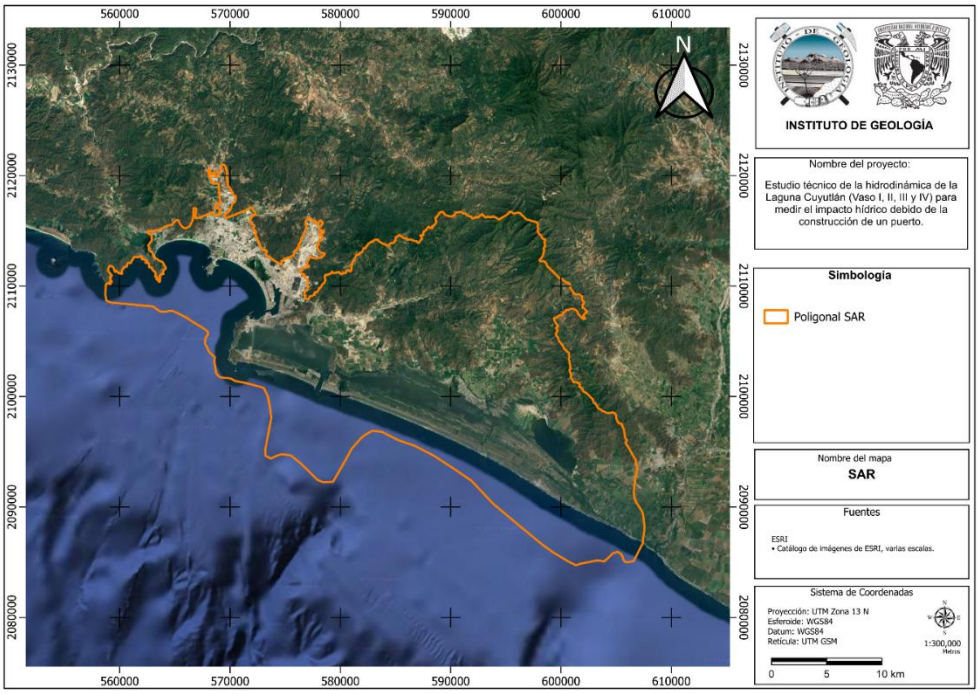


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

3.1.1 Fisiografía

El SAR y la Laguna de Cuyutlán se encuentra en la provincia fisiográfica No. 11 denominada Sierra Madre del Sur, y subprovincia Sierras de la costa de Jalisco y Colima (Figura 2). La Sierra Madre del Sur forma una cadena montañosa que corre de noroeste a sureste, paralela a la costa sur del Pacífico mexicano.

La provincia de la Sierra Madre del Sur abarca parte de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Morelos y Veracruz. La provincia se encuentra dividida por las desembocaduras hacia el Pacífico de ríos como el Armería, el Coahuayana, el Balsas, el Papagayo, el Ometepec y el Verde (Ferrusquía-Villafranca, 1998, citado por Santiago – Alvarado, et, al, 2016).

En Colima, la Sierra Madre del Sur (SMS) se extiende paralela a la costa del Pacífico mexicano y constituye el basamento montañoso que controla directamente la configuración geomorfológica e hidrogeológica costera.

El relieve presente en esta provincia está formado por una geología muy compleja, debido a las interacciones entre las Placas de Cocos y Norteamérica, contando con rocas que datan del precámbrico (Maldonado-koerdell, 1970; Hernández-Santana, et. al, 1994), hasta la actualidad

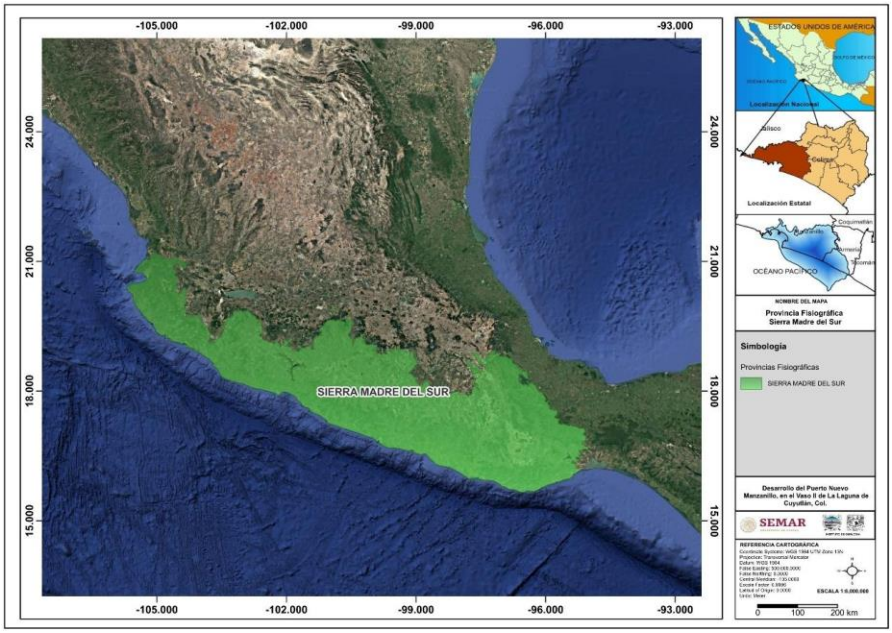


Figura 2. Provincia Fisiográfica Sierra madre del sur. (Conjunto de datos vectoriales Fisiográficas. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas (INEGI, s/f)

El sistema de topoformas (Figura 3) que existe en la zona de estudio está conformado por los siguientes:

- **Sierra**: Sierra Compleja ubicadas en la parte norte.
- **Llanura**: Llanura Costera con lagunas costeras ubicadas en la parte centro de la zona de estudio.
- **Playa o Barra**: Playa o Barra y salina ubicadas al sur.

Las zonas altas del SAR, localizadas en los bordes, corresponden a sierras que forman una Herradura alrededor de la zona de estudio. Este relieve le da su forma característica a la región de Manzanillo y ayuda a concentrar los flujos superficiales hacia cuerpos de agua lagunares, esteros y cuerpos de agua cerca de la costa.

Rodeando los cuerpos lagunares, se encuentran diversas llanuras, que dominan en paisaje antes de la línea de costa. Fuera de del municipio de Manzanillo, estas zonas se encuentran ocupadas por extensas zonas de cultivo de riego temporal, que aprovecha los escurrimientos naturales durante la época de lluvias.

La zona costera y las llanuras se encuentras separadas por una Barra que ayuda a la retención del agua superficial y formando los principales cuerpos lagunares de la región.

Los ríos que drenan la Sierra Madre del Sur transportan arenas, limos y arcillas que forman la planicie costera, contribuyen a la barra litoral que separa la laguna del mar y controlan la colmatación interna de la laguna. Es decir, la sierra es la fuente primaria de sedimento continental del sistema lagunar.

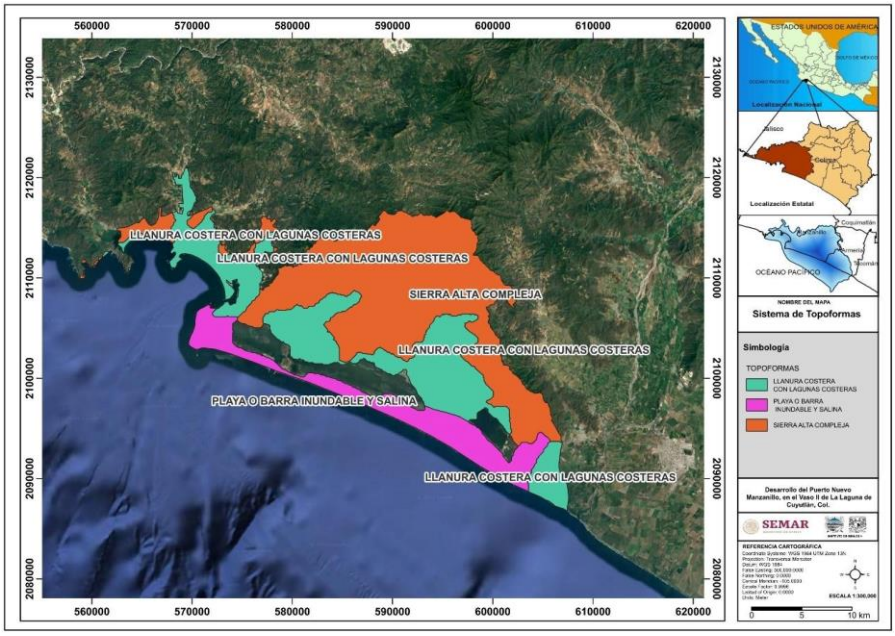


Figura 3. Sistema de Topoformas.

3.1.2 Geología

Desde el punto de vista geológico, la laguna de Cuyutlán representa la interacción entre procesos tectónicos activos, volcanismo neógeno-cuaternario y dinámica sedimentaria litoral. La laguna de Cuyutlán se encuentra en la porción sur - occidental del estado de colima, donde encontramos las siguientes litologías de acuerdo con (Carta Geológico-Minera Manzanillo E13-B43 Colima, Figura 4). Unidades cretácicas constituidas por depósitos vulcanosedimentarios y rocas sedimentarias calcáreas como caliza y dolomías, que tiene dimensiones masivas, rocas ígneas intrusivas destacando el cuerpo intrusivo denominado batolito de manzanillo el cual presenta granodioritas y granito aflorando en superficie, tobas andesíticas a intermedias, brecha volcánica acida y derrames andesíticos.

El paleógeno está representado por rocas volcánicas como tobas y brechas intermedias, tobas andesíticas, toba y brecha acida las cuales son resultado de la primera fase de vulcanismo terciario. Cabe destacar que las rocas ígneas intrusivas que encontramos aflorando son diques.

En la zona que rodea a la laguna se encuentran depósitos de grabas, arenas, limos, arcillas y materia orgánica de diferentes granulometrías que no están consolidados lo que resulta en suelos residuales que contienen sedimentos grueso, secos y materia orgánica, palustre que destacan por la acumulación de materia orgánica y su bajo contenido de oxígeno originando zonas pantanosos como marismas, ciénagas o lagunas, lacustre los cuales destacan por su acumulación de sedimentos finos como limos y arcillas, zona aluvial que se forma por las corrientes de ríos y arroyos dando como resultado, abanicos aluviales, llanuras de inundación y deltas y el litoral que esta principalmente influenciado por mareas y corrientes en la zonas costeras.

Como basamento, se tienen rocas sedimentarias conglomerados-polimíctico formado clastos de diferentes rocas como caliza, ignimbrita y areniscas por mencionar algunas, su matriz está conformada por arena y limo-arcillas, el conglomerado-oligomíctico está conformado por una o dos tipos de clastos lo que hace que se diferencie del conglomerados-polimíctico.

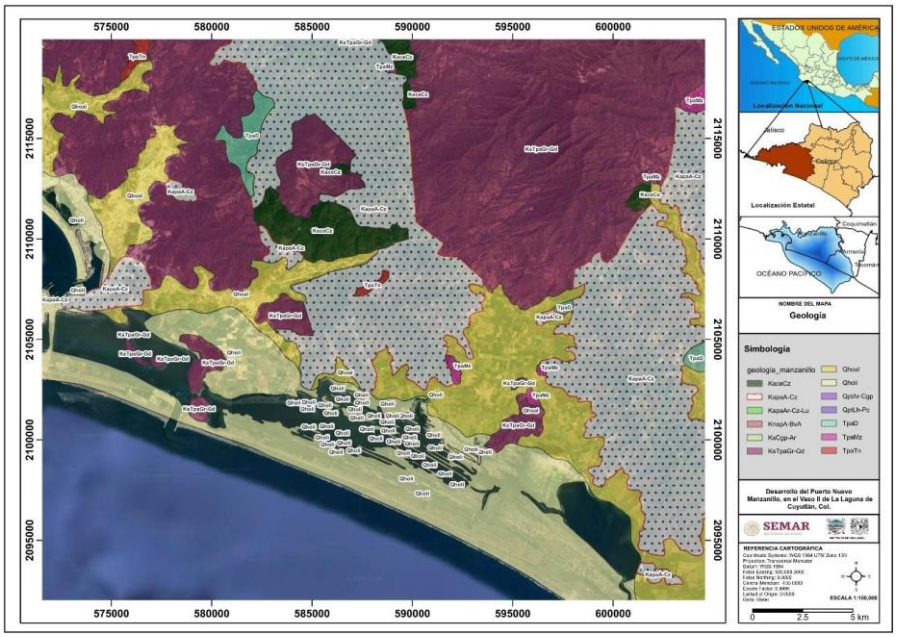


Figura 4. Mapa Geológico de la zona.

De manera particular, la composición del lecho lagunar varía según la hidrodinámica de cada sección, en los Vasos I y II, la sedimentación está influenciada por el intercambio de agua a través de los canales de marea. Se ha observado que la salud de los manglares en estas zonas está vinculada a la geoquímica del sedimento y al tamaño de grano, con presencia de carbono orgánico (4 – 6%) esencial para la vegetación (Zenteno-Palma et al., 2018). Para las zonas cercanas a los canales de comunicación oceánica presentan una mayor dinámica

y predominio de sedimentos más gruesos (arenas), mientras que las zonas bajas como el Vaso III y IV acumulan sedimentos más finos como limos y arcillas (Zenteno-Palma et al., 2018).

Tectónicamente, la laguna se encuentra dentro del Rift de Colima, una compleja estructura de graben que forma parte de un sistema de unión triple en el occidente de México (Massaro et al., 2020).

- Formación del Rift: Esta depresión tectónica se originó tras fases de compresión y transpresión (tipo de deformación cortical que ocurre cuando una zona de la Tierra experimenta simultáneamente un movimiento de **desgarre** (desplazamiento lateral) y una **compresión** perpendicular a la falla) en el Cretácico Tardío. Durante el Plioceno y el Cuaternario, el rift se ha ido rellenando progresivamente con sedimentos lacustres, aluvión y coluvión (Massaro et al., 2020).
- Influencia de Placas: La geología regional está regida por la subducción de las placas de Rivera y Cocos bajo la Placa Norteamericana, lo que genera una zona de deformación activa y sismicidad (Massaro et al., 2020).

La laguna se encuentra en una depresión tectónica (graben) de gran escala, controlada por la divergencia de bloques continentales y la compleja subducción de microplacas oceánicas, lo que resulta en un entorno de fallas normales y laterales que condicionan su evolución hidrológica.

Estructuralmente la laguna esta influenciada por:

- Graben El Gordo: Es una estructura con dirección SSO-NNE situada en la zona marina frente a Manzanillo, asociada espacialmente con el Graben de Colima (Cotilla-Rodríguez et al., 2017, 2019). Su formación está vinculada a la extensión litosférica en la zona límite de placas (Dañobeitia et al., 2016).
- Horst y Graben de Manzanillo: Este conjunto estructural está limitado al noreste por la zona de falla Las Cumbres (Figura 5)., una discontinuidad del basamento con rumbo NW-SE (Camprubí et al., 2018).
- Falla de Tamazula (Figura 5): Es una falla regional de más de 160 km de longitud con rumbo NE-SW que atraviesa el complejo volcánico y se extiende hasta la Bahía de Manzanillo (Plaen et al., 2022).

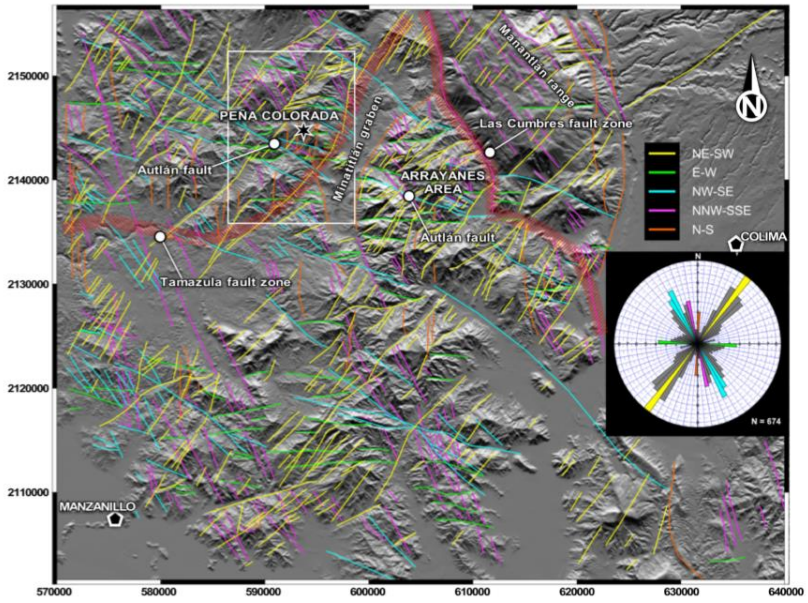


Figura 5. Familia de fallas del oeste del estado de Colima (Camprubí et al., 2018).

3.1.3 Regiones hidrológicas

El área de estudio se ubica en la Región Hidrológica Administrativa (RHA) VIII Lerma-Santiago-Pacífico (Figura 6). Esta Región tiene una extensión de 188,779.99 km^2, colinda al norte y noreste con las Regiones III Pacifico norte, VII Cuencas centrales del norte y IX Golfo norte; al este con la región XIII Aguas del Valle de México y al sur con la región IV Balsas.

La región se caracteriza por grandes sistemas fluviales como las cuencas del Lerma-Chapala y del río Santiago y varias subcuencas que desembocan al Pacífico. Esto implica grandes presas, regulación superficial y/o explotación intensiva de agua en distintas partes de la región (Pacífico, 2020).

La laguna de Cuyutlán se ubica en la porción costera de Colima y forma parte de la subcuenca denominada Chacala–Purificación (subcuenca Laguna de Cuyutlán) —es decir, es una unidad hidrológica litoral incluida dentro de la estructura de cuencas y subcuencas que administra la RHA VII. A continuación, se detallan las cuencas y subcuencas que tienen influencia directa sobre la laguna.

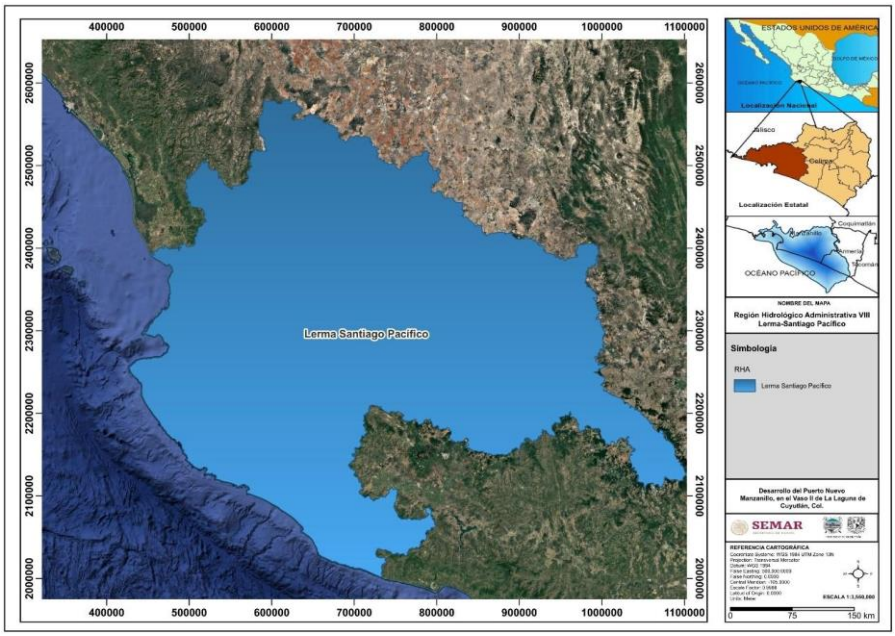


Figura 6. Región Hidrológica-Administrativa (RHA) VIII Lerma-Santiago-Pacífico.

3.2 Cuencas y subcuencas

Dentro de cada región hidrológica, existen diferentes cuencas y subcuencas hidrológicas. Una cuenca hidrológica es una unidad superficial delimitada por el curso de un río y sus afluentes (ríos secundarios que alimentan el principal). El área de una cuenca abarca desde la zona donde nace el río hasta el lugar donde desemboca (lagos, lagunas y/o mar). Las cuencas, en general, son delimitadas por cadenas de montañas o parte aguas naturales (cerros, declives topográficos entre otros.)

Los criterios establecidos para la delimitación de las cuencas hidrográficas en México fueron establecidos en conjunto por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el Instituto Nacional de Ecología y la Comisión Nacional del Agua y son:

1. Las cuencas como unidades morfográficas se delimitaron únicamente por variables topográficas e hidrográficas, presentando consistencia y homogeneidad para todo el territorio nacional.

2. Se delimitan partir del tipo de desembocadura que presenta su sistema de cauces habiéndose identificado principalmente tres: exorreica, endorreica y arreica (SEMARNAT, 2010).

- **Endorreica**, todas las corrientes descargan hacia un cuerpo de agua interior.
- **Exorreica**, las corrientes confluyen y desembocan en el mar o un sistema lagunar costero.
- **Arreica**, no tiene salida hacia al mar ni tampoco drena hacia un cuerpo de agua colector.

La Laguna de Cuyutlán se encuentra dentro de la cuenca denominada R. Chacala – Purificación, la cual cuenta con una superficie de 5,340.4 km^2, subdividida en 3 grandes subcuencas: R. Purificación, L. de Cuyutlán y R. Chacala (Figura 7).

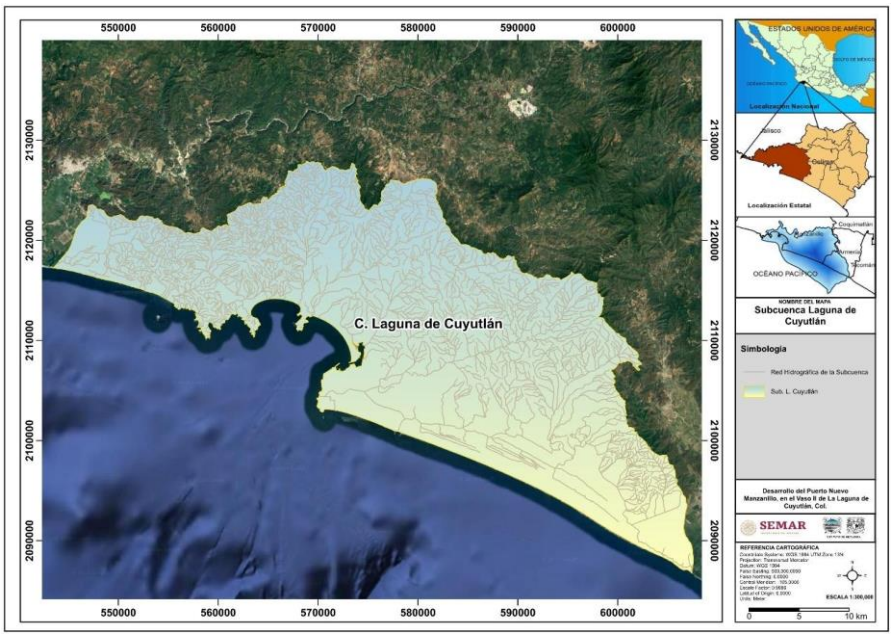


Figura 7. Cuenca Chacala-Purificación.

La subcuenca en donde se encuentra la Laguna de Cuyutlán es aquella que lleva su nombre (Figura 8), con una superficie aproximada de 973 km^2 a 1200 km^2 (varía de acuerdo con los criterios de delimitación), con una altitud que oscila entre 1,227 al noreste de la cuenca y 0 m.s.n.m. en la costa del Océano Pacífico, abarca parcialmente los municipios de Manzanillo y Armería. Se extiende entre los paralelos 19° 14' 38.40" y 18° 52' 05.29" de latitud norte y 103° 58' 39.51" y 104° 29' 51.95 latitud oeste (INEGI, 2019). Cabe mencionar que INEGI tiene catalogada a esta subcuenca como cuenca R. Marabasco B, y CONAGUA la reasigna como una subcuenca con el nombre de Laguna de Cuyutlán.

La subcuenca presenta una forma alargada en dirección a la laguna de Cuyutlán, es clasificada como de tipo exorreica, ya que desemboca sus aguas hacia el océano Pacífico. Las principales corrientes perennes son El Zacate y el río Chandiablo o Santiago, presentan un flujo que va de permanente a intermitente la mayor parte del año y, en temporada de lluvias, suele llevar un caudal continuo hasta el mar (INEGI,2019).

Los cauces denominados Las Compuertas, Galindo, El Centinela, Punta de Agua, Rancho Viejo, Milpillas, Agua Blanca, El Salto, Paseo del Muerto y San José, presentan un régimen intermitente (CONAGUA, 2015; INEGI, 2019).

De acuerdo con los reportes existentes, los aportes actuales a la laguna de agua dulce son pocos comparados con los ingresos de agua salada durante todo el año. Los aportes de agua dulce suceden principalmente durante

la época de lluvias. Un ejemplo son los aportes del río Armería, cuando hay avenidas, sus aguas inundan un área al noroeste de su boca y entran a la Laguna Cuyutlán a través del Estero Palo Verde (Saunders y Saunders 1981, Contreras 1985 en Mellink, E., & Riojas-López, M., 2007). Se ha argumentado que antiguamente el Río Armería entraba al lado Este de la laguna, pero que la acumulación de sedimentos ha re -orientado la salida directamente hacía el mar (Ignacio y Bautista-Matute 1861, Saunders y Saunders 1981), aunque los mapas disponibles no apoyan esta aseveración. Se ha sugerido también que el filtrado de agua del Río Armería puede alimentar el vaso IV (Saunders and Saunders 1981)

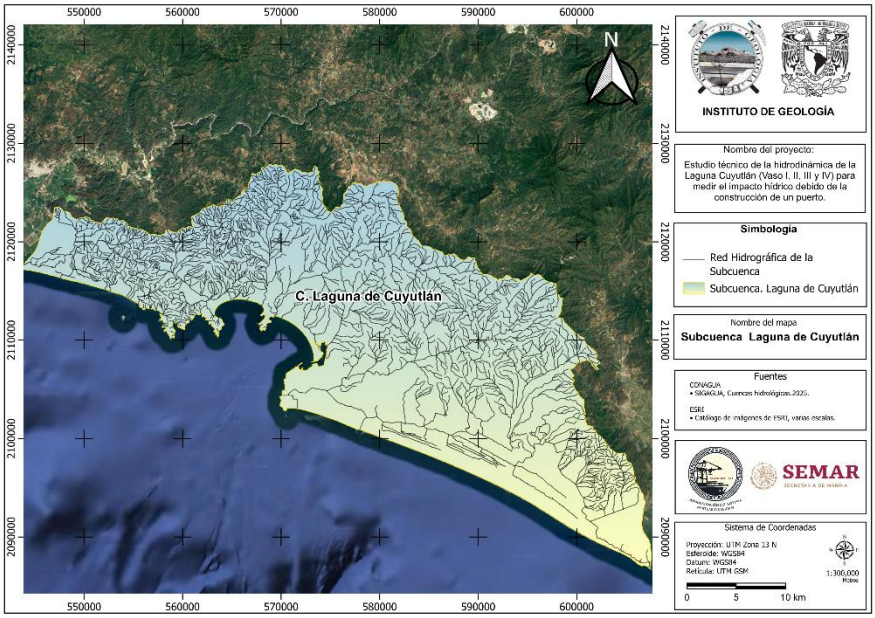


Figura 8. Subcuenca Laguna de Cuyutlán.

Se identifican seis subcuencas o microcuencas (Figura 9) con influencia directa o aporte de agua de escurrimiento a la Laguna Cuyutlán las cuales se describen a continuación:

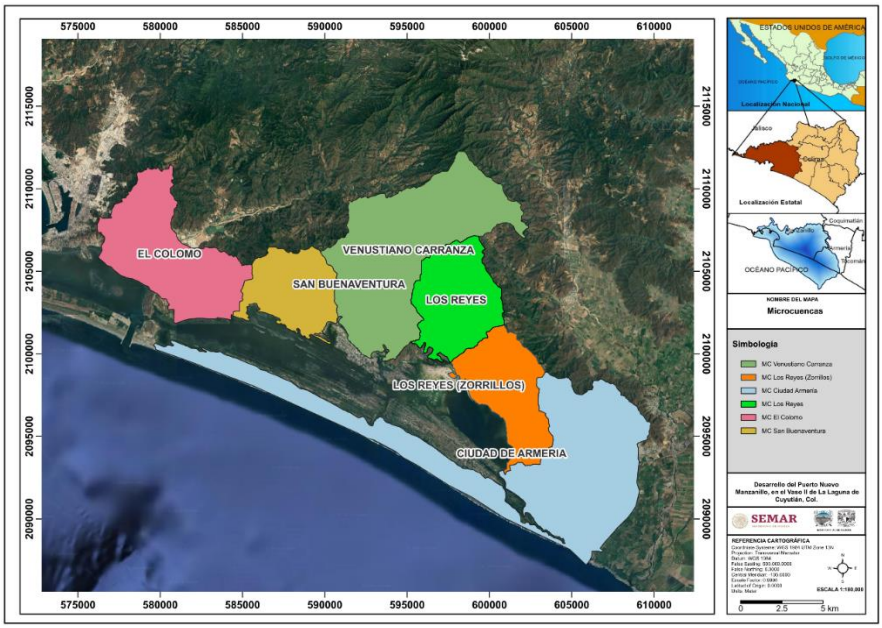


Figura 9. Microcuencas que rodean la Laguna de Cuyutlán.

3.2.1 Microcuenca El Colomo

La microcuenca El Colomo tiene un área aproximada de 43 km^2, es la microcuenca donde se producen los escurrimientos que desembocan en el Vaso II y Vaso III (Figura 10). Se caracteriza por ocupar la parte llana del municipio de armería, donde se realizan diferentes actividades de agricultura. Su principal afluente es el arroyo Zacate, que desemboca en el Vaso II (Figura 11). El arroyo es de flujo intermitente y este se divide en pequeños ramales y canales antes de su ingreso al Vaso II.

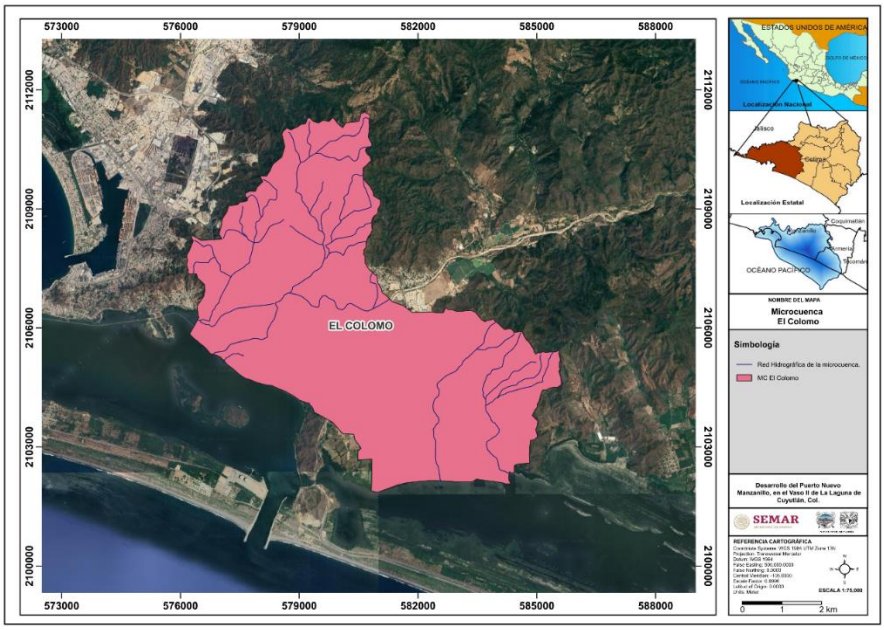


Figura 10. Microcuenca El Colomo.

De acuerdo con el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL), el Arroyo Zacate o Las Adjuntas o Agua Blanca (INEGI 1995, Mena-Herrera 1979) tiene una elevación máxima de 1144 m y tiene una longitud de 27 km. Con un área de drenaje de 148 km^2. La subcuenca del arroyo Zacate es la subcuenca que aporta el mayor volumen de agua a la laguna Cuyutlán durante la temporada de lluvias, aunque no existen datos oficiales sobre su aporte.

Los flujos secundarios que no pertenecen a el río Zacate dentro de la Cuenca el Colomo desembocan en el vaso III y la mayoría se encuentran interceptados para su aprovechamiento en la zona agrícola del municipio.

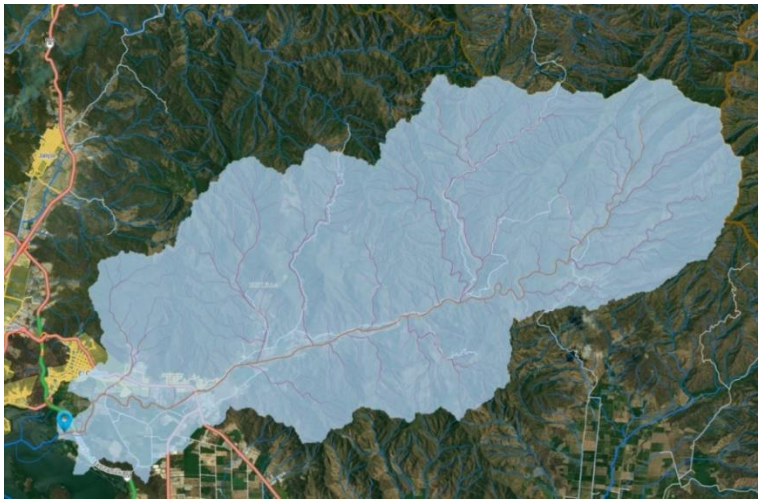


Figura 11. Área de drenaje del arroyo Zacate. Obtenida del SIATL.

3.2.2 Microcuenca San Buenaventura

La microcuenca San Buenaventura (Figura 12) es una cuenca pequeña, de 23 km^2 de área aproximadamente. Es una microcuenca con diversos arroyos que desembocan en el Vaso III, no existe un cauce principal ya que su red hidrográfica está compuesta de pequeños arroyos intermitentes que son interceptados por áreas de cultivo. Es una de las microcuencas de menor área de totas las cuencas que rodean la laguna y tiene cuatro vertientes (tres de ellos sin nombre oficial en el simulador de flujos de SIATL), cuyos cauces son intermitentes y en temporada de lluvias gran parte del agua que escurre es aprovechada por las zonas agrícolas antes de llegar a el Vaso III.

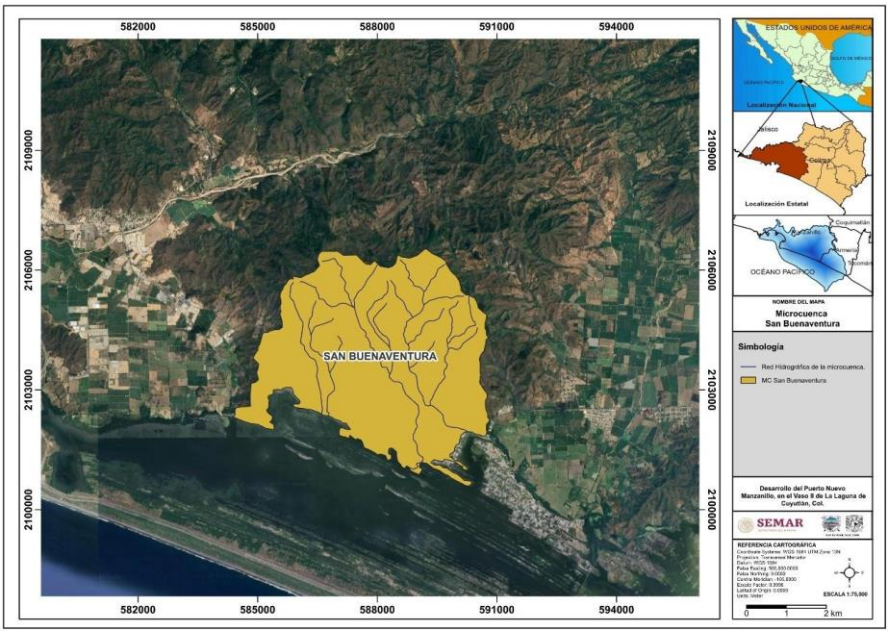


Figura 12. Microcuenca San Buenaventura.

El primer arroyo (ASB1, Figura 13 a) tiene una longitud de 3.47 km con un área de captación de 2.46 km^2, con un desnivel de 450 m respecto al nivel de la Laguna. El segundo arroyo (ASB2, Figura 13 b) corre paralelo al primero y tiene una extensión de 3.05 km con un desnivel de 299 m con un área drenada de 2.85 km^2.

El tercer arroyo (ASB3, Figura 13 c) corresponde a una sección de 6.5 km, con un desnivel de 527 m con un área de captación de 6.86 km^2. El cuarto arroyo, con nombre Arroyo Rosa Morada (Figura 13 d), tiene una longitud de 5.9 km con un área de captación de 8.27 km^2, con un desnivel de 539 m.



a) Arroyo ASB1



b) Arroyo ASB2



c) Arroyo ASB3



d) Arroyo Rosa Morada

Figura 13.Principales cauces de la Microcuenca San Buenaventura.

3.2.3 Microcuenca Venustiano Carranza

La microcuenca Venustiano Carranza tiene una extensión de 68.7 km^2 (Figura 14). Se trata de una red de causes intermitentes, donde el agua en temporada de lluvias se utiliza para riego. En esta cuenca existen diferentes obras de desvió que impiden que el agua llegue con libertad hacia el vaso III y IV.

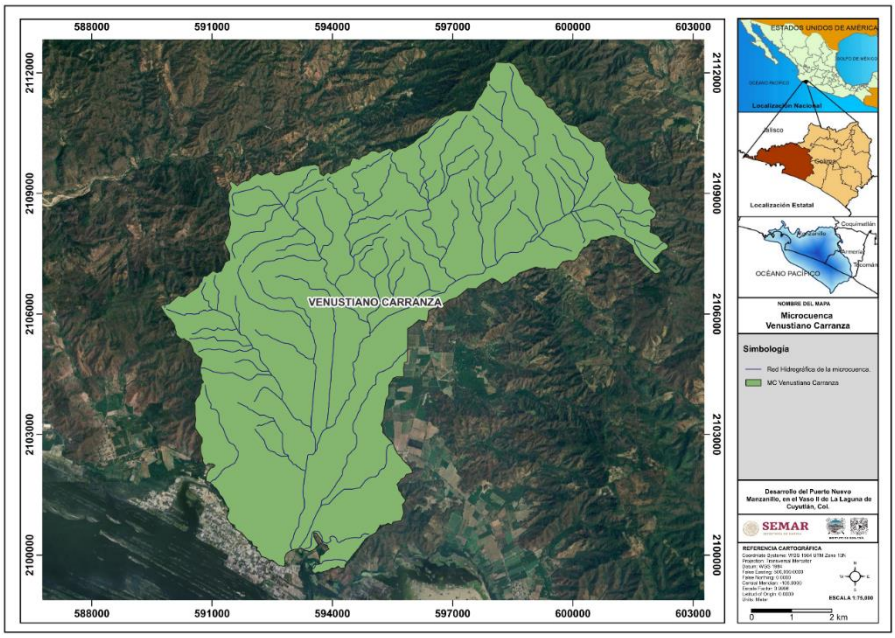


Figura 14. Microcuenca Venustiano Carranza.

Hacia el Oeste, hay un pequeño arroyo sin nombre oficial en la base de datos de SIATL, aunque algunas referencias le llaman Arroyo La Calera (Figura 15) que desemboca en el Vaso III. El arroyo tiene una elevación de 321 m, con una longitud de 3.7 km. El área drenada es de 3.61 km^2

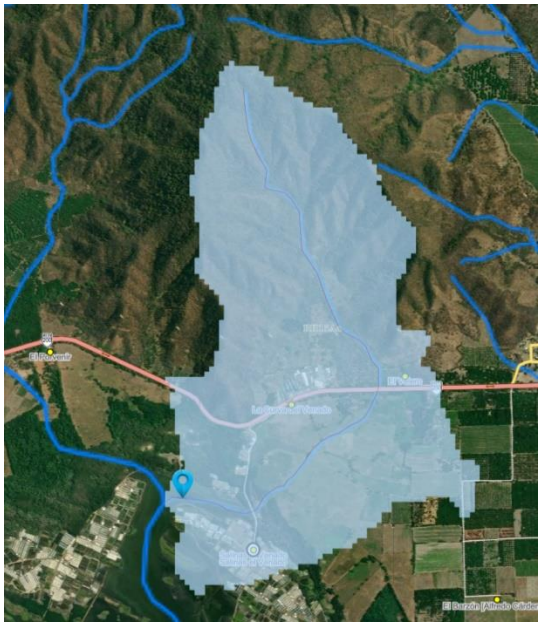


Figura 15. Cauces del Arroyo la Calera de la Microcuenca Venustiano Carranza.

El arroyo principal, llamado agua blanca, tiene una longitud de 16 km, con una elevación máxima de 612 m y un área de drenaje de 79.8 Km^2. En la Figura 16, se aprecia que gran parte del área central de la cuenca y zonas llanas son ocupadas por zonas agrícolas que aprovechan el agua durante temporada de lluvias.

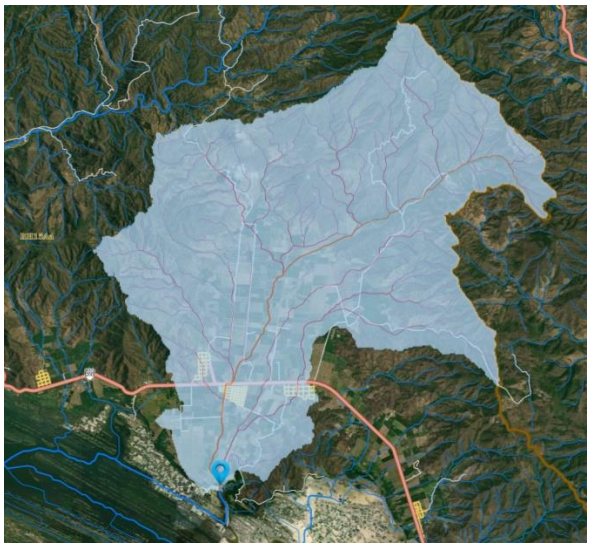


Figura 16. Cauces del Arroyo Agua Blanca de la Microcuenca Venustiano Carranza.

3.2.4 Microcuenca Los Reyes

La microcuenca Los reyes tiene una extensión de 29.2 km^2 (Figura 17). Es una cuenca de pequeños arroyos intermitentes que confluyen en dos corrientes, el Arroyo Cuastecomates y Arroyo El Zalate. El agua que escurre se dirige a la parte Oeste del Vaso IV, muy cerca de la zona salinera.

La subcuenca del Arroyo Cuastecomates (Figura 18) tiene un área drenada de 9.99 Km^2, y el arroyo tiene una extensión de 7.1 km con un desnivel de 417 m. La subcuenca del Arroyo El Zalate (Figura 19), tiene un área drenada de 3.52 Km2, y una extensión de 5.5 km con un desnivel de 583 m.

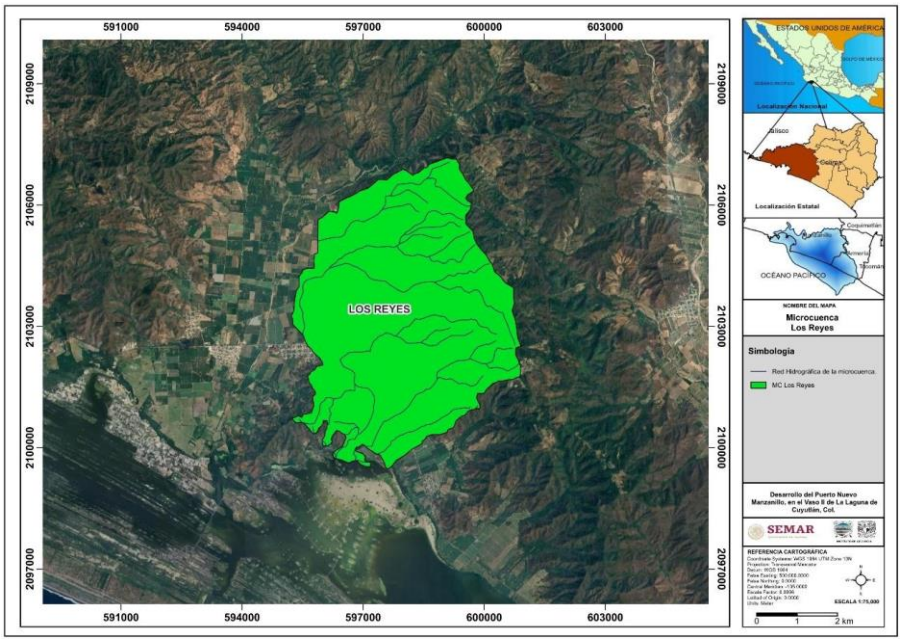


Figura 17. Microcuenca Los Reyes.

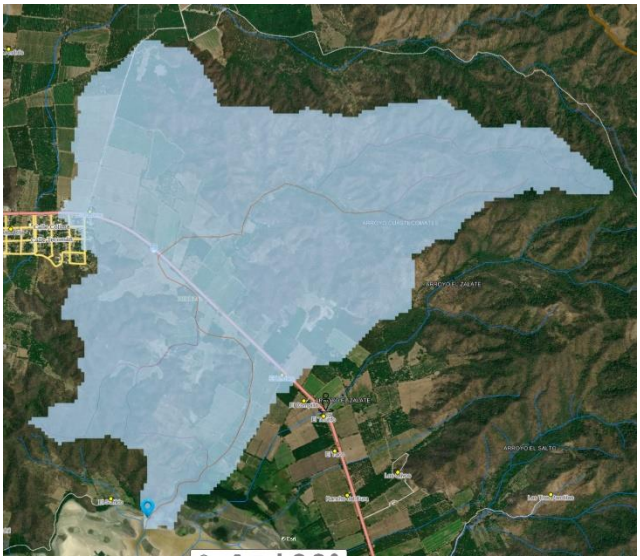


Figura 18. Cauces del Arroyo Cuastecomates de la Microcuenca Los Reyes.



Figura 19. Cauces del Arroyo El Zalate de la Microcuenca Los Reyes.

3.2.5 Microcuenca Los Reyes (Zorrillos)

La microcuenca Los Reyes (Zorrillos) tiene una extensión de 27.5 km^2 (Figura 20). Se trata de una red de causes intermitentes de muy poca extensión debido al levantamiento de la Sierra de Colima cerca de la línea de costa. Dentro de la cuenca, dos corrientes confluyen en vaso IV, el Arroyo Higuerillas y Arroyo Michel.

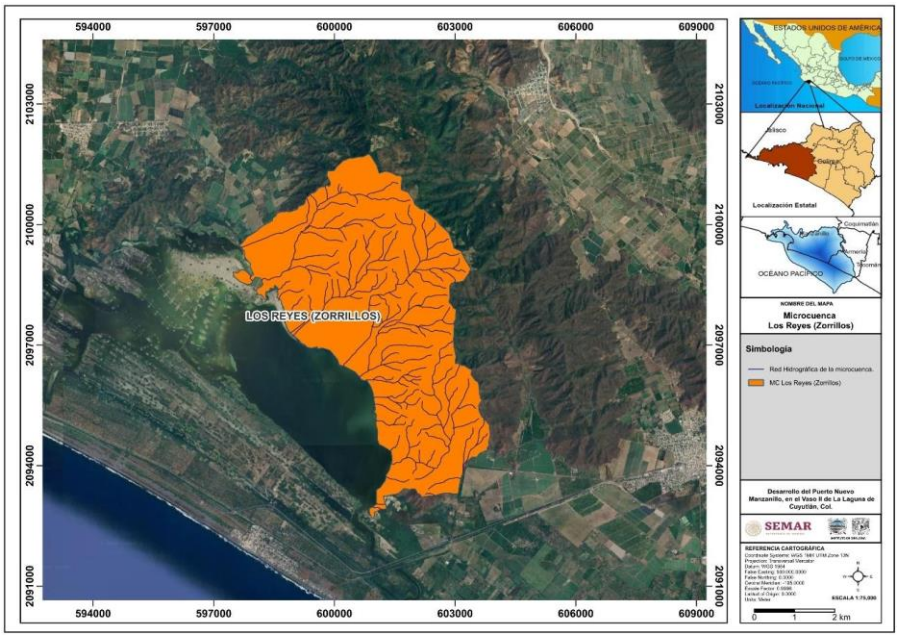


Figura 20. Microcuenca Los Reyes (Zorrillos).

La subcuenca del Arroyo higuerillas (Figura 21) tiene un área drenada de 4.0 Km^2, y el arroyo tiene una extensión de 4.8 km con un desnivel de 253 m.



Figura 21. Cauces del Arroyo higuerillas de la Microcuenca Los Reyes (Zorrillos).

La subcuenca del Arroyo Michel (Figura 22) tiene un área drenada de 8.7 Km^2, y una extensión de 6.2 km con un desnivel de 251 m.



Figura 22. Cauces del Arroyo Michel de la Microcuenca Los Reyes (Zorrillos).

3.2.6 Microcuenca Ciudad Armería

La microcuenca Ciudad Armería tiene una extensión de 88.7 km^2 (Figura 23). Se trata de una cuenca con un conjunto de pequeños causes intermitentes que separan la cuenca del río Armería y las cuencas que tienen influencia en la Laguna Cuyutlán. Esta microcuenca contiene el área de escurrimiento del Estero Palo Verde y abarca la zona de la barra que separa la laguna y la línea de costa.

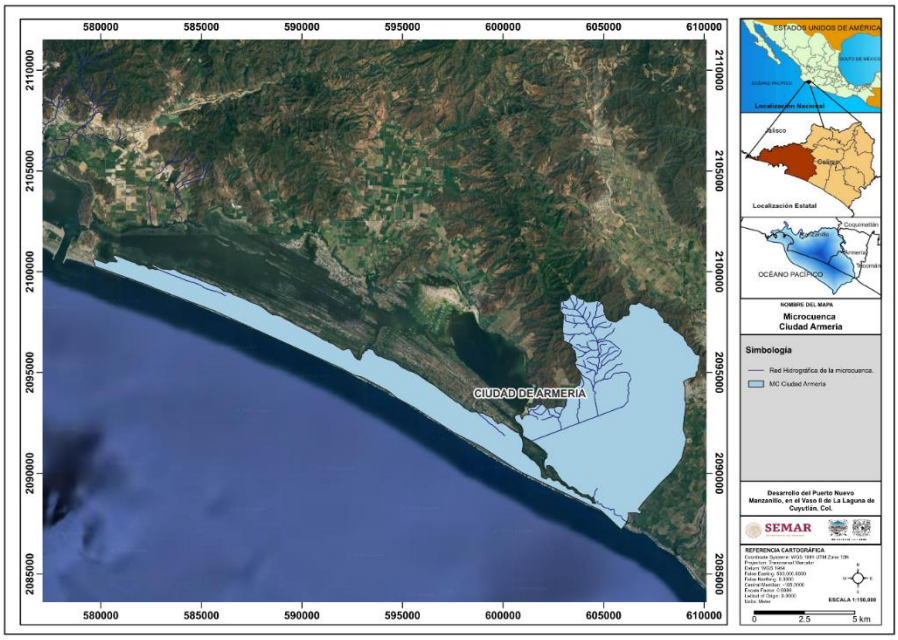


Figura 23. Microcuenca Ciudad de Armería.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las principales subcuencas que corresponden a las zonas de aporte de cada vaso

Tabla 1. Características generales de las subcuencas que drenan a la laguna Cuyutlán.

Subcuenca	Microcuenca	Extensión del cauce principal [km]	Elevación [m]	Área [km^2]	Vaso a la que drena
A. Zacate	El Colomo	27	1444	148.00	II
A. ASB1	San Buena Aventura	3.47	450	2.46	III
A. ASB2	San Buena Aventura	3.05	299	2.85	III
A. ASB3	San Buena Aventura	6.5	527	6.86	III
A. Rosa Morada	San Buena Aventura	5.9	539	8.27	III
A. Calera	Venustiano Carranza	3.7	321	3.61	III

A. Agua Blanca	Venustiano Carranza	16	612	79.80	III
A, Cuastecomates	Los reyes	7.1	417	9.90	IV
A. El Zalate	Los reyes	5.5	583	3.52	IV
A. Higuerillas	Los reyes (Zorrillos)	4.8	253	4.00	IV
A. Michel	Los reyes (Zorrillos)	6.2	251	8.7	IV
Estero Palo Verde	Armería	9.6	2	No aplica	IV

De las 11 subcuencas resaltan por su extensión el Arroyo Zacate (27 km) y el Arroyo Agua Blanca (16 km), aunque en área drenada el arroyo Zacate duplica el área del Arroyo Agua Blanca.

En resumen, las microcuencas y subcuencas antes descritas presentan una red de drenaje intermitente (con excepción del estero Palo Verte), con escurrimientos que se presentan principalmente durante eventos de precipitación intensa en temporada de lluvias. Durante la mayor parte del año, estos cauces permanecen secos, lo que indica que el aporte de agua dulce al sistema lagunar ocurre principalmente de forma estacional.

3.3 Aspectos climatológicos

La climatología de la Laguna de Cuyutlán y sus al rededor son factores clave que influyen en su hidrología y ecología. En general. la región se caracteriza por un clima que presenta variaciones estacionales bien definidas, así como patrones específicos de temperatura, precipitación y, en menor medida, vientos.

El clima predominante en la zona en la región cercana a la Laguna de Cuyutlán es clasificado como cálido subtropical (Figueroa-Rangel et al., 2016). Otras descripciones lo identifican como cálido y subhúmedo (Liñán-Cabello et al., 2016). Es importante notar que en la región general (municipio de Manzanillo, Armería y Colomo) el clima semiárido para las zonas bajas, pero para la zona circundante a Cuyutlán el clima es más cálido y húmedo (Duarte, 2016).

La temperatura media anual en la región se encuentra entre 22 y 28°C (Figueroa-Rangel et al., 2016). Para áreas cercanas, se ha registrado un rango de temperatura ambiental anual entre 18 y 28°C (Liñán-Cabello et al., 2016). En estaciones climáticas, se observa una temperatura máxima de hasta 42°C en mayo de 2023 y una mínima de 20°C en noviembre para el mismo año.

La región presenta dos estaciones climáticas claramente definidas: **Estación Lluviosa**: Ocurre de junio a octubre (Hernández-Roque et al., 2018). Durante este periodo, en regiones cercanas, se han registrado lluvias en el rango de 600 a 1300 mm (Liñán-Cabello et al., 2016). **Estación Seca**: Se extiende de noviembre a mayo (Hernández-Roque et al., 2018).

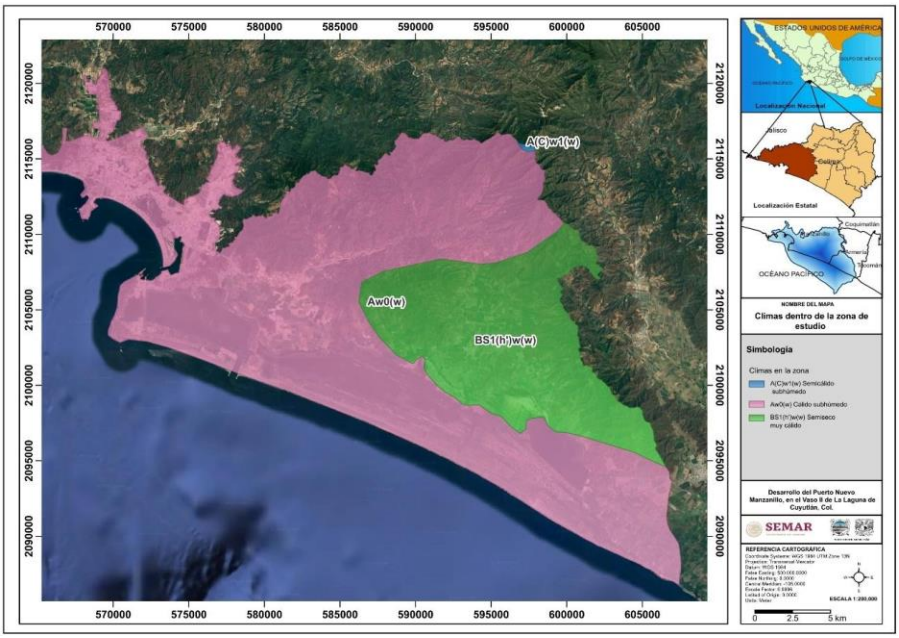


Figura 24. Clima presente en la zona de estudio.

Respecto a el viento, aunque los datos específicos de viento no son claros ya que no se cuenta con la información en las estaciones cercanas, para la Laguna de Cuyutlán se presentan rachas de viento considerables debido a la durante la temporada de "nortes". En Teutli–Hernández et al., 2017, se menciona la presencia de vientos fuertes (50-60 km/h). En otro estudio geofísico (Montes et al., 2017)., se indica que los vientos predominantes provienen del cuadrante oeste, incrementando su intensidad durante el verano.

Por otro lado, la evaporación es un factor importante en la climatología de la Laguna. Ya que la industria salinera alojada alrededor de la Laguna utiliza este proceso para la minería de sal natural, además de ser un proceso constante en la laguna que modifica el valor de concentración dentro de ella.

Históricamente, la hidrodinámica de la Laguna de Cuyutlán estaba regulada por la evaporación y la escorrentía (Mellink & Riojas-López, 2017). Sin embargo, la ampliación y dragado del Canal Tepalcates, que conecta la laguna con el mar, ha llevado a que los mayores volúmenes de agua de mar dominen ahora la hidrodinámica de los vasos (Mellink & Riojas-López, 2017).

4 METODOLOGÍA

Para caracterizar el flujo superficial dentro de los vasos de la laguna Cuyutlán se realizaron diversos trabajos de campo y gabinete. Ya que el estudio se realizó durante la temporada de secas, las mediciones de propiedades físico - químicas del agua superficial se centraron dentro de los vasos y los ingresos costeros y por el estero Palo Verde. Para la estimación del agua superficial se realizaron dos análisis, el análisis de curvas

IDF (Intensidad, duración y frecuencia) y un balance hidrológico en las cuencas anteriormente descritas con el objetivo de determinar el aporte del agua de escurrimiento de cada una de las cuencas a la laguna de Cuyutlán. Los resultados del balance hidrológico permiten estimar el volumen potencial de escurrimiento generado en las cuencas que drenan hacia la Laguna de Cuyutlán, el cual constituye una de las principales entradas de agua dulce al sistema laguna

A continuación, se describen las metodologías de campo y gabinete para la cuantificar el comportamiento hidrológico de la laguna y las cuencas aledañas.

4.1 Trabajo de campo

Para realizar el estudio de campo en Laguna Cuyutlán, se llevó a cabo un levantamiento de propiedades, durante la segunda semana del mes de febrero de 2026.

El trabajo consistió en realizar un recorrido en el vaso I, II, III y IV en lancha de motor (Figura 25), recorriendo el área principal de cada vaso y donde la profundidad lo permitía. Los recorridos se realizaron desde el ingreso de agua de mar de cada vaso, como es fue el canal Tepalcates, hasta las zonas menos profundas de cada vaso. Se realizó una adquisición de las características físico - químicas del agua del vaso con sonda multiparamétrica de la marca HANNAH, midiéndose la salinidad, conductividad eléctrica, Sólidos Totales Disueltos (STD), pH y temperatura (Anexo 1). El objetivo de las mediciones fue tomar una “instantánea” de las propiedades físico – químicas de manera espacial y comprender como es el comportamiento con respecto a los flujos del canal Tepalcates, Las Ventanas y el estero Palo Verde.

Previo a la toma de mediciones de manera diaria, se calibraba la sonda multiparamétrica (Anexo 1) con estándares de laboratorio para evitar una mala lectura. En campo y de forma puntual, antes de tomar cada medida se verificaba la profundidad del vaso, para evitar atascos de la lancha y se verificaba que la lectura multiparamétrica no era afectada por el movimiento de sedimentos, especialmente en puntos con profundidades menores a las de 90 cm, ya que la remoción de sedimentos aumentaba la lectura de STD, pH y modificaba las lecturas de conductividad. Otra precaución que se toma en este tipo de monitoreo es la limpieza de los sensores con agua destilada, debido a la alta concentración de la salinidad.

En las Figura 26, Figura 27 y Figura 28 se muestra la lectura multiparamétrica en el Vaso II y Vaso III.

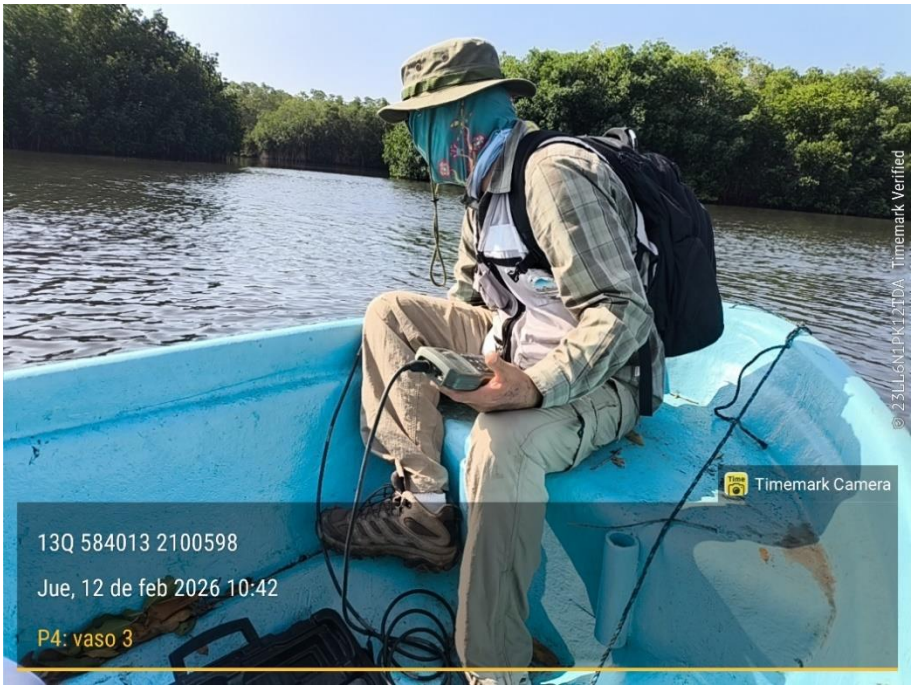


Figura 25. Trabajo de campo en la Laguna de Cuyutlán Vaso III.



Figura 26. Recorrido cerca del puente Tepalcates.



Figura 27. Recorrido dentro del Vaso II.

De igual manera, se tomatón lecturas en el cauce del Estero Palo Verde, y en la zona de conexión con el Vaso IV.



Figura 28. Toma de lectura en el estero Palo Verde.

En la Figura 29 se muestra el mapa de los puntos adquiridos durante la campaña realizada en el mes de febrero.

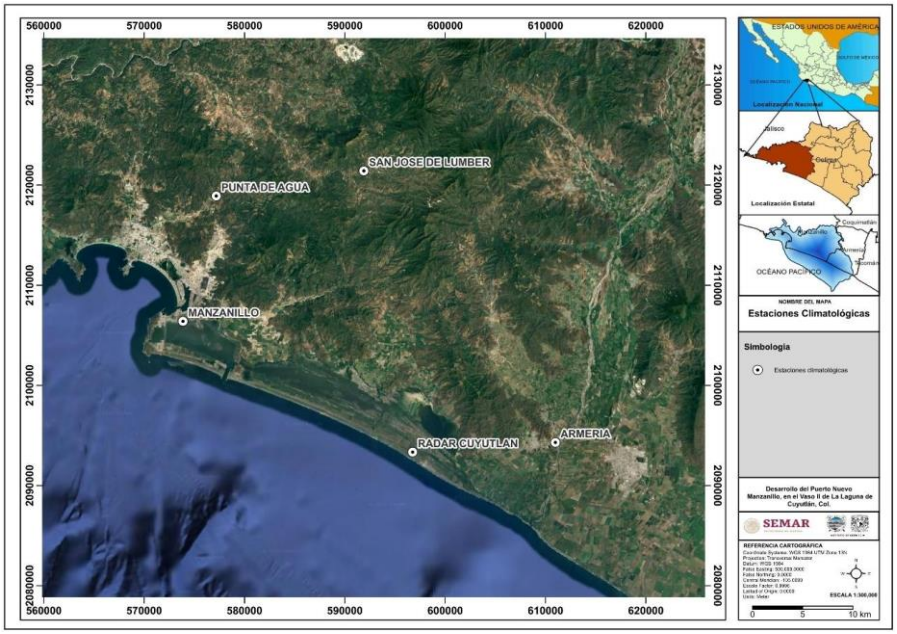


Figura 29. Sitios de monitoreo durante la campaña del mes de febrero.

4.2 Análisis de estaciones climatológicas

Para la caracterización climática regional se seleccionaron cinco estaciones ubicadas en el entorno del área de influencia del proyecto: ARMERIA (6001), MANZANILLO (OBS) (6018), PUNTA DE AGUA (DGE) (6069), SAN JOSE DE LUMBER (6070) y RADAR CUYUTLAN (6074) (Figura 30).

En la Tabla 2 se presentan las características generales de cada estación. Por su ubicación las estaciones con más información sobre la meteorología de la laguna son las estaciones Cuyutlán, Manzanillo y Armería, sin embargo, las estaciones San José y punta de agua generan información sobre la precipitación en la zona de recarga.

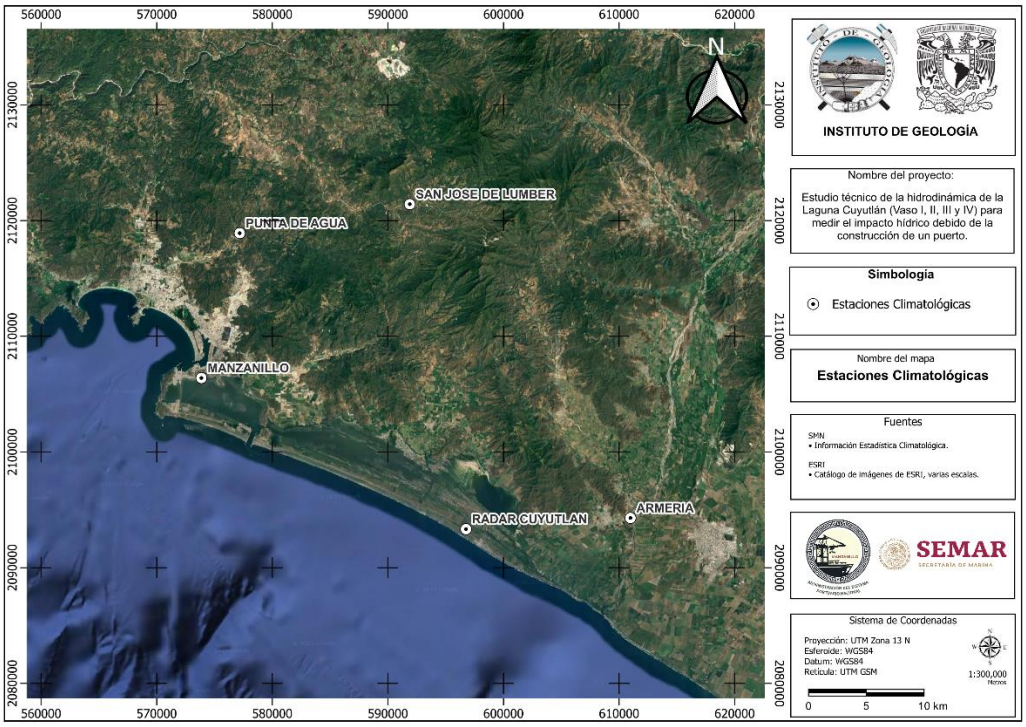


Figura 30. Ubicación de las Estaciones climatológicas.

Tabla 2. Características generales de las estaciones climatológicas analizadas.

Estación	Clave	Lat (º)	Lon (º)	Altitud (msnm)	Periodo	Años efectivos	Datos Faltantes [%]
ARMERIA	6001	18.94	-103.95	37	1949-2024	59	5

MANZANILLO (OBS)	6018	19.05	-104.3	3.4	1956-2026	52	17.8
PUNTA DE AGUA (DGE)	6069	19.16	-104.26	80	1985-2024	21	16.6
SAN JOSE DE LUMBER	6070	19.18	-104.12	557	1984-2024	30	5.9
RADAR CUYUTLAN	6074	18.93	-104.08	5	1996-2026	11	30.9

Las estaciones se distribuyen en un rango altitudinal que va de 3.4 msnm a 557 msnm, lo que permite capturar la variabilidad asociada al gradiente topográfico regional:

- Zona costera baja: MANZANILLO (OBS) (3.4 msnm) y RADAR CUYUTLAN (5 msnm).
- Zona baja–intermedia: ARMERIA (37 msnm) y PUNTA DE AGUA (80 msnm).
- Zona de mayor elevación: SAN JOSE DE LUMBER (557 msnm).

Los periodos históricos disponibles abarcan desde 1949 hasta 2026, con una longitud efectiva de registro entre 11 y 59 años, lo que constituye una base técnica suficiente para la caracterización del régimen pluviométrico regional.

Los porcentajes de datos faltantes oscilan entre 5% y 30.9%. Para fines metodológicos, se consideró que:

- Valores menores al 10% indican alta continuidad del registro.
- Valores entre 10% y 20% son aceptables para análisis descriptivos regionales.
- Valores superiores al 25% requieren una interpretación precautoria de los resultados.

No se realizó imputación de datos faltantes, con el fin de evitar la introducción de incertidumbre adicional o sesgos artificiales.

4.3 Curvas IDF

Las curvas de **Intensidad-Duración-Frecuencia** son herramientas fundamentales en hidrología y la ingeniería civil que relacionan tres variables críticas de los eventos de precipitación: la intensidad de la lluvia (I), su duración (D) y su frecuencia de ocurrencia o periodo de retorno (T o F) (Batista et al., 2018; Pichler, 2025).

La utilidad más común de las curvas IDF es proporcionar el "evento de diseño" para dimensionar obras que deben evacuar o contener agua de lluvia. Su principal utilidad radica en la caracterización de eventos de lluvia extremos para ser utilizados como parámetros de diseño en una amplia gama de proyectos de ingeniería civil e hidráulica. En el ámbito del desarrollo urbano, estas curvas son indispensables para el dimensionamiento de sistemas de drenaje pluvial, alcantarillados y colectores, asegurando que la infraestructura tenga la capacidad suficiente para evacuar el agua y prevenir inundaciones que pongan en riesgo la seguridad pública.

Además del diseño de redes de drenaje, las curvas IDF se emplean rutinariamente para estimar los caudales máximos de diseño a través de métodos hidrológicos como el Racional, donde la intensidad obtenida de la curva para un tiempo de concentración específico se traduce directamente en el escurrimiento pico de una cuenca.

4.5 Balance hidrológico

El balance hidrológico en una cuenca hidrográfica se define como la contabilidad detallada de las entradas y salidas de agua en un área geográfica específica, fundamentada en el principio de conservación de masa.

Este análisis considera a la cuenca o microcuenca como la unidad territorial y funcional básica para el monitoreo y la gestión del recurso hídrico, donde se estudian los procesos de transformación de la lluvia en escurrimiento y almacenamiento. Los componentes principales de este balance incluyen la precipitación (P) como la entrada primaria de agua al sistema, mientras que las salidas y abstracciones están representadas principalmente por la evapotranspiración real —que suele ser el componente de mayor influencia—, la intercepción vegetal, la escorrentía superficial y la infiltración hacia los acuíferos. Asimismo, el balance permite cuantificar las variaciones en el almacenamiento de agua tanto en el suelo como en los depósitos subterráneos y glaciares a lo largo del tiempo (Menenti et al., 2021; Neto et al., 2024). Los limites más comunes son sistemas hídricos, como las lagunas, ríos, lagos, represas o cuencas (Rai, Singh & Upadhyay, 2017; Comité Regional de Recursos Hidráulicos, 2025). Dado lo anterior, el balance está basado en la ecuación de continuidad:

$$Entradas - Salidas = Cambios\ en\ el\ Almacenamiento$$

Para el caso de una cuenca o microcuenca hidrológica, la ecuación a resolver es la siguiente:

$$P - ETR(ETP) - Inf - Esc = \Delta S \quad (1)$$

Donde:

P=Precipitación

ETR =Evapotranspiración real

Inf= Infiltración

Esc=Escurrimiento

ΔS= es el cambio del almacenamiento

Esta ecuación indica que de la precipitación dependen la evapotranspiración, la infiltración y el escurrimiento (Figura 31), debido a que de lo que llueve, una parte, se evapora en contacto con el aire, otra es atrapada por las plantas y luego transpirada por ellas (ET) y el restante llega a la superficie.

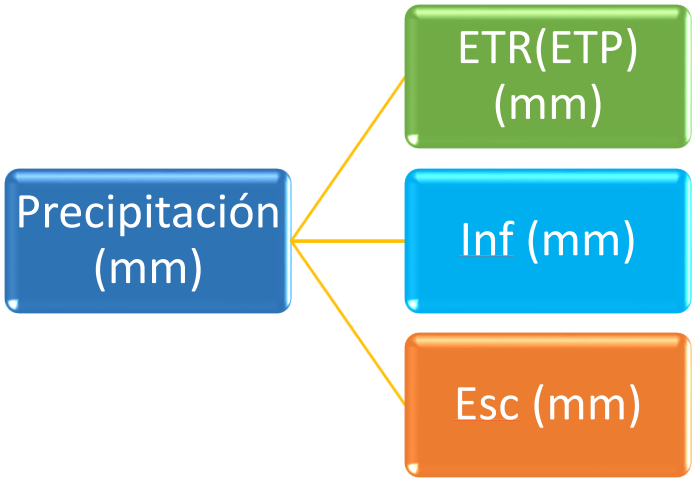


Figura 31. Relación de la precipitación con las demás variables del balance.

La parte que llega a la superficie terrestre es la escorrentía superficial, pero otra cantidad puede ser absorbida por el terreno, lo que denominamos infiltración. Del agua que infiltra, una cantidad aún puede ser interceptada por las raíces de las plantas, quedarse en el suelo y circular hipodérmicamente junto a aguas superficiales y otra puede alcanzar zonas más profundas, que podrían recargar el agua subterránea.

La metodología general el balance hidrológico consiste en definir un periodo de simulación, posteriormente se define la infiltración teórica y se realizan iteraciones que establece las condiciones con las cuales se actualiza al escurrimiento hasta terminar el periodo de simulación (Figura 32).

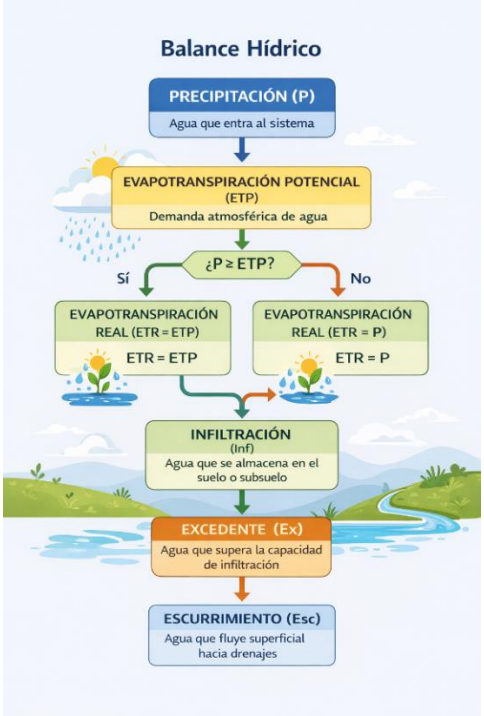


Figura 32. Esquema general del balance hidrológico.

Como se mencionó, tanto para el balance hidrológico, después de realizar el primer paso de acuerdo con la temporalidad, se deben aplicar las siguientes reglas de decisión en cada una de las iteraciones (Figura 33).

A continuación, se describe el procedimiento general para calcular cada una de las componentes que intervienen en el balance.

Primera iteración

a) P=EVP --> EVR=EVP y Excedente =0

Si la evapotranspiración potencial es igual a la precipitación, la evapotranspiración real (EVR) es la evapotranspiración potencial (EVP).

b) P < EVP --> EVR = P y Excedente = 0.

Si la precipitación es menor a la evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real es la precipitación (P).

c) P > EVP --> EVR = EVP y Excedente = P - EVR.

Si la precipitación es mayor a la evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real es la evapotranspiración potencial más un excedente. Generando tres casos para el excedente:

i) Excedente < Infiltración teórica

Infiltración = Excedente

Exc2 = 0

Escurrimiento = 0

ii) Excedente = Infiltración teórica

Infiltración = Infiltración teórica

Exc2 = 0

Escurrimiento = 0

iii) Excedente > Infiltración teórica

Infiltración = Infiltración teórica

Exc2 = Precipitación – Evapotranspiración – Real - Infiltración

Escurrimiento = Exc2 / 2

Segunda y n iteraciones posteriores

La regla de decisión es:

d) P = EVP --> EVR = EVP y Excedente =0

Si la evapotranspiración potencial es igual a la precipitación, la evapotranspiración real es la evapotranspiración potencial.

e) P < EVP --> EVR = P y Excedente = 0.

Si la precipitación es menor a la evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real es la precipitación.

f) P > EVP --> EVR = EVP y Excedente = P - EVR.

Si la precipitación es mayor a la evapotranspiración potencial, la evapotranspiración real es la evapotranspiración potencial más un excedente. Esto también genera tres casos para el excedente:

i) Excedente < Infiltración teórica

Infiltración = Excedente

Exc2 = 0

Escurrimiento = 0

ii) Excedente = Infiltración teórica

Infiltración = Infiltración teórica

Exc2 = 0

Escurrimiento = 0

iii) Excedente > Infiltración teórica

Infiltración = Infiltración teórica

Exc2 = Precipitación – Evapotranspiración – Real - Infiltración

Escurrimiento = (Exc2 + Escurrimiento del mes anterior) / 2

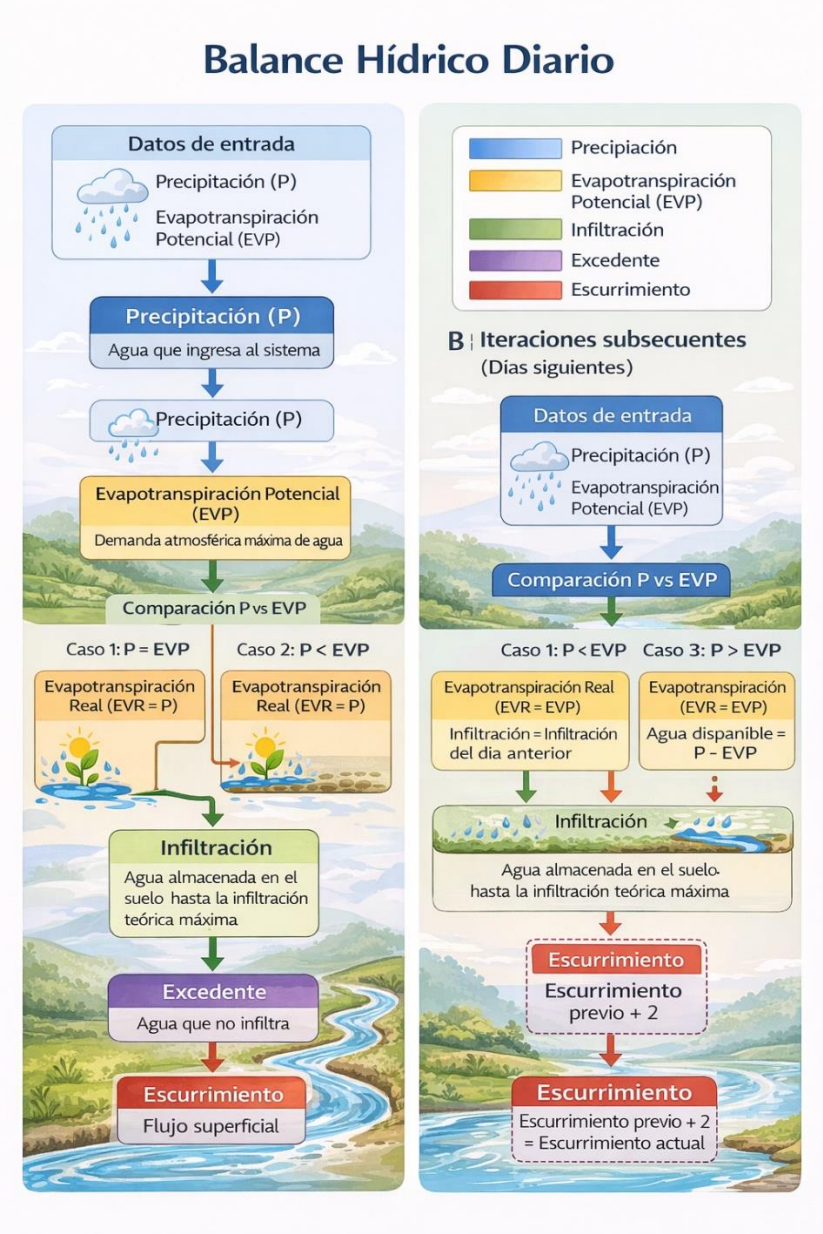


Figura 33. Ejemplificación de las iteraciones necesarias para el balance hidrológico.

A continuación, se aborda cada una de las variables consideradas para el balance hidrológico en la zona de estudio, incluyendo las metodologías que se usaron para los diferentes parámetros e intervalos de balance que se realizaron, es decir, a escala diaria, mensual y anual.

4.5.1 Precipitación

La precipitación es un fenómeno climatológico del ciclo hidrológico muy importante en la distribución del agua y en ámbitos de abastecimiento también. Hace referencia al agua que cae a la superficie terrestre, ya sea en forma líquida, nieve, granizo, etc., y ocurre por la condensación del agua que se evapora de cuerpos de agua, lagos, ríos, océano, entre otros. Para esta variable influyen la latitud, la altitud, el clima y la vegetación, principalmente. Cuantificar la precipitación es muy importante para estimar la disponibilidad de agua para diferentes usos y/o propósitos en una región. Usualmente es medida por estaciones meteorológicas, pero cuando hay ausencia de estas se puede recurrir a estimaciones satelitales. En este caso, se usaron los datos satelitales y de las estaciones meteorológicas para la zona de estudio.

4.5.2 Evapotranspiración

El concepto de evapotranspiración nace de otros dos, que son la evaporación y la transpiración, para representar la cantidad total de agua que regresa a la atmósfera. El primer término hace referencia al proceso físico que pasa el agua en estado líquido, que está en la superficie terrestre, en las primeras capas del suelo, sobre alguna otra superficie vegetal o de un cuerpo de agua, a vapor. En casos donde desde la nieve o hielo pasa a vapor, se le denomina sublimación. Mientras el segundo término hace referencia al fenómeno biológico por el cual las plantas pierden agua hacia la atmósfera. Este proceso puede ser desde las raíces que toman agua del suelo o desde las hojas.

Las variables requeridas para estimar la evapotranspiración potencial diaria se obtuvieron de la base de datos de la NASA POWER para el área correspondiente al estudio, utilizando una serie temporal de 1981 a enero de 2026. Los datos obtenidos fueron: viento, precipitación, temperatura mínima, promedio y máxima, humedad relativa y radiación solar.

Para estimar la evapotranspiración diaria se utilizó el método de **Penman-Monteith**, el cual se basa en una combinación de factores climáticos y características de la vegetación para estimar la cantidad de agua que podría evaporarse y transpirarse en condiciones ideales. La fórmula de Penman-Monteith combina la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas en una sola ecuación. Se basa en la ecuación de energía del balance hídrico, considerando factores climáticos como la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento, así como características de la vegetación, como la resistencia estomática y la longitud del cultivo (Allen,1998).

La ecuación general de Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración potencial es la siguiente:

$$ETP = (0.408 * \Delta * (Rn - G) + \gamma * (900 / (T + 273)) * u2 * (es - ea)) / (\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u2)) \quad (2)$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial (mm/día).

Δ: Gradiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C).

Rn: Radiación neta (MJ/m²/día).

G: Calor del suelo (MJ/m²/día).

γ: Constante psicrométrica (kPa/°C).

T: Temperatura del aire (°C).

u2: Velocidad del viento a 2 metros sobre el nivel del suelo (m/s).

es: Presión de vapor saturado (kPa).

ea: Presión de vapor actual (kPa).

Para calcular la presión de vapor saturado (**es**) y la presión de vapor actual (**ea**), se pueden usar las siguientes ecuaciones:

$$es = 0.6108 * \exp((17.27 * T) / (T + 237.3)) \quad (3)$$

$$ea = es * HR / 100 \quad (4)$$

Donde:

T: Temperatura del aire (°C).

HR: Humedad relativa (%).

Como consideraciones importantes para esta metodología, se encuentran:

- Todas las temperaturas deben estar en grados Celsius (°C).
- La radiación neta (Rn) se calcula a partir de la radiación solar entrante y la radiación saliente.
- El calor del suelo (G) puede estimarse o medirse según la aplicación específica.
- La constante psicrométrica (γ) es aproximadamente 0.067 kPa/°C

Para estimar la evapotranspiración mensual se utilizó el método de **Thorntwaite**, que está en función de las temperaturas medias mensuales, como indica la fórmula:

$$U_J = 1.6K_a\left(\frac{10T_j}{I}\right)^a \quad (5)$$

Donde,

U_J = Evapotranspiración en el mes j, en cm

T_j= temperatura media en el mes j, en °C

a, I= constantes

K_a= constante que depende de la latitud y el mes del año (Tabla 3)

Las constantes I que es el índice de eficiencia de temperatura y a se calculan con la siguiente ecuación:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (6)$$

Donde,

$$i_j = \left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514} \quad (7)$$

Y j = número de mes

Por su parte:

$$a = 675x10^{-9}I^3 - 771x10^{-7}I^2 + 179x10^{-4}I + 0.492. \quad (8)$$

Tabla 3. Valores de k_a

Latitud (°)	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dic*

0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Finalmente, para la evapotranspiración anual se utilizó el método de **Turc**, que es una estimación del déficit de escorrentía al hacer referencia a la precipitación que no produce escorrentía. Ya que debió perderse por evapotranspiración. Las variables que necesita este método son la temperatura y horas reales de sol, de esas horas de sol se obtiene la radiación global incidente (cal/cm^2 día) con una de las siguientes fórmulas.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \qquad (9)$$

Donde,

ETR = Evapotranspiración real (mm/año)

P = Precipitación (mm/año)

L = 300 + 25 t + 0.05 t^3

t = temperatura media anual (°C)

De acuerdo con Sánchez (s.f.) esta ecuación de Turc con valores bajos de precipitación, la formula pasa a ETR > P, estimar un valor de evapotranspiración superior a la precipitación lo que no es posible. Lo cual ocurre cuando P < (20 temperatura). Por ejemplo, sí t = 20 °C y P = 300 mm, entonces la fórmula estima ETR = 306 mm.

Una versión sofisticada de la ecuación de Turc es la de Lu et al. (2005), ya que hace una diferenciación por la humedad relativa (RH):

Sí RH < 50 %

$$PET = 0.013\left(\frac{T_a}{T_a + 15}\right)(R_s + 50\left(1 + \frac{50 - RH}{70}\right)) \quad (10)$$

Y sí RH ≥ 50 %

$$PET = 0.013\left(\frac{T_a}{T_a + 15}\right)(R_s + 50) \quad (11)$$

Donde,

PET = Evapotranspiración potencial

T_a= Promedio diario de la temperatura del aire (°C)

R_s= Incidencia de radiación solar $(cal/cm^2 día)$

4.5.3 Infiltración

De acuerdo con Aparicio (1989) la infiltración es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo y hacia dentro del mismo debido a las fuerzas de gravedad y capilaridad. Dentro de los factores que afectan la capacidad de infiltración se encuentran: la textura del suelo, el contenido de humedad inicial, contenido de humedad de saturación, cobertura vegetal, el uso de suelo, aire atrapado, lavado de material fino, la compactación y la temperatura, principalmente.

Una de las metodologías teóricas para estimar la infiltración teórica es por medio de números de escurrimiento, un método para estimar la altura de la lluvia efectiva a partir de la total y las características de la cuenca, este método es propuesto por la U.S. Soil Conservation Service. La altura de la lluvia total (P) se relaciona con la altura de lluvia efectiva (P_e) mediante curvas de esa relación P (lluvia total) vs P_e (lluvia en exceso). Sin embargo, esas curvas se pueden expresar algebraicamente con la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{[P - \frac{508}{N} + 5.08\ ]^2}{P + \frac{2032}{N} - 20.32} \quad (12)$$

Donde, N es el número de escurrimiento, que depende del tipo de suelo, la cobertura vegetal, la pendiente del terreno y la precipitación antecedente, entre otros factores. La ecuación anterior necesita complementarse con la Tabla 4 y Tabla 5.

$$Inf_{teo} = P_{anual} - P_e \quad (13)$$

Donde:

Inf_{teo} =Infiltración teórica

P_{anual} =Precipitación anual

P_e = Precipitación eficaz

Tabla 4. Relación entre tipo de suelo y textura

Tipo de suelo	*Textura del suelo*
A	Arenas con poco limo y arcilla;
	Suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables

En la Tabla 5 se muestran los valores de *N* para algunas condiciones. Mientras que la Tabla 4 permite estimar el tipo de suelos, todo ello para establecer las condiciones iniciales de humedad en el suelo. Sin embargo, se debe aplicar una corrección al número de escurrimiento de las tablas de acuerdo con la altura de precipitación acumulada cinco días antes de la fecha en cuestión (11_5), de acuerdo con las siguientes reglas:

Sí $11_5 < 2.5$ cm, hacer corrección A

Sí $2.5 < 11_5 < 5$ cm, no hacer corrección

Sí $11_5 > 5$ cm, hacer la corrección B.

Esas correcciones se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 5. Selección de N

Uso de la tierra y cobertura	*Tratamiento del suelo*	*Pendiente del terreno, en %*	*Tipo de suelo*			
			A	*B*	*C*	*D*
Sin cultivo	Surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivos en surco	Surcos rectos	>1	72	81	88	91
	Surcos rectos	<1	67	78	85	89
	Contorneo	>1	70	79	84	88
	Contorneo	<1	65	75	82	86
	Terrazas	>1	66	74	80	82
	Terrazas	<1	62	71	78	81
Cereales	Surcos rectos	>1	65	76	84	88
	Surcos rectos	<1	63	75	83	87
	Contorneo	>1	63	74	82	85
	Contorneo	<1	61	73	81	84
	Terrazas	>1	61	72	79	82
	Terrazas	>1	59	70	78	81
Leguminosas o praderas con rotación	Surcos rectos	>1	66	77	85	89
	Surcos rectos	<1	58	72	81	85
	Contorneo	>1	64	75	83	85

Uso de la tierra y cobertura	*Tratamiento del suelo*	*Pendiente del terreno, en %*	*Tipo de suelo*			
			A	*B*	*C*	*D*
	Contorneo	<1	55	69	78	83
	Terrazas	>1	63	73	80	83
	Terrazas	<1	51	67	76	80
Pastizales	-	>1	68	79	86	89
	-	<1	39	61	74	80
	Contorneo	>1	47	67	81	88
	Contorneo	<1	6	35	70	79
Pradera permanente	-	<1	30	58	71	78
Bosques naturales	-	-				
Muy ralo		-	56	75	86	91
Ralo		-	46	68	78	84
Normal		-	36	60	70	77
Espeso		-	26	52	62	69
Muy espeso		-	15	44	54	61
Caminos	-	-				
De terracería		-	72	82	87	89
Con superficie dura		-	74	84	90	92

Tabla 6. Factores de corrección para N

N	*N con corrección A*	*N con corrección B*
0	0	0
10	4	22
20	9	37
30	15	50
40	22	60
50	31	70
60	40	78
70	51	85
80	63	91
90	78	96
100	100	100

En el balance hidrológico de las cuencas se considera la evapotranspiración real como la principal pérdida de agua hacia la atmósfera. En contraste, para el sistema lagunar se analiza la evaporación directa desde la superficie del agua.

4.5.4 Escurrimiento

El escurrimiento es el agua proveniente de la precipitación que llega a la superficie del suelo, se infiltra hasta saturar las capas superiores y comienza a circular sobre la superficie y en esas primeras capas del suelo como un flujo subsuperficial, generalmente llegan a corrientes o cuerpos de agua (Aparicio, 1989). Para este parámetro la topografía, el uso de suelo, vegetación y textura del suelo, son factores importantes que influyen en su formación.

Inicialmente, se definieron seis subcuencas que rodean a la Laguna de Cuyutlán, sin embargo, debido a sus características, se agruparon en tres unidades o subcuencas en el área de estudio, esto se llevó a cabo mediante el análisis geoespacial del modelo digital de elevación obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con una resolución de 20 m. Con el sistema de información geográfica (ArcGIS 10.3) y la

extensión de Arc Hydro Tools, fue posible obtener la delimitación de las subcuencas, la densidad de drenaje, la longitud del drenaje y su pendiente.

La zona de estudio no cuenta con estaciones hidrométricas para establecer la escorrentía del río de forma natural; en su lugar, se utilizaron tres diferentes metodologías: Escurrimiento mensual se usó la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para calcular la *escorrentía mensual con* los diferentes datos de uso del suelo, vegetación y tipos de suelo, y se utilizaron las condiciones de humedad para estimar la escorrentía (Servicio de Conservación de Recursos Naturales, 1986).

$$\mathrm{Q} = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S} for P > I_a; = 0{,}2\mathrm{S}\ I_a \qquad (14)$$

$\mathrm{Q} = 0\ ,\ para\ P \leq I_a;\quad I_a$= 0,2S

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad (15)$$

Dónde:

P: representa la precipitación en mm,

S: representa la retención máxima potencial en mm,

CN: representa el número de curva; y

I_a: representa la abstracción inicial en mm.

Esta metodología sobreestima los valores porque está diseñada para obtener escorrentía con una resolución temporal basada únicamente en eventos de lluvia. Para series temporales largas, se ha recomendado modificar el parámetro S, que modifica las primeras dos ecuaciones, para realizar ajustes mensuales derivados a un nuevo coeficiente C que modifica S convirtiéndolo en Sm y ajustar los valores mensuales de escorrentía (Mishra y Singh, 2003).

$$Sm = S * \frac{P}{P + C} \qquad (16)$$

I_a= 0,2Sm

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + Sm} \quad para \quad P > I_a \tag{17}$$

$$Q = 0 \quad para \quad P \leq I_a$$

Donde C representa el estado de saturación – humedad antecedente del suelo, y usamos el valor de 30, si C es grande, es un suelo más húmedo, Sm disminuye y la escorrentía es mayor. Si C es más pequeño, el suelo está seco, Sm se acerca a S, más almacenamiento, menos escorrentía. Se hicieron estimaciones para cada mes de las cinco estaciones climatológicas en el área de estudio, para cada mes de todo el registro histórico, basándose en la precipitación mensual y se propone que las características de cada cuenca sean las mismas a lo largo del tiempo, como el uso de suelo y vegetación, tipo de suelo.

Para estimar la escorrentía anual se utilizó la metodología de **la NOM-011,** esta norma indica que el volumen anual de escurrimiento natural en una cuenca (V_e) está dado por la precipitación anual de la cuenca (P_a) por el área de la cuenca (A_c) y el coeficiente de escurrimiento (C_e), como indica la siguiente ecuación:

$$V_e = P_a * A_c * C_e \tag{18}$$

Para estimar el coeficiente de escurrimiento, puede usarse la siguiente ecuación, cuando se tiene información hidrométrica y climatológica de cuencas vecinas, hidrológicamente homogéneas.

$$C_e = {V_e}/{V_p} \tag{19}$$

Donde, Ve es el volumen de escurrimiento anual y Vp el volumen de precipitación anual.

Cuando no se tiene esa información, se puede estimar el Ce a partir del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual de la cuenca de estudio. Para este método son necesarias la Tabla 7 y Tabla 8.

Tabla 7. Relaciones para obtener K

TIPO DE SUELO	***CARACTERÍSTICAS***
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos

TIPO DE SUELO	***CARACTERÍSTICAS***		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		
USO DE SUELO	***TIPO DE SUELO***		
	A	***B***	***C***
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0.26	0.28	0.30
Cultivos:	0.24	0.27	0.30
En Hilera	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.14	0.20	0.28
Pastizal:	0.20	0.24	0.30
% del suelo cubierto o pastoreo	0.24	0.28	0.30
Más del 75%- poco	0.07	0.16	0.24

TIPO DE SUELO	*CARACTERÍSTICAS*		
Del 50% al 75%- Regular	0.12	0.22	0.26
Menos del 50%- Excesivo	0.17	0.26	0.28
Bosque:	0.22	0.28	0.30
Cubierto más del 75%	0.26	0.29	0.32
Cubierto del 50% al 75%	0.27	0.30	0.33
Cubierto del 25% al 50%	0.18	0.24	0.30
Cubierto menos del 25%			
Zonas urbanas			
Caminos			
Pradera permanente			

Si en la cuenca existen diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se debe calcular como un resultado de subdividir la cuenca en zonas homogéneas y obtener un promedio ponderada de ellas. Posteriormente, para obtener el coeficiente de escurrimiento anual se deben emplear las siguientes fórmulas.

Tabla 8. Reglas de corrección para K

K: Parámetro que depende del tipo y uso de suelo	*Coeficiente de escurrimiento anual (Ce)*
Sí K ≤ 0.15	Ce = K (P-250)/2000
Sí K > 0.15	Ce = K (P-250) / 2000 + (K – 0.15) / 1.5

Finalmente, para la escorrentía diaria se utilizó el balance diario. Tal como se explicó en la primera sección, sobre las metodologías del balance hidrológico (Figura 32).

4.5.5 Evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual una sustancia pasa de estado líquido a estado gaseoso en la superficie del líquido, sin llegar a su punto de ebullición. Ocurre cuando las moléculas cercanas a la superficie adquieren suficiente energía cinética para vencer las fuerzas intermoleculares y escapar al aire como vapor. A diferencia de la ebullición, que sucede de manera uniforme en todo el líquido al alcanzar una temperatura crítica, la evaporación es gradual y depende de condiciones superficiales y ambientales.

La evaporación es un componente clave del ciclo hidrológico (Figura 1) y la única vía que conecta el balance hídrico superficial con el balance energético superficial (Li & Wang, 2020; Zhao et al., 2013). Sin una estimación precisa de la evaporación, cualquier modelo o análisis de balance hídrico será incompleto e inexacto (Fisher et al., 2023).



Figura 34. El Ciclo del agua (Tomado de https://ecosistemas.win/).

La evaporación, junto con la transpiración de las plantas (evapotranspiración), constituye una pérdida significativa de agua de las superficies terrestres y cuerpos de agua (Ehtasham et al., 2024; Kay & Davies, 2008). En muchos casos, especialmente en zonas áridas y semiáridas, la evapotranspiración puede ser el proceso hidrológico dominante en términos de la cantidad total de agua perdida en el balance hídrico (Aguilar & Polo, 2011). Incluso, en embalses, lagos y mares interiores, la evaporación por sí sola puede representar hasta la mitad de la pérdida de agua, lo que podría ser comparable a la extracción humana (Fisher et al., 2023).

La cuantificación de la evaporación es vital para diversas aplicaciones en la gestión del agua, como el diseño de embalses de almacenamiento, estudios de balance hídrico en cuencas, suministro de agua municipal e industrial, y la gestión de humedales y tierras agrícolas (Bucur, 2019; Mengistu & Savage, 2009). Conocer las tasas de evaporación ayuda a los tomadores de decisiones a manejar la extracción y el movimiento del agua entre diferentes cuerpos de agua (Fisher et al., 2023).

Los modelos hidrológicos e hidrodinámicos requieren información precisa sobre la evaporación para simular de manera efectiva el flujo de los ríos, lagos y lagunas, el contenido de humedad del suelo y la respuesta de las cuencas a los eventos de lluvia (Kay et al., 2013; Zhao et al., 2013).

Se pueden utilizar diferentes enfoques para estimar la evaporación utilizando datos meteorológicos de recursos superficiales libres. Estos se clasifican en: (1) balance hídrico, (2) tanques de evaporación, (3) balance energético basado en la relación de Bowen y (4) métodos empíricos. Los métodos empíricos se pueden clasificar en cinco grupos: combinación, radiación solar-temperatura, Dalton (transferencia de masa), temperatura-duración del día y temperatura (Rosenberry et al., 2007).

Para calcular la evaporación la FAO (FAO-56) recomienda la ecuación de Penman–Monteith la cual combina balance de energía y transporte aerodinámico, y está diseñada para condiciones estándar (altura = 0.12 m, albedo 0.23).

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (20)$$

Donde

- ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)
- Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor vs. Temperatura (kPa/°C)
- R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m^2/día)
- G: Flujo de calor en el suelo (MJ/m^2/día) – Suele ser ≈ 0 en escalas diarias
- γ: Constante psicrométrica (kPa/°C)
- T: Temperatura media diaria del área de 2 m de altura (°C)
- u_2: Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)
- e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a: Presión de vapor actual (kPa)

Para la evaporación en un cuerpo lagunar, se puede usar la ecuación de Pennman abierta modificada, simplificando los términos que dependen del cultivo, pudiendo expresar la ecuación de la siguiente forma:

$$E = w \cdot R_n + (1 - w) \cdot f(u) \cdot (e_s - e_a) \quad (21)$$

Donde

- E: Evaporación (mm/día)
- R_n: Radiación neta en la superficie del agua (mm/día)
- e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a: Presión de vapor actual (kPa)
- $e_s - e_a$: Déficit de presión de vapor (kPa)
- $f(u)$: Función del viento, típicamente del tipo $f(u) = a(1 + b \cdot u_2)$, donde u_2 es la velocidad del viento 2 m de altura (m/s)
- w: Peso relativo de la radiación frente a la evaporación potencial, definido como:

Donde el peso radiante es:

$$w = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \quad (22)$$

Con

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor vs temperatura (kPa/°C)

γ: Constante psicrométrica (kPa/°C

y la Pendiente de la curva de presión de vapor respecto a la temperatura se puede calcular con

$$\Delta = (0{,}00587\ T + 0{,}6414)^7 \text{ (kPa/ °C):} \quad (23)$$

Para la constante psicométrica se utiliza la expresión:

$$\gamma = \frac{C_p \cdot P}{\lambda \cdot \mathcal{E}} \quad (24)$$

donde

γ constante psicrométrica (Pa/°C o kPa/°C)

Cp: calor específico del aire seco (≈ 1005 J/kg·K)

- P: presión atmosférica total (Pa o kPa)
- λ: calor latente de vaporización del agua (≈ **2.45×10^6 J/kg** a 20 °C)
- ε: relación de masas molares ε=Mw/Ma≈0.622 (Masa molar del vapor de agua / masa molar del aire seco)

Para la radiación neta Rn

$$Rn = Rns - Rnl \quad (25)$$

con

$$R_{sn}=R_s(1-\alpha) \quad (26)$$

- Rn: Radiación neta (MJ/m²/día)
- Rs: Radiación solar incidente (MJ/m²/día)

- α: Albedo o coeficiente de reflexión (sin unidades)
- Rnl: Radiación neta de onda larga (MJ/m²/día)

Y Rs

$$R_s = a_s + b_s \cdot \frac{n}{N} \cdot R_a \quad (27)$$

donde

- a_s, b_s: Coeficientes empíricos (típicamente $a_s = 0.25, b_s = 0.50$
- n: Horas de sol real (h)
- N: Máxima duración posible de sol (h)
- R_a: Radiación extraterrestre (MJ/m^2/día) → depende de la latitud y el día del año

Ra depende de la latitud y de coeficientes de la siguiente manera:

$$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot [w_s \cdot sin(\phi) \cdot sin(\delta) + cos(\phi) \cdot cos(\delta) \cdot sin(w_s)] \quad (28)$$

- R_a: Radiación extraterrestre diaria (MJ/m^2/día)
- G_{sc}: Constante solar = 0.0820 MJ/m^2/min
- d_r: Relación de distancia Tierra-Sol (sin unidades)
- w_s: Ángulo horario al amanecer/anochecer (rad)
- ϕ: Latitud (radianes)
- δ: Decl. Solar (radianes)

Y Rnl de la temperatura (en grados kelvin) y la constante de Stefan Boltzman (4.903X10-9 MJ/K⁴/M²/día) y la presión de vapor actual (e_a)

$$R_{nl} = \sigma \cdot \frac{(T_{max,K}^4 + T_{max,K}^4)}{2} \cdot (0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{e_a}) \cdot \left(1.35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right) \quad (29)$$

Y la radiación solar despejada (Rso) que se expresa como:

$$R_{so} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} \cdot z) \cdot R_a \quad (30)$$

Donde z en la altitud sobre el nivel del mar

Finalmente, la evaporación es la suma de la componente de radiación wRn más la componente dinámica (1-w)*f(u)*(es-ea)

Donde es depende de la temperatura

$$e_s(T) = 0.6108 \cdot exp\left(\frac{17.27 \cdot T}{T + 237.3}\right) \quad (31)$$

Y ea depende de es y de la Humedad relativa

$$e = \frac{RH}{100} \cdot e_s \quad (32)$$

5 RESULTADOS

5.1 Resultados del Trabajo de campo

Derivado del trabajo de campo se adquirieron las propiedades de salinidad, pH, Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Conductividad de los cuatro vasos. El objetivo del levantamiento era conocer la distribución de estas propiedades de manera espacial y realizar una primera caracterización hidrodinámica de los aportes de agua que ingresan a la laguna.

En la Figura 35 se muestra la distribución de la salinidad (en unidades PSU) en los cuatro vasos a partir de los valores leídos en campo.

En el vaso II, cerca de la boca del canal Tepalcates, se observa una distribución de salinidad uniforme, entre los 50 y 52 PSU (la salinidad del agua de mar se encuentra en un rango de 32 a 35 PSU) lo que indica un fuerte proceso de evaporación dentro del vaso II y de dilución con el agua de mar ya que para que el agua de mar (35 PSU) pase a una concentración de 50 PSU (valor medido) se requiere una pérdida de aproximadamente el 30% de la masa de agua por cada metro cubico.

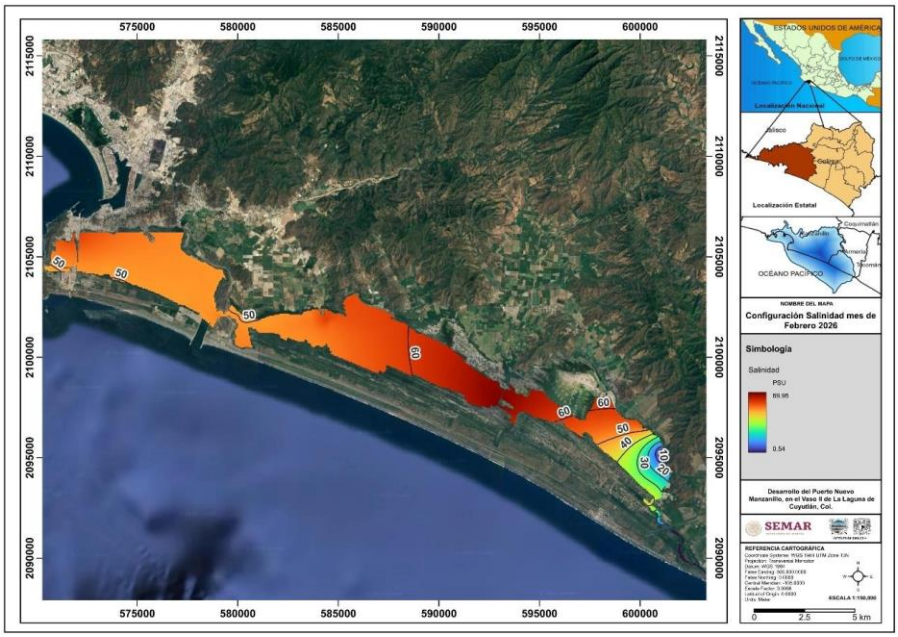


Figura 35. Distribución de la salinidad en los cuatro vasos de la Laguna y en el estero Palo Verde.

En el canal Ventanas (Vaso I), las lecturas son equivalentes al del canal Tepalcates, de aproximadamente 52 PSU. Esta distribución es uniforme en el vaso I y Vaso II con excepción del fondo del vaso I (costa adentro) donde se registro una lectura de 56 PSU, debido a la falta de movilidad.

Al interior del Vaso III la salinidad se distribuye entre los 50 PSU y los 70 PSU desde la entrada del canal del Vaso II hasta la zona de compuerta del Vaso III con el vaso IV respectivamente.

En el vaso IV, la concentración máxima se observa en la zona de compuerta con el Vaso III, y en la zona salinera. Hacia el centro del vaso, la salinidad disminuye hasta los 45 PSU debido a una medición obtenida en la ribera del vaso IV donde el agua se presenta con poca concentración de salinidad, lo que se interpreta como una posible interacción con el acuifero o el agua del estero Palo Verde (se analizará más detalladamente en el apartado hidrogeoquímico en el concepto de geohidrológica). Hacia el estero Palo Verde, aun en el vaso IV, la concentración disminuye hasta los 32 PSU, lo que indica los procesos de mezcla de agua dulce del agua proveniente del estero. Dentro del estero, el agua es dulce con salinidades menores a los 5 PSU.

En la Figura 36 se muestra la distribución de los Sólidos Totales Disueltos (en ppm) de los cuatro vasos a partir de los valores leídos en campo.

Al igual que la salinidad, los STD muestran una uniformidad en la entrada de agua del Vaso I y el Vaso II debido a la interacción directa con el agua de mar. Hacia el interior del vaso III los STD aumentan con la distancia que hay entre el ingreso de agua por el vaso II y hasta la zona de compuerta con el vaso IV. La mayor concentración se observa en la zona salinera del vaso III y vaso IV. Hacia el estero Palo Verde los STD disminuyen debido a la interacción del agua dulce del mismo estero.

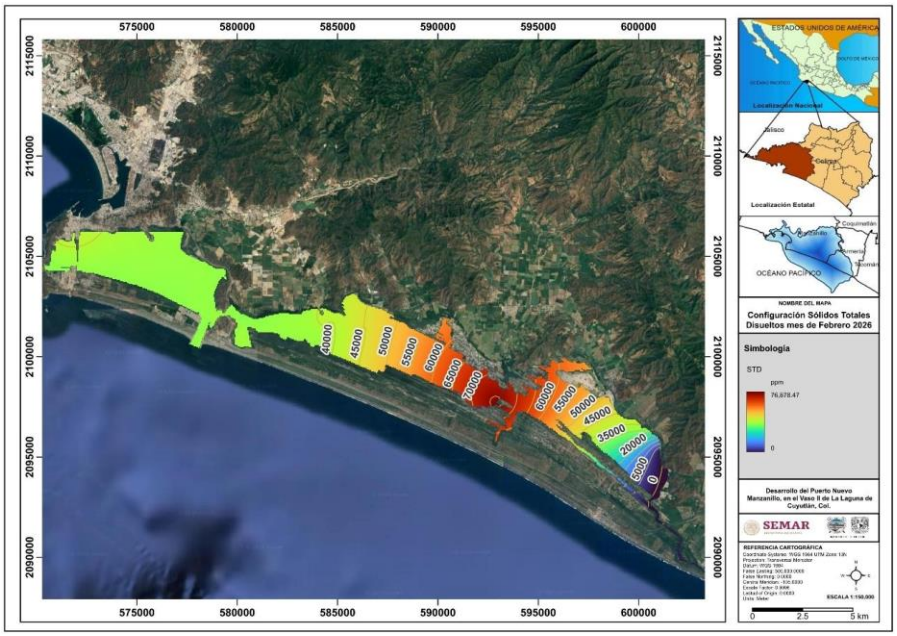


Figura 36. Distribución de los STD en los cuatro vasos de la Laguna y en el estero Palo Verde

En la Figura 37 se muestra la distribución de pH de los cuatro vasos a partir de los valores leídos en campo.

El rango de pH en toda la laguna se encuentra entre los 7.2 y 8.3. En el estero Palo Verde el agua en la zona de conexión se encuentra el agua con menor pH de toda la zona analizada, con valores neutros entre los 7.2 y 7.3 de pH. El resto de agua en el estero es de 7.5 y 7.6.

Hacia los cuatro vasos, el pH es ligeramente Alcaino, entre los 7.6 y 8.3. Los valores de 7.6 corresponden a el agua cerca de los canales y al interior del Vaso I y Vaso II. El agua que se encuentra en la zona de compuerta del vaso III y IV y alrededor de la zona de Pela mística el pH del agua es más alcalina donde los valores son de 8.3.

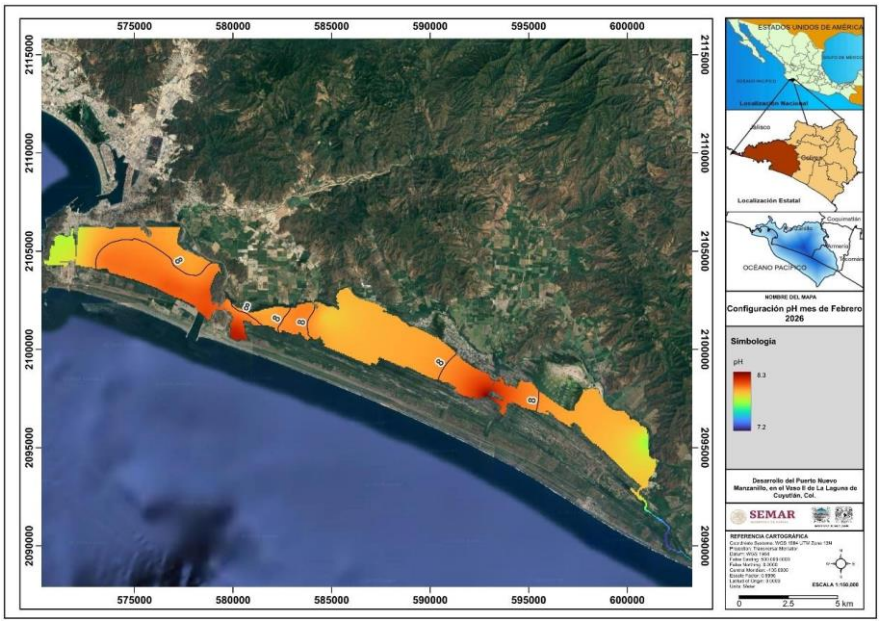


Figura 37. Distribución del pH en los cuatro vasos de la Laguna y en el estero Palo Verde.

En la Figura 38 se muestra la distribución de conductividad de los cuatro vasos a partir de los valores leídos en campo.

La conductividad es función de la concentración de la salinidad. Entre más salinidad la conductividad aumenta y entre más dulce la conductividad es menor. Debido a esta relación la configuración es similar a la configuración de salinidad, donde las conductividades mayores se observan en la zona de descarga de agua dulce en Palo Verde, y con valores máximos en la zona salinera entre el Vaso III y Vaso IV.

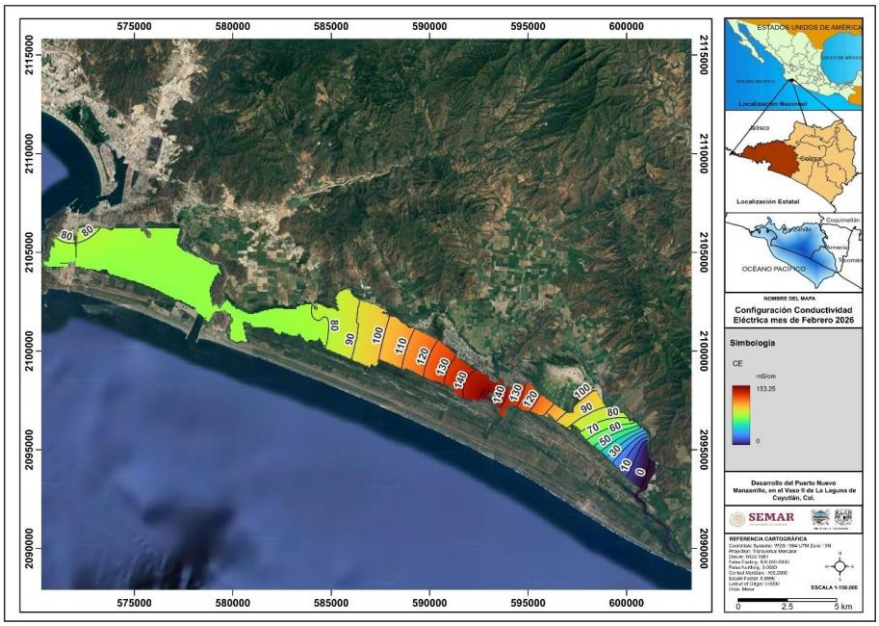


Figura 38. Distribución de la conductividad (mS/cm) en los cuatro vasos de la Laguna y en el estero Palo Verde.

5.2 Análisis de estaciones climatológicas

A partir de las series diarias disponibles, se realizó la agregación temporal para obtener la precipitación acumulada anual por estación. Con base en estos valores se calcularon estadísticos descriptivos básicos, incluyendo media, desviación estándar, valores mínimo y máximo, así como percentiles representativos (25%, 50% y 75%). Para el cálculo se consideraron únicamente años con cobertura de datos suficiente, excluyendo periodos operativamente inactivos o incompletos.

Tabla 9 Características estadísticas de la precipitación anual.

Estación	6001	6018	6069	6070	6074
total	59	52	21	30	11
media (annual)	811	916	991	1166	948
std	271	295	264	301	342
min	340	389	638	606	398
25%	594	709	811	927	745

Estación	6001	6018	6069	6070	6074
50%	801	898	949	1118	892
75%	992	1042	1101	1360	1163
max	1338	1670	1620	1761	1567

Los resultados muestran que la precipitación media anual oscila entre aproximadamente 811 mm y 1,166 mm, evidenciando diferencias espaciales asociadas principalmente al gradiente altitudinal y a la ubicación respecto a la línea de costa.

La estación 6070 (SAN JOSE DE LUMBER), ubicada a 557 msnm, presenta la mayor media anual (1,166 mm), lo cual sugiere influencia orográfica en la intensificación de la precipitación. En contraste, la estación 6001 (ARMERIA), localizada a menor altitud, presenta la menor media anual (811 mm).

La variabilidad interanual es significativa en todas las estaciones, con desviaciones estándar que oscilan entre 264 mm y 342 mm, lo que refleja una dinámica pluviométrica regional con alternancia de años secos y húmedos. Los valores máximos anuales registrados superan los 1,500 mm en varias estaciones, alcanzando hasta 1,761 mm en la estación 6070. Por su parte, los valores mínimos anuales se sitúan entre 340 mm y 638 mm, lo que indica la ocurrencia de años marcadamente secos dentro del periodo analizado.

El análisis de percentiles indica que el 50% de los años presentan precipitaciones anuales cercanas a los valores medianos (entre 801 mm y 1,118 mm, dependiendo de la estación), mientras que el 25% superior evidencia la recurrencia de años húmedos con acumulados generalmente superiores a 1,000 mm, particularmente en las estaciones de mayor altitud.

5.2.1 Análisis de eventos extremos de precipitación

Con base en las series diarias depuradas, se identificaron los valores máximos diarios históricos por estación, así como la media de los máximos diarios anuales. Este análisis permite caracterizar la magnitud e intensidad de los eventos extremos, relevantes para la evaluación de impactos asociados a escorrentía superficial, erosión y capacidad de infraestructura hidráulica.

Tabla 10. Máximos diarios históricos y media de máximos anuales (mm).

Estación	Máx. diario histórico (mm)	Año	Media de máximos anuales (mm)
06001	371	1999	119.9

Estación	Máx. diario histórico (mm)	Año	Media de máximos anuales (mm)
06018	290.3	2020	133
06069	312	2020	147.4
06070	336	1999	137.3
06074	249	2020	126.8

Los valores máximos diarios históricos oscilan entre 249 mm y 371 mm, evidenciando la ocurrencia de eventos de alta intensidad pluviométrica en la región.

La estación 06001 (ARMERIA) registró el mayor evento diario histórico (371 mm en 1999), mientras que la estación 06070 (SAN JOSE DE LUMBER) alcanzó 336 mm también en 1999, lo que sugiere la posible influencia de un evento meteorológico regional significativo durante ese año. Asimismo, en 2020 se registraron máximos relevantes en varias estaciones (06018, 06069 y 06074), lo que indica episodios recientes de precipitación intensa.

La media de los máximos diarios anuales varía entre 119.9 mm y 147.4 mm, lo que implica que, en promedio, cada año presenta al menos un evento de precipitación diaria superior a 120 mm en todas las estaciones analizadas. La estación 06069 muestra la mayor media de máximos anuales (147.4 mm), reflejando una mayor recurrencia de eventos intensos.

5.2.2 Variabilidad interanual de la precipitación

Con el fin de analizar la dispersión y el comportamiento interanual de la precipitación acumulada, se elaboró un diagrama de caja (boxplot) (Figura 39) utilizando únicamente años con cobertura de datos igual o superior al 90%. Esta representación permite visualizar la mediana, el rango intercuartílico, los valores extremos y la amplitud total de variación anual por estación.

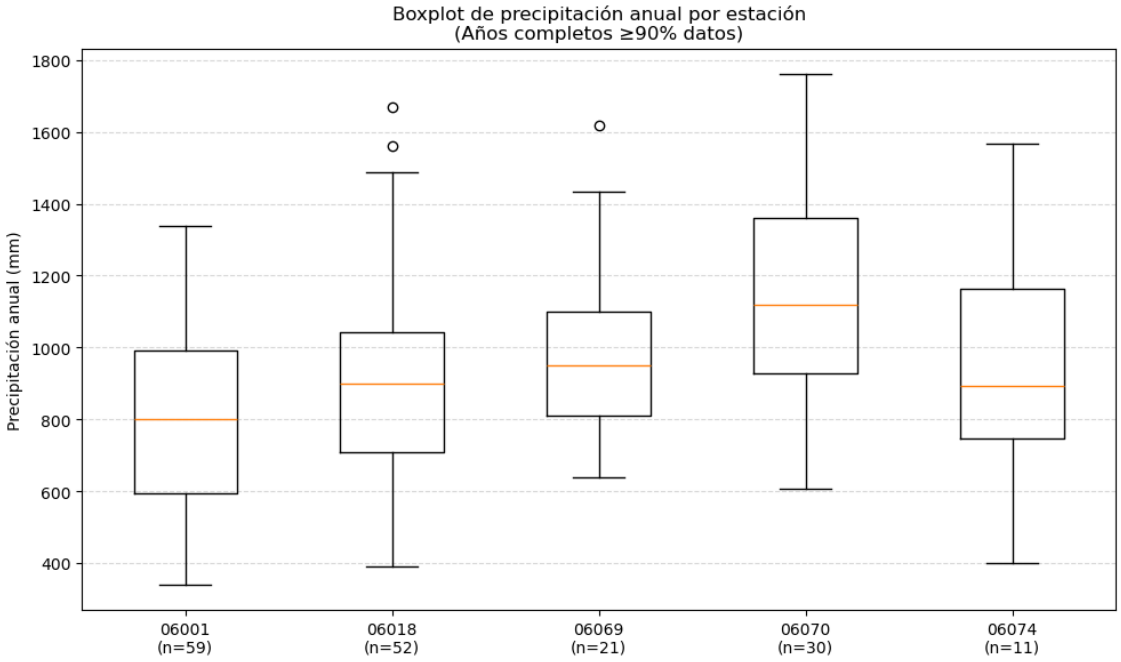


Figura 39. Boxplot de precipitación anual por estación (años completos ≥90% de datos).

La Figura 39 muestra diferencias claras en los niveles de precipitación entre estaciones. La estación 06070 (SAN JOSE DE LUMBER) presenta la mediana más alta, consistente con su mayor altitud (557 msnm), lo que refuerza la influencia orográfica en la intensificación de la precipitación.

Las estaciones 06018, 06069 y 06074 presentan medianas intermedias relativamente similares, mientras que 06001 (ARMERIA) exhibe la mediana más baja, coherente con su ubicación en zona de menor altitud.

El rango intercuartílico (Q1–Q3) evidencia una variabilidad considerable en todas las estaciones, particularmente en 06070 y 06074, donde la amplitud entre años secos y húmedos es más pronunciada. Asimismo, se observan valores atípicos superiores (años excepcionalmente húmedos), que superan ampliamente el percentil 75, reflejando la ocurrencia de eventos pluviométricos extraordinarios dentro del periodo analizado.

5.2.3 Régimen promedio mensual de precipitación

Con el fin de caracterizar la distribución intra-anual de la precipitación, se calculó el promedio mensual a partir de las series diarias depuradas. Para ello, los datos fueron agregados por mes calendario y posteriormente promediados a lo largo del periodo disponible para cada estación.

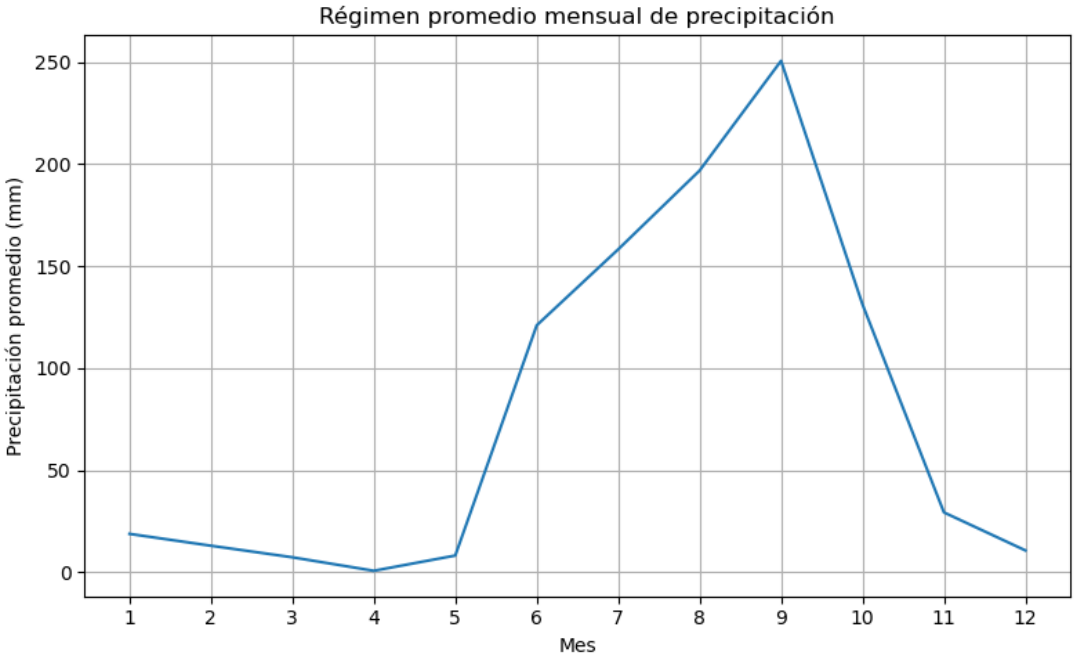


Figura 40. Régimen promedio mensual de precipitación.

La Figura 40 evidencia un régimen claramente estacional, con una marcada concentración de la precipitación durante los meses de verano.

Los valores más bajos se presentan entre febrero y mayo, registrándose mínimos cercanos a cero en abril, lo que corresponde al periodo más seco del año. A partir de junio se observa un incremento abrupto de los acumulados mensuales, alcanzando un máximo en septiembre (~250 mm).

El periodo comprendido entre junio y octubre concentra la mayor parte de la precipitación anual, con acumulados mensuales superiores a 120 mm y un pico significativo a finales del verano. Posteriormente, se observa una disminución progresiva en octubre y noviembre, retornando a condiciones secas hacia diciembre y el primer trimestre del año.

5.3 Curvas IDF

5.3.1 Estación 6001 Armería

A partir de la tabla de curvas IDF de la estación Armería 6001 (Tabla 11), se observa un comportamiento hidrológico consistente con los patrones esperados para regiones tropicales. Las intensidades máximas de precipitación presentan una relación inversa con la duración de la tormenta y un incremento sistemático con el periodo de retorno. Para duraciones cortas, particularmente de 5 minutos, las intensidades alcanzan valores

muy elevados que oscilan aproximadamente entre 214 mm/h para un periodo de retorno de 2 años y más de 540 mm/h para un periodo de retorno de 100 años, lo cual refleja la presencia de eventos convectivos intensos característicos de la región costera de Colima. A medida que la duración aumenta, las intensidades disminuyen de forma progresiva; por ejemplo, para 60 minutos los valores se reducen aproximadamente a 46 mm/h para 2 años y alrededor de 117 mm/h para 100 años, lo que evidencia la rápida disipación de la intensidad promedio cuando el evento se integra en intervalos más largos.

Tabla 11. Periodos de Retorno para la estación Armería.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	214.27	139.77	108.86	91.17	79.45	71.01	64.57	59.47	55.31	51.83	48.87	46.32
5	266.31	173.72	135.30	113.32	98.75	88.26	80.26	73.92	68.74	64.42	60.74	57.57
10	313.93	204.78	159.49	133.58	116.41	104.04	94.61	87.13	81.03	75.94	71.60	67.86
25	390.18	254.52	198.23	166.02	144.69	129.31	117.59	108.30	100.71	94.38	89.00	84.35
50	459.95	300.02	233.68	195.71	170.56	152.43	138.61	127.66	118.72	111.26	104.91	99.43
100	542.18	353.67	275.46	230.70	201.05	179.68	163.40	150.49	139.95	131.15	123.66	117.21
500	794.37	518.17	403.58	338.00	294.57	263.26	239.40	220.48	205.04	192.15	181.19	171.72

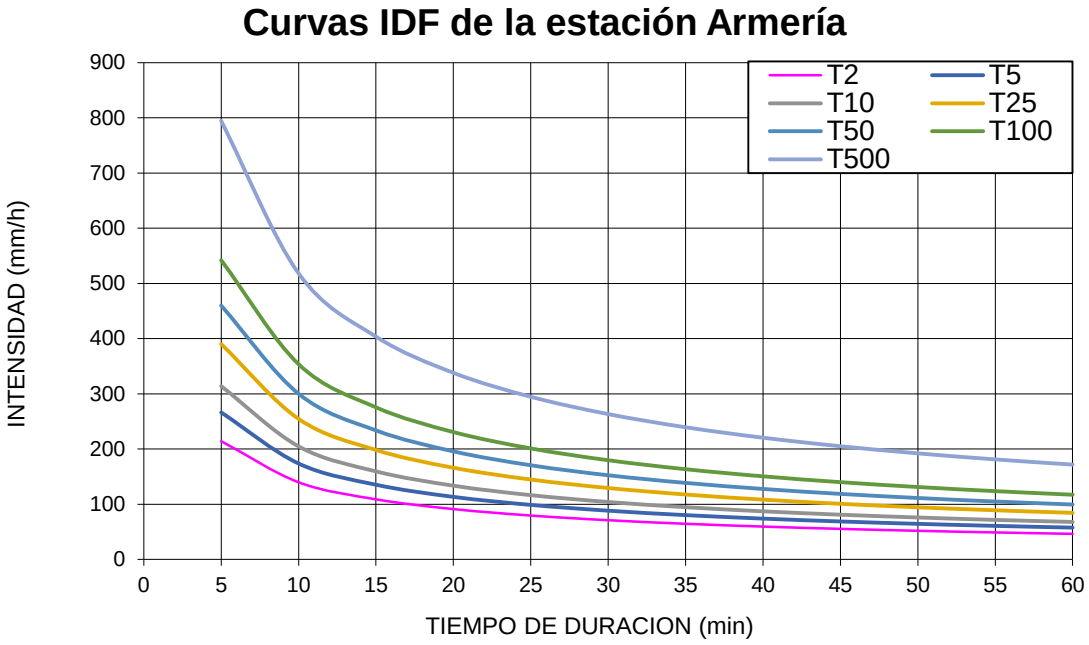


Figura 41. Curvas IDF de la estación Armería

.

5.3.2 Estación 6018 Manzanillo

Para la estación Manzanillo 6018, los periodos de retorno bajos, como 2, 5 y 10 años, las intensidades presentan valores significativos, aunque distintos a la estación Armería, con valores de hasta 100 mm más, mientras que para eventos extremos los incrementos son notables. Por ejemplo, para una duración de 60 minutos, las intensidades pasan aproximadamente de 119 mm/h para un periodo de retorno de 2 años a más de 266 mm/h para 100 años, alcanzando incluso valores cercanos a 370 mm/h para 500 años. Este aumento refleja la fuerte variabilidad de las precipitaciones extremas influenciadas por sistemas tropicales y huracanes.

El comportamiento general de las curvas indica que las tormentas de corta duración concentran grandes volúmenes de precipitación en intervalos breves, lo que se traduce en intensidades muy elevadas. A medida que la duración aumenta, el valor promedio de intensidad disminuye, lo cual es consistente con el carácter intermitente de las lluvias intensas y con la distribución temporal típica de las tormentas convectivas.

Tabla 12. Periodos de Retorno para la estación Manzanillo.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	552.11	360.14	280.50	234.92	204.73	182.97	166.39	153.24	142.51	133.55	125.93	119.35
5	666.55	434.79	338.64	283.62	247.17	220.90	200.88	185.00	172.05	161.23	152.03	144.09
10	768.64	501.39	390.51	327.06	285.03	254.73	231.64	213.34	198.40	185.92	175.32	166.16
25	927.97	605.32	471.46	394.85	344.11	307.53	279.66	257.56	239.53	224.46	211.66	200.61
50	1070.10	698.03	543.67	455.32	396.81	354.63	322.49	297.01	276.21	258.84	244.07	231.33
100	1233.99	804.93	626.93	525.06	457.59	408.95	371.88	342.50	318.51	298.49	281.46	266.76
500	1717.95	1120.62	872.81	730.99	637.05	569.34	517.73	476.82	443.43	415.55	391.84	371.38

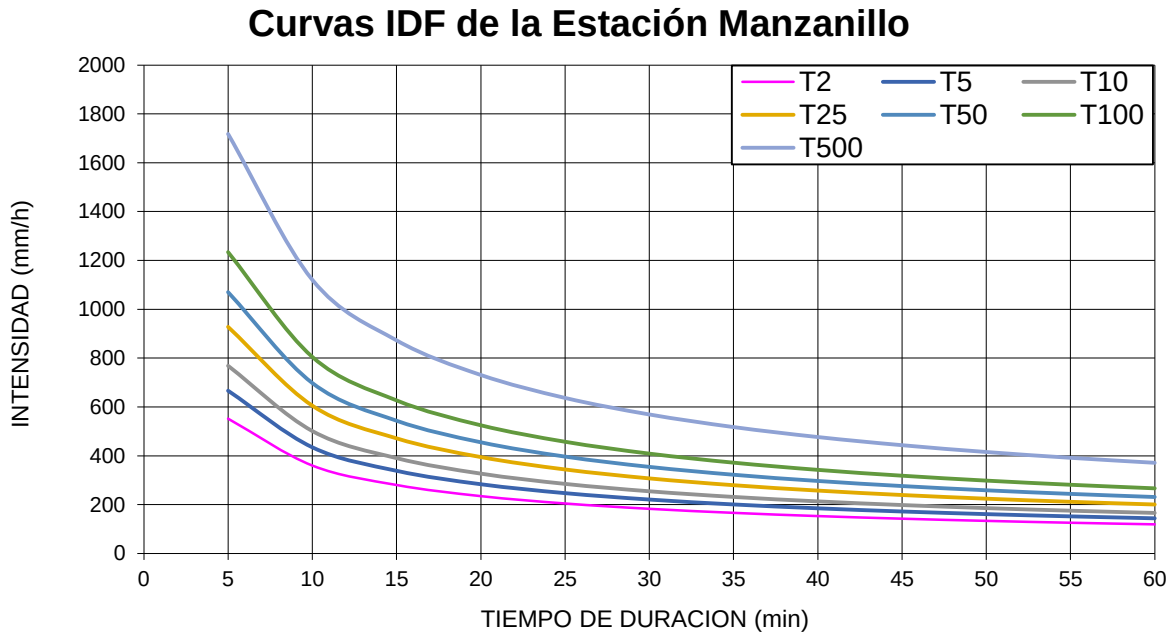


Figura 42. Curvas IDF de la estación Manzanillo.

.

5.3.3 Estación 6070 San José

Las curvas IDF de la estación San José 6070 presentan un comportamiento similar al observado en las otras estaciones analizadas con una relación más estrecha con la estación Manzanillo.

Los valores registrados en esta estación tienden a situarse en un rango intermedio respecto a los observados en las estaciones Armería y Manzanillo. Este comportamiento puede estar relacionado con su posición geográfica dentro del sistema regional, donde la influencia directa del océano se encuentra parcialmente modulada por factores topográficos y por la distancia relativa al litoral.

Tabla 13. Periodos de Retorno para la estación San José.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	637.31	415.72	323.79	271.17	236.33	211.21	192.06	176.89	164.50	154.16	145.36	137.77
5	748.72	488.39	380.39	318.58	277.64	248.13	225.64	207.81	193.26	181.11	170.77	161.85
10	845.76	551.69	429.69	359.87	313.62	280.29	254.88	234.74	218.30	204.58	192.91	182.83
25	993.60	648.13	504.80	422.78	368.45	329.28	299.44	275.78	256.47	240.34	226.63	214.79
50	1122.38	732.13	570.23	477.57	416.20	371.96	338.25	311.52	289.71	271.49	256.00	242.63
100	1267.85	827.02	644.13	539.47	470.15	420.17	382.09	351.90	327.25	306.68	289.18	274.08
500	1682.53	1097.52	854.81	715.91	623.92	557.60	507.06	466.99	434.29	406.98	383.76	363.72

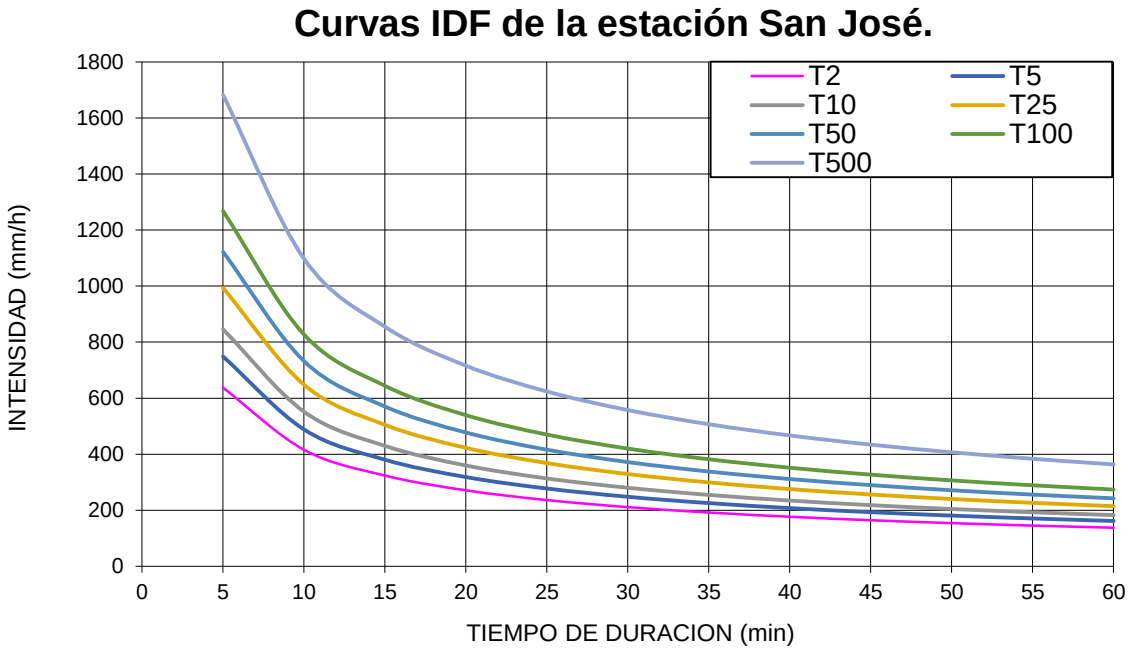


Figura 43. Curvas IDF de la estación San José.

5.3.4 Estación 6074 Cuyutlán

La estación Cuyutlán 6074, ubicada cerca del vaso IV y el estero Palo Verde, presenta intensidades de precipitación elevadas que reflejan la influencia directa de los procesos costa afuera. Las curvas IDF muestran la misma tendencia general observada en las otras estaciones, con intensidades máximas en duraciones cortas y una disminución progresiva conforme aumenta la duración de la tormenta.

Los valores registrados en esta estación son comparables a los observados en la estación Manzanillo para varias duraciones, lo que indica que la franja costera cercana al sistema lagunar experimenta precipitaciones intensas durante eventos convectivos. Esta característica es consistente con la interacción entre la humedad oceánica, la circulación atmosférica regional y las condiciones locales del relieve.

En la mayoría de los casos, la estación Cuyutlán 6074 registra las intensidades máximas, especialmente para periodos de retorno 50 años y de 100 años

Tabla 14. Periodos de Retorno para la estación Cuyutlán.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	552.79	360.59	280.85	235.21	204.99	183.20	166.59	153.43	142.68	133.71	126.08	119.50
5	685.66	447.26	348.35	291.75	254.26	227.23	206.64	190.31	176.98	165.85	156.39	148.22
10	807.01	526.42	410.01	343.38	299.26	267.45	243.21	223.99	208.30	195.21	184.07	174.46
25	1000.99	652.95	508.56	425.92	371.19	331.73	301.67	277.83	258.37	242.13	228.31	216.39
50	1178.15	768.51	598.56	501.30	436.88	390.44	355.05	327.00	304.10	284.98	268.72	254.69
100	1386.66	904.52	704.50	590.02	514.20	459.54	417.89	384.87	357.92	335.42	316.28	299.76
500	2024.37	1320.50	1028.49	861.37	750.68	670.89	610.08	561.87	522.53	489.67	461.73	437.62

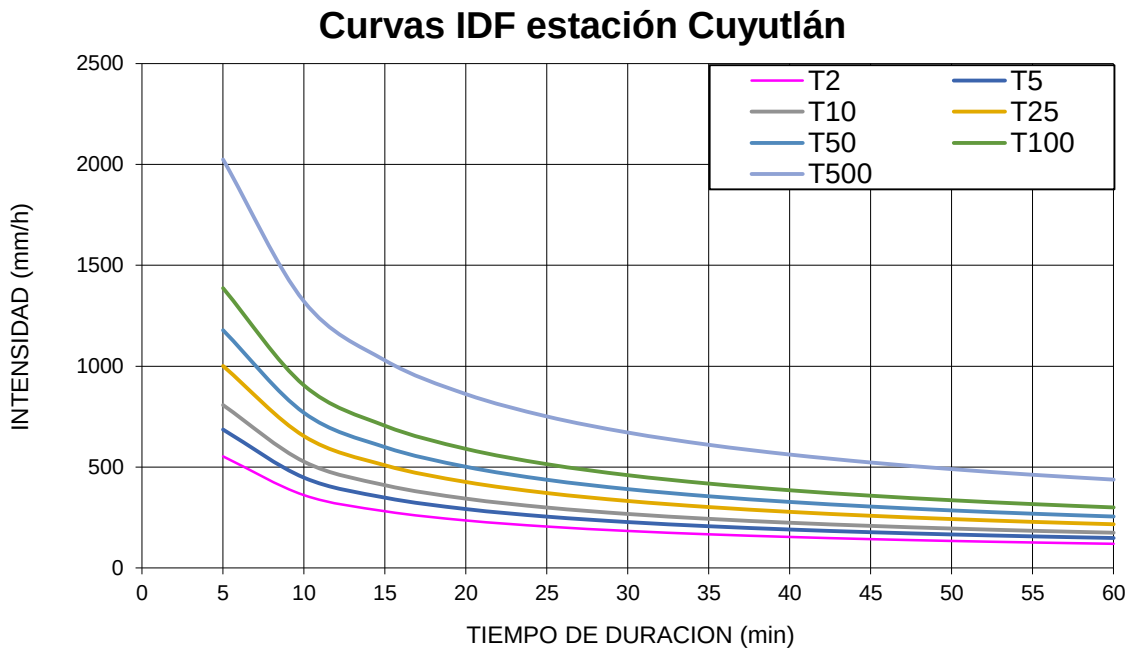


Figura 44. Curvas IDF estación Cuyutlán.

.

En general, las estaciones ubicadas en la franja costera inmediata, particularmente Manzanillo y Cuyutlán, presentan las intensidades más elevadas, mientras que las estaciones situadas ligeramente hacia el interior, como Armería y San José, muestran valores relativamente menores para ciertas duraciones.

Las magnitudes de intensidad observadas en las curvas IDF tienen implicaciones importantes para la hidrología regional. Las intensidades elevadas asociadas a duraciones cortas implican que las cuencas pequeñas o subcuencas con tiempos de concentración reducidos pueden responder rápidamente ante eventos de precipitación intensa, generando incrementos abruptos en el escurrimiento superficial y en los caudales de los cauces.

En el contexto de las cuencas que drenan hacia la Laguna de Cuyutlán, estos eventos pueden producir aportes rápidos de agua dulce y sedimentos hacia el sistema lagunar. Tales aportes pueden modificar temporalmente la salinidad, la turbidez y los patrones de circulación interna del sistema, especialmente durante tormentas intensas asociadas a ciclones tropicales o sistemas convectivos de gran escala.

Asimismo, las intensidades elevadas asociadas a periodos de retorno altos representan condiciones críticas para el diseño de infraestructura hidráulica en la región. Obras como sistemas de drenaje pluvial, alcantarillas, canales de conducción y estructuras de control de avenidas deben dimensionarse considerando estas magnitudes para garantizar su capacidad hidráulica y reducir el riesgo de inundaciones.

En términos geomorfológicos, las lluvias intensas de corta duración pueden favorecer procesos de erosión hídrica, transporte de sedimentos y modificación temporal de cauces, especialmente en cuencas con pendientes pronunciadas o cobertura vegetal limitada. Estos procesos pueden contribuir al aporte de sedimentos hacia estuarios y sistemas lagunares costeros, influyendo en su evolución morfológica y en su dinámica sedimentaria.

5.4 Balance hidrológico

Para realizar el balance superficial se simplificaron las subcuencas con características climatológicas, geológicas e hidrológicas similares. Para el caso particular de la microcuenca el Colomo, se extendió el área de estudio a la cuenca total del Arroyo El Zacate (Figura 11) para la estimación de los flujos hacia el vaso II. En la Figura 45, se muestra la redistribución del cálculo del balance, donde C1, representa el balance realizado para la cuenca del Arroyo Zacate, C2, representa todas las subcuencas interiores de los vasos III y IV y C3 la microcuenca de Armería sin la barra de la línea de costa (ya que los escurrimientos de la barra no drenan hacia los vasos de manera significativa respecto a las cuencas).

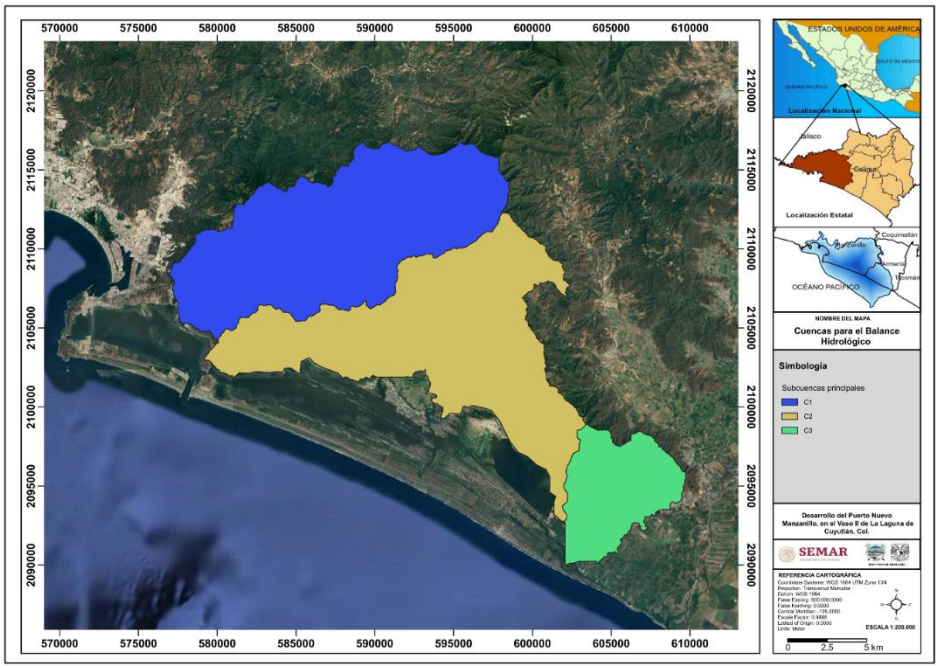


Figura 45. Cuencas usadas para el Blance Hidrológico.

En las Figura 46Figura 47Figura 48, se muestran los resultados del balance para la subcuenca del Arroyo Zacate, (C1), las subcuencas interiores (C2) y la microcuenca Armería (C3).

En azul se muestran los valores de precipitación, para las unidades C1 y C2, se utilizaron las mismas entradas de precipitación, dado que ambas cuencas tienen las mismas características meteorológicas como se observó en el análisis de curvas IDF de la estación Manzanillo. Para la unidad C3 se utilizaron los datos de precipitación característicos para la zona de Armería (estación con el mismo nombre).

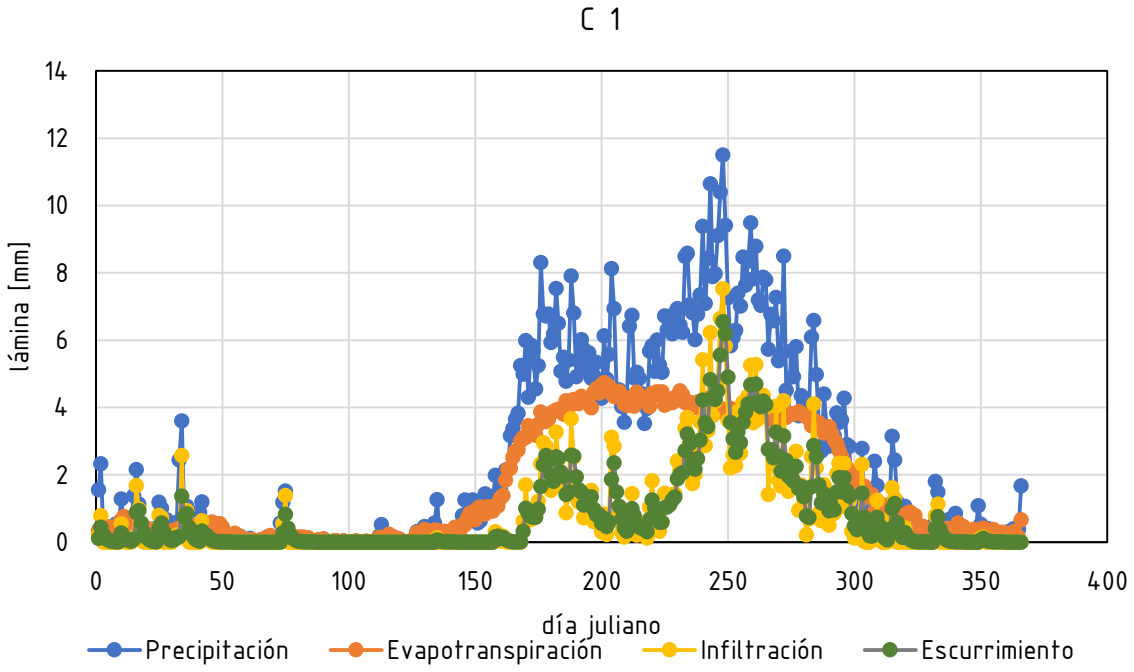


Figura 46. Balance para la subcuenca del Arroyo Zacate.

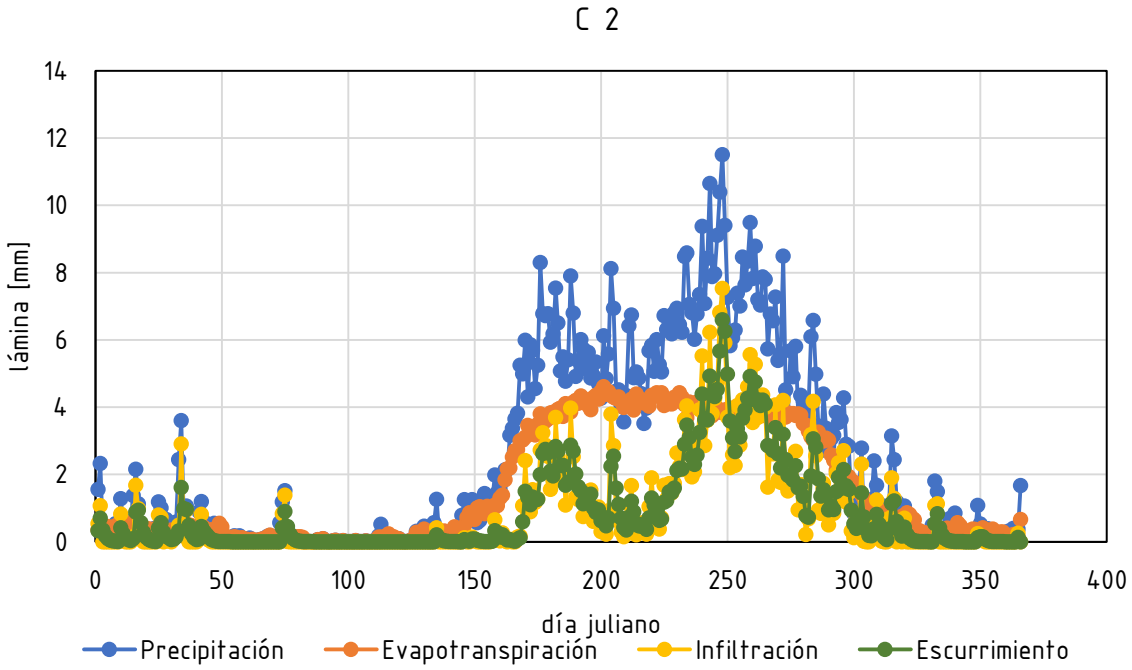


Figura 47. Balance para las subcuencas interiores.

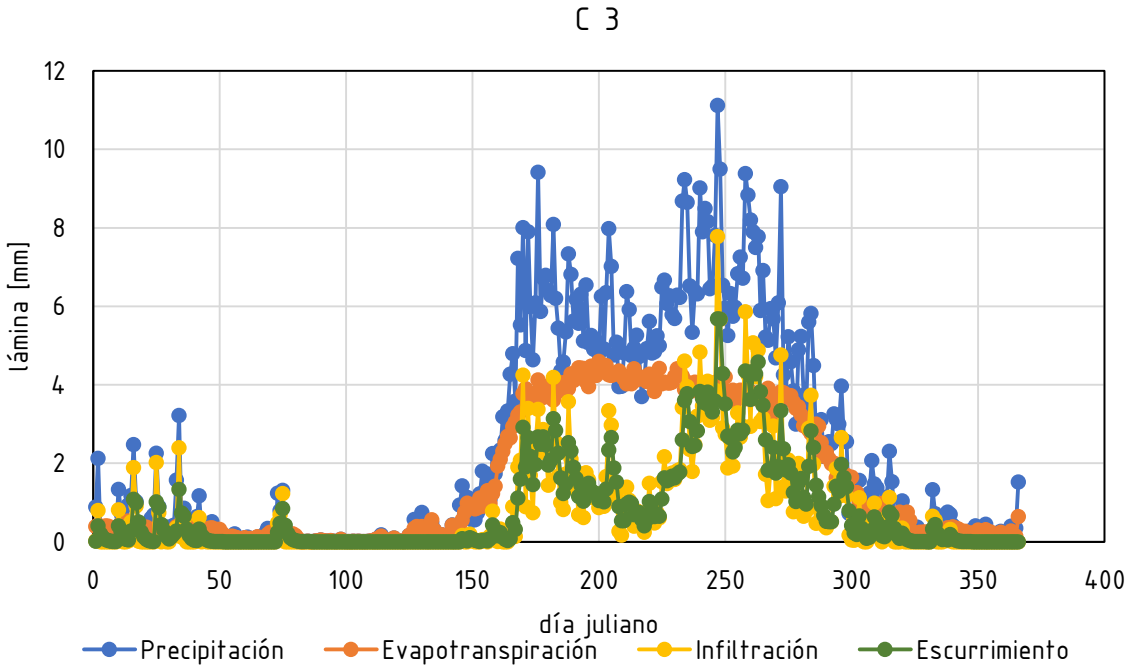


Figura 48. Balance para la microcuenca Armería.

Los resultados muestran que la precipitación acumulada es similar entre las tres cuencas, con valores cercanos a 900 mm anuales. La unidad C1 y C2 presenta la mayor precipitación total con aproximadamente 908.9 mm, mientras que la unidad C3 registra un valor ligeramente menor de 876.0 mm. Esta diferencia sugiere una distribución relativamente homogénea de la lluvia en la región, aunque con ligeras variaciones espaciales, como se observó en el análisis IDF.

La evapotranspiración representa el componente dominante del balance hídrico en las tres cuencas. En la C1 alcanza aproximadamente 612.9 mm, lo que equivale a cerca del 67 % de la precipitación total. En la C2 se estimó en 590.0 mm, equivalente a aproximadamente 65 %, mientras que en la Cuenca 3 fue de 580.2 mm, representando alrededor del 66% de la precipitación. Estos valores reflejan la fuerte influencia de las condiciones climáticas cálidas de la región costera del Pacífico, donde las altas temperaturas y la radiación solar favorecen tasas elevadas de evapotranspiración.

La infiltración constituye el segundo componente en importancia, con valores relativamente consistentes entre cuencas. En la C1 se estimó en 295.3 mm, mientras que en la C2 alcanza 318.2 mm, siendo la cuenca con mayor proporción relativa de infiltración debido a las extensas zonas de cultivo. En la C3 el valor es cercano a 295.2 mm. En términos porcentuales, la infiltración representa aproximadamente 32–35 % de la precipitación,

lo cual sugiere que una fracción significativa del agua precipitada se incorpora al almacenamiento subsuperficial.

El escurrimiento superficial presenta valores similares a los de infiltración en los resultados obtenidos, con aproximadamente 295 mm en C1, 318 mm en C2 y 295 mm en C3. Esto indica que las cuencas poseen una capacidad moderada para generar escorrentía, particularmente durante eventos de precipitación intensa, lo cual puede representar un aporte importante de agua dulce hacia el sistema lagunar durante la temporada de lluvias. Esto es consistente con lo observado en temporada de lluvias donde todos los flujos son intermitentes.

En términos comparativos, las tres cuencas muestran comportamientos hidrológicos relativamente similares, caracterizados por un predominio de las pérdidas por evapotranspiración y una distribución equilibrada del resto de la precipitación entre infiltración y escurrimiento. No obstante, se identifican algunas diferencias menores: la C2 presenta la mayor infiltración relativa, lo que sugiere condiciones de mayor permeabilidad o almacenamiento en el suelo. C3, aunque presenta una precipitación ligeramente menor, mantiene una distribución proporcional de los componentes del balance hídrico similar a la de las otras unidades hidrológicas.

Los resultados indican que el régimen hidrológico de las cuencas que alimentan la Laguna de Cuyutlán está fuertemente influenciado por las condiciones climáticas regionales, donde la evapotranspiración constituye el principal mecanismo de pérdida de agua, como sucede con la evaporación dentro del cuerpo Lagunar. Sin embargo, la fracción de precipitación que se transforma en escurrimiento superficial representa un componente relevante del aporte hídrico al sistema, particularmente durante la temporada de lluvias, contribuyendo a la dinámica hidrológica y al equilibrio salino del sistema.

En la Tabla 15 se muestra el valor de escurrimiento, precipitación y evapotranspiración promedio anual por subcuenca.

Tabla 15. valor de escurrimiento, precipitación y evapotranspiración promedio anual por subcuenca.

Subcuenca	Microcuenca	Área [km^2]	Vaso a la que drena	Precipitación [mm]	Escurrimiento [mm]	EVP [mm]
A. Zacate	El Colomo	148.00	II	900.0	295	612.9
A. ASB1	San Buena Aventura	2.46	III	900.0	318	590.0
A. ASB2	San Buena Aventura	2.85	III	900.0	318	590.0
A. ASB3	San Buena Aventura	6.86	III	900 0	318	590.0
A. Rosa Morada	San Buena Aventura	8.27	III	900 0	318	590.0
A. Calera	Venustiano Carranza	3.61	III	900 0	318	590.0
A. Agua Blanca	Venustiano Carranza	79.80	III	900.0	318	590.0
A, Cuastecomates	Los reyes	9.90	IV	900.0	318	590.0
A. El Zalate	Los reyes	3.52	IV	900.0	318	590.0
A. Higuerillas	Los reyes (Zorrillos)	4.00	IV	900.0	318	590.0

A. Michel	Los reyes (Zorrillos)	8.7	IV	900 0	318	590.0
Estero Palo Verde	Armería	No aplica	IV	896.0	295	580.2

Utilizando los valores de escurrimiento previamente calculados por unidad, y el área de cada subcuenca se obtiene el volumen anual de agua que potencialmente puede llegar a la Laguna de Cuyutlán con los valores promedios anuales (Tabla 16).

Tabla 16. Volumen anual de agua que potencialmente puede llegar a la Laguna de Cuyutlán con los valores promedios anuales.

Subcuenca	Microcuenca	Área [km²]	Vaso a la que drena	Caudal equivalente (m³/s)	Volumen (hm³/año)
A. Zacate	El Colomo	148	II	1.42	44.67
A. ASB1	San Buena Aventura	2.46	III	0.03	0.95
A. ASB2	San Buena Aventura	2.85	III	0.03	1.10
A. ASB3	San Buena Aventura	6.86	III	0.08	2.65
A. Rosa Morada	San Buena Aventura	8.27	III	0.10	3.20
A. Calera	Venustiano Carranza	3.61	III	0.04	1.39
A. Agua Blanca	Venustiano Carranza	79.8	III	0.98	30.83
A, Cuastecomates	Los reyes	9.9	IV	0.12	3.83
A. El Zalate	Los reyes	3.52	IV	0.04	1.36
A. Higuerillas	Los reyes (Zorrillos)	4	IV	0.05	1.55
A. Michel	Los reyes (Zorrillos)	8.7	IV	0.11	3.36
Estero Palo Verde	Armería	No aplica	IV	0.29	9.01

6 DISCUSIÓN

Sobre la climatología, el análisis comparativo de las cuatro estaciones indica que la región presenta un régimen de lluvias extremas dominado por tormentas convectivas intensas asociadas al Pacífico tropical. Las estaciones

ubicadas en la franja costera registran intensidades considerablemente mayores que las observadas en estaciones ligeramente más interiores, lo que evidencia un gradiente espacial de precipitación extrema controlado principalmente por la influencia de la humedad oceánica.

En este contexto, la estación Cuyutlán 6074 puede considerarse como la más representativa y conservadora para estudios hidrológicos relacionados con el sistema lagunar, particularmente cuando se requiere evaluar escenarios de lluvia intensa y generación de escurrimiento hacia la laguna.

Los indicadores calculados muestran que las microcuencas y subcuencas presentan comportamientos hidrológicos muy similares, dominados por pérdidas por evapotranspiración, que representan aproximadamente 65–67 % de la precipitación anual. Este comportamiento es característico de regiones costeras tropicales donde las altas temperaturas y la radiación solar favorecen tasas elevadas de evaporación.

El coeficiente de escurrimiento varía entre 0.32 y 0.35, lo que indica que aproximadamente un tercio de la precipitación puede transformarse en escurrimiento superficial. Esto sugiere que las cuencas tienen capacidad moderada de generación de escorrentía, lo que es consistente con los flujos intermitentes de cada microcuenca. Sin embargo, muchos escurrimientos son interceptados por las zonas de cultivo y son aprovechados para riego y el llenado de pequeñas norias, lo que hace que el gasto calculado por escurrimiento no sea el gasto que llega por completitud a cada uno de los vasos.

En cuanto a la infiltración, los valores oscilan entre 32 % y 35 % de la precipitación, lo que indica que una fracción significativa del agua se incorpora al almacenamiento del suelo. Las subcuencas del centro presentan el mayor porcentaje de infiltración, debido a la geología, menor pendiente o mayor cobertura vegetal y zonas agrícolas.

El índice evaporativo, con valores cercanos a 0.65–0.67, confirma que el sistema hidrológico regional está fuertemente controlado por procesos evaporativos, tanto costa fuera como en la zona del vaso de la Laguna.

Los resultados del balance hidrológico indican que los escurrimientos provenientes de las microcuencas que drenan hacia la Laguna de Cuyutlán presentan una fuerte estacionalidad, concentrándose principalmente durante la temporada de lluvias. Durante la mayor parte del año, el aporte de agua dulce por escurrimiento superficial es reducido, lo que permite concluir que la dinámica hidrológica del sistema lagunar está dominada por el intercambio hidráulico con el océano Pacífico y por los procesos de evaporación. En consecuencia, las variaciones en los niveles y en la salinidad del sistema están controladas principalmente por estos procesos.

Durante la mayor parte del año, el balance hídrico del sistema está dominado por procesos de evaporación e intercambio con el océano, lo cual es generalmente más favorable para una alta salinidad en las cuencas internas (III y IV). Debemos entender que el escurrimiento superficial durante la temporada de lluvias son los pulsos localizados de agua dulce que cambian las condiciones físicas y químicas, pero no son permanentes como el agua que entra por el canal Tepalcates.

El análisis del escurrimiento muestra que el sistema de cuencas que drena hacia la Laguna de Cuyutlán genera un aporte potencial anual cercano a 104 hm³, equivalente a un caudal medio aproximado de 3.3 m³/s. Este volumen representa la contribución de agua dulce generada por los procesos de escorrentía superficial dentro de las cuencas analizadas.

El arroyo Zacate aporta cerca de 45 hm³/año, equivalente a aproximadamente 42 % del escurrimiento total, lo que indica que también desempeña un papel importante en la generación de aportes superficiales hacia el sistema lagunar. La construcción del puerto se encuentra en la zona de descarga del arroyo lo que implica la intercepción natural de estos flujos.

En la zona del estero Palo Verde se presenta un aporte considerablemente menor, con alrededor de 9 hm³/año, representando aproximadamente 8 % del total. Esta diferencia se explica principalmente por su menor extensión territorial en comparación con la zona centro y el tamaño de la cuenca del Arroyo Zacate.

Los resultados indican que la mayor parte del aporte superficial al sistema lagunar se concentra en las cuencas de mayor superficie, particularmente Zacate y Venustiano Carranza que en conjunto aportan cerca del 78 % del escurrimiento total estimado. Este aporte de agua dulce puede desempeñar un papel importante en la dinámica hidrológica de la laguna, especialmente en la zona del Zacate ya que su cauce se ve menos interrumpido por las zonas agrícolas. Este aporte contribuye a la dilución de la salinidad y al intercambio de nutrientes dentro del sistema.

El establecimiento de infraestructura portuaria en el Vaso II podría causar cambios hidrológicos y morfodinámicos localizados, especialmente en la cuenca el Colomo. No obstante, la magnitud de estos cambios debe examinarse en términos del funcionamiento hidrológico regional que controla el sistema de flujo, las contribuciones del escurrimiento superficial de la microcuenca principal (arroyo Zacate) y los procesos de evaporación que caracterizan a la laguna. El vaso II se ve principalmente afectada por el aporte de escorrentía, siendo el arroyo Zacate la principal fuente de aportes; el perfil de flujo es principalmente intermitente y alcanza su pico durante la temporada de lluvias. La descarga superficial en esta cuenca está confinada gran parte del año, lo que indica que el agua dulce que ingresa al sistema lagunar a nivel de esta microcuenca no es tan alta como el intercambio marino a través del Canal de Tepalcates, sin embargo, si es de gran importancia en movilidad y transporte de sedimentos.

Los posibles efectos hidrológicos del desarrollo portuario pueden categorizarse en tres categorías generales: alteración del patrón de circulación del agua en el Vaso II, cambio del proceso de sedimentación local y cambios en la distribución espacial de la escorrentía superficial. La primera es que la infraestructura portuaria (muelles, rellenos y estructuras de protección costera) puede modificar los patrones de circulación del agua localizados dentro de del Vaso II. Y esos cambios pueden alterar la velocidad y dirección de las corrientes internas en el sistema lagunar, en especial hacia el Vaso I y, a su vez, potencialmente cambiar cómo el agua marina se mezcla con el agua del escurrimiento continental.

Además, dado que la hidrodinámica general del sistema lagunar está determinada por la interacción con el Océano Pacífico, es probable que estos cambios se limiten al área inmediata que rodea las estructuras portuarias. Más específicamente, la infraestructura dentro del vaso puede afectar los procesos de transporte y deposición de sedimentos localmente.

Por último, si hay algún trabajo de canalización, desvío o infraestructura relacionada con la gestión de aguas pluviales, puede ocurrir una redistribución de los puntos de entrada de escorrentía de manera espacial hacia la laguna. Sin embargo, los canales de la microcuenca de El Colomo son de naturaleza intermitente y están sujetos

a algunas perturbaciones agrícolas en la llanura, limitando así la magnitud potencial del volumen total de aportes superficiales.

Desde una perspectiva funcional, la Laguna de Cuyutlán opera como un sistema lagunar costero de tipo restringido, donde la conectividad hidráulica con el océano constituye el principal forzante hidrodinámico. Esta condición implica que las variaciones en la hidrología continental tienen un efecto secundario frente a los procesos mareales y de intercambio marino, sin embargo, son muy relevantes en el intercambio de agua y movimiento de sedimentos

En términos de implicaciones para el proyecto, estos resultados sugieren que las alteraciones en el balance hidrológico regional derivadas de la construcción del puerto serían limitadas, siempre que no se modifiquen de manera sustancial los patrones de intercambio marino existentes. No obstante, a escala local, es posible que se presenten cambios en la circulación interna, particularmente en zonas cercanas a las obras, lo que podría influir en la distribución de salinidad, los tiempos de residencia del agua y los procesos de sedimentación.

Así, para las implicaciones del proyecto, los resultados indicaron que los cambios en el balance hidrológico local tras la construcción del puerto serían limitados, manteniéndose los patrones actuales de intercambio marino siempre que los patrones de intercambio de agua entre ellos se mantengan relativamente bien establecidos. A una escala menor, es probable que se produzcan cambios en la circulación a nivel local, como cerca de las obras de construcción, afectando la salinidad, los tiempos de residencia del agua y los procesos de sedimentación. Además, las microcuencas que tienen un uso agrícola significativo y estructuras de desvío indican que gran parte de la escorrentía es aprovechada, minimizado significativamente el impacto directo de las contribuciones de agua dulce en la laguna.

Finalmente, la integración del análisis hidrológico con los resultados de campo y la modelación hidrodinámica permite establecer que la Laguna de Cuyutlán presenta una resiliencia moderada frente a perturbaciones en los aportes de agua dulce, pero una mayor sensibilidad a cambios en su conectividad hidráulica y en los patrones de circulación interna.

REFERENCIAS

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Aparicio Mijares, F. J. (1989). Fundamentos de hidrología de superficie.

Comité Regional de Recursos Hidráulicos. (2025). Balance Hídrico, revisado el 04 de marzo de 2026 en [https://recursoshidricos.org/balance-h%C3%ADdrico]

Lu, J., Sun, G., McNulty, S.G., Amatya, D.M., 2005. A comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the Southeastern United States. J. Am. Water Resour. 41, 621–633. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005. tb03759.x

Rai, Raveendra Kumar, Singh, Vijay P. & Upadhyay, Alka. (2017*). Planning and Evaluation of Irrigation Projects, Chapter 12: Irrigation Scheduling*. Academic Press, 385–412. doi:10.1016/B978-0-12-811748-4.00012-1

Sánchez San Román, F. Javier (s.f.). Dpto. Geología Universidad de Salamanca, consultado en línea el 06 de marzo de 2026 en [https://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf]

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), s.f. Capitulo 1: Antecedentes de Hidrología Superficial, consultado el 5 de marzo de 2026 en [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/392/A4.pdf?sequence=4&isAllowed=y]

ANEXO

Características del multiparamétrico HANNA

El HI98194 es un medidor multiparamétrico portátil, que registra hasta 12 parámetros diferentes claves en la calidad del agua. Su sonda multi-sensor permite medir parámetros como pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. La sonda multiparamétrica transmite las lecturas digitalmente al medidor, donde se pueden mostrar y registrar los puntos de datos.



Figura A 1. Imagen ilustrativa del medidor multiparamétrico de pH/CE/DO suministrado con la sonda HI7698194/10 con 10 metros de cable.

3.1.1 Características generales

Pantalla LCD gráfica iluminada - El HI98194 cuenta con una pantalla LCD iluminada con ayuda en pantalla y la capacidad de mostrar hasta doce parámetros simultáneamente. La pantalla gráfica permite el uso de botones virtuales para proporcionar una interfaz de usuario intuitiva.

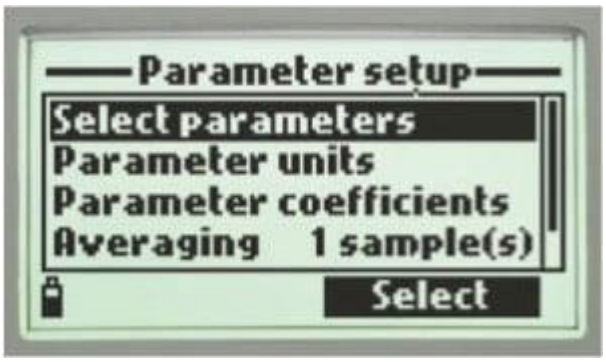


Figura A 2. Pantalla led.

Protección a prueba de agua – El equipo multiparamétrico está protegido por una carcasa impermeable IP67 y puede soportar la inmersión en agua a una profundidad de 1 m durante un máximo de 30 minutos. La sonda cuenta con una clasificación IP68 para inmersión continua en agua.

Sonda digital de rápida conexión - La sonda HI7698194 cuenta con un conector DIN de rápida conexión que se une de manera impermeable con el medidor.



Figura A 3. Conexión DIN.

Sensores reemplazables en el campo, identificados por color - El reemplazo de los sensores es rápido y fácil con conectores de tipo roscado reemplazables en campo que están identificados por colores para un fácil reconocimiento del puerto del sensor.



Figura A 4. Sensores identificados por color.

Reconocimiento automático del sensor - La sonda y el medidor reconocen automáticamente los sensores que están conectados. Cualquier puerto no utilizado en la sonda no tendrá el parámetro visualizado o configurable.

Compensación automática de la temperatura - El sensor de temperatura integrado permite la compensación automática por temperatura del pH, conductividad y mediciones de oxígeno disuelto.

Compensación automática de la presión barométrica - El medidor incorpora un barómetro con unidades seleccionables por el usuario para la compensación por presión del oxígeno disuelto.

Calibración estándar o rápida - La calibración rápida proporciona una calibración rápida y sencilla para pH, conductividad y oxígeno disuelto. Las opciones estándar de calibración de pH están disponibles para calibrar

hasta en tres puntos a partir de una selección de cinco soluciones estándar y una solución personalizada. La calibración de conductividad se realiza en un sólo punto de seis selecciones estándar o un estándar personalizado. La calibración de oxígeno disuelto se realiza en hasta dos puntos estándar o un punto personalizado.



Figura A 5. Aditamento auxiliar para la calibración.

Información GLP - El HI98194 incluye la función GLP que permite a los usuarios ver los datos de calibración con sólo tocar un botón. Los datos de calibración incluyen la fecha, el tiempo, los estándares utilizados para la calibración y las características de la pendiente.

Registro de datos - El HI98194 permite a los usuarios almacenar hasta 45,000 muestras continuas o de registro bajo demanda con intervalos de registro de un segundo a tres horas.

Teclado intuitivo - El teclado de goma tiene botones dedicados para encendido, iluminación, flechas arriba/abajo, ayuda y caracteres alfanuméricos. El medidor también incluye dos botones funcionales que permiten al usuario navegar a través de la configuración de cada parámetro, la configuración del medidor y el registro de datos. La interfaz es intuitiva para el nivel de experiencia de cualquier usuario.

Botón dedicado de ayuda - La ayuda contextual siempre está disponible a través del botón de "AYUDA". Los mensajes y las instrucciones claras del tutorial están disponibles en pantalla para guiar rápidamente a los usuarios a través de la configuración y calibración. La información de ayuda mostrada es relativa al ajuste/opción que se está viendo.

Conectividad con la PC - Los datos registrados pueden transferirse a una PC compatible con Windows con el cable micro USB HI920015 incluido y el software HI9298194.

Larga duración de la batería - La pantalla del medidor de calidad del agua tiene un indicador de icono de la batería para mostrar la energía restante. El medidor utiliza cuatro baterías de 1.5V AA que proporcionan hasta 360 horas de duración de la batería.

Estuche de transporte resistente - El medidor HI98194, la sonda y todos los accesorios se suministran en una maleta robusta diseñada para proporcionar años de uso. El compartimiento interior de la funda de transporte está termoformado para sujetar y proteger con seguridad todos los componentes.



Figura A 6. Estuche de transporte.

3.1.2 Detalles de la sonda

La HI7698194 es una sonda multiparamétrica para su uso con el medidor portátil HI98194. Cuenta con conexión rápida que crea una unión a prueba de agua con el medidor. Los sensores son reconocidos automáticamente por la sonda y el medidor cuando están conectados. Cualquier puerto no utilizado en la sonda no tendrá el parámetro visualizado en el medidor.

Tabla A 1. Especificaciones de la sonda multiparamétrica.

Parámetro	Intervalo	Resolución	Exactitud	Calibración
pH	0.00 a 14.00 pH	0.01 pH	± 0.02 pH	Automática (1, 2 o 3 puntos) con 5 estándares o personalizado
mV	± 600.0 mV	0.1 mV	± 0.5 mV	N/A
ORP	± 2000.0 mV	0.1 mV	± 1.0 mV	Automática en un punto (mV relativo)
Conductividad (CE)	0 a 200 mS/cm (hasta 400 mS/cm abs.)	Variable (1 µS/cm a 0.1 mS/cm)	± 1% de lectura o ± 1 µS/cm	6 estándares o punto personalizado

TDS	0 a 400,000 ppm (mg/L)	Variable (1 ppm a 1 ppt)	± 1% de lectura o ± 1 ppm	Basada en CE o salinidad
Resistividad	0 a 1.0000 MΩ • cm	Dependiente de lectura	N/A	Basada en calibración de CE
Salinidad	0.00 a 70.00 PSU	0.01 PSU	± 2% de lectura o ± 0.01 PSU	Basada en calibración de CE
σ Agua de mar	0.0 a 50.0 σt, σ0, σ15	0.1 σt, σ0, σ15	± 1 σt, σ0, σ15	Basada en CE o salinidad
Presión Atmosf.	450 a 850 mmHg (y otras unidades)	0.1 mmHg (y otras)	± 3 mmHg a ± 15 °C	Automática en punto personalizado
Temperatura	-5.00 a 55.00 °C	0.01 °C / 0.01 K	± 0.15 °C / ± 0.15 K	Automática en punto personalizado

Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, II y IV) para medir el impacto hídrico y de sedimentación debido de la construcción de un puerto.

Trabajo de Campo Día 1

Corresponde al 09 - febrero - 2026

1 RESUMEN

Durante el primer día de trabajo de las brigadas de campo del Instituto de Geología, se realizó un reconocimiento general de las áreas de trabajo. La brigada 1, encargada del monitoreo e instalación de puntos de monitoreo, reconoció las bocatomas del Vaso I y II, y se solicitaron los permisos pertinentes a CFE para la colocación de una estación cerca de las instalaciones de la central termoeléctrica. La brigada 2, realizó un recorrido en una sección del estero Palo Verde en su conexión con el vaso IV. Se establecieron puntos de monitoreo para la toma de muestras del cauce principal del estero. La brigada 3, arribó a la zona de estudio con equipo proveniente del Instituto de geología desde la CDMX y solicitó los primeros permisos para la toma de niveles piezométricos en pozos y norias cercanos al vaso IV.

2 ANTECEDENTES

Las actividades de campo son fundamentales en un estudio hidrodinámico de un ambiente lagunar porque permiten comprender y cuantificar los procesos físicos reales que controlan la dinámica del sistema. Durante el trabajo de campo se realizará:

1. Obtención de datos reales de marea en al menos ocho puntos donde el agua se moviliza entre vasos permitiendo tambien medir directamente variables clave como niveles de agua, salinidad y temperatura. Estos datos son la base para describir el comportamiento hidrodinámico del sistema.
2. Adquisición de muestras de agua para la caracterización del estero Palo Verde y su interacción con la laguna Cuyutlán, en especial el Vaso IV.
3. Una campaña de piezometría en los acuíferos que rodean la Laguna Cuyutlán.
4. La toma de dos núcleos dentro del vaso II para realizar una caracterización del tipo de sedimento que ingresa dentro del vaso.
5. Medición de propiedades físico – químicas de cada uno de los vasos. Estimación del gasto del canal Tepalcates a través de la adquisición de un perfil de velocidades.

3 ACTIVIDADES

Las actividades aquí reportadas corresponden a las actividades realizadas por tres brigadas el día 09-febrero-2026.

3.1 Brigada 1

Se realizaron diferentes recorridos en la bocatoma del Vaso I para la instalación del punto de monitoreo en esa zona (Figura 1) y tener los permisos necesarios. El recorrido se realizó desde la bahía y hasta el puente las ventanas donde esta la entrada principal de agua (Figura 2).

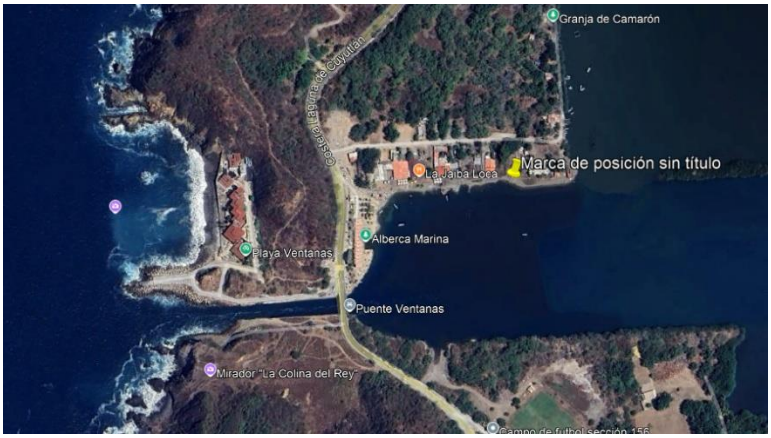


Figura 1. Ubicación del recorrido en el Vaso I.



Figura 2. Recorrido hacia la entrada del Vaso I.

Horas más tarde, se realizó un recorrido en la zona de interacción de agua entre el Vaso I y II para elegir el mejor sitio para la estación de monitoreo (Figura 3) entre el vaso I y el vaso II. Se estudio la zona por debajo puente del boulevard Ing. Armando Ochoa y el puente del ferrocarril (Figura 4).



Figura 3. Zona de intercambio de agua entre el vaso I y vaso II.



Figura 4. Recorrido por debajo del puente del Boulevard Ing. Armando Ochoa.

3.2 Brigada 2

Se arribó al municipio de Cuyutlán para realizar las actividades de toma de muestras de agua y la medición de parámetros físico – químicos en el estero Palo Verde. Se realizó un primer recorrido cerca de el punto de interacción entre la salida del estero y el vaso IV. Se tomaron las primeras mediciones de las características del agua (Figura 5) y se solicitaron los permisos necesarios para realizar un recorrido a lo largo de todo el estero. Se determinó la ubicación de un punto de monitore entre el estero y la salida hacia el vaso IV.



Figura 5. Toma de la primera muestra de agua cerca de la zona de salida del estero Palo verde hacia el vaso IV.

3.3 Brigada 3

La brigada arribó a la zona de estudio con el equipo necesario para la toma de muestras, construcción de piezómetros y equipo de seguridad para el ingreso a la laguna (Figura 6). La brigada realizó el viaje con equipo de la Universidad desde la CDMX. La brigada repartió el equipo a los demás grupos de trabajo para contar con el equipo y materiales necesarios para cada una de las actividades. Posterior a la entrega de material la brigada gestionó los permisos para el ingreso a sitios con pozos y norias para la medición de niveles.



Figura 6. Arribo del equipo de la UNAM.



Figura 7. Entrega de equipo y material a las demás brigadas.

4 RESULTADOS

- Se determinaron los puntos donde se instalarían los puntos de monitoreo del Vaso I y II.
- Se obtuvo el permiso de CFE para la instalación del punto de monitoreo dentro de sus instalaciones perimetrales.
- Se adquirieron las primeras muestras de agua del estero Palo Verde (dos muestras).
- Se determinó el primer punto de monitore dentro de estero Palo Verde.
- Se inicio con la campaña de piezometria.

Trabajo de Campo Día 2

Corresponde al 10 - febrero - 2026

1 RESUMEN

Durante el segundo día de trabajo se instalaron tres puntos de monitoreo. El primero corresponde al embarcadero del vaso III, el segundo se instaló en las instalaciones de CFE (deportivo) y el tercero se instaló bajo puente del Boulevard Ing. Armando Ochoa.

Se llevó a cabo un recorrido en lancha a lo largo del estero Palo Verde, logrando la toma de muestras de agua en dos estaciones principales para el análisis de elementos traza, aniones/cationes e isótopos estables; además de la medición de parámetros, así como la realización de kits de titulación por colorimetría.

La brigada encargada de medir niveles piezométricos registro y censo 7 pozos en las localidades de Armería y Venustiano Carranza.

2 ANTECEDENTES

Las actividades de campo son fundamentales en un estudio hidrodinámico de un ambiente lagunar porque permiten comprender y cuantificar los procesos físicos reales que controlan la dinámica del sistema. Durante el trabajo de campo se realizará:

6. Obtención de datos reales de marea en al menos ocho puntos donde el agua se moviliza entre vasos permitiendo tambien medir directamente variables clave como niveles de agua, salinidad y temperatura. Estos datos son la base para describir el comportamiento hidrodinámico del sistema.
7. Adquisición de muestras de agua para la caracterización del estero Palo Verde y su interacción con la laguna Cuyutlán, en especial el Vaso IV.
8. Una campaña de piezometría en los acuíferos que rodean la Laguna Cuyutlán.
9. La toma de dos núcleos dentro del vaso II para realizar una caracterización del tipo de sedimento que ingresa dentro del vaso.
10. Medición de propiedades físico – químicas de cada uno de los vasos. Estimación del gasto del canal Tepalcates a través de la adquisición de un perfil de velocidades.

3 ACTIVIDADES

Las actividades aquí reportadas corresponden a las actividades realizadas por tres brigadas el día 10 de febrero de 2026.

3.1 Brigada 1

Durante las primeras horas de la mañana, se instaló el primer punto de monitoreo en el embarcadero del Vaso III (Figura 1), que corresponde a la zona de intercambio entre el agua del vaso II y el Vaso III. La instalación se realizó con tubo de PVC de dos pulgadas (Figura 2). El punto se nivelo con GPS diferencial (Figura 3).

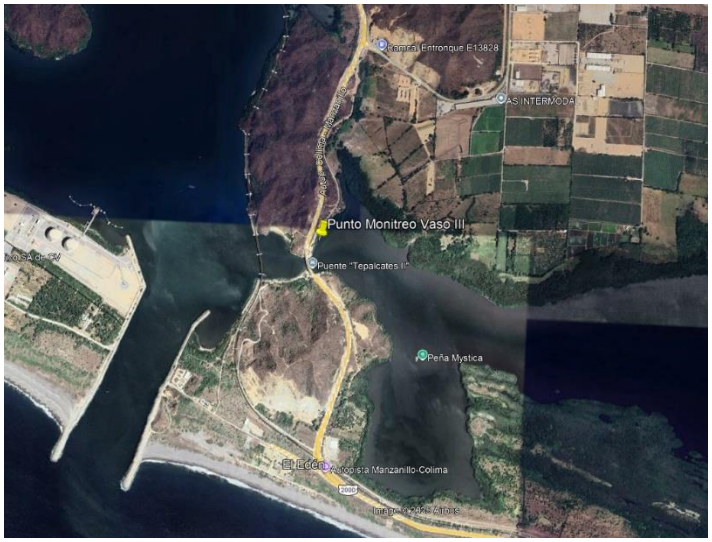


Figura 8. Ubicación del Punto de Monitoreo del Vaso III.



Figura 9. Colocación del sensor.



Figura 10. Nivelación del sensor.

Se instaló el punto de monitoreo del Vaso I en las instalaciones de la deportiva para trabajadores de la planta de CFE (Figura 4), con el permiso del encargado de las instalaciones. El punto se instaló con tubería de PVC (Figura 5 y 6) con un tirante aproximado por debajo del agua de 1.5 metros.



Figura 11. Ubicación del pinto de monitoreo del Vaso I.



Figura 12. Instalación del tubo protector del sensor.



Figura 13. Instalación del sensor.



Figura 14. Recorrido por debajo del puente del Boulevard Ing. Armando Ochoa.

Por la tarde, y posterior a la reunión con el equipo Nuevo Manzanillo se instaló la estación de monitoreo del Vaso II Bajo Puente (Figura 8) en uno de los muelles con mira hacia el Vaso I (Figura 9).

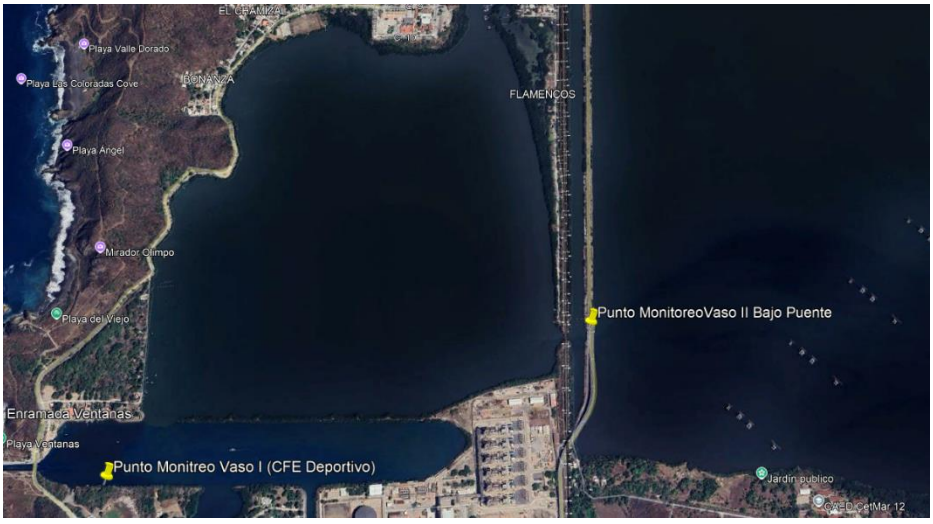


Figura 15. Punto de instalación del vaso II.



Figura 16. Recorrido por debajo del puente del Boulevard Ing. Armando Ochoa.

El sensor se instaló en tuvo de PVC de dos pulgadas (Figura 10) bajo uno de los muelles con un tirante de 1.5 metros.



Figura 17. Recorrido por debajo del puente del Boulevard Ing. Armando Ochoa.



Figura 18. Recorrido por debajo del puente del Boulevard Ing. Armando Ochoa.

3.2 Brigada 2

Durante esta jornada se llevó a cabo un recorrido en lancha a lo largo del estero, logrando la toma de muestras de agua en dos puntos para el análisis de elementos traza (Figura 12), aniones/cationes e isótopos estables; además de la medición de parámetros, así como la realización de kits de titulación por colorimetría, complementados con registros adicionales en cuatro puntos de control. Posteriormente, tras una inspección técnica del terreno, se seleccionó el sitio óptimo para la instalación del primer punto de monitoreo del Estero (Figura 13), complementando con la toma de muestras y los kits de colorimetría. Finalmente, la brigada se desplazó por tierra para realizar el muestreo de una noria particular ubicada dentro del vaso IV (Figura 14).



Figura 19. Realización de Kits de titulación por colorimetría en diferentes puntos del estero Palo Verde.



Figura 20. Colocación de sensor de monitoreo continuo en el Estero Palo Verde.

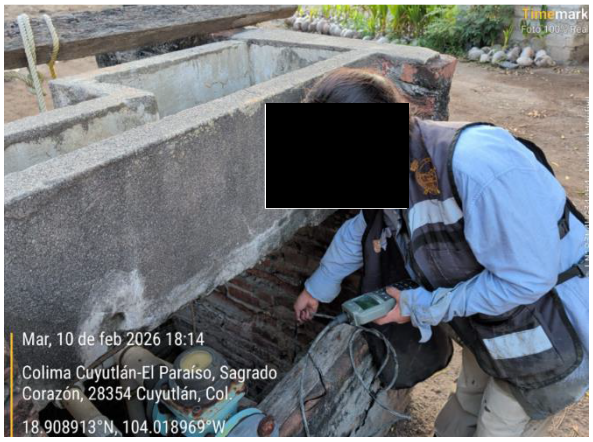


Figura 21. Toma de parámetros fisicoquímicos en noria particular dentro del Vaso IV.

3.3 Brigada 3

La brigada encargada de la piezometría registro 7 pozos (Figuras 15 a 25), principalmente ubicados cerca del perímetro del Vaso IV, dentro de la localidad de Armería y Venustiano Carranza. El trabajo consistió en bajar una sonda de nivel graduada dentro del interior del pozo y observar la profundidad a la que se encontraba el espejo de agua. En caso de que se pudiera bombear el agua de el pozo se tomó una muestra a la que se le hacía una lectura de parámetros físico – químicos (pH, salinidad, temperatura y Sólidos Disueltos Totales).

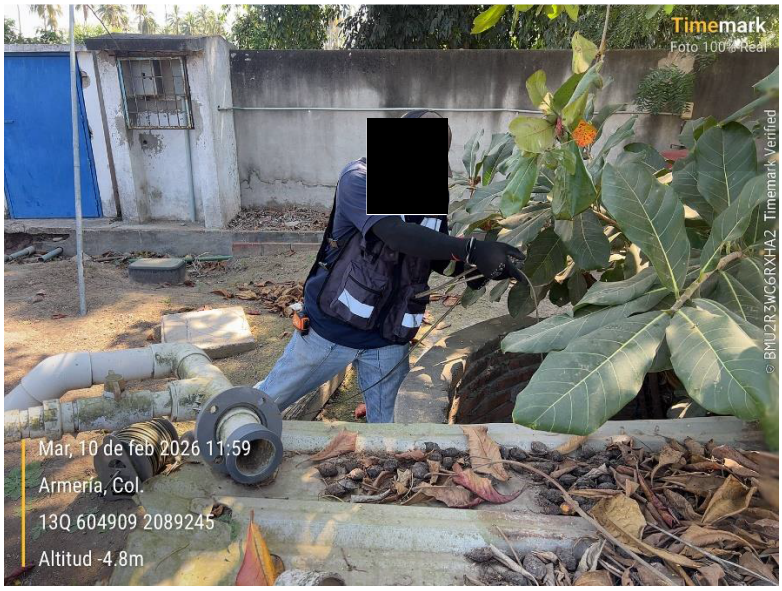


Figura 22. Ejemplo de introducción de la sonda de Nivel.



Figura 23. Multiparamétrico Hanna.

Los datos eran registrados en una bitácora física para su posterior captura y procesamiento.

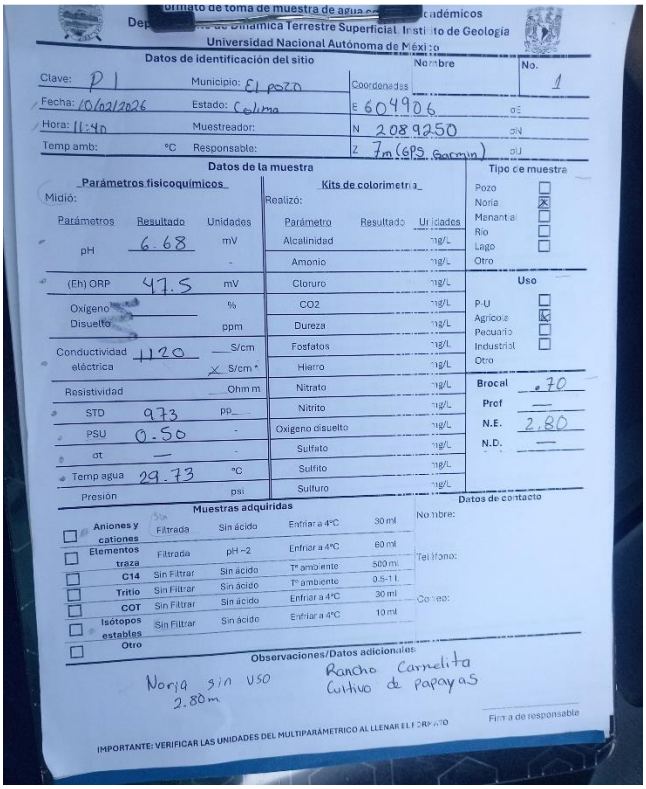


Figura 24. Hoja de captura de datos.

Posteriormente en cada punto se tomaba la coordenada de ubicación y la altitud registrada con GPS



Figura 25. Ejemplo del registro del punto Pozo 1.



Figura 26. Ejemplo del registro del punto Pozo 2.



Figura 27. Ejemplo de colección de muestra del Pozo 2.



Figura 28. Ejemplo de la toma de nivel del Pozo 3.



Figura 29. Ejemplo de la toma de nivel del Pozo 4.



Figura 30. Ejemplo de la toma de nivel del Pozo 5.



Figura 31. Ejemplo de la toma de nivel del Pozo 6.

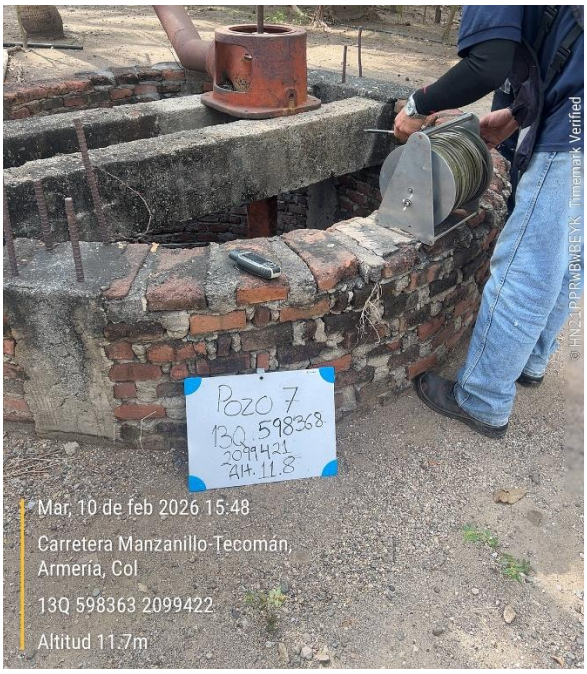


Figura 32. Ejemplo de la toma de nivel del Pozo 7.

4 RESULTADOS

- Se instalaron 3 estaciones de monitoreo.
- Se tomaron registros de 7 pozos.
- 2 puntos de muestras y parámetros en el estero.
- 4 puntos de parámetros físico - químico en el estero.
- 1 punto de muestreo en el estero (primer sensor).
- 1 punto de muestreo y parámetro en noria (vaso IV).

Trabajo de Campo Día 3

Corresponde al 11 - febrero - 2026

1 RESUMEN

Durante el tercer día de trabajo de las brigadas de campo se instalaron las estaciones de monitoreo correspondientes a la entrada del canal Tepalcates. A mediodía, se realizó un recorrido del vaso IV para la instalación de un sensor en la zona de compuerta. Esta última estación se tuvo que instalar dentro del predio de la saliera la Coronita, junto con la estación de monitore barométrica.

Se instaló una estación adicional en el estero, realizando de forma simultánea la caracterización físico-química mediante la sonda multiparamétrica y kits de titulación

La brigada encargada de medir niveles piezométricos registro y censo 8 pozos en las localidades Venustiano carranza y camino a El Colomo.

En el vaso II se realizó un recorrido para determinar el mejor sitio para la toma de uno de los núcleos. Posteriormente, se realizó la primera adquisición de núcleo con barril de perforación, obteniéndose 60 cm de muestra de núcleo.

2 ANTECEDENTES

Las actividades de campo son fundamentales en un estudio hidrodinámico de un ambiente lagunar porque permiten comprender y cuantificar los procesos físicos reales que controlan la dinámica del sistema. Durante el trabajo de campo se realizará:

11. Obtención de datos reales de marea en al menos ocho puntos donde el agua se moviliza entre vasos permitiendo tambien medir directamente variables clave como niveles de agua, salinidad y temperatura. Estos datos son la base para describir el comportamiento hidrodinámico del sistema.
12. Adquisición de muestras de agua para la caracterización del estero Palo Verde y su interacción con la laguna Cuyutlán, en especial el Vaso IV.
13. Una campaña de piezometría en los acuíferos que rodean la Laguna Cuyutlán.
14. La toma de dos núcleos dentro del vaso II para realizar una caracterización del tipo de sedimento que ingresa dentro del vaso.
15. Medición de propiedades físico – químicas de cada uno de los vasos. Estimación del gasto del canal Tepalcates a través de la adquisición de un perfil de velocidades.

3 ACTIVIDADES

Las actividades aquí reportadas corresponden a las actividades realizadas por tres brigadas el día 11-febrero-2026.

3.1 Brigada 1

Se instalaron los sensores en el Canal Tepalcates y en los Puntos de Monitoreo Tepalcates 1 y 2 (Figura 1). Estos sensores se instalaron con ayuda de un buzo a una profundidad de 18-20 m (Figura 2). Estos sensores se localizan en la entrada y la salida del canal bajo las boyas 1 y 12 respectivamente (Figuras 3, 4, y 5).



Figura 33. Ubicación del recorrido en el Vaso I.

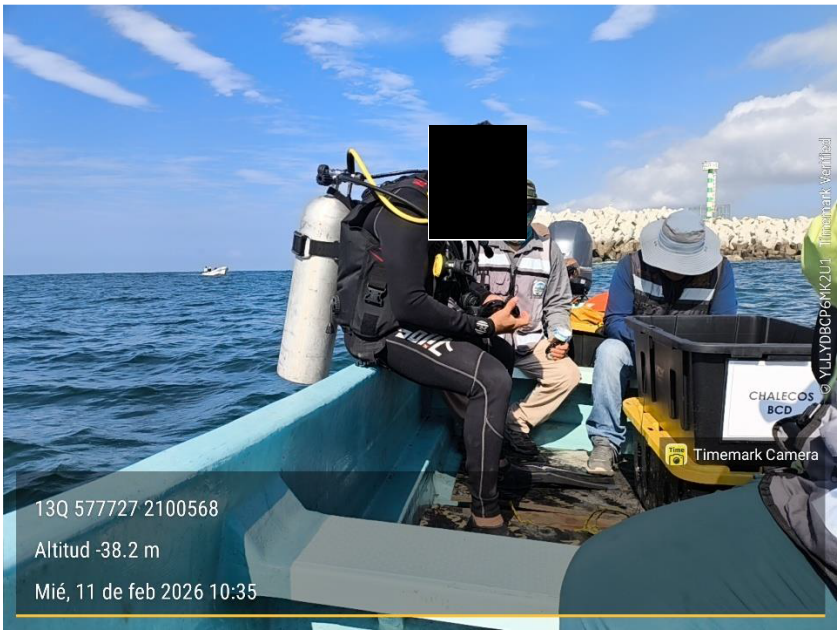


Figura 34. Ingreso para la colocación del sensor Tepalcates 1.



Figura 35. Salida para la colocación del sensor Tepalcates 1

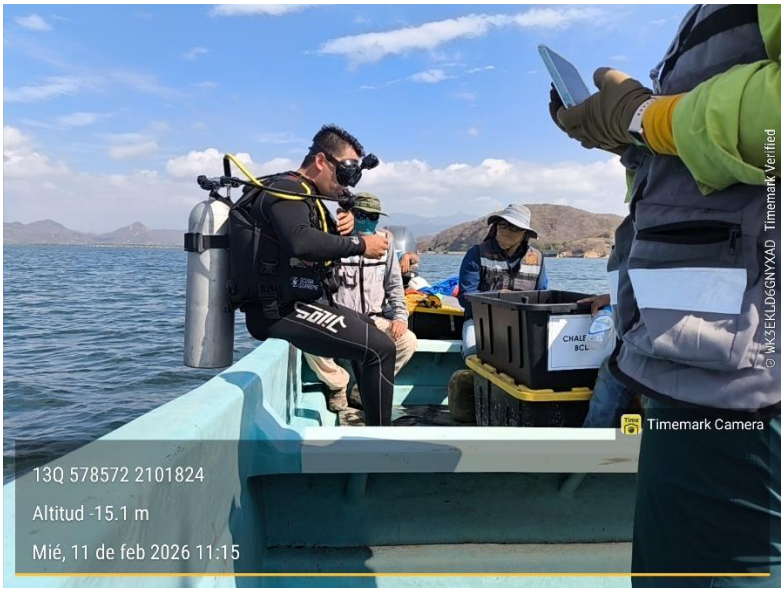


Figura 36. Entrada para la colocación del sensor Tepalcates 2.



Figura 37. Salida para la colocación del sensor Tepalcates 2

Por la tarde del miércoles, se realizó el recorrido para la posible instalación del punto de monitoreo en las compuertas del Vaso III y Vaso IV (Figura 6). En el análisis visual del área dentro de la compuerta, como en las pequeñas islas del lado del Vaso IV, se logró observar que hay gran actividad de personas debido a la apertura

y cierre de la compuerta y actividades de pesca, por lo que no fue posible instalar el punto de monitoreo, dada la alta probabilidad de tener malos datos, por lo que se optó por mover el sitio de instalación dentro del predio de la salinera La Coronita. Se instaló un tubo de PVC con un tirante de 40 cm (Figura 7). En el mismo sitio, se colocó el sensor barométrico para la recuperación de los datos de presión atmosférica de la zona (Figura 8).



Figura 38. Recorrido en el vaso IV cerca de la compuerta.



Figura 39. Ubicación del punto de monitoreo La Coronita.

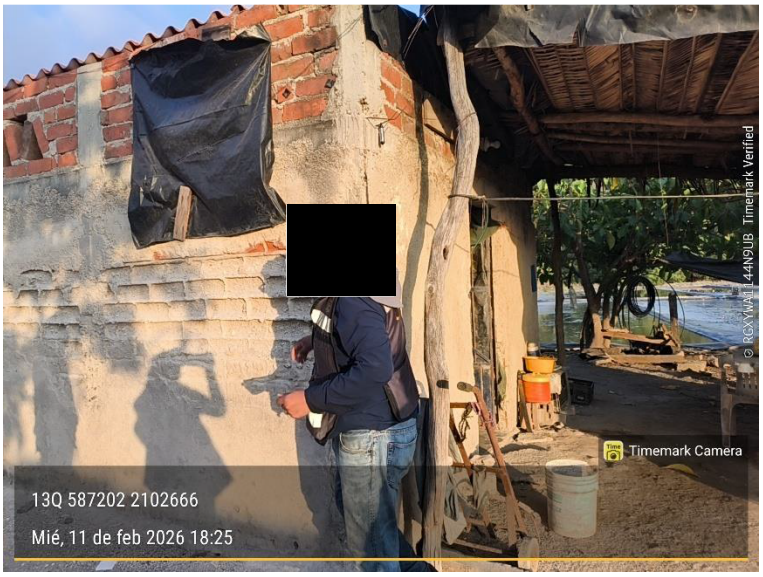


Figura 40. Instalación del sensor barométrico en la salinera La Coronita

3.2 Brigada 2

Las actividades se centraron en la consolidación de la red de monitoreo mediante la instalación de un nuevo punto de monitoreo en el estero (Figura 9), realizando de forma simultánea la caracterización físico-química mediante la sonda multiparamétrica y kits de titulación (Figura 10), así como recolección de muestras para el análisis de elementos traza, aniones/cationes e isótopos estables en dicho punto (Figura 11). De manera complementaria, se extendió la cobertura del estudio hacia fuentes de agua subterránea en terrenos colindantes, ejecutando el protocolo de muestreo completo (parámetros y kits) tanto en un pozo como en una noria de propiedad privada para diversificar la base de datos del área del vaso IV.



Figura 41. Colocación de sensor de monitoreo continuo en el Estero Palo Verde.



Figura 42. Realización de Kits de titulación por colorimetría con muestras de agua de una noria dentro del vaso IV.



Figura 43. Toma de muestras de agua para su análisis en pozo particular dentro del vaso IV.

3.3 Brigada 3

La brigada encargada de la piezometría registro 8 pozos (Figuras 12 a 20), principalmente ubicados cerca del perímetro del Vaso III y IV, dentro de la localidad de Venustiano Carranza y camino a El Colomo. El trabajo consistió en bajar una sonda de nivel graduada dentro del interior del pozo y observar la profundidad a la que se encontraba el espejo de agua. En caso de que se pudiera bombear el agua de el pozo se tomó una muestra a la que se le hacía una lectura de parámetros físico – químicos (pH, salinidad, temperatura y Sólidos Disueltos Totales).



Figura 44. Ejemplo de introducción de la sonda de Nive en el pozo 8.



Figura 45. Ejemplo del registro del punto Pozo 8.



Figura 46. Ejemplo del registro del punto Pozo 9.



Figura 47. Ejemplo del registro del punto Pozo 10.



Figura 48. Ejemplo del registro del punto Pozo 11.

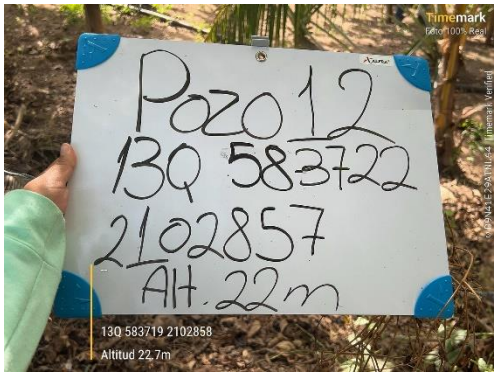


Figura 49. Registro del punto Pozo 12 (no se permitió la fotografía del pozo).



Figura 50. Ejemplo del registro del punto Pozo 13.



Figura 51. Ejemplo del registro del punto Pozo 14.

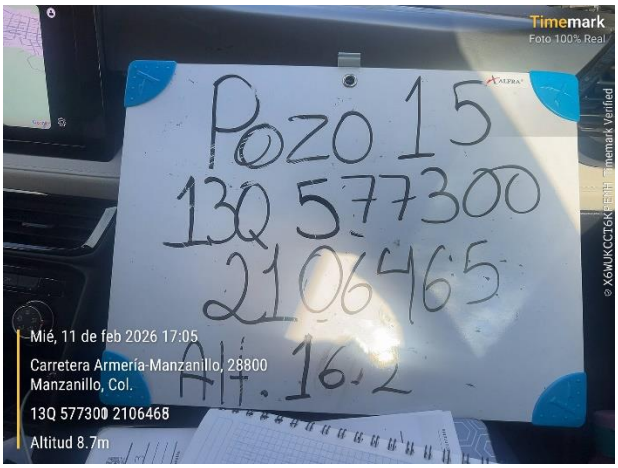


Figura 52. Registro del punto Pozo 15 (no se permitió la fotografía del pozo).

3.4 Brigada 4

Se preparó el material para la obtención de los núcleos sedimentarios (Figura 21) y se subió a la embarcación. Los materiales principales consistieron en un nucleador de gravedad, tubos de acrílico de diferentes tamaños, tapones para los tubos y material de papelería para etiquetar y asegurar los tapones en los tubos después de la obtención del sedimento.

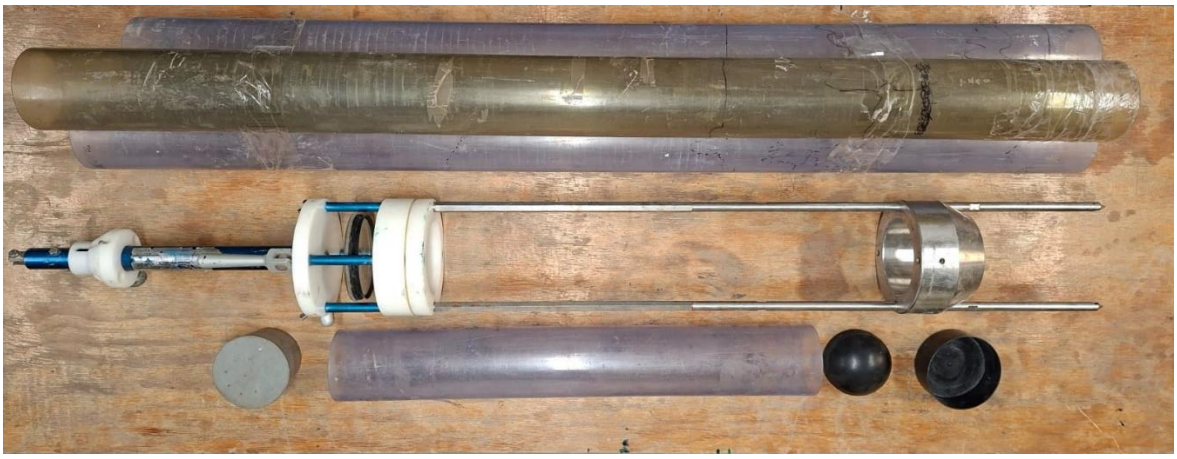


Figura 53. Nucleador y tubos de acrílico.

Después del recorrido se determinó el primer sitio de muestreo, donde se tomó la profundidad, la ubicación y se colectaron 2 núcleos sedimentarios. Este sitio se denominó M2 (cerca de la descarga del río Zacate, Figura 22) y los núcleos sedimentarios obtenidos en este sitio se etiquetaron como M2G1-26 y M2G2-26 (Figura 23).

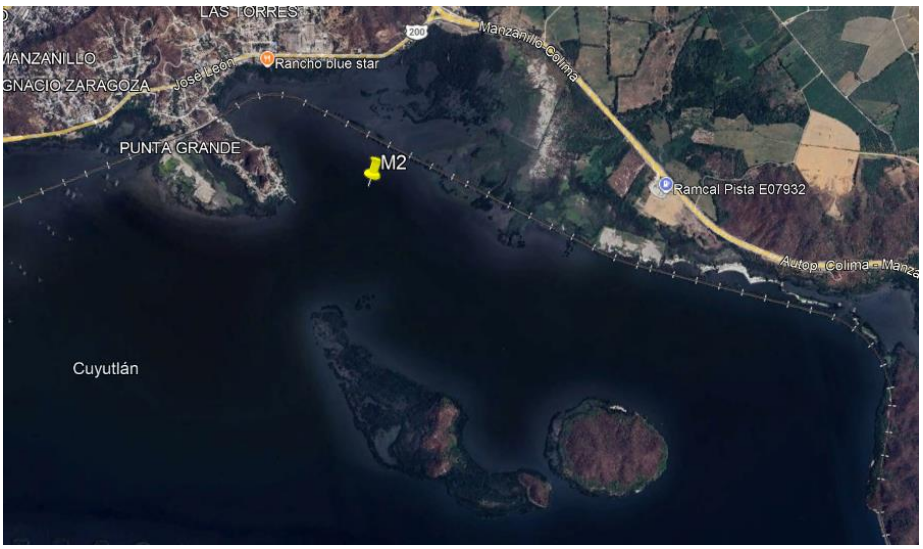


Figura 54. Ubicación del punto M2.



Figura 55. Núcleo recuperado M2G1-26.

Este mismo día se realizó la segmentación de uno de los núcleos (Figura 24) y se colocaron cada una de las muestras en bolsas de plástico. El submuestreo de la secuencia finalizó a la 1:00 am del día siguiente (jueves 12 de febrero de 2026).



Figura 56. Segmentación del núcleo.

4 RESULTADOS

- Se instalaron dos estaciones de monitoreo en el canal Tepalcates ubicado en el vaso II.
- Se instalo una estación en el predio de la Coronita y se colocó el sensor barométrico para la corrección de las estaciones de monitoreo.
- Se adquirieron las primeras muestras de agua del estero Palo Verde (dos muestras).
- Se obtuvo el núcleo del punto M2 (cerca de la descarga del Canal Tepalcates).
- Se identificaron y censaron 8 pozos en la campaña de piezometría.
- 1 punto de muestreo y parámetro en estero
- 1 punto de muestreo y parámetro en pozo (vaso IV)
- 1 punto de muestreo y parámetro en noria (vaso IV)

Trabajo de Campo Día 4

Corresponde al 12 - febrero - 2026

1 RESUMEN

Una vez terminada la instalación de estaciones de monitoreo con sensores, se realizaron diversos de recorrido de monitoreo superficial de los vasos II y III para obtener parámetros físico-químicos. Del vaso III se obtuvieron 38 puntos y del vaso II, 22.

Se continuó con el muestre en el Estero Palo Verde donde se tomó muestra del río Armería, 3 puntos más en el estero un pozo, y en la zona de conexión entre el río Armería y el cuerpo de agua más cercano al Estero.

Se obtuvieron dos núcleos sedimentarios. Uno de los sitios se denominó M1 y los núcleos sedimentarios obtenidos en este sitio se etiquetaron como M1G1-26 y M1G2-26. El otro sitio se denominó M3 y los núcleos sedimentarios obtenidos en este sitio se etiquetaron como M3G1-26 y M3G2-26.

2 ANTECEDENTES

Las actividades de campo son fundamentales en un estudio hidrodinámico de un ambiente lagunar porque permiten comprender y cuantificar los procesos físicos reales que controlan la dinámica del sistema. Durante el trabajo de campo se realizará:

16. Obtención de datos reales de marea en al menos ocho puntos donde el agua se moviliza entre vasos permitiendo tambien medir directamente variables clave como niveles de agua, salinidad y temperatura. Estos datos son la base para describir el comportamiento hidrodinámico del sistema.
17. Adquisición de muestras de agua para la caracterización del estero Palo Verde y su interacción con la laguna Cuyutlán, en especial el Vaso IV.
18. Una campaña de piezometría en los acuíferos que rodean la Laguna Cuyutlán.
19. La toma de dos núcleos dentro del vaso II para realizar una caracterización del tipo de sedimento que ingresa dentro del vaso.
20. Medición de propiedades físico – químicas de cada uno de los vasos. Estimación del gasto del canal Tepalcates a través de la adquisición de un perfil de velocidades.

3 ACTIVIDADES

Las actividades aquí reportadas corresponden a las actividades realizadas por tres brigadas el día 12-febrero-2026.

3.1 Brigada 1

Se obtuvieron alrededor de 38 puntos de la mitad del Vaso III derivados de las condiciones de marea del momento (Figura 1 a 3), para obtener una configuración de los parámetros pH, STD, conductividad eléctrica. Para el Vaso II, se obtuvieron 22 puntos de monitoreo de los mismos parámetros (Figura 4 a 6). El monitoreo se limitó al vaso II y III debido a que no había condiciones de marea para realizar el monitoreo en el Vaso IV y

I, ya que el tirante era demasiado somero (por debajo de los 50 cm). La toma de lecturas con ese tirante se modificaba en la sonda multiparamétrica debido a la movilización del sedimento. Por este motivo se modificó la estrategia de medición en donde los vasos se medirían en las riberas.

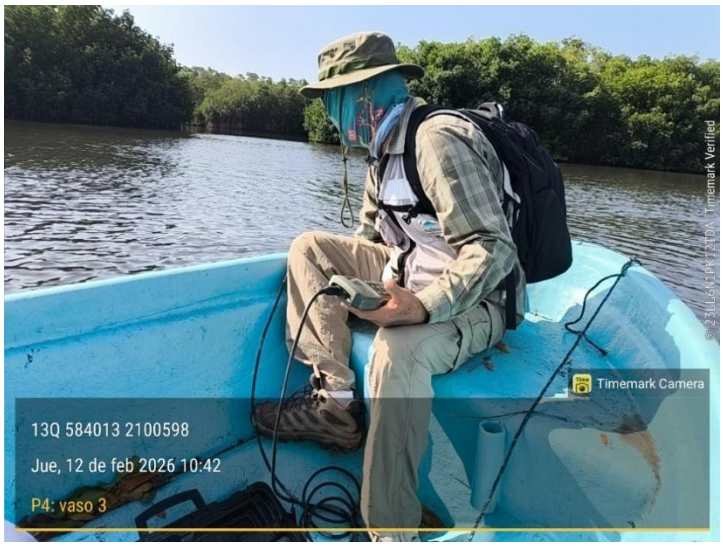


Figura 57. Recorrido en el Vaso III.

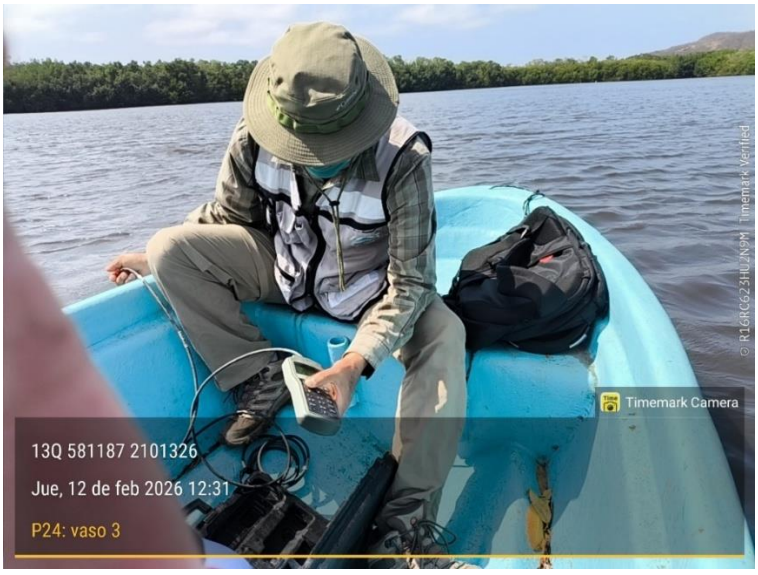


Figura 58. Toma de datos en el Vaso III.

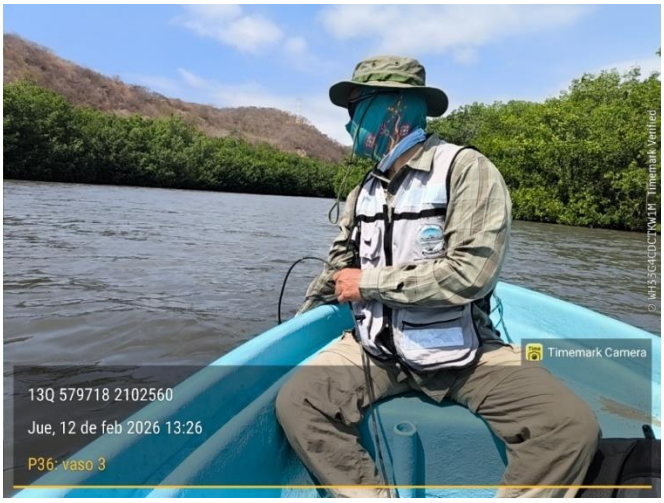


Figura 59. Recorrido ceca del puente Tepalcates.



Figura 60. Toma de medidas ceca del puente Tepalcates.

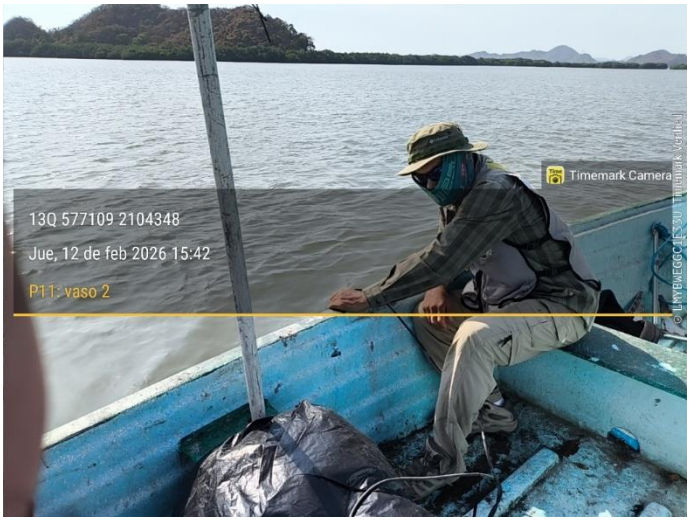


Figura 61. Recorrido del vaso II.

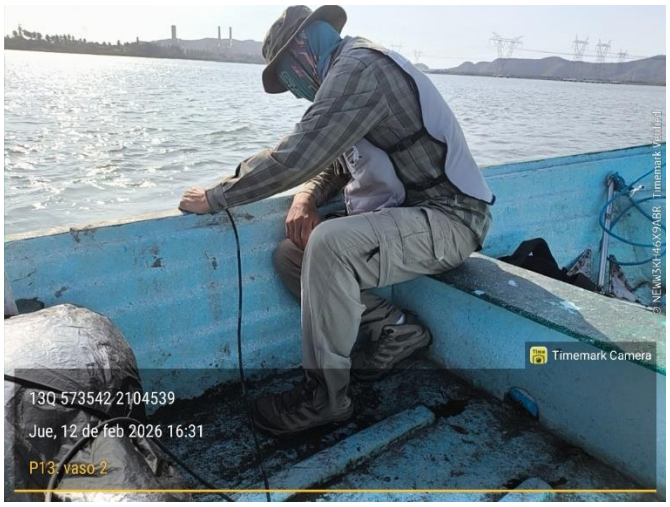


Figura 62. Toma de lecturas en el vaso II.

3.2 Brigada 2

Se ejecutó una jornada de monitoreo intensivo que abarcó diversos cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Se inició con la recolección de muestras de agua, y realización de kits de titulación en un punto sobre el río Armería (Figura 7), así como en un pozo particular cercano a su cauce. La campaña continuó con la medición de parámetros fisicoquímicos con la ayuda de la sonda multiparamétrica en tres diferentes puntos a lo largo del estero Palo Verde (Figura 8 a 10). Se tomaron datos (muestreo, parámetros y kits) en el extremo

final del estero Palo Verde en la localidad del Paraíso. Por último, se realizó una toma de datos completa (muestreo, parámetros y kits en una noria de un terreno particular dentro del vaso IV (Figura 10).



Figura 63. Toma de muestras de agua para su análisis en el río Armería.



Figura 64. Toma de muestras de agua para su análisis en un tramo final del Estero Palo Verde.



Figura 65. Adquisición de parámetros fisicoquímicos a lo largo de diferentes puntos del Estero Palo Verde.



Figura 66. Toma de muestra de agua en noria particular dentro del Vaso IV.

3.3 Brigada 3

La brigada encargada de la piezometría registro 3 pozos (Figura 11 a 13), principalmente ubicados cerca de la zona de descarga del acuífero en la localidad de El Colomo. El trabajo consistió en bajar una sonda de nivel graduada dentro del interior del pozo y observar la profundidad a la que se encontraba el espejo de agua. En caso de que se pudiera bombear el agua de el pozo se tomó una muestra a la que se le hacía una lectura de parámetros físico – químicos (pH, salinidad, temperatura y Sólidos Disueltos Totales.



Figura 67. Ejemplo del registro del punto Pozo 16.



Figura 68. Ejemplo del registro del punto Pozo 17.



Figura 69. Ejemplo del registro del punto Pozo 18.

3.4 Brigada 4

Se iniciaron las actividades muy temprano por la mañana para ingresar al vaso II. Se preparó nuevamente el material. En este día se visitaron dos puntos de muestreo y por cada punto se obtuvo nuevamente la profundidad y la ubicación de cada sitio. También en cada sitio se obtuvieron dos núcleos sedimentarios. Uno de los sitios se denominó M1 (Figura 14) y los núcleos sedimentarios obtenidos en este sitio se etiquetaron como M1G1-26 y M1G2-26. El otro sitio se denominó M3 y los núcleos sedimentarios obtenidos en este sitio se etiquetaron como M3G1-26 y M3G2-26.

Se segmentaron 3 núcleos sedimentarios, cada muestra fue colocada en una bolsa de plástico. Todas las muestras fueron transportadas en frío al laboratorio. Dos núcleos sedimentarios fueron trasladados al laboratorio para continuar más adelante con su segmentado.



Figura 70. Toma del núcleo M1G2-26.

El segmentado de dos de las secuencias sedimentarias se realizó entre las 5:00 pm y la 1:00 am del día siguiente (viernes 13 de febrero de 2026). La tercera secuencia sedimentaria se submuestreo entre las 7:00 am y las 9:00 am del viernes 13 de febrero de 2026.

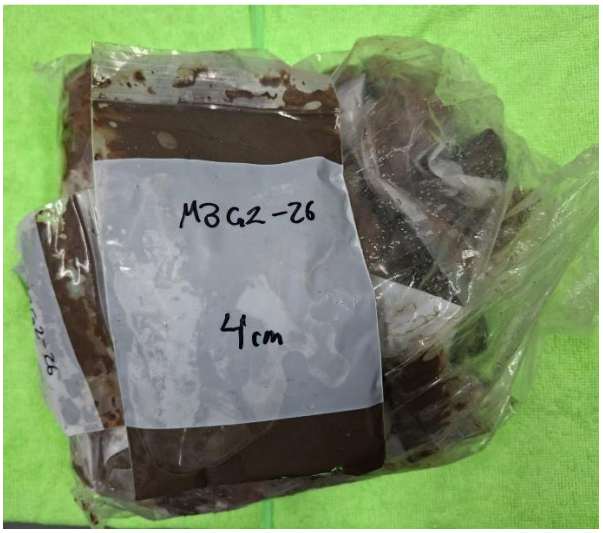


Figura 71. Muestra segmentada del núcleo M3G2-26.

4 RESULTADOS

- Se determinaron los parámetros físico -químicos en 38 puntos del vaso III, 22 del vaso II y el valor del agua de intercambio en la zona de la compuerta del vaso IV.
- Se obtuvieron 2 núcleos más dentro del vaso II.
- Se identificaron y censaron tres pozos adicionales.
- 1 punto de muestreo y parámetros en río Armería.
- 3 puntos de toma de parámetros sobre el estero.
- 1 punto de muestreo y parámetro en pozo (vaso IV).
- 1 punto de toma parámetros en cuerpo de agua cercano al río.
- 1 punto de toma parámetros en cuerpo de agua del estero.
- 1 punto de muestreo y parámetro en noria (vaso IV).

Trabajo de Campo Descarga de Sensores

Corresponde al 04- marzo - 2026

1 RESUMEN

Durante el 3 y 4 de marzo una brigada del Instituto de Geología realizo una campaña de descarga de datos de los sensores o puntos de monitoreo instalados durante la semana del 9 al 13 de febrero. Durante el primer día se realizó el levantamiento del punto de monitore del Estero Palo Verde, Vaso III, planta CFE y bajo puente entre los Vasos II y Vaso I. Durante el segundo día se recuperaron los datos de los sensores instalados en el Canal Tepalcates y en el punto de monitoreo entre el Vaso III y el Vaso II. Es importante mencionar que la logística de transporte y el acceso se hizo gracias al apoyo de personal de ASIPONA.

2 ANTECEDENTES

El monitoreo de salinidad y marea es fundamental en la elaboración de un modelo hidrodinámico porque estas variables controlan directamente la dinámica del agua, la densidad, la estratificación y los flujos dentro del sistema acuático. En modelos numéricos como los utilizados en lagunas costeras, estas variables permiten forzar, calibrar y validar las simulaciones para que representen de manera realista el comportamiento del sistema.

Los datos recolectados tienen las funciones en el modelo de:

- Definir las condiciones de frontera en las bocas o conexiones con el océano.
- Controlar los gradientes de nivel del agua que generan corrientes.
- Determinar el intercambio de agua entre laguna y océano.

Los datos de marea permiten:

- Calibrar niveles de agua simulados vs observados.
- Ajustar parámetros como rugosidad del fondo y coeficientes de fricción.
- Determinar la propagación de la onda de marea dentro de la laguna.
- En sistemas como la Laguna de Cuyutlán, la marea controla gran parte del intercambio hidráulico entre el océano Pacífico y los vasos lagunares.

3 ACTIVIDADES

Las actividades aquí reportadas corresponden a las actividades realizadas por tres brigadas el día 03 y 04 de marzo de 2026.

3.1 Día 1

Punto de monitoreo Palo Verte



Figura 72. Ubicación del Punto de Monitoreo Palo Verde



Figura 73. Ejemplo de descarga.

Estación en el Vaso III.



Figura 74. Estación del Vaso III.

Bajo puente entre los vasos II y I.



Figura 75. Ubicación del punto de monitoreo del Vaso I y II.

3.2 Día 2

Canal tepalcates



Figura 76. Descenso por los sensores canal tepalcates.



Figura 77. Descarga de datos del Vaso III y Vaso II.

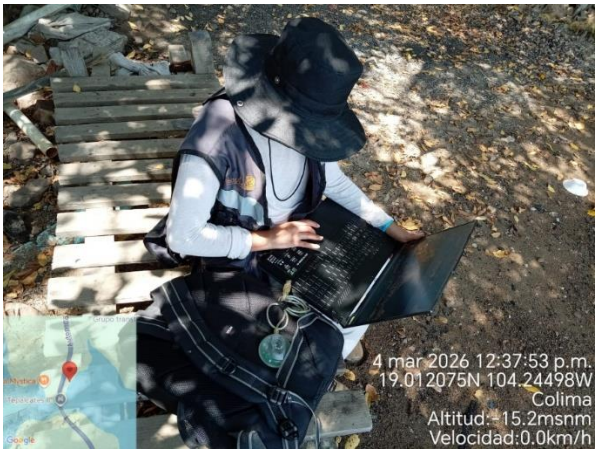


Figura 78. Descarga de datos.



Figura 79. Ejemplo de la salida de datos.

4 RESULTADOS

- Se descargaron 7 estaciones
- Se recuperaron 7 señales de temperatura, salinidad y presión.

HIDROGEOQUÍMICA

1 HIDROGEOQUÍMICA

La hidrogeoquímica se ocupa de entender la evolución química de las aguas subterráneas, visualizando esta transformación como un proceso que ocurre a lo largo del tiempo debido a diversos factores físicos y químicos. La composición del agua subterránea es el resultado de una serie de procesos químicos y físicos que han ocurrido durante cientos a miles de años mientras el agua se mueve desde las áreas de recarga hasta las de descarga.

Para comprender el origen y la concentración de los solutos en las aguas subterráneas, se requiere tanto modelos conceptuales como cuantitativos. Un modelo conceptual define los factores críticos y procesos que influyen en la química del agua subterránea, estableciendo un marco que sirve para formular hipótesis. Estas hipótesis pueden ser refinadas y probadas mediante simulaciones numéricas que complementan el modelo conceptual inicial. Los principios físicos en hidrogeoquímica se refieren a las interacciones y procesos que afectan el movimiento y la composición del agua subterránea algunos son los siguientes:

Flujo del Agua: El movimiento del agua subterránea se rige por la ley de Darcy, que describe cómo el agua se mueve a través de los poros y fracturas de un medio poroso. Este flujo puede ser influenciado por la pendiente del terreno, la permeabilidad de los materiales geológicos y las variaciones en la presión del agua.

Difusión y Convección: La difusión es el movimiento de solutos desde áreas de alta concentración a áreas de baja concentración, mientras que la convección implica el transporte de solutos asociado con el movimiento del agua. Ambas son clave para entender cómo se distribuyen los solutos en el agua subterránea y cómo se interaccionan con el entorno geológico.

Interacciones Químico-Físicas: La química del agua subterránea está influenciada por interacciones entre el agua y los minerales del subsuelo. Procesos como la disolución, precipitación e intercambio iónico afectan la concentración de solutos en el agua. Estos procesos son esenciales para comprender cómo las condiciones

ambientales, como el pH y la temperatura, afectan la solubilidad de los minerales y la composición química del agua.

Derivado a que el agua se mueve por el suelo por diferentes medios la edad y diversas trayectorias del agua subterránea lo que implica que la duración en la que el agua ha estado en el subsuelo y la trayectoria que ha seguido desde su recarga hasta el punto donde sea interceptada ya sea por un manantial, lago, mar, pozo o cualquier cuerpo de agua que descargue. La edad del agua subterránea puede variar ampliamente, desde unos pocos años hasta miles de años. Este tiempo se define en función del tiempo transcurrido desde que el agua fue recargada hasta su extracción. La edad puede ser determinada a través de métodos como el uso de isótopos radiactivos, que permiten estimar el tiempo desde la recarga. Este factor es crucial para entender la química del agua, ya que la edad está relacionada con los procesos químicos y físicos que han influido en su composición durante ese tiempo (Figura 1).

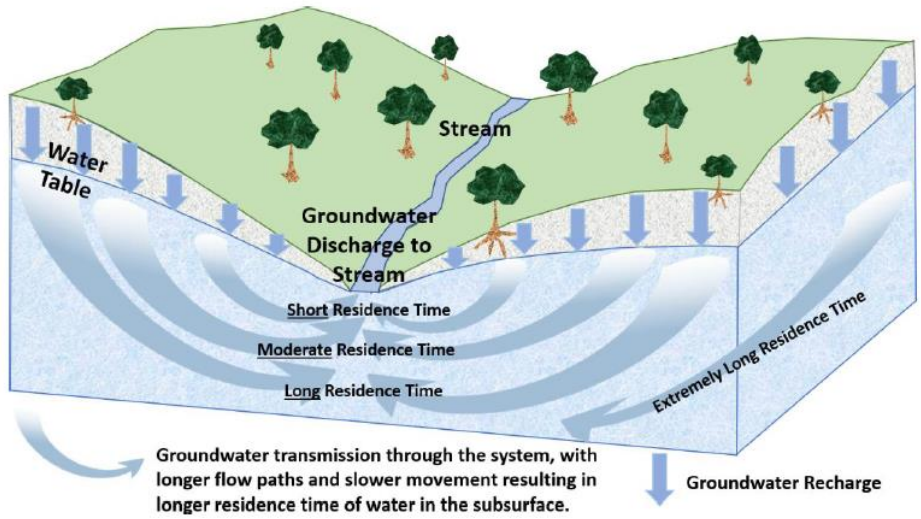


Figura 1. Las diferentes longitudes de las líneas de flujo de agua subterránea (según Poeter et al, 2020).

El camino que sigue el agua subterránea involucra el movimiento a través de diferentes capas geológicas, como el suelo, la zona de vadosa (zona no saturada), y el acuífero (zona saturada con agua). A medida que el agua se mueve por estas capas, interactúa con los materiales geológicos, causando disolución de minerales y cambios en la concentración de solutos. Las trayectorias del agua pueden ser afectadas por la topografía, la permeabilidad de los materiales, y la presencia de estructuras geológicas como fallas o fracturas, que pueden dirigir el flujo de agua (Figura 2).

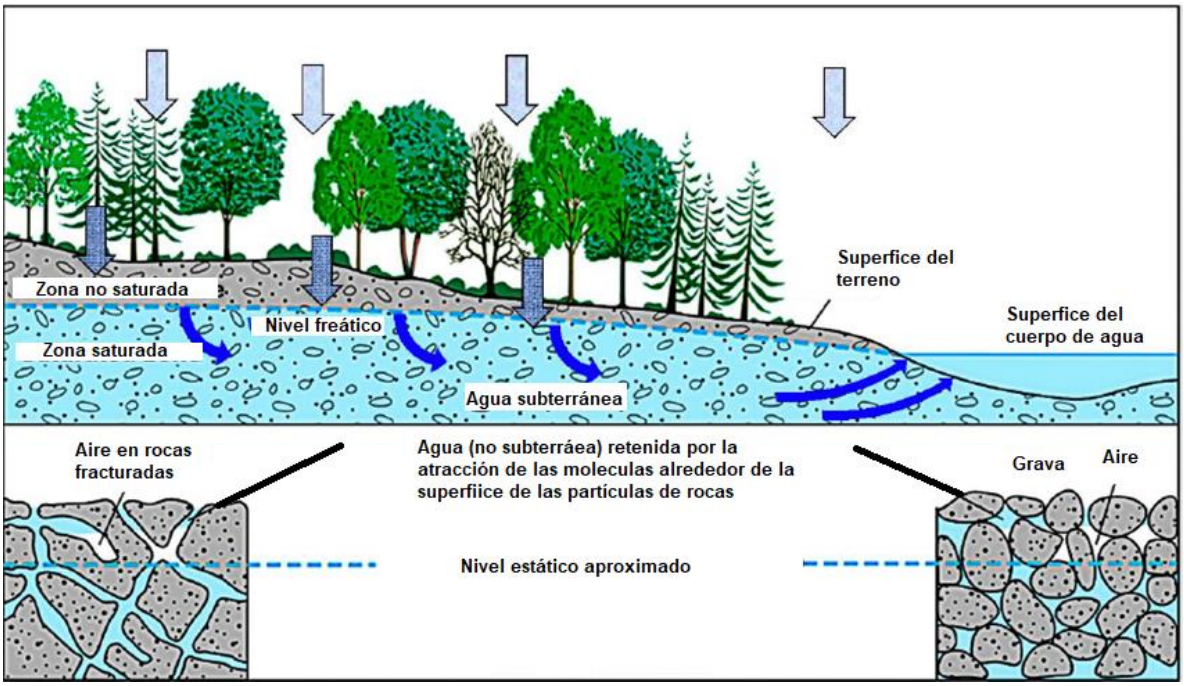


Figura 2. Proceso de recarga y descarga de un acuífero poroso (modificado de USGS, 2022).

A lo largo de este camino, el agua puede experimentar diferentes procesos químicos, lo cual afecta su composición. Por ejemplo, el agua que fluye a lo largo de un camino más largo puede haber interactuado más tiempo con la roca madre, resultando en una mayor disolución de minerales y una variación en la concentración de solutos. Diferentes largos caminos de flujo pueden llevar a diferencias en la edad del agua y su composición química, creando un contexto complejo en la evaluación de recursos hídricos.

La composición del agua subterránea es un aspecto fundamental en la hidrogeología y la hidrogeoquímica, ya que determina tanto la calidad como la disponibilidad de este recurso vital. Este complejo entramado químico resulta de múltiples procesos naturales a lo largo de su recorrido desde la precipitación hasta su acumulación en acuíferos (Wood, 2023). La composición es variable y depende de factores como el tipo de roca, la química del suelo, el tiempo de residencia y los procesos de recarga (Wood, 2023). Generalmente, se reconoce que hasta el 95% de la masa de solutos en el agua subterránea está constituida por unos pocos cationes y aniones clave.

Los elementos son categorizados en mayores, que tienen concentraciones superiores al 1% de la masa total de solutos disueltos; menores, que se encuentran en concentraciones entre 1% y 0.1%; y de traza, que son aquellos en concentraciones menores al 0.1% (Wood, 2023). A pesar de su menor cantidad, estos elementos de traza pueden tener relevancia significativa para la salud humana y la ecología. Entre estos elementos principales se encuentran cationes como el calcio (Ca^{2+}), sodio (Na^{+}) y magnesio (Mg^{2+}) y aniones como el bicarbonato (HCO_3^{-}), cloruro (Cl^{-}) y sulfato (SO_4^{2-}). La molécula de sílice (SiO_2) también juega un papel crucial en la química del agua (Wood, 2023).

Los gases disueltos en el agua subterránea, como el dióxido de carbono (CO_2) y el oxígeno (O_2), son componentes importantes de la química del agua. El CO_2, que proviene de la actividad biológica, desempeña un papel esencial en la formación de ácido carbónico, el cual ayuda en la disolución de minerales y afecta la calidad del agua (Wood, 2023). La presencia de oxígeno es crucial para las reacciones biológicas y también se considera un indicador de la salud de los ecosistemas acuáticos (Wood, 2023).

Las partículas en suspensión en el agua subterránea pueden incluir sedimentos finos, materia orgánica y contaminantes, lo que afecta la turbidez y la calidad general del agua. Estas partículas pueden interactuar con solutos, influyendo en su movilidad y disponibilidad bioquímica (Wood, 2023). La interacción entre partículas y solutos complica la evaluación de la calidad del agua subterránea, ya que las partículas pueden actuar como sitios de adsorción para ciertos contaminantes.

Estos factores determinan cómo los solutos ingresan y se mueven a través de los acuíferos (Wood, 2023). El proceso de recarga ya sea por infiltración de precipitaciones o por cuerpos de agua superficiales, impacta directamente en la composición del agua subterránea, ya que introduce diferentes solutos y gases dependiendo de la composición química del agua de lluvia y del medio ambiente circundante (Wood, 2023).

1.1 Análisis de las familias hidrogeoquímicas del agua subterránea

El origen del agua subterránea en los pozos está regido por factores hidrogeológicos como conductividades hidráulicas de los sedimentos y rocas presentes en la zona. La combinación del flujo entre los mismos y su velocidad del agua a través de estos. La interacción entre el movimiento del agua a través de las rocas ya sea lento o rápido nos da condiciones favorables para disolución de los minerales de las rocas, siendo con mayores concentraciones en un flujo lento en comparación a la de un flujo rápido.

El movimiento de las aguas subterráneas sigue un patrón en la zona saturada, incrementándose los sólidos totales disueltos y la mayor presencia de iones mayores que se encuentran presentes. Las zonas de recargas y las zonas superficiales de descarga de un mismo sistema presentan bajas concentraciones de sólidos totales disueltos en comparación al agua subterránea encontrada a mayor profundidad del mismo sistema (Cherry, 1979).

La evolución normal de la composición del agua está acompañada con los cambios regionales de las especies de aniones dominantes:

Camino a través de un flujo:

$HCO_3^- \rightarrow$ más joven

$HCO_3^- + SO_4^{2-} \rightarrow$

$SO_4^{2-} + HCO_3^- \rightarrow$

$SO_4^{2-} + Cl^- \rightarrow$

$Cl^- + SO_4^{2-} \rightarrow$

Cl^- más viejo

Para grandes cuencas sedimentarias se encuentran tres zonas principales que están correlacionadas con la profundidad de estas (Domenico, 1972):

La zona superficial caracterizada por agua de infiltración con aniones de HCO_3^- dominante y bajo contenido de sólidos totales disueltos.

La zona intermedia con circulación menos activa de agua subterránea y mayor concentración de sólidos totales disueltos. Los SO_4^{2-} es el anión más dominante.

La zona profunda se caracteriza por flujos de agua lentos, la alta solubilidad de los minerales está presente en esta zona. En esta zona hay alta concentración sólidos totales disueltos.

Estas tres zonas no están correlacionadas con la distancia del traslado del agua o el tiempo del viaje, dado que en ciertas cuencas el tiempo varía en años hasta cientos de años.

En cuanto a los cationes, Mifflin (1968) encontró que las especies catiónicas que continúan aumentando a lo largo del camino del flujo son el Na+ y el K+, tanto en ambientes áridos como húmedos. Lo que coincide con lo encontrado por Chebotarev (1955), mencionando que en todos los estados evolutivos el 'Na+ + K+' prevalece en cantidades considerables en el agua subterránea, mientras el Ca2+ y el Mg2+ disminuyen a lo largo de la trayectoria evolutiva, debido a que el Ca2+ precipita cinco veces más rápidamente que el Mg2+; el contenido de Na+ en el agua subterránea suele ser mayor al de K+, porque el primero es más soluble. Sin embargo, el contenido de Na+, K+, Ca2+ y Mg2+ en el agua subterránea puede modificarse sustancialmente bajo la acción de los organismos, el proceso de intercambio de bases y la precipitación como sales de las soluciones saturadas (Chebotarev, 1955).

Existen muchas maneras para clasificar las familias geoquímicas del agua a continuación se mencionan algunas:

Por residuo seco: Agua dulce. Con 0 – 200 ppm, Agua salobre. Contiene sales hasta 5000 ppm, agua salada. Contiene de 40,000 ppm hasta 100, 000 ppm., Salmuera. Contiene sales hasta la saturación de la solución.

Por la dureza: Agua blanda. Contiene de 0 – 50 ppm en CaCO3., Agua dura. Contiene hasta 100 ppm en CaCO3., Dura. Contiene hasta 200 ppm en CaCO3, Muy dura. Contiene hasta la saturación de la solución.

Pero en las clasificaciones geoquímicas se cuentan con las más populares por iones predominantes, clasificación de clases de Palmer, clasificación de Souline y Schoeller. La clasificación por iones predominantes se nombra con base al anión o el catión qué sobrepasa al 50% de sus sumas respectivas o la suma de los dos más abundantes. Con esto se pueden obtener un total de 36 combinaciones con lo que se representa en diagramas triangulares como diagramas de Piper (Figura 3).

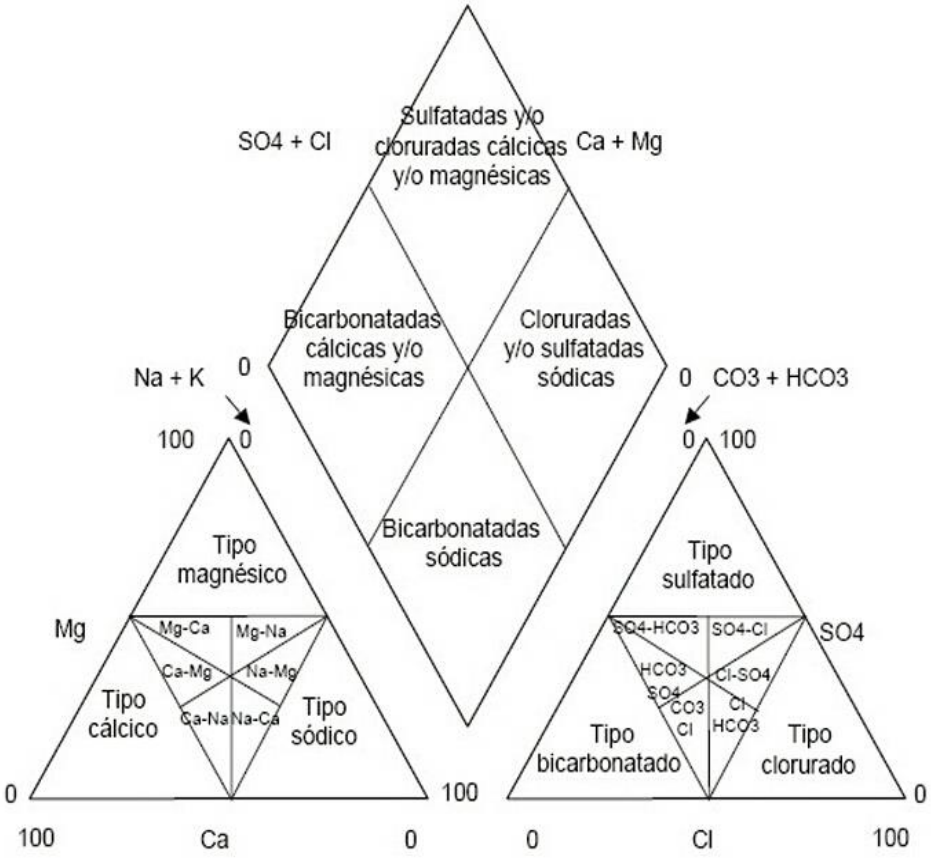


Figura 3. Facies hidrogeoquímicas del agua subterránea con diagramas de Piper.

Otras formas gráficas de analizar la información hidrogeoquímica son con gráficos de Scatter, usados para representar la variación de un parámetro con respecto a otro. Estos gráficos permiten visualizar los efectos de interacción agua-roca, mezcla de diferentes tipos de agua; identificar procesos como intercambios iónicos, dilución y evolución del agua subterránea (Lloyd y Heathcote, 1985).

Referencias

Chebotarev, I. I. (1955). Metamorphism of natural waters in the crust of weathering—1. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *8*(1–2), 22–48. https://doi.org/10.1016/0016-7037(55)90015-6

Mifflin, M. D. (1968). *Delineation of Ground-Water Flow Systems in Nevada*. Center for Water Resources Research, Desert Research Institute, University of Nevada System, Technical Report Series H-W (Número 4, p. 121).

Lloyd, J. W., & Heathcote, J. A. (1985). *Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater: an Introduction*. Clarendon, Oxford.

Metodología para el cálculo de evaporación

1 Cálculo de evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual una sustancia pasa de estado líquido a estado gaseoso en la superficie del líquido, sin llegar a su punto de ebullición. Ocurre cuando las moléculas cercanas a la superficie adquieren suficiente energía cinética para vencer las fuerzas intermoleculares y escapar al aire como vapor. A diferencia de la ebullición, que sucede de manera uniforme en todo el líquido al alcanzar una temperatura crítica, la evaporación es gradual y depende de condiciones superficiales y ambientales.

La evaporación es un componente clave del ciclo hidrológico (Figura 1) y la única vía que conecta el balance hídrico superficial con el balance energético superficial (Li & Wang, 2020; Zhao et al., 2013). Sin una estimación precisa de la evaporación, cualquier modelo o análisis de balance hídrico será incompleto e inexacto (Fisher et al., 2023).



Figura 1. El Ciclo del agua (Tomado de https://ecosistemas.win/).

La evaporación, junto con la transpiración de las plantas (evapotranspiración), constituye una pérdida significativa de agua de las superficies terrestres y cuerpos de agua (Ehtasham et al., 2024; Kay & Davies, 2008). En muchos casos, especialmente en zonas áridas y semiáridas, la evapotranspiración puede ser el proceso hidrológico dominante en términos de la cantidad total de agua perdida en el balance hídrico (Aguilar & Polo, 2011). Incluso, en embalses, lagos y mares interiores, la evaporación por sí sola puede representar hasta la mitad de la pérdida de agua, lo que podría ser comparable a la extracción humana (Fisher et al., 2023).

La cuantificación de la evaporación es vital para diversas aplicaciones en la gestión del agua, como el diseño de embalses de almacenamiento, estudios de balance hídrico en cuencas, suministro de agua municipal e industrial, y la gestión de humedales y tierras agrícolas (Bucur, 2019; Mengistu & Savage, 2009). Conocer las tasas de evaporación ayuda a los tomadores de decisiones a manejar la extracción y el movimiento del agua entre diferentes cuerpos de agua (Fisher et al., 2023).

Los modelos hidrológicos e hidrodinámicos requieren información precisa sobre la evaporación para simular de manera efectiva el flujo de los ríos, lagos y lagunas, el contenido de humedad del suelo y la respuesta de las cuencas a los eventos de lluvia (Kay et al., 2013; Zhao et al., 2013).

2 Metodología

Se pueden utilizar diferentes enfoques para estimar la evaporación utilizando datos meteorológicos de recursos superficiales libres. Estos se clasifican en: (1) balance hídrico, (2) tanques de evaporación, (3) balance energético basado en la relación de Bowen y (4) métodos empíricos. Los métodos empíricos se pueden clasificar en cinco grupos: combinación, radiación solar-temperatura, Dalton (transferencia de masa), temperatura-duración del día y temperatura (Rosenberry et al., 2007).

Para calcular la evaporación la FAO (FAO-56) recomienda la ecuación de Penman–Monteith la cual combina balance de energía y transporte aerodinámico, y está diseñada para condiciones estándar (altura = 0.12 m, albedo 0.23).

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$	(1)

donde

- ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)
- Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor vs. temperatura (kPa/°C)
- R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m^2/día)
- G: Flujo de calor en el suelo (MJ/m^2/día) – suele ser ≈ 0 en escalas diarias
- γ: Constante psicrométrica (kPa/°C)
- T: Temperatura media diaria del aire a 2 m de altura (°C)
- u_2: Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)
- e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a: Presión de vapor actual (kPa)

Para la evaporación en un cuerpo lagunar, se puede usar la ecuación de Pennman abierta modificada, simplificando los términos que dependen del cultivo, pudiendo expresar la ecuación de la siguiente forma:

$$E = w \cdot R_n + (1 - w) \cdot f(u) \cdot (e_s - e_a)$$	(2)

Donde

- E: Evaporación (mm/día)
- R_n: Radiación neta sobre la superficie del agua (mm/día)
- e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a: Presión de vapor real (kPa)
- $e_s - e_a$: Déficit de presión de vapor (kPa)
- $f(u)$: Función del viento, típicamente del tipo $f(u) = a(1 + b \cdot u_2)$, donde u_2 es la velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)
- w: Peso relativo de la radiación frente a la evaporación potencial, definido como:

Donde el peso radiante es:

$$w = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$$	(3)

Con

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor vs temperatura (kPa/°C)

γ: Constante psicrométrica (kPa/°C

y la Pendiente de la curva de presión de vapor respecto a la temperatura se puede calcular con

$\Delta = (0{,}00587\ T + 0{,}6414)^7$ (kPa/ °C):	(4)

Para la constante psicométrica se utiliza la expresión:

$$\gamma = \frac{c_p \cdot P}{\lambda \cdot \varepsilon}$$	(5)

donde

γ constante psicrométrica (Pa/°C o kPa/°C)

Cp: calor específico del aire seco (≈ 1005 J/kg·K)

- P: presión atmosférica total (Pa o kPa)
- λ: calor latente de vaporización del agua (≈ **2.45×10^6 J/kg** a 20 °C)
- ε: relación de masas molares ε=Mw/Ma≈0.622 (Masa molar del vapor de agua / masa molar del aire seco)

Para la radiación neta Rn

$Rn = Rns - Rnl$	(6)

con

$R_{sn}=R_s(1-\alpha)$	(7)

- Rn: Radiación neta (MJ/m²/día)
- Rs: Radiación solar incidente (MJ/m²/día)
- α: Albedo o coeficiente de reflexión (sin unidades)
- Rnl: Radiación neta de onda larga (MJ/m²/día)

Y Rs

$R_s = (a_s + b_s \cdot \frac{n}{N}) \cdot R_a$	(8)

donde

a_s, b_s: Coeficientes empíricos (típicamente $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$)

n: Horas de sol real (h)

N: Máxima duración posible de sol (h)

R_a: Radiación extraterrestre (MJ/m^2/día) → depende de la latitud y el día del año

Ra depende de la latitud y de coeficientes de la siguiente manera:

$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot [\omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s)]$	(9)

R_a: Radiación extraterrestre diaria (MJ/m^2/día)

G_{sc}: Constante solar = **0.0820 MJ/m^2/min**

d_r: Relación de distancia Tierra-Sol (sin unidades)

ω_s: Ángulo horario al amanecer/anochecer (rad)

ϕ: Latitud (radianes)

δ: Decl. solar (radianes)

Y Rnl de la temperatura (en grados kelvin) y la constante de Stefan Boltzman (4.903X10-9 MJ/K^4/M^2/día) y la presión de vapor actual (e_a)

$R_{nl} = \sigma \cdot \frac{(T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4)}{2} \cdot (0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{e_a}) \cdot \left(1.35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right)$	(10)

Y la radiación solar despejada (Rso) que se expresa como:

$R_{so} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} \cdot z) \cdot R_a$	(11)

Donde z en la altitud sobre el nivel del mar

Finalmente, la evaporación es la suma de la componente de radiación wRn mas la componente dinámica (1-w)*f(u)*(es-ea)

Donde es depende de la temperatura

$$e_s(T) = 0.6108 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T}{T + 237.3}\right) \quad (12)$$

Y ea depende de es y de la Humedad relativa

$$e = \frac{RH}{100} \cdot e_s \quad (13)$$

3 Resultados

Se calculó la evaporación de Penmman a través de la ecuación uno. Los valores de temperatura máxima, mínima y promedio se obtuvieron de las estaciones meteorológicas, mientras que los datos de velocidad de viento y humedad relativa se obtuvieron de forma satelital en el punto localizado al centro del cuerpo de agua del Vaso II

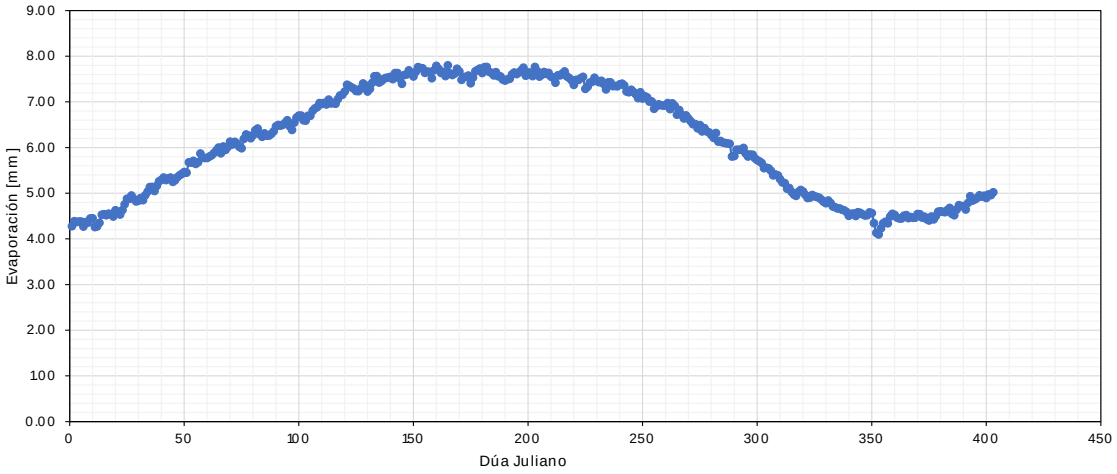
En la Tabla 1. Se muestra un ejemplo de los datos de entrada necesarios para el caculo para el primer mes del año 2025

Año	Día Juliano	Temperatura promedio [°C]	Temperatura máxima [°C]	Temperatura mínima [°C]	Humedad relativa a 2m	Velocidad el viento a 2m [m/s]
2025	1	24.37	27.35	22.58	70.18	1.97
2025	2	25.03	28.29	23.01	73.18	1.47
2025	3	24.76	27.63	23.08	73.2	1.65

2025	4	24.86	28.15	22.52	70.94	2.3
2025	5	25.22	28.72	23.46	66.95	1.73
2025	6	24.58	27.54	22.12	64.61	2.09
2025	7	25.51	28.55	23.54	62.01	2.24
2025	8	25.17	28.08	23.63	65.44	1.21
2025	9	24.89	27.37	23.72	71.78	1.8
2025	10	24.91	28.13	22.81	68.83	2.47
2025	11	22.97	24.44	21.98	73.65	2.06
2025	12	22.77	24.91	21.47	73.57	2.33
2025	13	23.15	26.17	20.71	76.06	1.99
2025	14	24.44	28.44	22.36	73	1.98
2025	15	24.77	28.74	22.24	68.55	2.7

La evaporación se calculó para un año completo más los días que corren del año 2026. El objetivo fue tener un valor promedio anual y obtener el ciclo correspondiente al periodo de modelación

En la Figura se muestra el resultado de la curva de evaporación calculada para el periodo de enero 2025 a febrero de 2026.



Referencias

Li, Wang (2020). An Evaporation Correction Approach and Its Characteristics. Journal of Hydrometeorology. https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0211.1

Fisher, J. B., Dohlen, M. B., Halverson, G. H., Collison, J. W., Pearson, C., & Huntington, J. L. (2023). Remotely sensed terrestrial open water evaporation. *Scientific reports*, *13*(1), 8174. https://doi.org/10.1038/s41598-023-34921-2

Ehtasham, Laraib & Hassan Sherani, Sadia & Nawaz, Faheem. (2024). Acceleration of the hydrological cycle and its impact on water availability over land: an adverse effect of climate change. Meteorology Hydrology and Water Management. 10.26491/mhwm/188920.

Aguilar, C., & Polo, M. J. (2011). Generating reference evapotranspiration surfaces from the Hargreaves equation at watershed scale. *Hydrology and Earth System Sciences*, *15*(8), 2495-2508.

Bucur, D. (Ed.). (2019). *Advanced Evapotranspiration Methods and Applications*. BoD–Books on Demand.

Kay, A. L., Bell, V. A., Blyth, E. M., Crooks, S. M., Davies, H. N., & Reynard, N. S. (2013). A hydrological perspective on evaporation: historical trends and future projections in Britain. *Journal of Water and Climate Change*, *4*(3), 193-208.

Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, II y IV) para medir el impacto hídrico y de sedimentación debido de la construcción de un puerto.

Metodología para la estimación del flujo y volumen de agua subterránea a partir de la Elevación del Nivel Estático

1 Metodología para la estimación del flujo y volumen de agua subterránea a partir de la Elevación del Nivel Estático

1.1 Ley de Darcy

La Ley de Darcy describe el movimiento del agua que atraviesa un medio poroso saturado por un fluido, basada en experimentos de flujo de agua en columnas de agua para su filtración. Establece que el caudal es proporcional al gradiente y al área transversal de flujo. La ley fue propuesta por Henry Darcy en 1856 y establece que el caudal es proporcional al gradiente hidráulico:

$$Q=K\,A\,\frac{dh}{dl}$$

Donde:

- Q= caudal (m^3/s)
- K= conductividad hidráulica (m/s)
- A= área perpendicular al flujo (m^2)
- $\frac{dh}{dl}$= gradiente hidráulico

La conductividad hidráulica (K) es un parámetro que depende tanto del fluido (densidad, viscosidad, etc.) como de las propiedades del medio que se atraviesa (tamaño de grano, conectividad de poros, etc.). El flujo establece es producto de las diferencias de cargas hidráulicas, siendo de cargas más altas a cargas hidráulicas menores.

Esta ley es ampliamente usada para el cálculo conceptual que se atraviesa en una sección de aporte de aguas subterráneas para cuantificar descargar hacia ríos, lagos, mar o zonas costeras.

1.2 Determinación de la carga hidráulica (h)

La construcción de las curvas de elevación del nivel estático se realizó a partir de la información levantada en campo y la cual consiste en las coordenadas X, Y y Z de los pozos censados en el recorrido, elevación del brocal y la profundidad del nivel estático del agua.

La elevación del terreno se realizó mediante la resta de la cota topográfica menos la altura del brocal. Posteriormente, obteniendo el nivel del terreno, se realizó la resta de la profundidad del nivel estático, obteniéndose el valor de la Elevación del Nivel Estático (ENE) para ese pozo. La elevación del nivel estático en cada punto de monitoreo se determinó mediante:

$$h=z_b-d$$

donde:

- h= carga hidráulica (m s.n.m.) o elevación del nivel estático.
- z_b= elevación del brocal (m s.n.m.)
- d= profundidad al nivel del agua (m).

1.3 Determinación del gradiente hidráulico (i)

La determinación del gradiente hidráulico se realizó a partir de la distribución espacial de la carga hidráulica obtenida en los puntos de monitoreo. El gradiente hidráulico (*i*) representa la variación de la carga hidráulica por unidad de distancia en la dirección del flujo y constituye la fuerza impulsora del movimiento del agua subterránea según la Ley de Darcy.

Matemáticamente se expresa como

$$i=\frac{\Delta h}{\Delta l},$$

Donde

$\Delta\, h$ es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos y

Δl es la distancia horizontal que los separa, medida en la dirección perpendicular a las curvas equipotenciales.

Para su estimación, se utilizaron las curvas de carga hidráulica o elevación del nivel estático, calculando la diferencia entre dos curvas consecutivas y dividiéndola entre la distancia mínima entre ellas.

Este procedimiento permitió cuantificar la pendiente hidráulica del sistema y definir la dirección preferencial del flujo subterráneo, la cual ocurre en sentido descendente de la carga hidráulica.

1.4 Determinación de Transmisividad (T)

La transmisividad es un parámetro hidrogeológico que cuantifica la capacidad de un medio para transmitir agua a través de toda su sección saturada. Se define como el producto de la conductividad hidráulica del medio (K) por el espesor saturado del mismo (b). Conceptualmente, mientras la conductividad hidráulica ((K)) describe la facilidad con la que el agua se mueve a través del material poroso, la transmisividad (T) matemáticamente se expresa como:

$$T = K , b$$

Donde

T: es la transmisividad (m^2/s),

K: la conductividad hidráulica (m/s), y

B: el espesor saturado (m).

1.5 Modificación de la ecuación de la Ley de Darcy

El cálculo de las salidas subterráneas por flujo de agua subterránea basado en la Ley de Darcy a partir de las configuraciones de las elevaciones del nivel estático se integra los parámetros siguientes:

$$Q = B * i * T$$

Donde

Q: Caudal (m^3/s)

B: Longitud de la celda (m)

i : Gradiente hidráulico

T : Transmisividad (m²/s)

Donde

T = K , b

Donde

T: es la transmisividad (m²/s),

K: la conductividad hidráulica (m/s) y

b: el espesor saturado (m).

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta l},$$

Donde

Δh es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos y

Δl es la distancia horizontal que los separa, medida en la dirección perpendicular a las curvas equipotenciales.

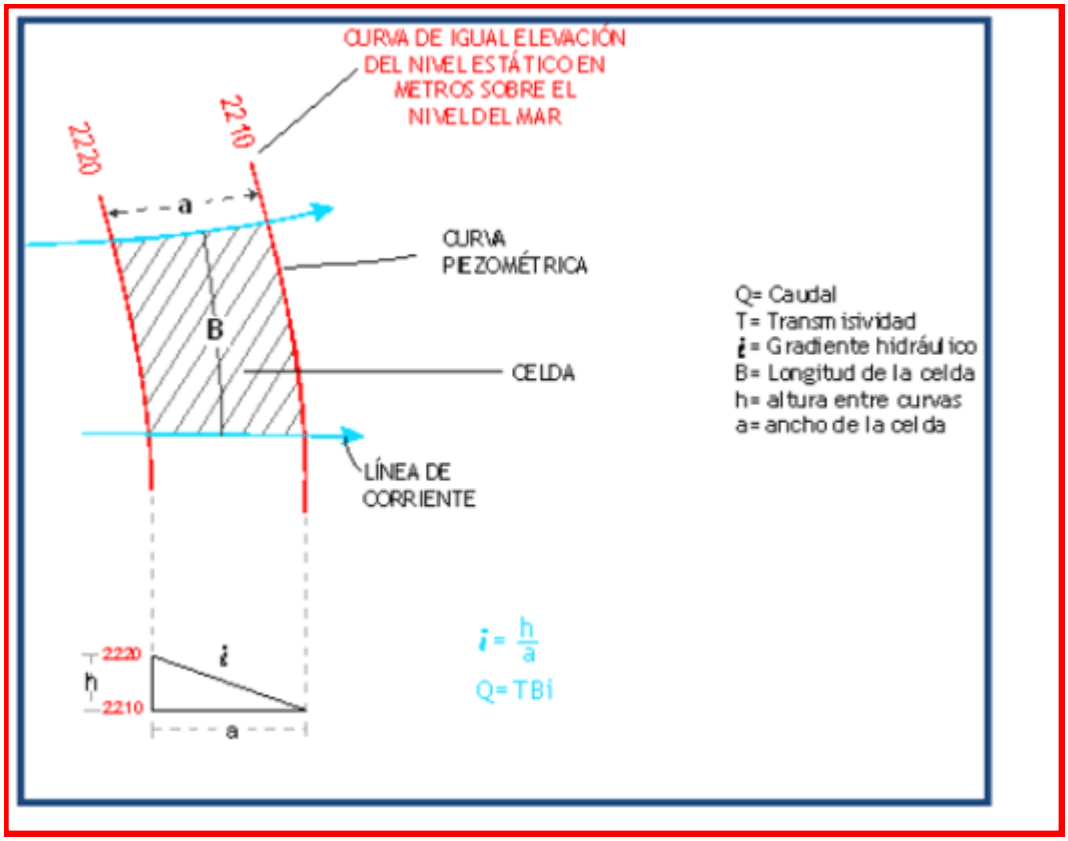


Figura 1. Rehacer la figura

Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, II y IV) para medir el impacto hídrico y de sedimentación debido de la construcción de un puerto.

METODOLOGIAS DE HIDROGEQUÍMICO E ISOTÓPICO

1 MONITOREO HIDROGEQUÍMICO E ISOTÓPICO

En este apartado se presentan los procedimientos realizados en campo durante la recolección de muestras de agua superficial y subterránea desde Manzanillo hasta el Río Armería. Igualmente se describen los procesos para realizar los análisis hidrogeoquímicos, así como los pasos para interpretarlos.

La importancia de este muestreo radica en tener los elementos suficientes para comprender la dinámica del flujo de agua, esto se logra a través del estudio de su composición química y sus propiedades físicas. La caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea exhibe una variabilidad significativa determinada por una interacción compleja de factores geológicos, bioquímicos, climáticos y topográficos. Estos elementos gobiernan la evolución química del sistema en función de la trayectoria del flujo (Shand et al., 2007). Desde una perspectiva física, el agua actúa como un solvente universal de alta eficiencia debido a su elevada constante dieléctrica, propiedad que facilita la disociación de sales y la solubilización de compuestos orgánicos mediante la hidratación de iones (Freeze y Cherry, 1979).

La firma química del agua depende del punto espaciotemporal donde se realice el muestreo. El ciclo evolutivo puede sintetizarse de la siguiente manera (Freeze y Cherry, 1979):

- Fase de Recarga (Aguas Meteóricas): Se caracterizan por ser soluciones oxidantes con altas concentraciones de oxígeno disuelto, baja carga de Sólidos Totales Disueltos (STD) y un pH que oscila de leve a moderadamente ácido.
- Tránsito y Alteración: Al infiltrarse a través de la zona biológicamente activa (suelo) y las unidades geológicas, el fluido adquiere constituyentes químicos mediante procesos de interacción agua-roca.
- Fase de Descarga: En puntos de emergencia (manantiales, ríos o lagos), el agua presenta un estado más "evolucionado". Esto se traduce en un incremento en los STD, una reducción o ausencia de oxígeno disuelto y una tendencia hacia un pH más básico.

El agua natural, en presencia de oxígeno y ácido carbónico (H_2CO_3), actúa como el principal agente de meteorización de la corteza terrestre. En las etapas iniciales de alteración de silicatos, se observa una liberación preferencial de cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), metales alcalinos y alcalinotérreos.

La magnitud de la transferencia de masa desde la fase sólida a la líquida está condicionada por variables críticas (Chebotarev, 1955):

1. Litología y Estructura: El tipo de formación y su porosidad/permeabilidad.
2. Parámetros Termodinámicos: Principalmente la temperatura del fluido.
3. Hidrodinámica: La velocidad del flujo, supeditada al gradiente hidráulico y la conductividad de la formación.

Bajo este esquema, se establece que un flujo de baja salinidad y alta velocidad posee un mayor potencial de disolución en comparación con aguas estancadas o de movimiento lento que se encuentran próximas al equilibrio químico (Chebotarev, 1955).

El transporte de agua subterránea desde las zonas de recarga hacia las de descarga no ocurre de forma lineal o mediante una trayectoria única. Por el contrario, el fluido se desplaza a través de diversas trayectorias con escalas temporales diferenciadas, conocidas como componentes del sistema de flujo (Escolero, 2018). Esta teoría permite integrar el funcionamiento hidrológico de los flujos mediante el reconocimiento de sus zonas de alimentación y emergencia (Fagundo-Castillo et al., 2014).

Makarenko (1948), propuso una zonificación basada en la influencia climática y el nivel base de descarga:

- Zona Superior (Flujo Activo): Caracterizada por una fuerte interacción con las condiciones climáticas. Su límite inferior está definido por el nivel base de descarga de corrientes locales (ríos y arroyos).
- Zona Intermedia (Flujo Retardado): Presenta una influencia climática atenuada. Su descarga está vinculada a los niveles base de grandes arterias fluviales.
- Zona Inferior (Flujo Lento): Zona de circulación profunda con velocidades de flujo mínimas, cuyo nivel base de descarga se sitúa por debajo de los sistemas fluviales principales.

Posteriormente, Tóth (1963) revolucionó este concepto al analizar el potencial hidráulico y los patrones de flujo intercuencas, clasificándolos en sistemas locales, intermedios y regionales, propuesta que Mifflin (1968) robusteció mediante la inclusión de variables indirectas como la temperatura para estimar la profundidad de circulación y la hidrogeoquímica para evaluar el incremento de la mineralización a lo largo de la trayectoria. Bajo este esquema, Mifflin identificó componentes específicos como el flujo local pequeño, caracterizado por rutas cortas e intracuenca con aguas jóvenes ricas en Carbono-14 (14C) y tritio (3H) y bajas concentraciones de Na+, K+, Cl- y SO4 2-; el sistema local, confinado a cuencas topográficas con aguas de edad intermedia y mineralización moderada; y el sistema regional, distinguido por trayectorias extensas alimentadas por múltiples sistemas locales, presencia de aguas termales en la descarga y una elevada carga de constituyentes disueltos.

Finalmente, la teoría de sistemas de flujo integra el concepto de continuidad hidráulica regional (Tóth, 1995), definida como una propiedad fenomenológica de las unidades litoestratigráficas que cuantifica la respuesta de la presión intersticial en un punto de observación ante un estímulo en el origen bajo una escala de tiempo específica. Esta conectividad y el movimiento lateral de los fluidos han sido corroborados por evidencias geofísicas e hidrológicas (Hatch y Carillo, 2017), permitiendo a naciones como Australia, Canadá y el Reino Unido desarrollar políticas públicas más precisas. La transición hacia esta perspectiva sugiere que la administración basada únicamente en balances hídricos estáticos presenta deficiencias críticas, siendo necesaria la comprensión de los sistemas de flujo para una gestión sostenible del recurso subterráneo (Carrillo et al., 2016).

Con el fin de realizar una correcta caracterización del área del sistema de flujo que está siendo estudiado, se recolectaron 24 muestras de agua, repartidas en la zona de estudio. La información hidrogeoquímica obtenida de estos puntos nos ayudará a comprender la dinámica del flujo y la conexión hidrogeológica que hay entre los

distintos cuerpos de agua subterránea y superficial, ya que a partir de la interpretación se pueden deducir procesos físicos como la interacción agua-roca, procesos de evaporación, determinación de familias de agua y distribución espacial de componentes hidrogeoquímicos.

1.1 Logística de muestreo

Se llevó a cabo el muestreo del 10 al 13 de febrero del 2026. Se recolectaron muestras de agua subterránea y de agua superficial quedando la distribución de la siguiente manera:

- 9 pozos
- 4 norias
- 1 muestra en el río Armería
- 6 muestras en el estero Palo Verde
- 2 en el vaso IV
- 3 en el mar.

1.2 Metodología de muestreo

En los 25 sitios muestreados se adquirieron 30 ml de agua para el análisis de aniones (Na^+, NH_4^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}) y cationes (F^-, HCO_3^-, Cl^-, Br^-, NO_3^-, PO_4^{3-} y SO_4^-); 4 ml para el análisis de isótopos estables (Oxígeno-18 y Deuterio); y únicamente en 19 sitios se adquirieron 60 ml para el análisis de elementos traza (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V y Zn).

En cada sitio (a excepción de las muestras de agua de mar) se adquirieron los siguientes datos:

- Coordenadas
- Memoria fotográfica
- Parámetros físico-químicos con una sonda multiparamétrica de la marca Hanna (HI98194/10)[1] (Figura 1), ver Anexo 3.1 para más detalles :
    - Potencial Hidrógeno (pH)
    - Potencial Redox (Eh)
    - Conductividad eléctrica (CE)
    - Resistividad (R)
    - Sólidos totales disueltos (STD)
    - Salinidad (PSU y Sigma t) y temperatura del agua con la sonda multiparamétrica Hanna (HI98194/10)

  Cada día de muestreo, antes de utilizar la sonda multiparamétrica se calibró con sus respectivas soluciones buffer. Y en cada registro se enjuagó con agua destilada antes y después de usar.

[1] No se cuenta con los datos para las muestras de agua de mar



Figura 1. Ejemplo de medición con sonda multiparamétrica

- Parámetros químicos determinados mediante kits de titulación por colorimetría marca LaMotte[2] [3] (Figura 2), ver Anexo 3.2 para especificaciones técnicas:
  - Oxígeno Disuelto
  - Dureza de Calcio
  - Amonio
  - Alcalinidad
  - Sulfito
  - Sulfato
  - Dióxido de Carbono

El análisis de los parámetros físico-químicos, se realizó, según el caso, directamente en el cuerpo de agua, dentro de las norias, o bien, adquiriendo una muestra en un recipiente.

[2] Estos kits se realizaron sólo en algunos sitios
[3] No se cuenta con los datos para las muestras de agua de mar



Figura 2. Ejemplo de medición con kits de colorimetría

Antes de realizar cualquier prueba de medición se enjuagaron los tubos de ensayo y el bote muestreador, al menos tres veces con el agua del pozo que se va a examinar y al finalizar se enjuagaron con agua destilada.
Los residuos químicos generados de cada parámetro analizado se reunieron en botellas de polietileno para su posterior tratamiento en laboratorio. A continuación, se describen las metodologías para la realización de los diferentes kits de titulación.

1.2.1 Oxígeno disuelto

Se llena completamente el bote muestreador con el agua de pozo, evitando que queden burbujas dentro del mismo. Para ello, se utiliza otra botella de polipropileno de mayor diámetro para sumergir el bote muestreador en el agua del pozo.
Posteriormente, se agregan ocho gotas de la solución Sulfato de Manganeso y enseguida ocho gotas de la solución azida de yoduro de potasio alcalino, se tapa, mezcla y se deja reposar por un tiempo hasta que ocurra la precipitación. Cuando el cuello de la botella se vea transparente se añaden ocho gotas de Ácido Sulfúrico 1:1, se tapa y mezcla la solución hasta que el reactivo y el precipitado se homogenicen y disuelvan.
Con la solución obtenida se llenan 20 mL del tubo de ensayo y se comienza la titulación con Tiosulfato de Sodio hasta que la solución baje a un color amarillo pálido, posteriormente se agregan ocho gotas del Indicador de Almidón y se continua la titulación hasta que la solución se vuelva transparente, se lee el resultado de la jeringa de titulación en ppm de oxígeno disuelto. (Figura 3)



Figura 3. Kit de Oxígeno Disuelto

1.2.2 Dureza de Calcio

Se llena el tubo de ensayo con 12.9 mL con el agua del pozo, se agregan seis gotas del Reactivo Hidróxido de Sodio, se mezcla ligeramente y se agrega una pastilla de Reactivo Dureza de Calcio, se vuelve a mezclar hasta que la pastilla se disuelva completamente. Si la solución se torna rosa se procede con la titulación. Cuando la solución se pinta azul, no hay una cantidad medible de dureza de calcio mediante el kit de titulación (> 4 ppm). Mientras se gira suavemente el tubo de ensayo, se va añadiendo el Reactivo para titulación de Dureza N.°7 gota a gota hasta que el color rosa cambie a azul, entonces se registra la cantidad que señala el embolo de la jeringa que corresponde a la dureza de calcio en ppm de carbonato de calcio (CaCO3). (Figura 4)



Figura 4. Kit de Dureza de Calcio

1.2.3 Amonio

Se vacían 5 mililitros de agua de la muestra en un tubo de ensayo, ahí se agrega cinco gotas de reactivo de nitrógeno de amonio '1' y se deja pasar un minuto, posteriormente se agrega doce gotas del nitrógeno de amonio '2' y se deja pasar 6 minutos más. Se lee la cantidad de amonio de la muestra con ayuda de una escala de color. (Figura 5)



Figura 5. Kit de Amonio

1.2.4 Alcalinidad

El tubo de ensayo se llena a 5 mL con el agua de pozo, posteriormente, se le agrega una pastilla indicadora BCG-MR, se tapa y se agita algo rápido hasta que la pastilla se disuelva, tornando a la solución de color azul verdoso. Se llena la jeringa de titulación con el Reactivo de titulación B Alcalinidad, se inserta en el centro de la tapa del tubo de ensay y gentilmente se va presionando para agregar gota a gota el Reactivo B, al mismo tiempo que se va agitando un poco el tubo con la muestra hasta que esta se vuelve morada. Cuando la solución se encuentra sobresaturada se volverá de color rosa, por ello es muy importante ir agregando el reactivo de titulación gota por gota. El valor de la jeringa corresponde a la alcalinidad total en ppm de carbonato de calcio (CaCO3). (Figura 6)



Figura 6. Kit de Alcalinidad

1.2.5 Sulfito

Se vacían 10.5 mililitros de agua de la muestra en un vaso de ensayo, a esta agua se agrega 10 gotas de Sulfi te Reagent A, 5 gotas de Sulfi te Reagent B.

Se titula con una jeringa con el reactivo de titulación Sulfi te Reagent C, añadiendo gota a gota hasta que el color del agua cambie a azul. (Figura 7)



Figura 7. Kit de Sulfito

1.2.6 Sulfato

Se agrega 10 mililitros del agua de la muestra al tubo de ensayo, se agrega una tableta de Sulfate, se mezcla hasta desintegrarse, se inserta la botella de ensayo en la gradilla y se toma la lectura. (Figura 8)



Figura 8. Kit de Sulfato

1.2.7 Dióxido de Carbono (CO2)

Llenar el tubo de ensayo hasta los 20 mL con el agua del pozo y para evitar que se contamine con el aire se debe agregar lo más rápido posible las dos gotas del indicador de Fenolftaleína 1%, si la solución permanece incolora se procede a hacer la titulación, si la solución se torna rosa indica que no hay dióxido de carbono libre presente en la muestra.
Se llena la jeringa de titulación con el Reactivo B de Dióxido de Carbono, se inserta en el agujera central de la tapa de titulación y mientras se mezcla gentilmente se añade gota a gota el reactivo B hasta que la solución se torne rosa claro y mantenga el color por 30 segundos. Se lee y registra el resultado de la prueba directamente de la escala de la jeringa de titulación que está en ppm de Dióxido de Carbono. (Figura 9)



Figura 9. Kit de Dióxido de Carbono

Para la recolección de muestras de agua se procedió a 'ambientar' los envases de polietileno con el agua del sitio en cuestión, enjuagando tres veces antes de tomar las muestras. Las muestras de los elementos traza y iones mayores fueron filtradas por goteo (para no romper ni dañar el filtro) usando un porta-filtro y una membrana millipore de nitrocelulosa de 0.45 µm. La muestra se adquirió con una jeringa de 60 mL. (Figura 10)



Figura 10. Filtrado de muestras con jeringa

Una vez filtrada la muestra de elementos traza se acidificó con ácido nítrico (HNO_3) de alta pureza, hasta alcanzar un pH de 2 unidades para evitar la precipitación de los iones (Appelo y Postma, 2005). Posteriormente, las muestras se almacenaron en una hielera para mantenerlas aproximadamente a 4 °C con la finalidad de evitar la proliferación de bacterias que consumen materia inorgánica y así conservar las especies iónicas.

Las botellas para isótopos y elementos mayores se llenaron sin dejar burbujas de aire dentro de ellas para evitar en medida de lo posible su interacción con la atmósfera y alterar los valores.

En el caso del muestreo en los pozos, se dejaba correr el agua del pozo cierto tiempo, si éste estaba apagado al llegar al sitio. Lo anterior, con el objetivo de asegurar que el agua proviniera del subsuelo y no fuera la almacenada en la tubería. De esta manera se evitan impurezas que pudieran haber sido generadas mientras el agua se mantuvo almacenada en la red hidráulica. Toda la información recabada en campo se registró un formato de campo (Figura 11) para su posterior vaciado computacional y análisis en gabinete.

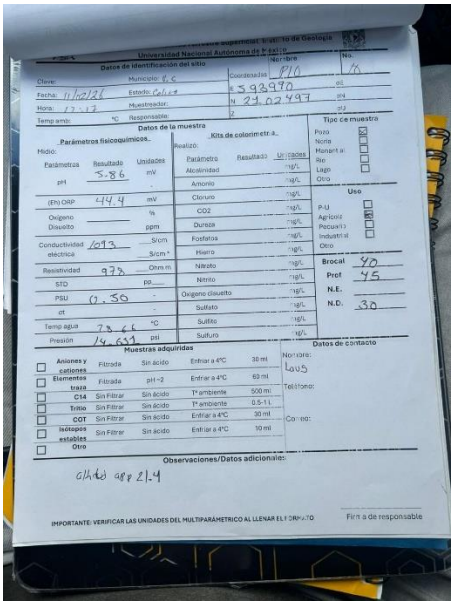


Figura 11. Ejemplo de formato de campo

Para el caso del análisis de los parámetros químicos mediante kits de titulación se enjuagaron los tubos de ensayo y el bote muestreador, al menos tres veces con el agua del pozo que se va a examinar y al finalizar se enjuagaron con agua destilada.
Los residuos químicos generados de cada parámetro analizado se reunieron en botellas (Figura 12) de polietileno para su posterior tratamiento en laboratorio.



Figura 12. Ejemplo de formato de campo

1.3 Metodología de análisis de laboratorio

1.3.1 Medición de aniones y cationes

El análisis de aniones y cationes de las muestras recolectadas se llevó a cabo en el Laboratorio de Cromatografía de Líquidos del Instituto de Geología en la UNAM (Figura 13), donde se llenó un formato con las especificaciones de las muestras y los análisis solicitados (Figura 14).



Figura 13. Entrega de muestras al el Laboratorio de Cromatografía de Líquidos



Figura 14. Llenado del formato en el Laboratorio de Cromatografía de Líquidos

Dicho análisis se realizó con cromatografía de iones, utilizando un cromatógrafo de líquidos, marca Waters® (Figura 15), constituido por un detector de conductividad modelo 432, dos bombas binarias modelo 1525, un automuestreador modelo 717 plus y un desgasificador en línea modelo AF.



Figura 15. Ejemplo cromatógrafo (https://www.waters.com/).

Las condiciones de trabajo para el análisis de aniones fueron las siguientes: una columna analítica IC-Park Anion HR marca Waters® de 4.60 x 75.00 mm, empacada con partículas de 5.00 µm para la fase estacionaria y una mezcla de acetonitrilo/butanol/concentrado de boratos en agua para la fase móvil en modo isocrático a un flujo de 1.00 mL/min (Isocrático, cuando, durante toda la separación, se utiliza siempre el mismo solvente).

Por otra parte, las condiciones de trabajo para el análisis de cationes fueron las siguientes: una columna metrosep C6 250 de 250x4.0 mm de Metrohm® (Figura 16), empacada con partículas de diámetro de 5.00 µm

para la fase estacionaria y una mezcla ácido nítrico/ácido dipicolónico para la fase móvil en modo isocrático con un flujo de 0.90 mL/min.



Figura 16. Ejemplo de columna metrosep C6 250 de 250x4.0 mm marca de Metrohm.

El control de calidad para la cromatografía de iones consiste en construir curvas de calibración preparadas a partir de materiales de referencia certificados (MRC) trazables al NIST (National Institute of Standards and Technologies). Posteriormente, se analiza un blanco (muestra de agua ultrapura) que se analiza e intercala cada 10 muestras para verificar la calibración del equipo. Con los valores encontrados se construyen cartas control para cada analito (componente de interés en la muestra). Adicionalmente al blanco, se analiza aleatoriamente un duplicado de alguna de ellas. Con ello se determina la desviación porcentual relativa, la cual debe ser menor al 3 %.

1.3.2 Medición de elementos traza

Los elementos traza fueron analizados en el Laboratorio de Espectroscopías Atómicas (LANGEM) del Instituto de Geología, UNAM (Figura 17), mediante un plasma de acoplamiento inductivo con un espectrofotómetro de emisión óptica (ICP-OES) con un equipo de última generación Perkin Elmer Optima 8300 DV, ajustado a un instrumento de detección multielemental S10 Perkin-Elmer. El método de análisis está basado en el método epa6010d de la Environmental Protection Agency (2014), que indica los controles de calidad y se basa en el análisis de blancos y muestras de concentraciones conocidas cada 10 muestras.

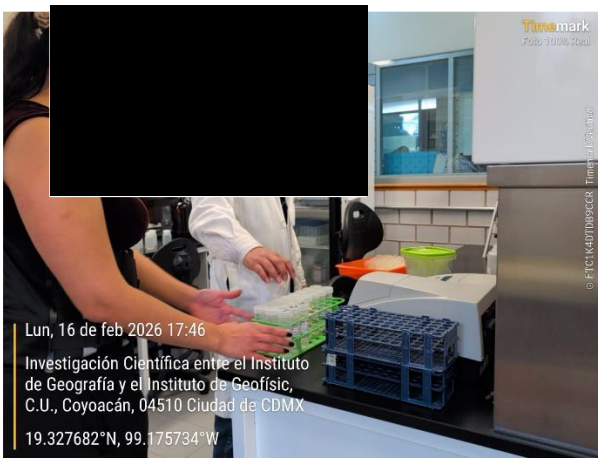


Figura 17. Entrega de muestras al Laboratorio de Espectroscopías Atómicas

El proceso de análisis mediante el espectrómetro PerkinElmer Optima 8300 DV (Figura 18) comienza con la introducción de la muestra de agua previamente acidificada a través de una bomba peristáltica, la cual la dirige hacia un sistema de nebulización donde el fluido se convierte en un aerosol fino mediante una corriente de gas argón. Este aerosol es transportado hacia una antorcha de plasma de acoplamiento inductivo (ICP), donde la tecnología de inducción Flat Plate™ genera un campo de energía que mantiene un plasma a temperaturas extremas, oscilando entre los 6000 K y 10000 K. En este entorno de alta energía, la muestra experimenta procesos sucesivos de desolvatación, atomización e ionización; al retornar a sus estados energéticos fundamentales, los átomos e iones de los elementos presentes (como metales y elementos traza) emiten fotones en longitudes de onda características que actúan como una huella digital óptica.



Figura 18. PerkinElmer Optima 8300 DV

La particularidad del sistema Dual View (DV) permite que el equipo capture estas emisiones desde dos perspectivas distintas: una configuración axial, que observa el plasma a lo largo de su eje para maximizar la sensibilidad en la detección de elementos a niveles de traza, y una configuración radial, que observa a través del plasma para analizar concentraciones mayores y minimizar las interferencias de la matriz química. Finalmente, la luz emitida es procesada por un sistema óptico de alta resolución (red de difracción Echelle) que separa las longitudes de onda específicas, las cuales son registradas por un detector de dispositivo de carga acoplada segmentado (SCD). Este detector convierte la intensidad lumínica en señales eléctricas que son cuantificadas y comparadas con estándares de calibración para determinar con alta precisión la concentración elemental de la muestra original. (PerkinElmer Inc., 2011))

1.3.2 Medición de isótopos estables

Los isótopos estables fueron analizados en el Laboratorio de Isótopos Estables (LANGEM) del Instituto de Geología, UNAM (Figura 19).

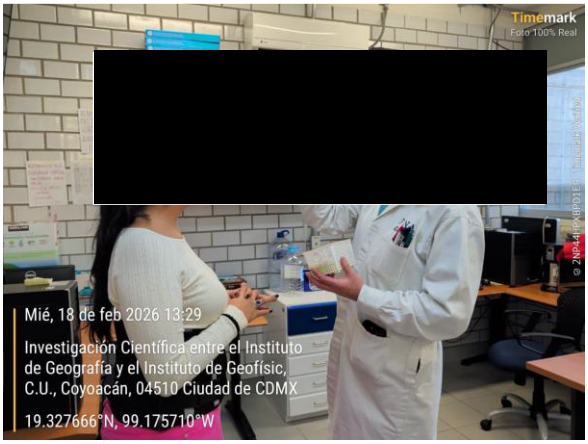


Figura 19. Entrega de muestras al Laboratorio de Isótopos Estables

Las medidas isotópicas de las muestras de agua se realizan utilizando un espectroscopio LGR (Los Gatos Research, Inc.), LWIA (Liquid Water Isotope Analyzer); modelo 908-0008-30001 (Figura 20) para medir isótopos estables que utiliza la técnica SIRIS por sus siglas en inglés (STABLE ISOTOPE RATIO INFRARED SPECTROSCOPY), usando un Automuestrador LC- PAL.



Figura 20. Espectroscopio LGR, LWIA

Las muestras de agua fueron filtradas utilizando una membrana PES (Polietilen sulfona) con un tamaño de poro de 0.2µm y 30 mm de diámetro (Figura 21); se coloca un volumen de 1.75 mL aproximadamente en un vial de 2.0 mL, con septa de teflón. La muestra de agua líquida (920 nanolitros con una jeringa Hamilton de 1.2 microlitros), es introducida a través de un inyector a una temperatura de 105oC y a una presión de 0.05 mBar. El instrumento genera un haz de luz infrarroja y mide la absorción de esta luz en un intervalo de longitud de ondas múltiple provocada por la pérdida de la intensidad luminosa debida al paso de la luz a través de las moléculas de agua que se encuentran en la cavidad.



Figura 21. Membrana PES

Para alcanzar una mayor sensibilidad en la determinación, la luz infrarroja se refleja “n” (≅ millones) de veces en el interior de la cavidad, esto se logra mediante la reflexión de la luz en espejos cóncavos en la cavidad, antes de alcanzar al detector.

La longitud de onda del diodo láser emisor es ajustada en las líneas de absorción de las moléculas de agua (1H216O, 1H2H16O y 1H218O) todas ellas cercanas a los 1390 nm (1,4 µm).

La integración de las áreas de las líneas de absorción resueltas corregidas por efecto de temperatura del gas permiten calcular las concentraciones moleculares; a partir de las cuales se obtienen las relaciones isotópicas atómicas 2H/1H y 18O/16O, (en el equipo).

Cada muestra se inyecta 8 veces (cada inyección se lee 20 veces), estadísticamente se toman las 4 ultimas inyecciones, para evitar el efecto memoria; para verificar los resultados se inyecta un juego de Materiales de Referencia y un estándar interno, cada 10 muestras.

Para estimar la precisión y exactitud de la medida del conjunto de muestras se utiliza una muestra de valor conocido como estándar interno WICO 2, laboratorio de referencia Bottle ID #46 del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). Para esta técnica δ18OVSMOW = –5.11 ± 0.02 ‰ y δ2H VSMOW = -41.9 ± 0.8 ‰ n = 25, la desviación estándar reportada por otros laboratorios es de 0.2 ‰ para la relación isotópica de oxígeno y 2.0 ‰ para hidrógeno. El valor reportado para esta muestra está dado por el Organismo Internacional de Energía Atómica IAEA.

Cada 10 muestras se colocan muestras de agua de composición isotópica conocida.

Los resultados de δ18OVSMOW y δ2H VSMOW son normalizados en la escala VSMOW, utilizando VSMOW y VSLAP (n = 8 de cada Material de Referencia); los resultados (media y desviación estándar se incluyen con los resultados isotópicos de las muestras a analizar) de acuerdo con Coplen (1988 y 2006).

1.4 Metodología para la interpretación de resultados

1.4.1 Diagrama de Piper

El diagrama que Piper (Figura 22) presentó en 1944 representa una evolución de los diagramas triangulares al proponer modificaciones importantes a los diagramas trilineales existentes, (principalmente a los de Hill y Langelier) para el análisis y visualización de datos hidroquímicos. Su diagrama está basado en los constituyentes catiónicos y aniónicos más abundantes en aguas naturales para representar tipos químicos de agua. En el primer grupo se encuentran: Ca2+y Mg2+, conocidos como ‘alcalino térreos’; posteriormente, los ‘álcalis’, Na+y K+, el cual a pesar del primer en aguas naturales es menos abundante que el Na+, por lo que es común ver agrupados a estos dos últimos cationes en diagramas de este tipo. Por otro lado, los menos abundantes son: HCO3-conocido como ‘ácido débil’; SO42-y Cl-conocidos como ‘ácidos fuertes’. Los demás

constituyentes tanto catiónicos como aniónicos menos abundantes que pudieran presentarse en cantidades apreciables en aguas naturales altamente concentradas o de composición inusual se suman con los tres componentes principales con los que están relacionados, (catión o anión) respectivamente, en propiedades químicas, de acuerdo a ciertos rangos de entrada calculados como recíprocos de peso combinando basados en los pesos atómicos internacionales de 1938. (Rodríguez, 2021)

Este diagrama es un método gráfico que ayuda a identificar a simple vista la composición química del agua, con él se identifican las familias de agua, con base a los porcentajes de las concentraciones de iones como Calcio, Sodio, Potasio, Cloruros, Magnesio, Carbonatos, Bicarbonatos y Sulfatos. Para ello, se normalizan las concentraciones de los iones (porcentaje) y se sitúan en diagramas triangulares, el diagrama de Piper consta de dos triángulos en los que se colocan las proporciones de cationes y aniones en [meq/L]. En el triángulo de los aniones el 100% se leen contrario a las manecillas del reloj, el Cl^- se encuentra en la parte inferior del triángulo, en el lado derecho el SO_4^{2-} y de lado izquierdo HCO_3^-. El triángulo de cationes se lee en sentido de las manecillas del reloj, el Ca^{2+} se encuentra abajo, el Mg^{2+} en el lado izquierdo y el Na^+ de lado derecho. Una vez ubicados los puntos se traza una línea paralela al lado derecho del triángulo para los aniones y una línea paralela al lado izquierdo del triángulo para los cationes, estas líneas se unen en un rombo y de este modo la composición química de la muestra queda indicada en un solo punto (Appelo & Postma, 2005). Por ejemplo, bicarbonatada magnésica cálcica, bicarbonatada sódica entre otras.

Entre las utilidades de este diagrama están: la visualización de la evolución geoquímica de las aguas subterráneas; detectar cambio catiónico, mezclas entre dos tipos de agua; procesos de dilución o precipitación de especies iónicas; validar o plantear hipótesis sobre la localización de la zona de recarga de los acuíferos. (Rodríguez, 2021)

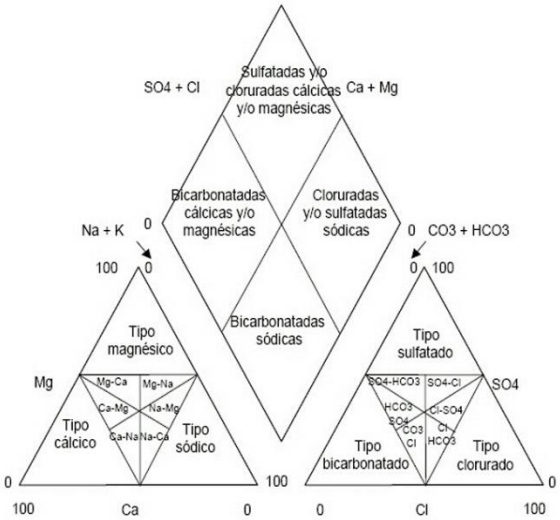


Figura 22. **Familias de agua del diagrama de Piper.**

1.4.1 Diagrama de Stiff

Un **diagrama de Stiff** utiliza tres o cuatro ejes horizontales paralelos que se extienden a cada lado de un eje vertical de valor cero. De este modo, se pueden graficar cationes (colocan Na+ y Cl-, Ca2+) y aniones (y HCO3-, Mg2+ y SO42-) a la izquierda y a la derecha del eje vertical, respectivamente. Las concentraciones se expresan en **meq/l** (miliequivalentes por litro). Los puntos resultantes se conectan para formar un patrón poligonal irregular. El tamaño del patrón es aproximadamente igual al contenido iónico total.

Clásicamente, los pares son sodio-cloruro, calcio-bicarbonato, magnesio-sulfato e hierro-carbonato. Por lo general, la línea de hierro-carbonato es pequeña o inexistente. Además, los diagramas pueden trazarse utilizando una escala de meq/l lineal o logarítmica. El gráfico logarítmico es útil para amplios rangos de composiciones de agua sin tener que cambiar la escala. Este diagrama también puede utilizarse para evaluar la deducción de la roca fuente descrita anteriormente, si la sílice se representa mediante una línea de longitud adecuada. En la Figura 23 se muestran diagramas de Stiff de aguas procedentes de acuíferos de diferentes tipos de roca. En dichos diagramas, los ejes están en escala logarítmica de meq/l. (Hounslow, 1995)

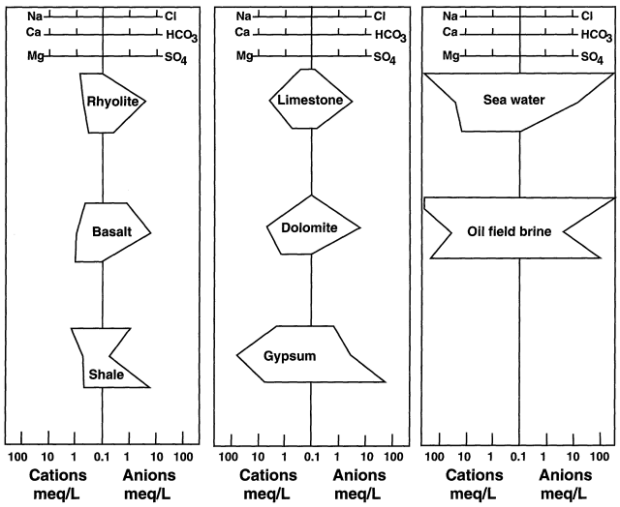


Figura 23. Diagrama de Stiff para diferentes litologías (Tomada de Hounslow, 1995).

1.4.1 Diagrama de Gibbs

Gibbs (1970) propuso dos diagramas para conocer los principales mecanismos que controlan las aguas naturales, uno de ellos considera a los principales cationes que caracterizan los miembros finales de las aguas superficiales del mundo, el Ca2+para los cuerpos de 'agua dulce/fresca' y el Na+para representar los cuerpos de alta salinidad; el segundo diagrama toma en cuenta al Cl-y HCO3-al ser los aniones que se encuentran en mayor concentración en las aguas superficiales. Con estos iones estableció las relaciones: Na+/ (Na++ Ca2+)

y Cl-/ (Cl-+ HCO3-), como funciones de las sales totales disueltas en las aguas superficiales del mundo. Estas relaciones iónicas corresponden al eje 'x' y se grafican contra la variación en la salinidad total (STD) como se muestra en la Figura 24. (Rodriguez, 2021).

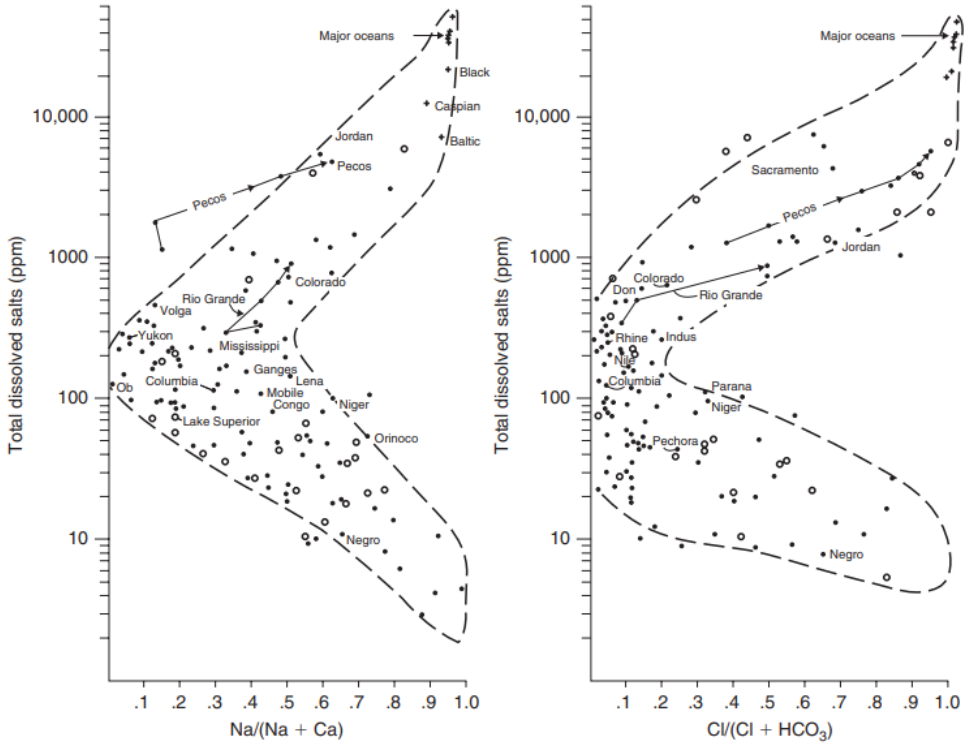


Figura 24. Diagrama de Gibbs con salinidad de cuerpos de agua superficial (Tomada de Appelo & Postma, 2005).

En el diagrama de Gibbs es un gráfico que relaciona la concentración de sólidos disueltos totales y la razón del contenido de Sodio-Potasio-Calcio o Sodio-Bicarbonato. El diagrama presenta tres zonas asociadas a los procesos de evaporación, interacción agua-roca y la precipitación. El patrón observado refleja uno de los tres mecanismos dominantes de la química del agua: precipitación (el cual se encuentra en la zona debajo contenido de iones y STD), interacción agua-roca (dominancia de la roca), y evaporación, de esta manera el diagrama nos permite la identificación de algunos procesos hidrogeoquímicos. La escala del eje y STD es en base logarítmica de 1 hasta 1,00,000. En estos se observa si la muestra se encuentra en el área de dominio de la precipitación, interacción agua roca o evaporación-cristalización. (Gibbs, 1970).

Como se mencionó anteriormente, el diagrama propuesto por Gibbs en 1970 es para aguas superficiales. Sin embargo, también ha sido usado para aguas subterráneas, por lo que Marandi y Shand (2018) analizaron y discutieron los procesos propuestos en el diagrama de Gibbs y aquellos que rigen la química del agua

subterránea en el marco de este diagrama, proponiendo reconsiderar la presentación del contorno de "boomerang" (Figura 25) para parcelas que involucran sistemas de aguas subterráneas, ya que las interacciones agua-roca son las que dominan en estas aguas y por ende, ocupan un área mayor del diagrama.

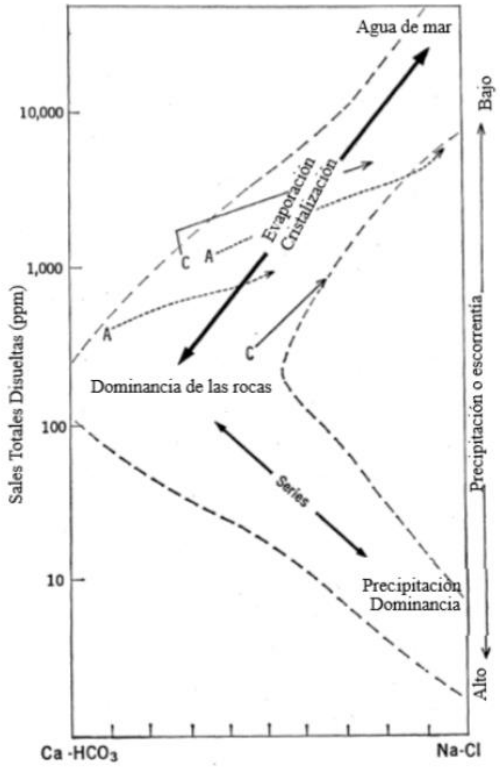


Figura 25. Diagrama con la división de los mecanismos dominantes de la composición química de las aguas superficiales (Tomada de Gibbs, 1970).

1.4.1 Diagrama de dual de isótopos estables

Este diagrama se construye ver la relación entre el contenido de Oxígeno-18 (18O) y Deuterio (2H) en las muestras adquiridas. En el eje de las X se colocan los valores de Oxígeno-18, mientras que en el de las Y, el de Deuterio, ambas cantidades en unidades de per mil (‰). De este modo se pueden comparar los valores obtenidos con la Línea Meteórica Mundial (Figura 26) y así poder definir los procesos por lo que pasó el agua muestreada. Craig (1961), observó una fuerte correlación entre el 18O y el 2H (deuterio) en las aguas dulces mundiales. La línea de regresión para estos datos da como resultado la «línea meteórica mundial» (GMWL), definida como:

$$\delta = D\ 8\ \delta + 18O\ 10‰$$

La regresión de los datos de precipitación produce la misma línea, por lo que la GMWL (Línea Meteórica Mundial) puede utilizarse como un dato de referencia (datum) para comparar la composición isotópica de las aguas superficiales y subterráneas.

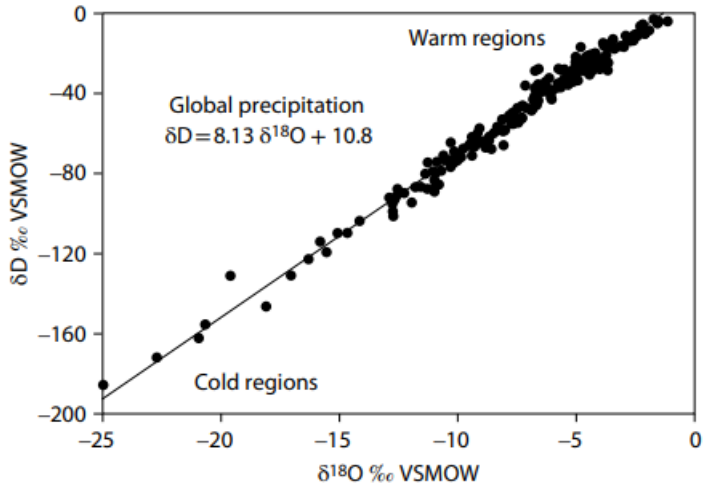


Figura 26. Diagrama dual de la correlación entre δ18O–δD2H (Tomada de Clark, 2015).

2 REFERENCIAS

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). Geochemistry, Groundwater and Pollution (2a ed.). A.A. Balkema Publishers.

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*. CRC press.

Chebotarev, I. I. (1955). Metamorphism of natural waters in the crust of weathering—1. Geochimica et Cosmochimica Acta, 8(1–2), 22–48

Coplen, T. B. (1988). Normalization of oxygen and hydrogen isotope data. *Chemical Geology: Isotope Geoscience Section*, *72*(4), 293-297.

Coplen, T. B., Brand, W. A., Gehre, M., Gröning, M., Meijer, H. A., Toman, B., & Verkouteren, R. M. (2006). New guidelines for δ 13C measurements. *Analytical chemistry*, *78*(7), 2439-2441.

Craig, H. 1961. “Isotopic Variations in Meteoric Waters.” Science 133:1702–1703

Escolero Fuentes, Ó. A. (2018). Los sistemas de flujo de aguas subterráneas. En Sistemas regionales de flujo de agua subterránea en México (1a ed., pp. 57–83). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Fagundo-Castillo, J. R., Alconada-Magliano, M. M., Carrillo-Rivera, J. J., & González-Hernández, P. (2014). Caracterización de los flujos de agua subterránea a partir de su salinidad. Tecnología y Ciencias del Agua, V(3), 63–80.

Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Prentice-Hall

Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms controlling world water chemistry. Science, 170(3962).

Hatch Kuri, G., & Carrillo Rivera, J. J. (2017, julio). ¿Qué hacer con el agua subterránea? Nexos

Hounslow, A. (2018). Water quality data: analysis and interpretation. CRC press.

Makarenko, F. A. (1948). On base flow, Troudy Laboratorii gidrogeologicheskikh problem USSR. Academy of Sciences, 1, 51–71

Martínez Casas, Zaida, sustentante Modelo hidrogeológico local del pozo Santa Catarina 3A / 2022

Mifflin, M. D. (1968). Delineation of Ground-Water Flow Systems in Nevada. Center for Water Resources Research, Desert Research Institute, University of Nevada System, Technical Report Series H-W (Número 4, p. 121)

PerkinElmer Inc. (2011). *Optima 8x00 Series ICP-OES Hardware Guide*. Shelton, CT, USA.

Rodriguez Padilla, Susana, sustentante Establecimiento de la línea base hidroquímica inorgánica del agua subterránea en la subcuenca de chalco, méxico / 2021

Selene, O. O., Ricardo, S. M., Lorena, R. G., Eric, M. C., Olivia, Z. M., Javier, T. L., ... & Felipe, A. V. (2025). Groundwater Flow System and Hydrogeochemical Evolution in Central Mexico's Major Lakes. Hydrological Processes, 39(9), e70252.

Tóth, J. (1963). A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. Journal of Geophysical Research, 68(16), 4795–4812.

Tóth, J. (1995). Hydraulic Continuity In Large Sedimentary Basins. Hydrogeology Journal, 3(4), 4–16

Proyecto:

ELABORACIÓN DE MODELO HIDRODINÁMICO DE LA ZONA COSTERA FRENTE A LA LAGUNA DE CUYUTLÁN, COLIMA Y ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DE LA PLUMA DE SEDIMENTO DE DRAGADO, AÑO 2026

Elaborado para la Administración del Sistema Portuario Nacional de Manzanillo, S.A de C.V

Unidad Académica Sisal del Instituto de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
Sisal, Yucatán

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

LIPC LABORATORIO DE INGENIERÍA Y PROCESOS COSTEROS UNAM

**Elaborado por la Unidad Académica Sisal del Instituto de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
Sisal, Yucatán**



LIPC UNAM | Sisal | Facebook

LIPC UNAM - YouTube

I. Contenido

Tabla de contenido

I. 3II. 5III. 6a. 6b. 6c. 6d. 6e. 7f. 7a. 7II. 71. 72.
103. 104. 12III. 14IV. 181. 182. 193. 21V. 261. 262. 27VI. 361.
372. 37VII. 401. 402. 41VIII. 47IX. 501. 522. 52X. 541. 54XI. 571.
572. 57

II. Introducción

El puerto de Manzanillo San Pedrito es el principal puerto de contenedores de México, sin embargo, el creciente comercio marítimo ha superado su capacidad operativa, necesidad que ha motivado la creación de nuevas áreas portuarias. En este contexto surge el proyecto Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán, ubicado en la Laguna de Cuyutlán, que contempla terminales especializadas y obras marítimas de gran magnitud. Debido a la complejidad hidrodinámica, sedimentaria y la sensibilidad ambiental de la zona, así como al riesgo sísmico regional, es fundamental aplicar modelación numérica integral para evaluar impactos, riesgos y en caso de ser necesario definir medidas de mitigación, sustentando un desarrollo portuario seguro, eficiente y ambientalmente sostenible.

El transporte de sedimento no cohesivo en las costas es generado por el oleaje que al romper genera esfuerzos longitudinales que después de superar ciertos umbrales logran poner el sedimento en movimiento, la intensidad, dirección y depósito de dicho transporte depende de varios factores, entre los principales se encuentran las características granulométricas del sedimento, conformado en gran parte por arena, la forma del perfil de playa, la orientación de la línea de costa y la dirección principal de aproximación del oleaje a la misma, y principalmente la energía del oleaje a lo largo del año.

El sedimento del fondo del sistema lagunar de Cuyutlán está conformado aproximadamente por 30% de finos, material cohesivo, una vez que este material es puesto en suspensión en la columna de agua, es transportado por las corrientes de marea que circulan a través de los vasos del sistema, y hacia el exterior por los canales que comunican la Laguna con el mar. En el caso de actividades de dragado, el material que se dispersa en el ambiente por efecto por el método de dragado, rebose, etc., es mezclado por efectos de turbulencia, hasta su exportación o sedimentación; el material producto del dragado que es vertido en un sitio de tiro en la zona marina, previamente analizado y avalado por estudios oceanográficos, genera una pluma de turbidez y su evolución espacio-temporal dependerá del volumen vertido, la cantidad de sedimento fino por unidad de volumen, la intensidad de las corrientes, la profundidad donde se vierta, el tipo de material, la frecuencia con que se vierta, el periodo de vertido, entre otros. Aquí la importancia radica en la extensión de la pluma de sedimentos con respecto a la concentración del material, y específicamente la dirección hacia donde se mueve la pluma, la distancia a la costa, y con respecto, por ejemplo, a la entrada principal de la marea al sistema lagunar de Cuyutlán.

Las herramientas numéricas que existen en la actualidad permiten realizar un cálculo muy preciso del transporte de sedimentos en la columna de agua, ellas resuelven las ecuaciones de transporte, de una manera numéricamente eficiente y precisa en los resultados. El modelo utilizado para el cálculo de la dispersión de sedimentos fue el sistema de modelación MIKE21 (DHI); para la determinación de la evolución espacio-temporal de la pluma de dispersión de sedimentos se utilizó la batimetría en conjunto interpolada del sistema lagunar – frente costero, las características del sedimento que lo conforman, la velocidad de caída del mismo, la magnitud de la rugosidad, las características de la marea, el oleaje y viento.

Con el objetivo de analizar el impacto del proyecto Puerto Nuevo Manzanillo Cuyutlán a construirse en el Vaso II de dicho Sistema lagunar en los procesos costeros del sistema ambiental acoplado Laguna de Cuyutlán - frente costero, en el presente informe se describen los trabajos realizados de simulación de la hidrodinámica del sistema lagunar de Cuyutlán - frente costero en condiciones actuales y de proyecto, incluyendo el impacto del oleaje que arriba a la zona de estudio, se presentan los resultados del transporte de sedimentos, la dispersión de la pluma de sedimentos producto del vertido del material dragado, se

presenta la generación de la sobre elevación del nivel del mar generada por un evento de tsunami generado a su vez por un sismo, y por último se presenta la evaluación del impacto sobre la costa y sistema lagunar del oleaje generado por un huracán de la máxima categoría que se haya presentado en la costa de colima.

III. Estrategia de modelación

a. Hidrodinámica sistema lagunar-frente costero

La etapa previa a la determinación del transporte de la pluma de dispersión de sedimentos, y del transporte de sedimentos bidimensional fue la determinación de la hidrodinámica en el frente costero del sistema lagunar con el objetivo de determinar los patrones de circulación que ocurren en el frente marino y su interacción con el sistema lagunar.

b. Simulación de oleaje

Primeramente, se propagó numéricamente el oleaje desde aguas profundas con el objetivo de generar el oleaje en la frontera del dominio de cálculo, luego se implementó el modelo de oleaje de alta resolución, que corresponde a la misma sobre la que se ejecutó el modelo hidrodinámico por ser un modelo acoplado, se generaron las mallas bajo condiciones actuales y de proyecto.

c. Transporte de sedimentos en planta

Una vez se ha implementado el modelo hidrodinámico, el transporte de sedimentos arroja como resultados las zonas con mayor tasa de transporte, tanto erosivas como acumulativas, indican los *hotspot* donde ocurren los mayores retrocesos y avances de línea de costa, las zonas con el mayor potencial de acumulación de sedimento al interior del sistema lagunar, también indica hacia dónde se mueve potencialmente el sedimento entre los vasos, así como también permite analizar del grado de afectación del dragado en los patrones de transporte de sedimentos.

d. Dispersión de la pluma de sedimentos

Los forzamientos que intervienen en la dispersión espacio-temporal de la pluma de sedimentos generada a partir del vertimiento del material producto de dragado en el sito de tiro son principalmente las corrientes de marea, el viento y en menor medida el oleaje; el desplazamiento de la pluma dependerá del volumen de material vertido y de la composición de este, así como de la velocidad a la que se descargue el material, es decir, el periodo y la frecuencia de descarga. Como resultado de los factores mencionados, se describirá la evolución de la pluma desde su máxima concentración una vez vertida y hasta que alcance la concentración de sedimentos nativa en la columna de agua.

De igual forma se describirá la evolución del transporte de contaminantes en el vaso II con base en los patrones de corrientes para la condición de proyecto.

e. Análisis de transporte de contaminantes

Se implementará un modelo de trayectoria de partículas sobre el dominio de malla flexible en el vaso II con la meta de determinar cómo será su evolución espacio temporal de acuerdo a las condiciones de los flujos y reflujos de corriente, para diferentes zonas del vaso II: dársena, oriente, centro en canales al norte y sur de las islas, y occidente del vaso II. Como resultados se obtendrá el movimiento de las partículas en determinadas circunstancias de marea, simulando el transporte del sedimento dragado en el vaso II.

f. Simulación de Tsunami

Se simulará la perturbación de la superficie libre generada por un sismo, dicha sobreelevación será generada en aguas abiertas y propagada la onda de tsunami hacia la costa, el objetivo es determinar el alcance máximo que tendrá dicha onda en el frente costero del sistema lagunar, en el Canal de Tepalcates y en el vaso II.

a. Simulación de huracán

Se simulará el oleaje generado por un huracán, a partir de la frontera del dominio de cómputo y propagado hacia la costa, el objetivo es determinar la altura de ola máxima en el frente costero del sistema lagunar, en el Canal de Tepalcates y particularmente en el vaso II.

II. Descripción de modelos

1. Modelo hidrodinámico.

El modelo numérico utilizado para la simulación de la hidrodinámica costera y de transporte de sedimentos en el frente costero del sistema lagunar de Cuyutlán, fue el modelo MIKE21 FM HD. La discretización de las ecuaciones de continuidad y momentum se realiza utilizando el método de volúmenes finitos centrado en la celda, tanto para el espacio geográfico como espectral, utilizando una malla no estructurada para el dominio geográfico. La implementación del modelo consistió en la elaboración de dicha malla, por medio de la cual se describen las características principales del área de estudio, geometría, fricción, condiciones de frontera, a través de la asignación de elevación a los puntos que la constituyen, condiciones iniciales de fricción, viscosidad y condiciones de frontera. Las ecuaciones base del modelo son continuidad, momentum, temperatura, salinidad y densidad, y es aproximado por medio de esquema de cierre turbulento. La simplificación de las ecuaciones de aguas someras incluye la suposición de un fluido incompresible, la eliminación de los términos de difusión e inerciales, parametrizando la fricción del fondo y despreciando la variación del fluido en la columna de agua a través de la integración en la vertical, conduciendo a un modelo numérico bidimensional. Los principales parámetros de calibración de este

modelo fueron la viscosidad de remolino y la fricción de fondo. La ecuación de continuidad y de momentum horizontal en los ejes *x* y *y* integradas en la vertical, son, respectivamente:

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial hu}{\partial x}+\frac{\partial hv}{\partial y}=hS \qquad 1$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^{2}}{\partial x}+\frac{\partial hv\bar{u}}{\partial y}=f\bar{v}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{sx}}{\partial \rho_0}$$
$$-\frac{\partial \tau_{bx}}{\partial \rho_0}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial s_{xy}}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right)+hu_sS \qquad 2$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{v}^{2}}{\partial y}+\frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x}=f\bar{v}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{sy}}{\partial \rho_0}$$
$$-\frac{\partial \tau_{by}}{\partial \rho_0}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial s_{yy}}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)+hv_sS \qquad 3$$

donde la barra sobre la vertical indica que está promediada en la vertical y $h = \eta + d$.

Los esfuerzos laterales T_{ij} incluyen la fricción por viscosidad, fricción turbulenta y la advección diferencial, calculados por medio de la formulación de viscosidad de remolino basada en los gradientes de velocidad promediados en la profundidad:

$$T_{xx}=2A\frac{\partial \bar{u}}{\partial x},\quad T_{xy}=A\left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y}+\frac{\partial \bar{v}}{\partial x}\right),\quad T_{xy}=2A\frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \qquad 4$$

En ***Tabla 1*** se describen las variables que componen las ecuaciones anteriores.

Tabla 1. Definición de las variables en las ecuaciones de gobierno

Variable/ Símbolo	Definición	Variable/ Símbolo	Definición
x, y	Coordenadas cartesianas	*h*	Profundidad
η	Elevación de la Superficie del mar	*t*	Tiempo
ρ	Densidad del agua	ρ_0	Densidad de referencia del agua
P_a	Presión atmosférica	*g*	Aceleración de la gravedad
S	Descarga	*f*	Parámetro de coriolis

$\bar{u}, \bar{v}$	Velocidades en las Direcciones x y y promediadas en la vertical	τ_{bx}, τ_{by}	Componentes del esfuerzo de fondo
$T_{xx}, T_{xy}, T_{yx}, T_{yy},$	Componentes del esfuerzo lateral	τ_{bx}, τ_{by}	Componentes del esfuerzo superficial por viento
$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy},$	Componentes del tensor de radiación	u_s, v_s	Velocidad de descarga de la fuente

Técnica de solución.

La simplificación de las ecuaciones de aguas someras se basa en la suposición de un fluido incompresible y en reducir el problema mediante la integración vertical, eliminando ciertos términos y parametrizando la fricción del fondo para obtener un modelo bidimensional. La solución numérica puede usar esquemas de primer o segundo orden, que difieren en precisión y costo computacional, y su estabilidad se evalúa mediante el número de Courant-Friedrichs-Lewy (CFL), siendo más estable cuando es menor que uno, mayor es la estabilidad:

$$CFL_{HD} = (\sqrt{gh} + |u|)\frac{\Delta t}{\Delta x} + (\sqrt{gh} + |v|)\frac{\Delta t}{\Delta y} \quad 5$$

donde Δx y Δy representan las escalas de longitud características en las direcciones x y y, mientras que Δt corresponde al incremento de tiempo, estimados a partir del tamaño mínimo de los elementos y la profundidad del agua. Las ecuaciones primitivas se discretizan mediante el método de volúmenes finitos usando un esquema lineal. El dominio espacial se divide en elementos sin traslape, triangulares o cuadrangulares, y la velocidad se evalúa en el centro de cada elemento.

Viscosidad de remolino.

La viscosidad de remolino se utiliza para representar los efectos de la turbulencia y otros procesos no resueltos, incorporando esfuerzos adicionales proporcionales al gradiente de la velocidad media. Este enfoque permite que las ecuaciones de momentum consideren tanto el flujo laminar como el turbulento, a diferencia de los modelos que no la incluyen y resuelven directamente las ecuaciones completas.

Modelado de áreas someras.

El sistema lagunar de Cuyutlán–frente costero presenta una gran variación de profundidades y una dinámica de marea que genera fronteras móviles debido a la inundación y secado alternado de las áreas lagunares. Esta condición provoca inestabilidades numéricas en la simulación, que pueden manejarse mediante distintas estrategias de tratamiento de elementos secos y húmedos en la malla de cálculo. El modelo MIKE21 resuelve este problema mediante una aproximación de frontera móvil, utilizando umbrales de profundidad que determinan cuándo los elementos participan en el cálculo del flujo y del momentum.

2. Modelo de oleaje.

Para simular numéricamente el oleaje en el área de estudio, se utilizó el modelo MIKE 21 SW, el cual es un modelo espectral de tercera generación basado en mallas no estructuradas. Este modelo incluye dos tipos de formulaciones: 1) paramétrica direccionalmente desacoplada y, 2) totalmente espectral. En este estudio se utilizó la formulación paramétrica cuasi estacionaria, la cual se basa en la ecuación de conservación de acción de oleaje, que es la densidad de energía dividida por su frecuencia relativa. El modelo numérico describe la evolución del espectro en términos de la dirección de oleaje (θ) y la frecuencia angular relativa (σ); formulado en coordenadas esféricas, la evolución del espectro del oleaje en una posición está dada por la latitud ∅, y la longitud λ, en un instante t (DHI, 2009).

$$\frac{\delta N}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta \emptyset} c_{\emptyset} N + \frac{\delta}{\delta \lambda} c_{\lambda} N + \frac{\delta}{\delta \sigma} c_{\sigma} N + \frac{\delta}{\delta \theta} c_{\theta} N = \frac{S}{\sigma} \quad 6$$

La fuente de energía (S), representa las distintas funciones que describen los procesos físicos de suministro, pérdida o distribución de energía en el espectro de olas, está dada por la Ecuación 2:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \quad 7$$

Donde S_{in} representa la energía del viento transferida de manera lineal y no lineal; S_{nl} representa la transferencia de energía entre componentes; S_{ds} es la disipación de energía de la ola en aguas profundas, S_{bot} es la disipación de energía inducida por el fondo; y S_{surf} es la disipación de energía por rompimiento inducido por profundidad.

La discretización de las ecuaciones de gobierno se realiza utilizando el método de volúmenes finitos centrado en la celda, tanto para el espacio geográfico como espectral, utilizando una malla no estructurada para el dominio geográfico. La integración en tiempo se basa en una aproximación de paso fraccional aplicando un método de multisecuencia explícito para la propagación de acción de oleaje (DHI, op. cit.).

3. Modelo de transporte de sedimentos.

El sistema de modelación implementado integra de manera acoplada un modelo hidrodinámico y un modelo de transporte de sedimentos no cohesivos, permitiendo simular de forma consistente los procesos hidrosedimentológicos dominantes en ambientes costeros. El modelo de transporte de sedimentos estima los flujos sedimentarios en función de las condiciones del flujo medio horizontal calculadas por el modelo hidrodinámico, así como de los esfuerzos de fondo inducidos por el oleaje, los cuales son obtenidos a partir del modelo espectral de oleaje descrito anteriormente. De este modo, el transporte de arena se

representa como el resultado de la interacción no lineal entre las corrientes inducidas por gradientes hidrodinámicos y las oscilaciones orbitales asociadas al oleaje, capturando los mecanismos principales responsables de la movilización y redistribución del sedimento en el dominio de estudio.

El cálculo del transporte sedimentario se realiza de manera sincronizada con la solución hidrodinámica, adoptándose el mismo intervalo de paso de tiempo que el definido en el modelo hidrodinámico, lo que garantiza la coherencia temporal entre ambos procesos. El tiempo total de simulación y la precisión numérica de los resultados están controlados mediante la selección del orden de los esquemas numéricos empleados en la discretización de las ecuaciones gobernantes. En el presente estudio se ha optado por un esquema numérico de primer orden (orden bajo), cuya principal ventaja radica en su mayor estabilidad y eficiencia computacional, permitiendo reducir significativamente los tiempos de cálculo, aunque con un compromiso aceptable en términos de difusión numérica, adecuado para la escala del estudio.

En el modelo bidimensional implementado para el sistema acoplado **sistema lagunar Cuyutlán – frente costero adyacente**, la integración temporal tanto de las ecuaciones de aguas someras como de las ecuaciones de transporte de sedimentos, formuladas bajo un enfoque de advección–dispersión, se lleva a cabo mediante un esquema implícito. Este tipo de esquema permite una mayor estabilidad numérica frente a la rigidez del sistema de ecuaciones, particularmente en dominios con fuertes gradientes de profundidad y velocidad. No obstante, para garantizar la estabilidad y convergencia de la solución, es necesario que el intervalo de paso de tiempo cumpla con las restricciones impuestas por el criterio de Courant–Friedrichs–Lewy (CFL), como se mencionó anteriormente, requiriéndose que el número de CFL sea inferior a la unidad en todo el dominio computacional.

El modelo permite el uso de un paso de tiempo variable, el cual es determinado de manera automática de forma que el número de CFL permanezca por debajo de un valor crítico en todos los nodos de la malla numérica. Para el control de este intervalo temporal se especifica un valor mínimo del paso de tiempo, obtenido a partir del análisis de la malla de cálculo considerando las profundidades locales y las dimensiones de los elementos, así como un valor máximo previamente definido. De esta forma, el intervalo de integración temporal se ajusta dinámicamente a las condiciones hidrodinámicas del sistema, optimizando el balance entre estabilidad numérica, precisión y eficiencia computacional. El paso de tiempo correspondiente a las ecuaciones de transporte de sedimentos se mantiene estrictamente sincronizado con el del modelo hidrodinámico, asegurando una adecuada representación del acoplamiento hidrosedimentológico del sistema.

El transporte de sedimento es calculado como sigue:

$$q_t = q_b + q_s \quad 8$$

Donde q_t es el transporte de sedimento total, q_b es el transporte de fondo y q_s es el transporte de sedimento es suspensión.

En este estudio se utilizó el modelo de transporte de sedimento con la combinación de los forzamientos de oleaje y corrientes. La evolución en el tiempo del fondo en relación con el movimiento oleaje-corrientes es descrito por la siguiente ecuación diferencial de primer orden:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{z(1+a-e^z)}{e^z\,(z-1)+1}\,\frac{1}{U_0}\,\frac{\partial U_0}{\partial t} + \frac{30K}{k}\,\frac{\left(K^2\,U_0^2+U_{f0}^2+2K_z U_{f0} U_0 cos\gamma\right)^{1/2}}{e^z(z-1)+1} \quad 9$$

En donde:

K = constante de von Karman

t = time

z = parámetro relacionado al espesor de la capa límite.

U_0 = Velocidad orbital de la ola cercana al fondo

U_{f0} = velocidad de fricción debida a la corriente dentro de la capa límite de la ola.

γ = ángulo entre la corriente y la ola

k = rugosidad del fondo, 2.5 d_{50} para un fondo plano y 2.5 d_{50} + k_R para un fondo con pequeñas ondas.

d_{50} = tamaño de grano medio

k_R =rugosidad debido al fondo con ondas

Los valores del transporte de sedimento vertical son calculados utilizando la ecuación de difusión:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = w\frac{\partial c}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y}\left(\varepsilon_s \frac{\partial c}{\partial y}\right) \quad 10$$

En donde:

ε_s = *coefficiente de turbulence*

C = concentración del sedimento en suspensión

w = velocidad vertical

4. Modelo de transporte de sedimentos finos

El módulo **Mud Transport** de los modelos **MIKE 21 Flow Model FM** simula de manera integrada los procesos de **erosión, transporte y deposición de sedimentos finos cohesivos** (limos y arcillas, < 63 µm) bajo la acción combinada de **corrientes y oleaje**. El enfoque del modelo se basa en los principios clásicos de Mehta et al. (1989), incorporando como avance relevante la inclusión explícita de los **esfuerzos cortantes de fondo inducidos por el oleaje**, así como los efectos de **consolidación del sedimento** depositado.

El comportamiento de los sedimentos cohesivos está fuertemente condicionado por sus **propiedades fisicoquímicas**. Las partículas de arcilla, con estructura laminar y carga eléctrica negativa, interactúan en

medios salinos mediante la formación de una doble capa eléctrica. Aunque estas cargas generan fuerzas repulsivas, la **compresión de la doble capa en aguas salinas** activa fuerzas atractivas tipo van der Waals, favoreciendo la **floculación** y la formación de agregados de mayor tamaño. Este proceso depende tanto de la **concentración de sedimentos en suspensión** como de la **intensidad de la turbulencia**, la cual puede promover la formación o la ruptura de flóculos en función del esfuerzo cortante turbulento.

Debido a la complejidad de los mecanismos involucrados, no existe aún una formulación completamente determinista y universal para describir el comportamiento de los sedimentos cohesivos. En consecuencia, los procesos de erosión y deposición se representan mediante **relaciones empíricas**, sustentadas en principios físicos, las variables más importante son las características sedimentológicas del fondo, capacidad de erosión, biología, velocidades de sedimentación, concentraciones de sedimento en suspensión, perfiles verticales de velocidad y concentración, grados de compactación, influencia del oleaje y esfuerzos cortantes críticos para erosión y deposición.

El modelo distingue entre un **módulo de la columna de agua** y un **módulo del fondo**, acoplados mediante términos fuente y sumidero dentro de una formulación de **advección–dispersión**. Dado que las velocidades de caída de los sedimentos finos son bajas en comparación con las arenas, las concentraciones en suspensión no responden de manera instantánea a los cambios hidrodinámicos. Este desfase, conocido como **retraso en asentamientos y en lavado** (Postma, 1967), es un mecanismo clave en la formación de **máximos de turbidez**, particularmente en ambientes estuarinos.

El transporte de sedimentos finos en suspensión está dominado por **corrientes de largo período** (principalmente mareales), mientras que el oleaje de viento actúa como un agente de **resuspensión**, facilitando la reentrada del sedimento previamente depositado o consolidado. Los procesos en el fondo se representan mediante un esquema de **lecho multicapa**, donde cada capa se caracteriza por parámetros específicos como esfuerzo crítico de erosión, coeficiente y exponente de erosión, densidad del sedimento seco y estado de consolidación. La **consolidación** se modela como una transferencia progresiva de sedimento entre capas, mientras que la **licuefacción inducida por oleaje** se incorpora como una reducción temporal de la resistencia del lecho.

Las formulaciones base para el transporte de material fino se ubican dentro del módulo de advección-dispersión, la ecuación es:

$$\frac{\partial \underline{c}}{\partial t} + u\frac{\partial \underline{c}}{\partial x} + v\frac{\partial \underline{c}}{\partial y} = \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left(hD_x\frac{\partial \underline{c}}{\partial x}\right) + \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}\left(hD_y\frac{\partial \underline{c}}{\partial y}\right) + Q_L C_h\frac{1}{h} - S \quad 11$$

Donde $\underline{c}$ es la concentración de la masa promediada en la profundidad (kg m^{-3}); u, v son las velocidades del flujo promediadas en la profundidad (m s^{-1}); D_x y D_y son los coeficientes de dispersión; h es la profundidad del agua; S es el término de depositación/erosión (kg m^{-3} s^{-1}); Q_L es la fuente de descarga por unidad de área horizontal (m^3 s^{-1} m^{-2}); y C_L es la concentración de la fuente de descarga (kg m^3). El esfuerzo cortante de fondo τ_b (N m^{-2}) es calculado con respecto a las corrientes y oleaje utilizando la siguiente ecuación:

$$\tau_c = \frac{1}{2}\rho f_w\left(U_0^2 + U_{f0}^2 + 2U_{f0}U_0 cos\gamma\right) \quad 12$$

Donde ρ es la densidad del agua (kg m^{-3}), f_w es el factor de fricción del oleaje, los demás parámetros ya fueron definidos. La fórmula para la depositación del sedimento es:

$$S_d = w_s C_b p_d \quad 13$$

Donde S_d es la tasa de sedimentación (kg m-3 s-1), w_s es la velocidad de caída (m s-1), C_b es la concentración del fondo (kg m-3) y p_d es la probabilidad de sedimentación, calculada con base en el esfuerzo cortante de fondo (τ_b, N m^2) y el esfuerzo cortante de fondo crítico (τ_{cd}, N m^2), 1-τ_b/τ_{cd}.

III. Datos de entrada

El forzamiento del modelo acoplado se llevó a cabo con marea, viento y oleaje. En la ***Figura 1*** se muestra el nivel del mar predicho introducido como condición de frontera en el modelo hidrodinámico; el rango máximo de marea es de 109 cm, con un promedio de 0.58 m, un rango de 1.03 m y una moda de 0.49 m, ***Tabla 2***. El tipo de marea corresponde a una marea semidiurna mixta, con predominancia diurna (coeficiente de Courtier de 0.86). Los armónicos de marea principales diurnos son K_1(0.15 m) y O_1(0.11 m), y los armónicos semidiurnos principales son M_2(0.11 m) y S_2(0.18 m), Tabla 3.

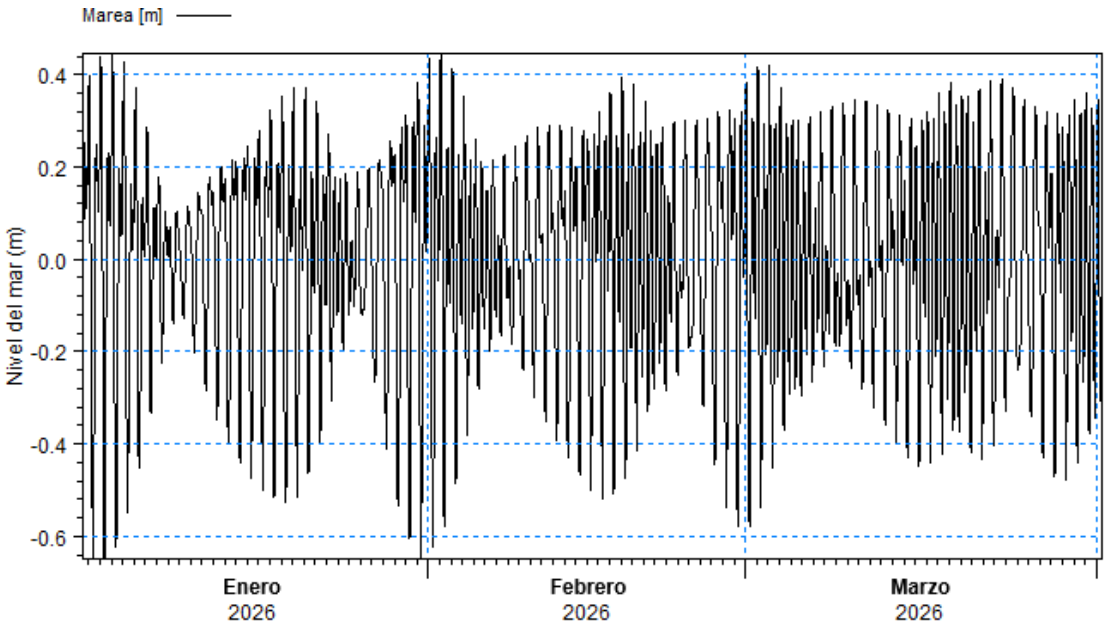


Figura 1. Nivel del mar en el frente costero del sistema lagunar de Cuyutlán.

Tabla 2. Estadística de los rangos de marea en el frente costero del sistema lagunar de Cuyutlán.

7			
Estadístico	**Valor**	**Estadístico**	**Valor**
Máximo	1.09	**Mediana**	0.58
Promedio	0.58	**Desv. Est.**	0.21
Mínimo	0.06	**Q25**	0.42
Rango	1.03	**Q50**	0.58
Moda	0.49	**Q75**	0.74

Tabla 3. Armónicos de marea.

Armónico	Amplitud	Fase	Periodo (horas)
S2	0.18	100.13	12.00
K1	0.15	351.88	23.93
M2	0.12	96.68	12.42
O1	0.11	326.69	25.82
N2	0.05	81.62	12.66
Q1	0.03	309.91	26.87
NO1	0.01	201.96	24.83
L2	0.0052	61.71	12.19
2Q1	0.0013	256.68	28.01
OO1	0.0012	176.14	22.31
UPS1	0.0011	234.69	21.58
ETA2	0.0011	143.70	11.75
J1	0.0010	149.08	23.10

La base de datos de viento introducida como parte de los forzamientos indica que 40% de las observaciones proviene de SSO-OSO, mientras que 56.85% proviene del sector direccional sur - oeste. La magnitud máxima de la velocidad fue de 3.57 m/s con dirección de aproximación del sur, ***Figura 2*** y ***Figura 3.***

En la ***Figura 4*** y ***Figura 5*** se muestran las series de tiempo de oleaje y rosa de oleaje, respectivamente, la altura de ola varió de 0.71 m a 1.82 m, con un valor promedio de 0.72 m; el periodo fluctuó de 12.88 segundos a 21.76 segundos, con un valor promedio de 5.22 s; la dirección del oleaje provino en promedio del sur, abracando un rango de WSW – WNW; aprox. 90% del oleaje provino del sector SSW-W.

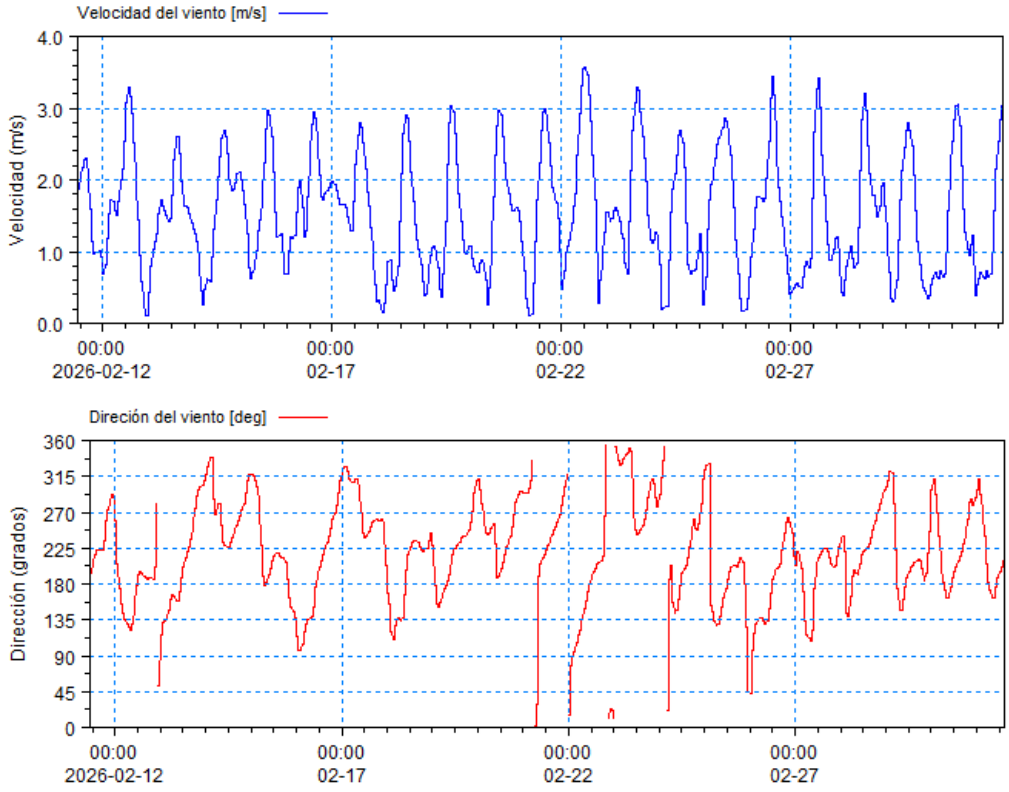


Figura 2. Serie de tiempo del viento, magnitud de velocidad, panel superior y dirección, panel inferior.

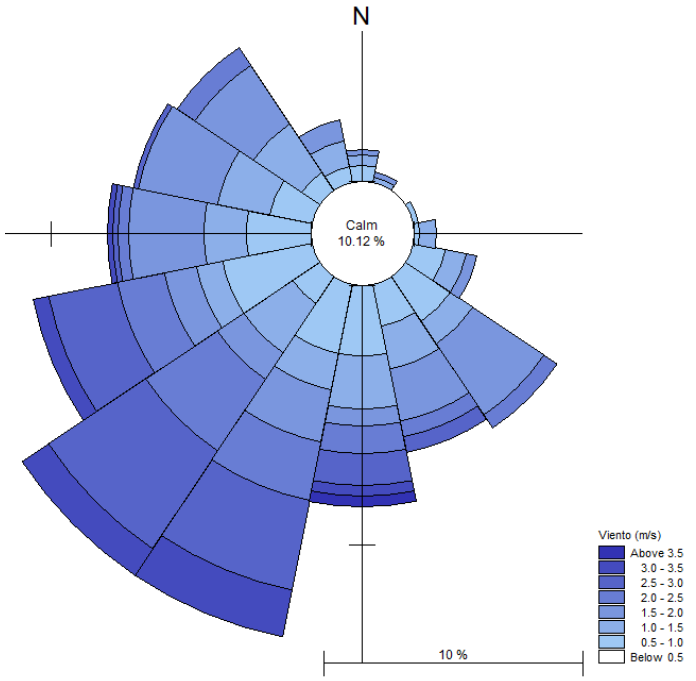


Figura 3. Rosa de viento.

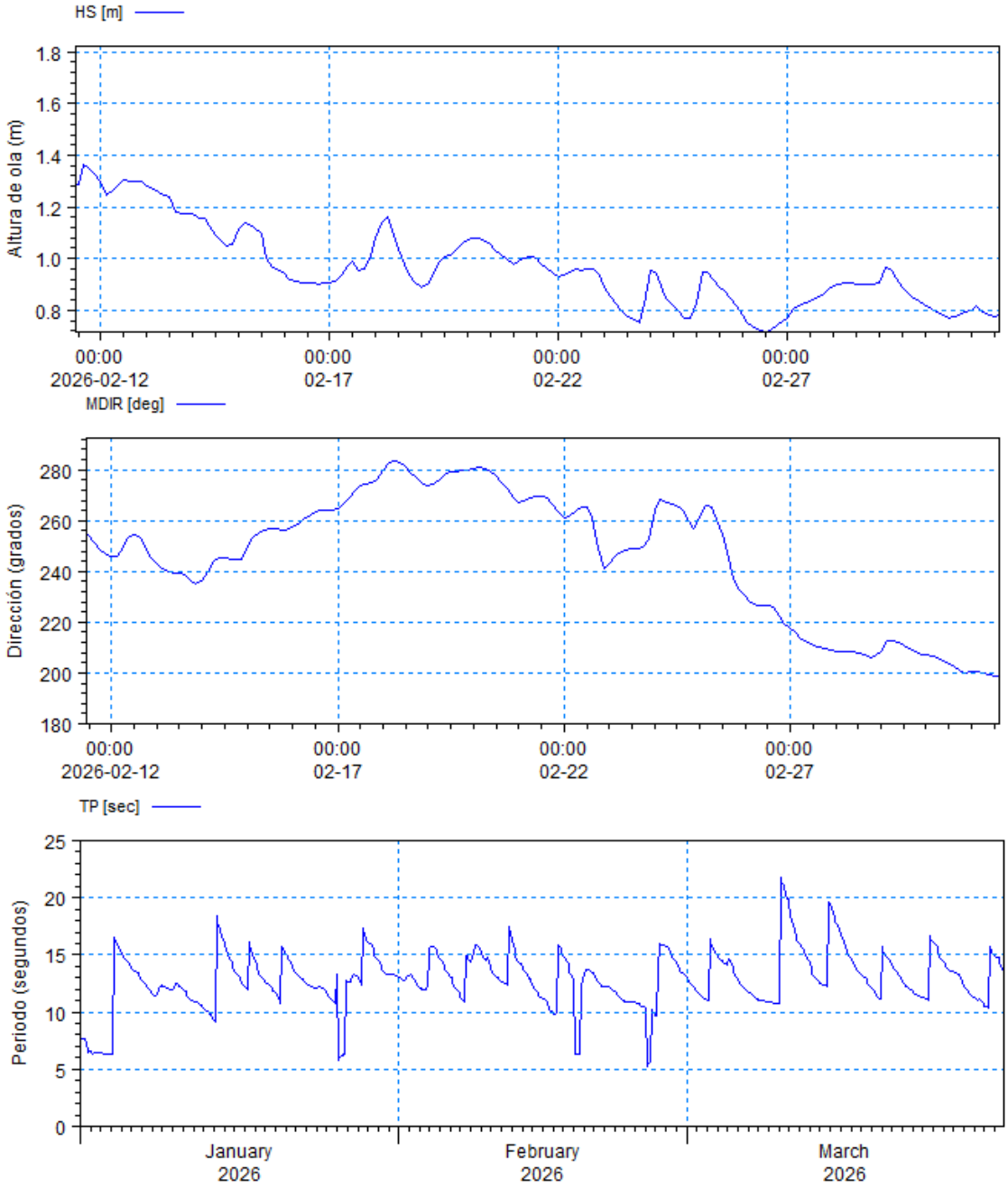


Figura 4. Series de tiempo de oleaje.

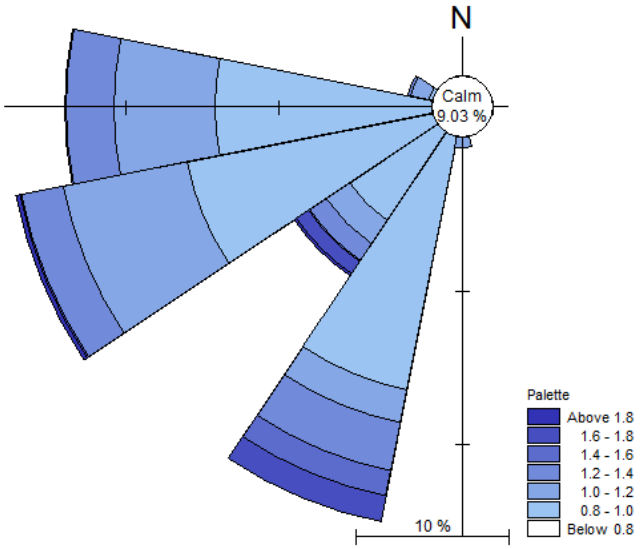


Figura 5. Rosa de oleaje.

IV. Modelación de oleaje

1. Configuración del modelo (Set up)

En la **Tabla 3** se describe la configuración del modelo para cada caso de oleaje. El *Settig up* de un modelo se refiere a transformar los datos y casos de oleaje reales en un formato que pueda ser leído y entendido por el modelo numérico.

Tabla 3. Set up del modelo de oleaje.

Set Up	VALOR
Formulación espectral	Paramétrica direccionalmente desacoplada
Formulación temporal	Estacionaria
Periodo de simulación	20 días
Intervalo de tiempo	1800 s
Número de pasos de tiempo.	958
Discretización en la frecuencia y dirección	360°; número de divisiones: 32
Formulación Estacionaria	Geográfica: Bajo orden, algoritmo rápido.
	Método: Newton-Raphson iteration

	Número máximo de iteraciones: 500
	Factor de relajación: 0.1
Difracción y frecuencia	Factor de suavizado: 1
	Número de pasos de suavizado: 1
Rotura de Oleaje	Modelo: oleaje en rotura, con parámetros de rotura especificado y constante (γ).
	Valor Gamma = 0.8
Fricción de fondo	Mapa con rango de valores de 10-50
Condiciones iniciales	Tipo: Espectro JONWSWAP Fetch growth expression
Condiciones de frontera	Frontera Suroeste: • Altura de ola, periodo pico y dirección. Desviación estándar de la dirección.
	Otras fronteras: Frontera laterales

2. Dominio de cómputo

En la ***Figura 6*** y ***Figura 7*** muestra la batimetría del dominio de cómputo y la malla del modelo del sistema laguna de Cuyutlán – frente costero, la malla se extiende 36.15 km a lo largo de la costa con orientación ONO-ESE, 11.6 km hacia mar adentro al Suroeste, y abarcando los 4 vasos del sistema lagunar. La batimetría fue obtenida de datos medidos e interpolada con datos batimétricos provenientes de portulanos de SEMAR, la profundidad máxima que abarca la malla es de 653 m.

La malla es del tipo flexible, y cuenta con 12093 elementos triangulares y 22601 nodos, el tamaño de los elementos que la componen va de 2 km m por lado de triángulo en la zona más profunda a 5 m en la zona de mayor resolución al interior de los vasos que componen la laguna.

En la ***Figura 8*** se muestran las fronteras del modelo, 4 están en la zona marina: norte (rosa), noroeste (longitud 10.5 km, orientación NNO-SSO, color verde aguamarina), suroeste (longitud de 36.5 km, orientación SSO-NNO, color amarillo), sureste (longitud 11 km, orientación SSO-NNO, color azul), Vaso IV (longitud de 80 m, orientación OSO-ENE, color verde) y Canal ventanas (longitud 27 m, orientación N-S, color rojo). A través de estas fronteras se introdujeron los forzamientos de oleaje y marea, el viento fue introducido como serie de tiempo constante en todo el dominio, el viento de huracán fue introducido variable en el tiempo y en el dominio como la evolución espaciotemporal del huracán.

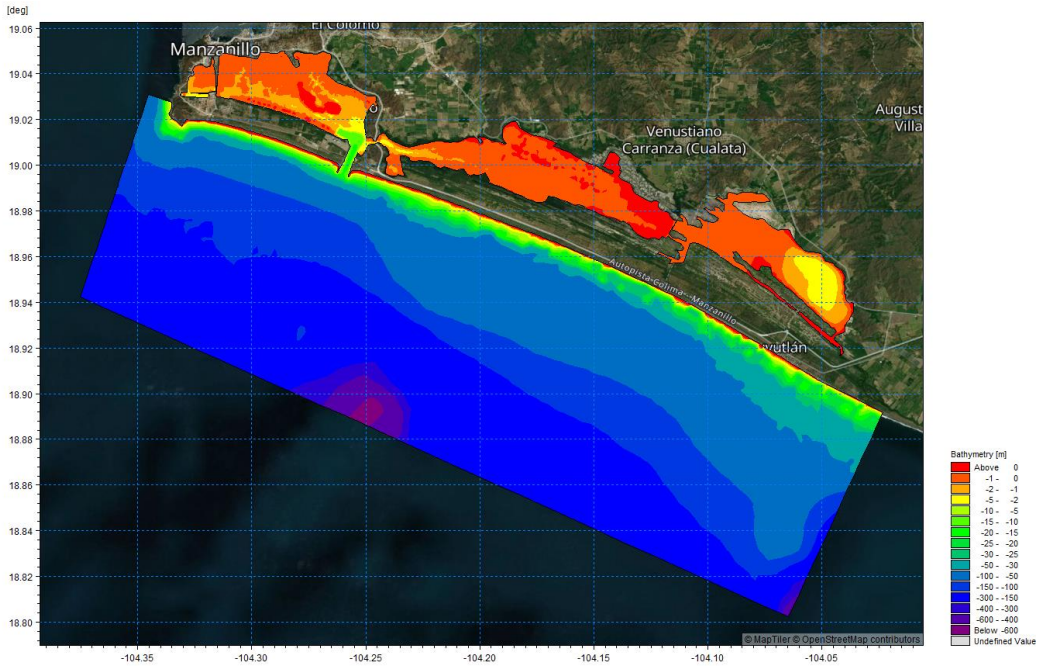


Figura 6. Batimetría *del* sistema laguna Cuyutlán - *frente costero.*

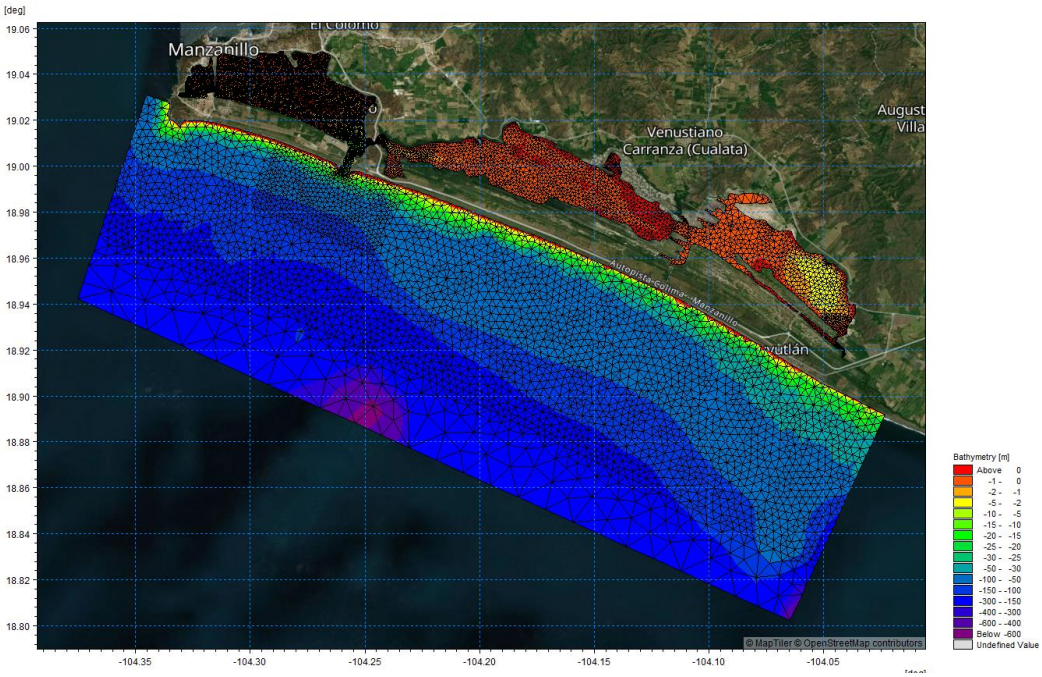


Figura 7. Malla de cálculo *del* sistema laguna Cuyutlán - *frente costero.*

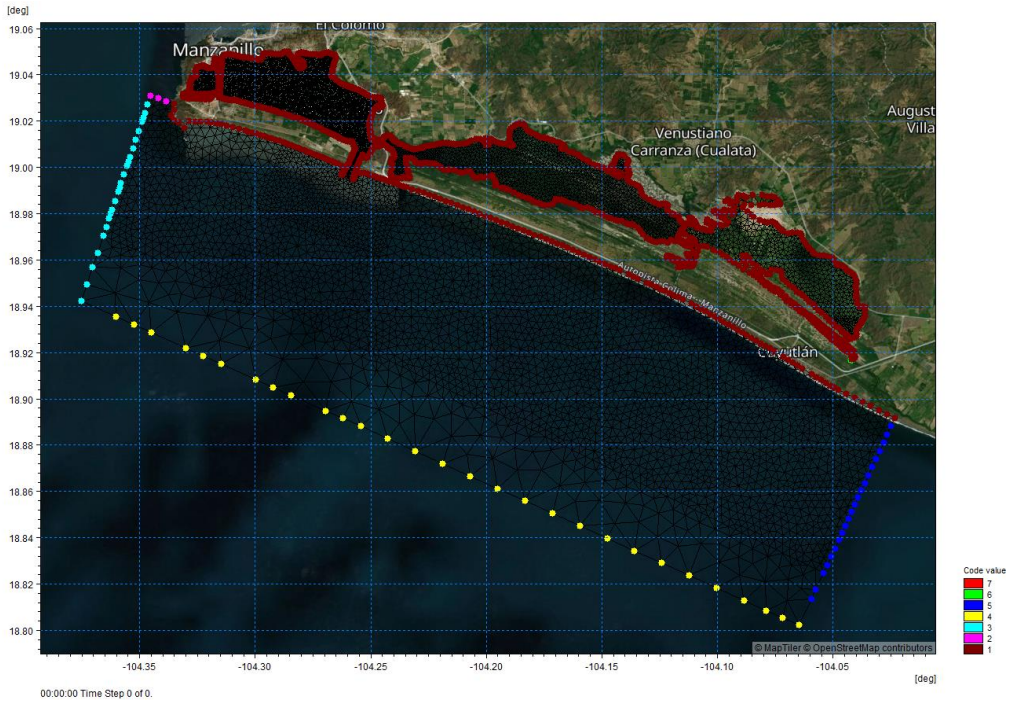


Figura 8. Fronteras del modelo numérico.

3. Resultados de oleaje

En la ***Figura 9*** se muestra el campo de vectores de oleaje para la condición actual, en el panel superior se muestra la altura de ola para el dominio de cómputo y en el panel inferior un acercamiento a la aproximación del oleaje al Canal Tepalcates y vaso II; en la figura se muestra el instante correspondiente a una altura de ola propagada en la frontera es de 0.85 m proveniente del OSO (292.5° con respecto al norte), el oleaje en el frente del Canal Tepalcates pierde 12% de la energía. En el panel inferior se muestra el acercamiento a la propagación del oleaje en el vaso II; el oleaje que logra penetrar a la zona central del Canal Tepalcates lo hace con el 30% de la energía con que inicia en la frontera, en la dársena de ciaboga, el oleaje ha perdido el 80% de la energía, y en la zona oriental del vaso II, norte de la dársena, el oleaje arriba con menos del 6% de la energía del oleaje. Debido a la dirección de aproximación del oleaje, éste no penetra más allá del Canal Tepalcates, por lo que el oleaje normal no logra penetrar al Vaso II del sistema lagunar. En la Figura 10 se muestra las series de tiempo de altura de ola para la frontera en comparación con el Canal Tepalcates y la zona oriente del vaso II, como se muestra, el oleaje que penetra

al Canal Tepalcates disminuye su altura en más de 50% con respecto a la frontera, y en el vaso II el oleaje es menor a 12 cm para el periodo de simulación.

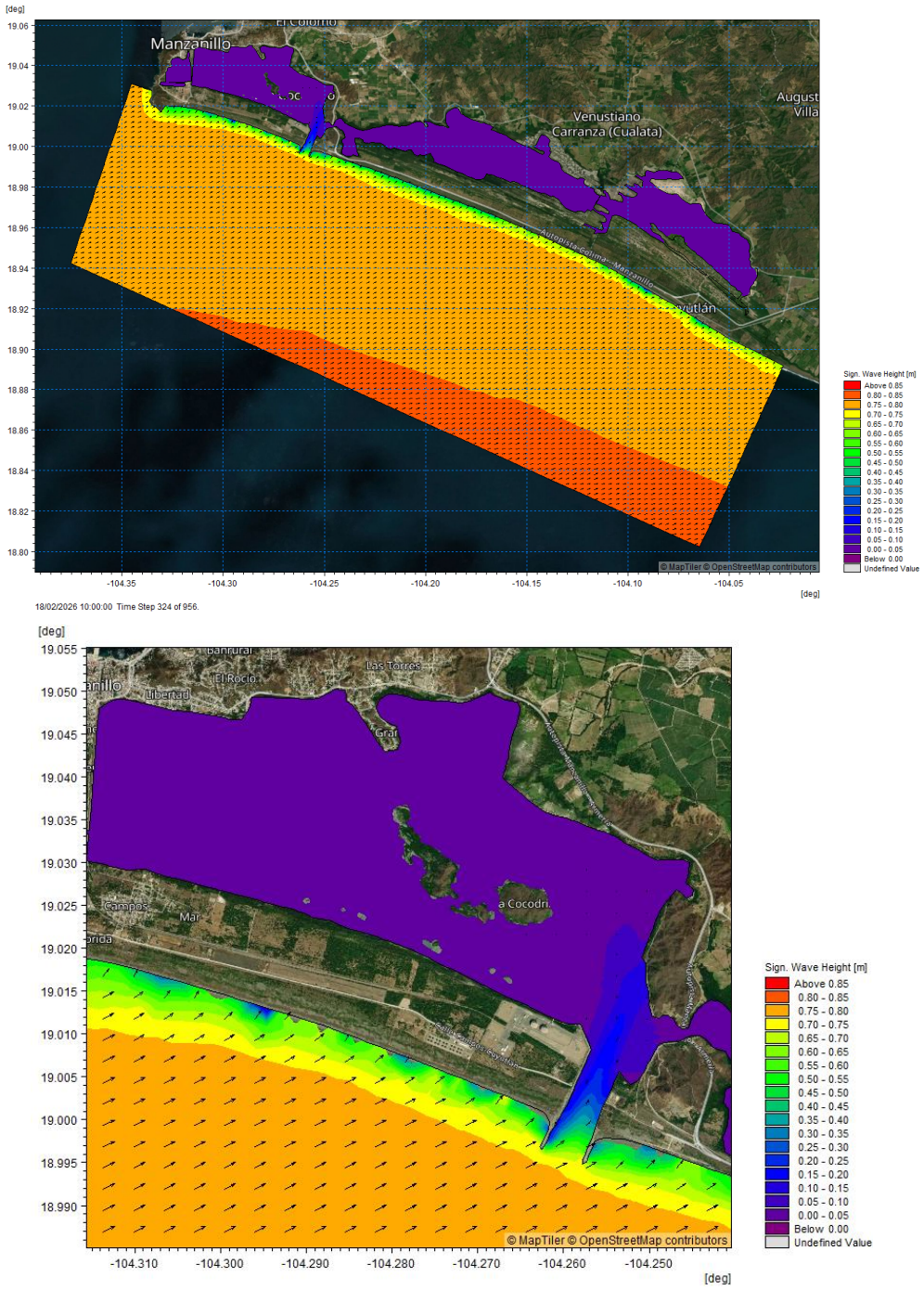


Figura 9. Campo de altura de ola significante en condiciones actuales, se muestra en el panel superior el dominio de cómputo, y en el panel inferior un acercamiento al vaso II.

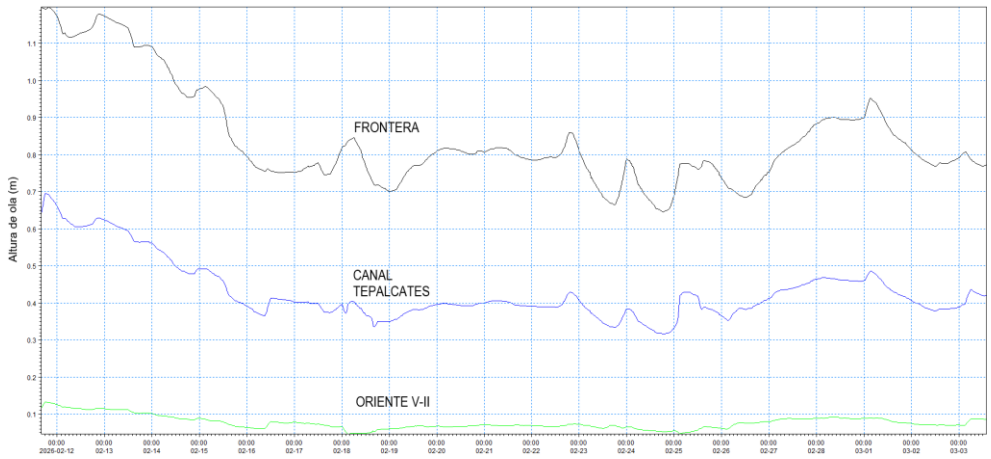


Figura 10.Series de tiempo de oleaje en 3 puntos de interés.

En la ***Figura 11***, se muestra el campo de altura de ola significante para la condición de proyecto, este forzamiento formó parte del modelo acoplado de transporte de sedimento en planta y del modelo de dispersión de pluma de sedimentos; dado que el proyecto de ampliación del puerto se llevará a cabo en el vaso II, el oleaje que arriba dicha zona es menor a 5 cm, como se muestra en la figura, la evolución del oleaje es similar a la condición actual. El oleaje parte de la frontera con una altura de ola de 0.85 m, una dirección de aproximación del WSW y un periodo de 6.38 segundos, el oleaje arriba a los morros de las escolleras con una altura de 0.75 m, con el mismo periodo que en la frontera y con una dirección 5° hacia el sur. El oleaje al noroeste de la dársena alcanza una altura menor a 5 cm debido a la dirección de aproximación del oleaje, lo que conlleva a experimentar los efectos de refracción y difracción dentro del Canal Tepalcates. Cabe mencionar que lo que se muestra es la altura de ola significante, como producto de la media aritmética del tercio de olas más altas simuladas en un periodo de tiempo, la altura de ola máxima alcanzada en el Canal Tela cates fue de 0.70 m, y en la dársena 0.35 m.

En la ***Figura 12*** se muestran los resultados de la propagación del oleaje para la condición de proyecto Etapa II, como se mencionó anteriormente, el oleaje no penetra significativamente al vaso II, sin embargo, el oleaje forma parte del forzamiento en el transporte de sedimentos. En el panel inferior de la ***Figura 12*** se muestra un acercamiento al Canal Tepalcates y vaso II, como se ve, el oleaje logra penetrar en línea recta hasta el punto 3, norte de la dársena, no obstante, como se muestra en la ***Figura 13***, el oleaje normal en los puntos 1, 2 y 3 es menor a 0.10 m, y el oleaje antes de la entrada del Canal Tepalcates inicia en 80 cm y baja a 40 cm.

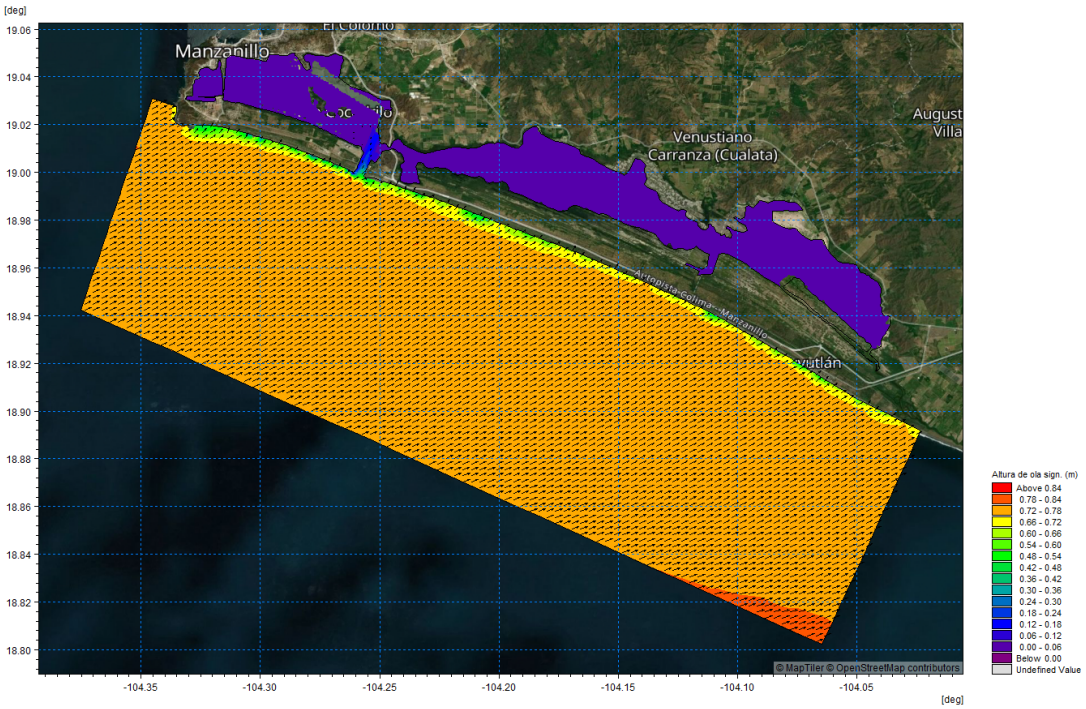


Figura 11. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa 1, se muestra el dominio de cómputo.

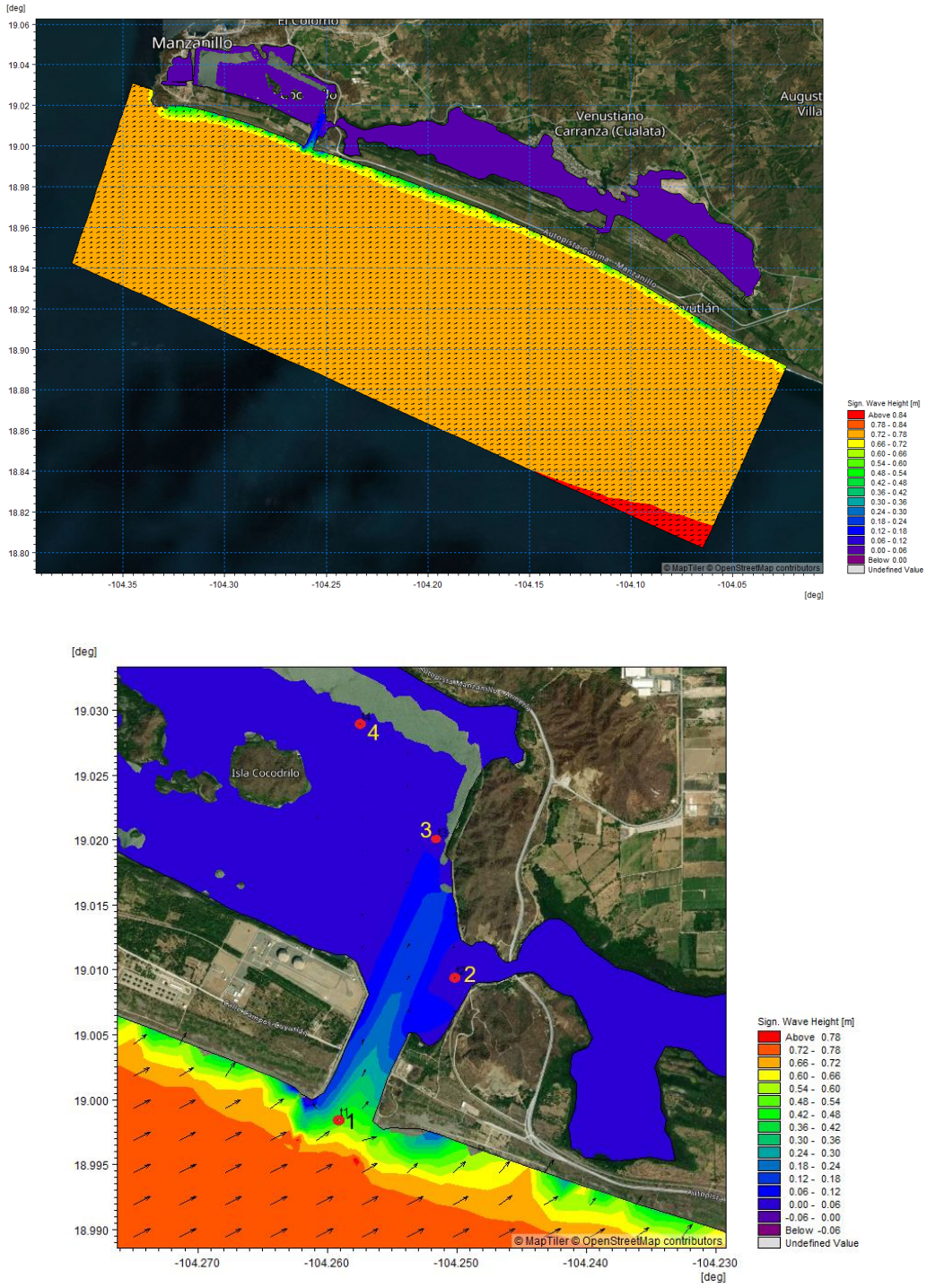


Figura 12. Campo de altura de ola significante en condiciones de proyecto Etapa II, en el panel superior se muestra el dominio de cómputo, y en el panel inferior un acercamiento al vaso II.

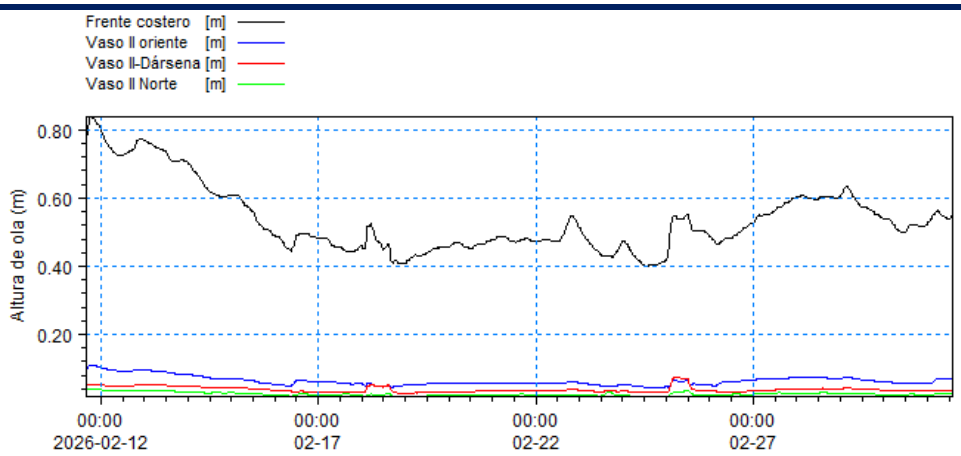


Figura 13. Series de tiempo de oleaje en 4 puntos de interés, etapa II.

V. Modelación hidrodinámica

1. Configuración del modelo (Set up)

En la ***Tabla 6*** se describe la configuración del modelo hidrodinámico.

Tabla 4. Configuración del modelo hidrodinámico.

Set up	Valor
Número de pasos de tiempo	958
Intervalo entre pasos de tiempo	1800 s
Periodo de simulación	20 días
Formulación en el tiempo	No estacionario
Técnica de solución	Formulación no estacionaria; ecuaciones de aguas someras, integración en el tiempo y discretización espacial bajo orden, algoritmo rápido;

	paso de tiempo mínimo= 0.01 s paso de tiempo máximo: 1800 s; Número crítico de CFL= 0.8.
Inundado y secado de elementos	Profundidad de secado: 0.005 m, profundidad de mojado: 0.1 m.
Densidad (ρ)	Barotrópica
Viscosidad de remolino	Formulación Smagorinsky: Constante de 0.28 (Txx, Txy, Tyx, Tyy). Parámetros mínimo y máximo de remolino: $1.8x10^{-6}$ m^2/s - $1x10^{10}$ m^2/s.
Resistencia del fondo	De acuerdo a la textura y composición de terreno; el coeficiente de rugosidad fue considerado fue variable para toda el área de estudio, número de Manning de 10-50 m(1/3)/s.
Condiciones iniciales: nivel del mar y velocidad de corriente	Valor constante sobre todo el dominio de cálculo igual al primer valor de la marea con respecto al NMM y velocidades iguales a un valor cercano a cero (u, v = 0.001 m/s).
Condiciones de frontera	Fluctuación del nivel del mar variable en el tiempo y constante a lo largo de la frontera.
Salidas	Mapa con variables: superficie libre, velocidad de corriente para cada elemento de la malla.

2. Resultados del modelo hidrodinámico

El modelo hidrodinámico acoplado fue forzado por marea sintética, lo que significa que las corrientes serán probablemente menores a aquellas generadas por la suma de la marea sintética con la marea meteorológica y escurrimientos, es decir a datos medidos *in situ*, el tipo de marea en el sitio de estudio es micro mareal y la diferencia entre marea viva y muerta son 40 cm, debido a la distancia de los distintos vasos al canal de comunicación del sistema lagunar con el mar, a la morfología del sistema, a la baja profundidad y a la rugosidad del fondo, existe asimetría en la marea que penetra en la laguna, a medida que la zona a donde arriba la marea está más alejada es mayor la distorsión, generando un retraso de marea y un amortiguamiento de tal forma que en el vaso IV se tiene una amplitud de marea de centímetros, el nivel del agua en el vaso II responde directamente a la marea que penetra por el Canal Tepalcates. Como se muestra en la ***Figura 14*** cuando en el frente costero y vaso II se tiene una pleamar de 40 cm en la zona más profunda del vaso III se tiene una amplitud de marea de 15 cm, y en el vaso IV se tiene el mismo valor, pero en bajamar. En el vaso II la onda de marea presenta poco retraso y amortiguamiento con respecto a la marea en el frente costero, y debido a la influencia de la onda de marea que arriba a la zona occidental de dicho vaso proveniente del vaso I penetrando a través del Canal

Ventanas, en algunas ocasiones inclusive se puede observar una mayor amplitud de dicha marea que en el frente costero, por algunos centímetros.

En el Vaso II se pueden observar dos canales de marea, al norte y sur de las islas, ***Figura 19***, durante la llenante, panel superior, las corrientes al norte y sur del vaso II alcanzan velocidades de 0.40 m/s y 0.25 m/s, respectivamente, y el flujo de corriente entre los vasos II y III puede alcanzar velocidades simuladas superiores a 0.80 m/s. Durante la vaciante de marea, panel inferior, dado que el sistema lagunar de Cuyutlán funciona más eficientemente durante este periodo, en el Canal Tepalcates se pueden tener velocidades mayores a 0.2 m/s, mientras que en la intersección entre los vasos II y III las velocidades generadas por la marea sintética pueden superar 0.80 m/s, pudiendo alcanzar valores medidos *in situ* de hasta 1.5 veces este valor; en el canal ubicado al sur de las islas del vaso II se presentan velocidades de 0.7 m/s, y en el canal ubicado al norte velocidades de 0.50 m/s. La zona occidental del vaso II presenta velocidades de 0.10 m/s. Las velocidades en la mayor parte de los Vasos III y IV son menores a 0.05 m/s.

En la ***Figura 16*** y ***Figura 17*** se presenta una comparativa de las corrientes en el frente costero del Canal Tepalcates (1), Centro del Canal Tepalcates (2), sur vaso II (3), conexión vaso II y III (4), vaso III (5) y vaso IV (6), en el Canal Tepalcates las velocidades máximas son de 0.20 m/s en mareas vivas y de 0.10 m/s en mareas muertas; en el sur del vaso 2 durante mareas vivas se alcanzan valores de 0.75 m/s, y en mareas muertas el valor durante pleamar es de 0.25 m/s; en la canal de conexión entre los vasos II y III se alcanzaron valores de 0.80 m/s en mareas vivas y hasta 0.20 m/s en mareas muertas. Frente al Canal Tepalcates la velocidad máxima del flujo de salida de la marea es de 0.20 m/s, y en los vasos III y IV las magnitudes de velocidad son menores a 0.10 m/s y 0.05 m/s, respectivamente.

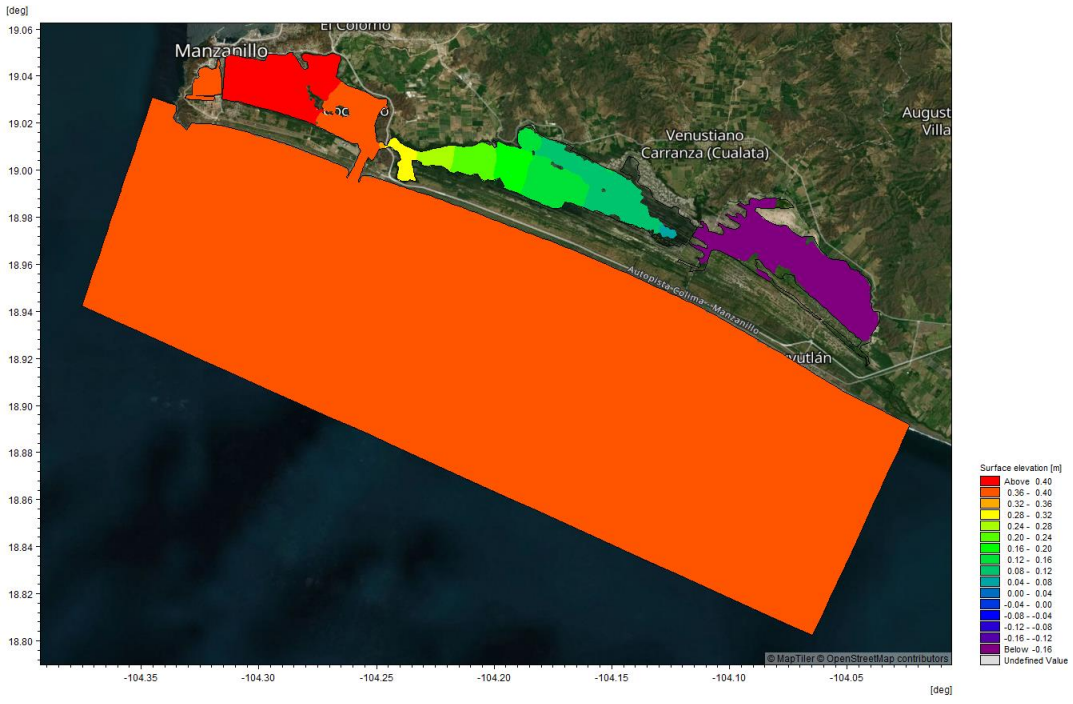


Figura 14. Nivel de superficie libre en condición actual.

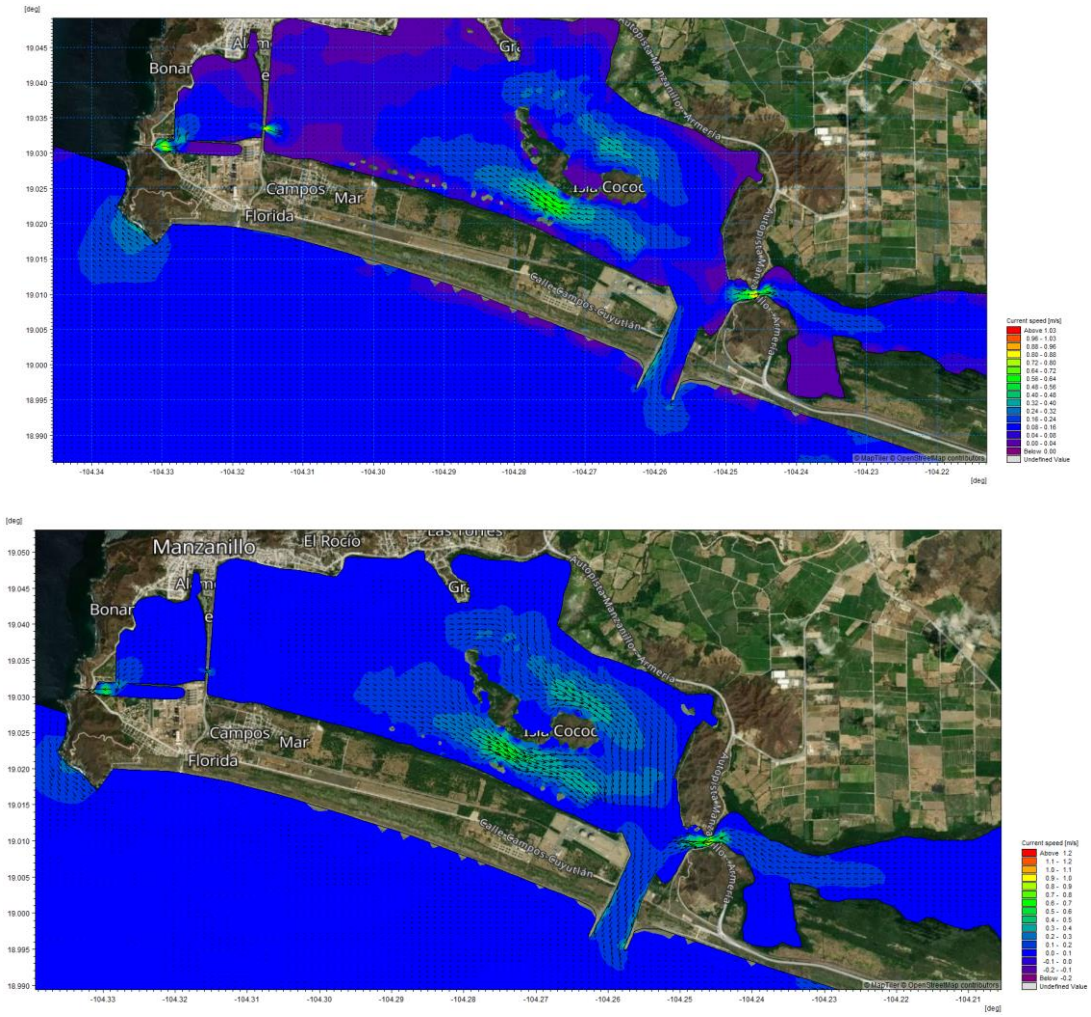


Figura 15. Condición hidrodinámica para la condición actual, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante.

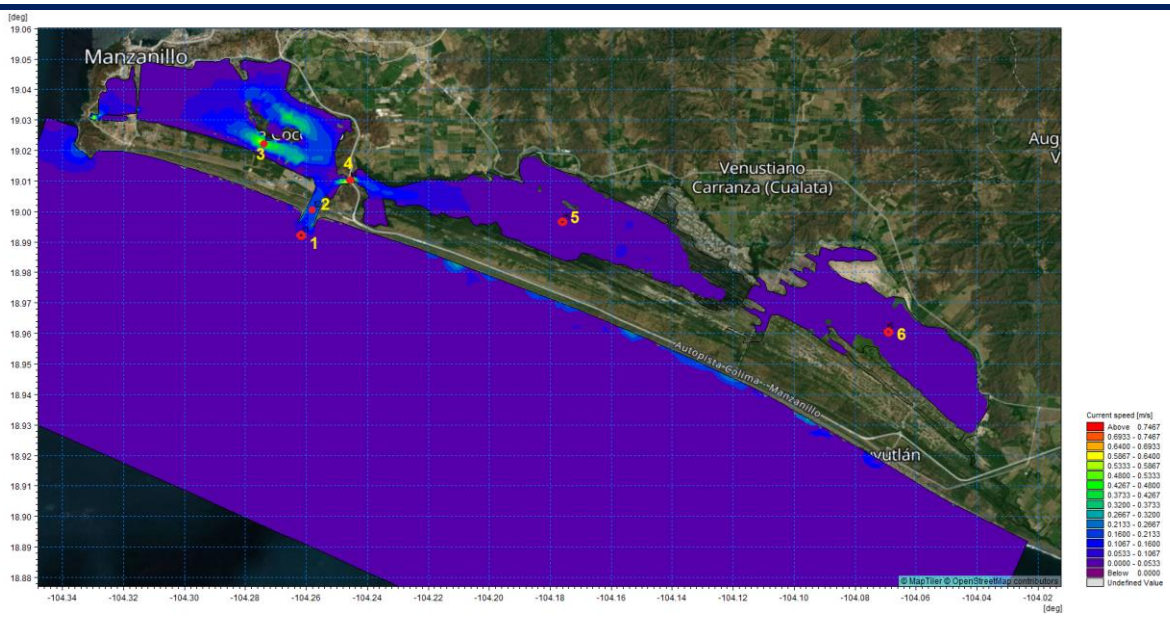


Figura 16. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición actual.

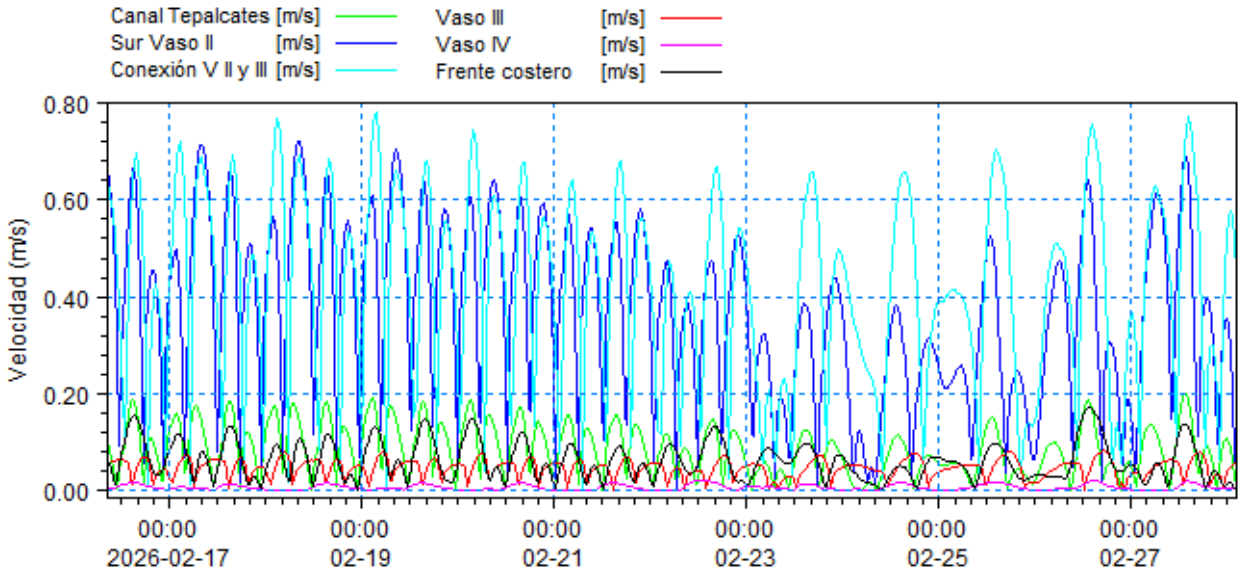


Figura 17. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición actual.

Para las condiciones de proyecto Etapa I, la propagación de la onda de marea presenta una asimetría similar a las condiciones actuales: desfases de marea a medida que la onda que se aleja de la comunicación de la laguna con el mar, de horas en el vaso IV, acompañado de una reducción de la amplitud de marea, en más del 90% en el vaso IV, considerando que el efecto de la marea en dicho nivel del agua es relativamente menor, ***Figura 18.*** Al profundizar los canales al norte y sur de las islas y conservar las áreas intermareales al occidente y noroeste del vaso II, la onda de marea presenta una reducción en las

velocidades del flujo sobre los canales de marea y un incremento en las corrientes en las zonas intermareales, así como un incremento en las velocidades en la conexión ente los vasos II y III y en el Canal Tepalcates, ***Figura 19***. Dado que la dirección del flujo neto entre los vasos II y vaso I, va del vaso II al vaso I, se muestra un mayor desnivel entre ambos vasos. En el frente costero frente al Canal Tepalcates (1) y en el centro de este último (2), ***Figura 20*** y ***Figura 2***1, el flujo se intensifica, con mayores velocidades alcanzando 0.50 m/s; en el sur del vaso II (3) las corrientes se reducen 50% con respecto a las corrientes en condiciones actuales; al occidente del vaso II (4) las velocidades se incrementan a más de 60 cm/s; al sur del vaso II (5) las velocidades disminuyen a valores máximos menores de 40 cm/s; en la conexión entre los vasos II y III (6), las corrientes las corrientes se intensifican hasta alcanzar valores de 1 m/s; las corrientes en los vasos III (7) y IV (8) permanecen sin cambios, menores a 10 cm/s en el primero y menores a 5 cm/s en el segundo.

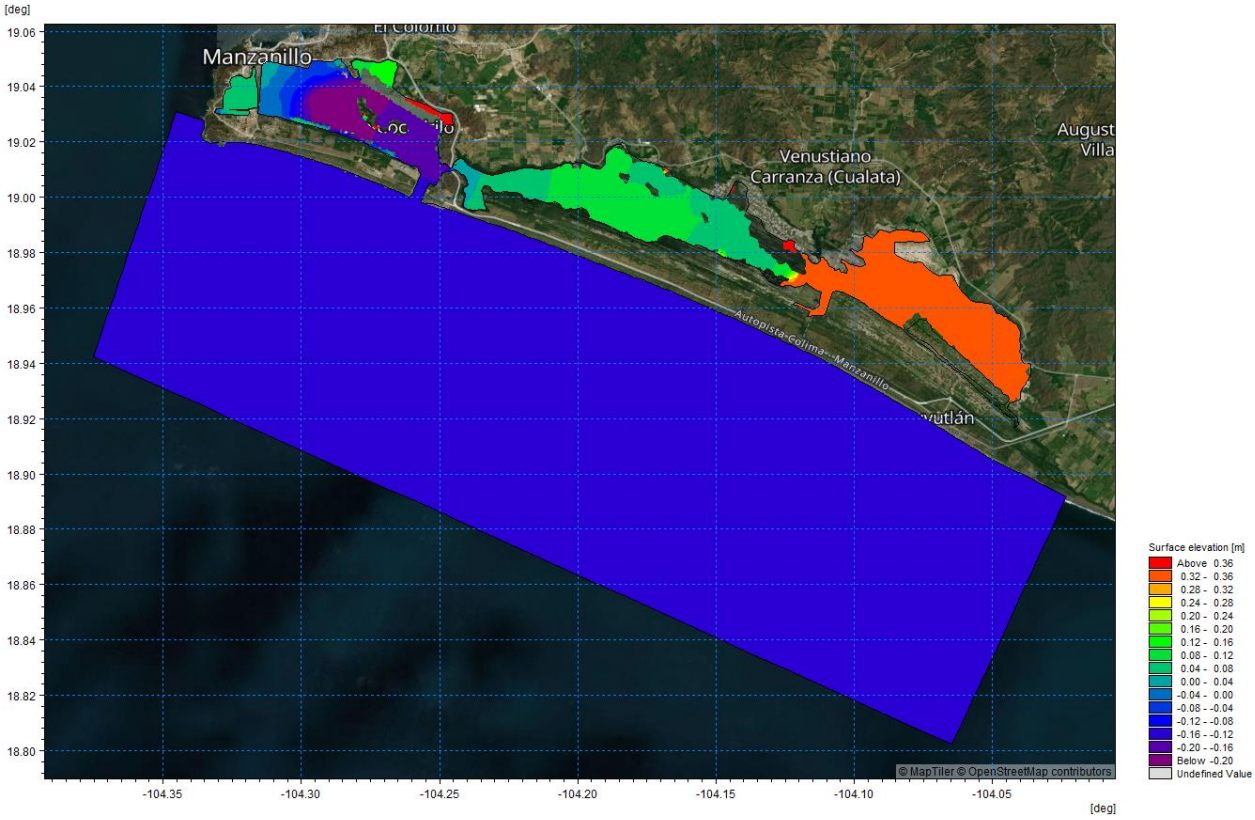


Figura 18. Nivel de superficie libre en condición de proyecto Etapa I.

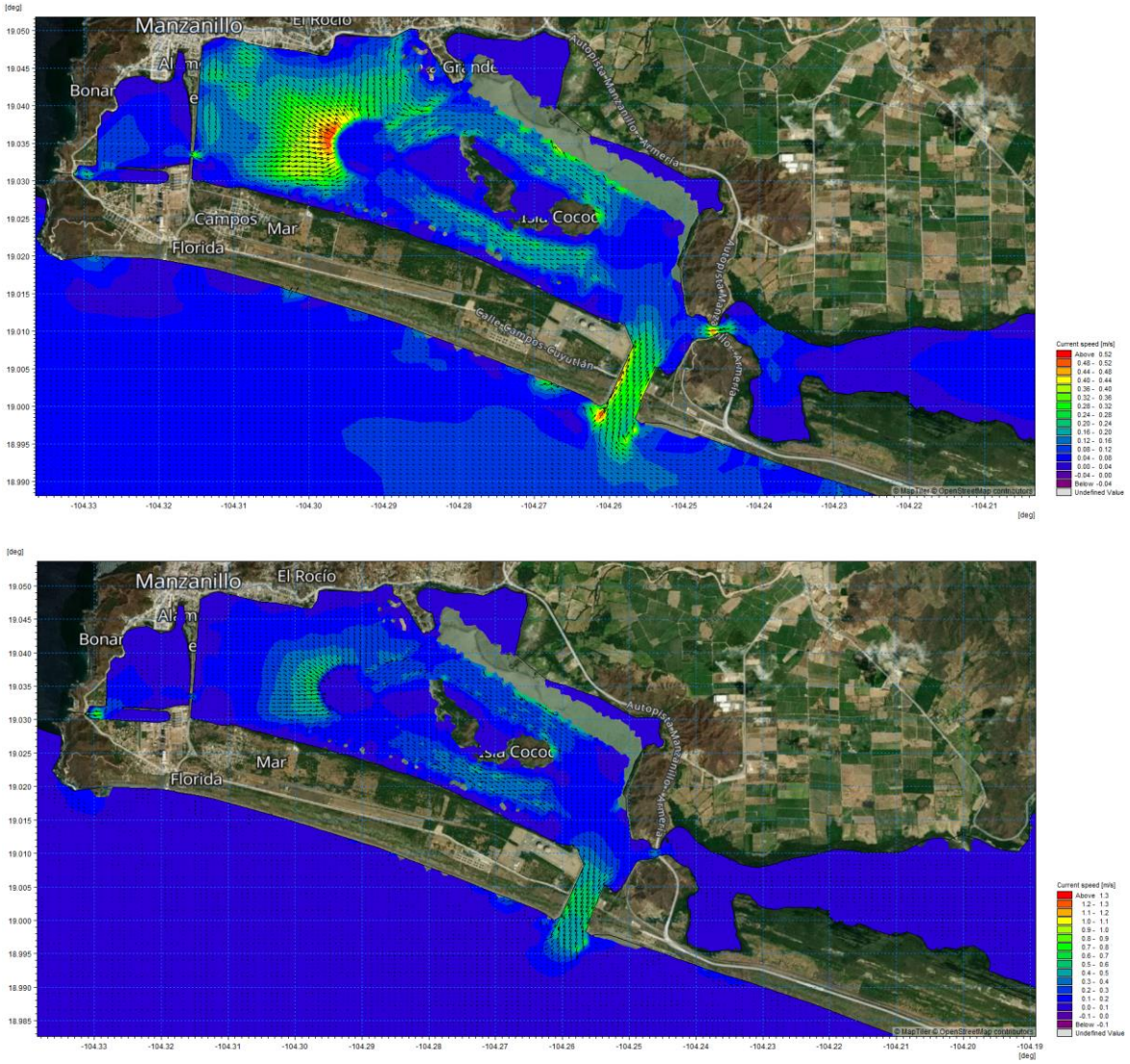


Figura 19. Condición hidrodinámica para la condición de proyecto Etapa I, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante.



Figura 20. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I.

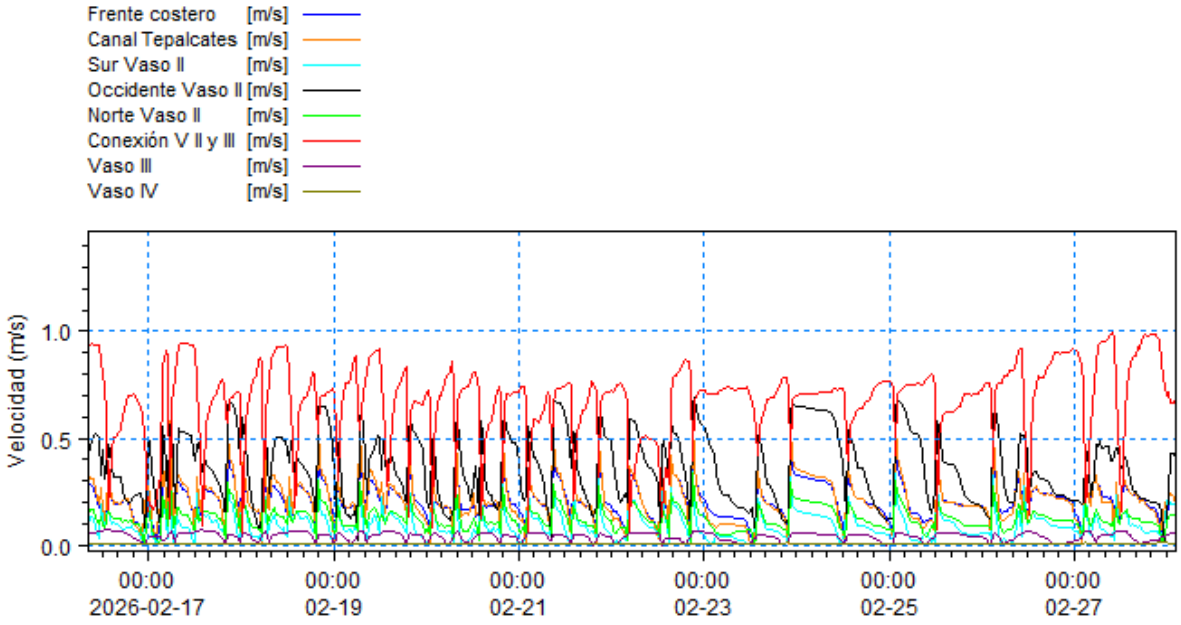


Figura 21. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I, ordenados del 1 al 8.

La configuración de la Etapa II implica cambios significativos en las condiciones batimétricas del vaso II, la profundización de los canales al norte y sur del vaso II y la creación de un terraplén al nornoroeste y oeste del vaso II, el amortiguamiento progresivo de la marea hacia el vaso III, no cambia; los desfases de marea y la disminución de la amplitud de la marea permanece sin cambios significativos. La reducción del área intermareal en el vaso II y el incremento de la profundidad alrededor de las islas generan cambios en las condiciones de flujo y reflujo de marea, aun cuando el rango de marea permanece. El poco efecto de la marea sobre la variación del nivel del mar en el vaso IV permanece. El centro y oriente del vaso II se

mantiene en comunicación con el vaso I a través del cordón batimétrico que rodea el perímetro del occidente del vaso II, en esta zona el nivel del mar es mayor, ***Figura 22***.

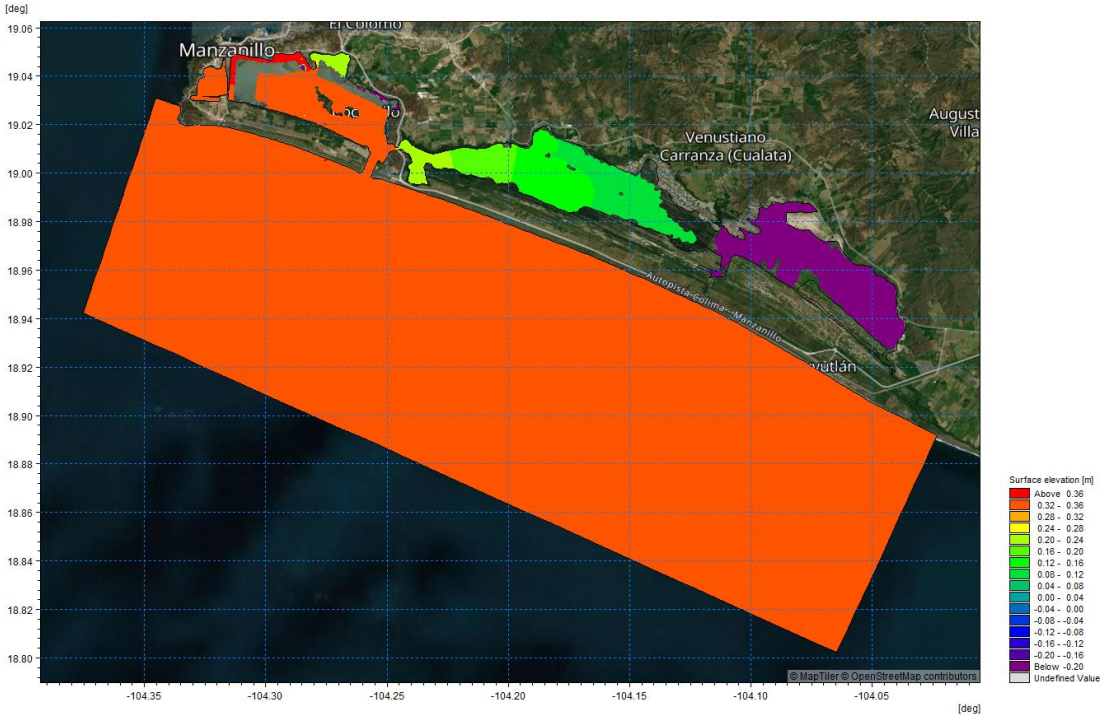


Figura 22. Nivel de superficie libre en condición de proyecto Etapa II.

La nueva configuración batimétrica del vaso II cambia las condiciones de la marea que penetra por el Canal Tepalcates; en condiciones normales, el sistema lagunar de Cuyutlán trabaja más eficientemente a reflujo, es decir, debido a las mayores velocidades durante la vaciante de marea tiende a exportar sedimentos, sin embargo, en condiciones de proyecto Etapa II, dicha diferencia de velocidades se reduce y en ocasiones cambia el régimen, siendo ligeramente mayores velocidades las velocidades de corriente durante la llenante, ***Figura 23*** panel superior. Se debe diferenciar que lo anterior ocurre en un ciclo de marea una vez se ha implementado el proyecto en su Etapa II. De manera general, en estas nuevas condiciones los cambios más significativos son un incremento en las velocidades a la salida del sistema a través del Canal Tepalcates, debido a la nueva condición explicada a detalle anteriormente, las velocidades en el vaso II se reducen de manera general, y las corrientes que se dirigen hacia el vaso III se incrementan significativamente, esto debido al efecto de la reducción de las áreas intermareales, profundización de los canales en el vaso II, al cambio en la comunicación con el vaso III, ***Figura 23*** panel inferior.

Con respecto a las corrientes, tanto en el frente costero (1) como en el Canal Tepalcates (2) hay un ligero incremento en la condición de proyecto en la Etapa II con respecto a la Etapa I, superando en algunas ocasiones 0.40 m/s, ***Figura 24***; al sur del vaso II (3) y norte del vaso II (5) la magnitud de la velocidad de corriente disminuye 50% en la Etapa II; al centro-occidente del vaso II (4) las velocidades disminuyen 80% con respecto a la Etapa I; el flujo de corriente que comunica los vasos II y III (6) presenta un incremento en

las velocidades llegando a superar 1.40 m/s en la Etapa II, así como también, las variaciones en la velocidad responden en mayor medida a los cambios en el flujo de marea, siendo 35% menores en mareas vivas; las velocidades en el centro de los Vasos III (7) y IV (8) permanecen sin cambios significativos, ***Figura 25***.



Figura 23. Condición hidrodinámica para la condición de proyecto Etapa II*, se muestra en el panel superior la marea llenante, y en el panel inferior la marea vaciante.*



Figura 24. Ubicación de puntos de extracción de corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I.

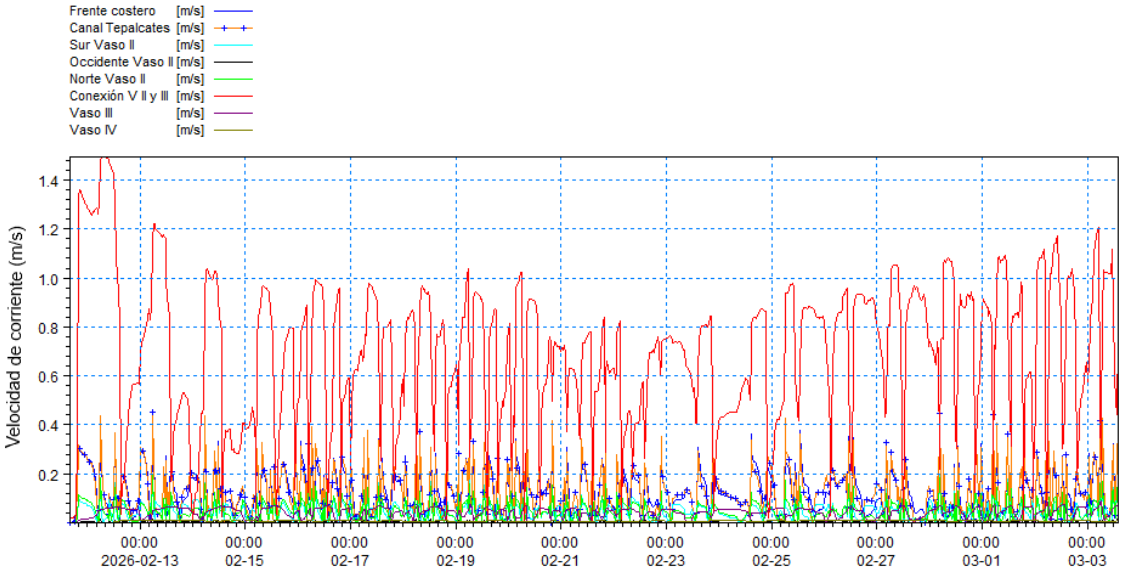


Figura 25. Corrientes en el sistema lagunar – frente costero para la condición de proyecto Etapa I, ordenados del 1 al 8.

VI. Modelación de transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos en el sistema acoplado *sistema lagunar de Cuyutlán – frente costero* fue realizado con el objetivo de calcular las zonas con el mayor potencial de erosión y azolve, en condiciones actuales y analizar los efectos del proyecto en los patrones de transporte, a continuación, se presenta la configuración del modelo de transporte y los resultados obtenidos.

1. Configuración del modelo (Set up)

En la ***Tabla 5*** se muestra la configuración del modelo de transporte de sedimentos.

Tabla 5. *Configuración del modelo de transporte de sedimentos.*

Modelo: corrientes y oleaje	Tabla de transporte. Relación entre los parámetros de corriente, oleaje, ángulo entre oleaje y corrientes y granulometría (d_{50}, etc); se basa en la teoría del oleaje, puede incluirse pendiente del fondo, concentración de sedimento en el fondo y parámetros de tolerancia, transporte por corrientes transversales, temperatura del agua y parámetro de Shields.
Propiedades de los sedimentos	Porosidad; coeficiente de gradación y diámetro medio.
Forzamientos para el transporte de sedimentos	Campos de oleaje y corrientes generados por el modelo acoplado de oleaje - hidrodinámico.
Condiciones iniciales	Mapa de espesor de capa de sedimento.
Morfología	Cambio máximo del nivel del fondo; el modelo acoplado permite la retroalimentación del modelo de transporte de sedimentos con el oleaje, corrientes y el nivel del mar.
Condiciones de fronteras.	Las fronteras permiten el transporte de sedimento a través de ellas, lo que significa un suministro de sedimento hacia dentro del sistema.
Resultados	Mapa de tasa de transporte, tasa de cambio del fondo y cambio total del fondo, magnitud y dirección de la carga total, elevación de la superficie libre, velocidades (u, v) promediadas en la profundidad para el transporte de sedimentos, y oleaje.

2. Resultados del transporte de sedimentos

En la ***Figura 26*** se muestran las tasas de transporte de sedimento para la condición actual, como se muestra en la figura el transporte neto en el frente costero ocurre hacia el sureste, con la mayor intensidad en la playa este, también se muestra el transporte generado al interior del canal de acceso, y al norte de la escollera sur hasta la entrada al Puerto, en esta aproximación del oleaje es evidente el transporte hacia el interior del canal. Las zonas con la mayor tasa de transporte son la playa en el frente costero por transporte litoral, y dentro del sistema lagunar en la conexión entre los Vasos II y III y al sur del Vaso II. Las zonas donde ocurre el mayor cambio en el fondo son en donde se registran las mayores tasas: en el frente costero en las playas ubicadas a lado de las escolleras; en el sistema lagunar, al oriente del Vaso II y en el estrangulamiento del flujo entre los Vasos II y III.

Recordando que el transporte el frente costero ocurre principalmente por el oleaje, ocurre por fondo, mientras que la marea es la que introduce y saca el sedimento en suspensión a través de las comunicaciones entre el sistema lagunar y el mar, y a lo largo del sistema lagunar; como se muestra en el vaso II, las mayores tasas de erosión ocurren en la zona intermareal al occidente del vaso II, y al centro y oriente del mismo se indica una acumulación de sedimento, mismo que es potencialmente expulsado hacia el exterior del sistema por el flujo de marea. Para la condición de proyecto en su Etapa I, la diferencia

mostrada en la condición actual, entre las zonas con potencial de erosión y azolve en el vaso II se intensifica y es acotada a la zona profundizada con acumulación, y a la zona que en esta etapa no fue alterada donde existe erosión, ***Figura 27***.

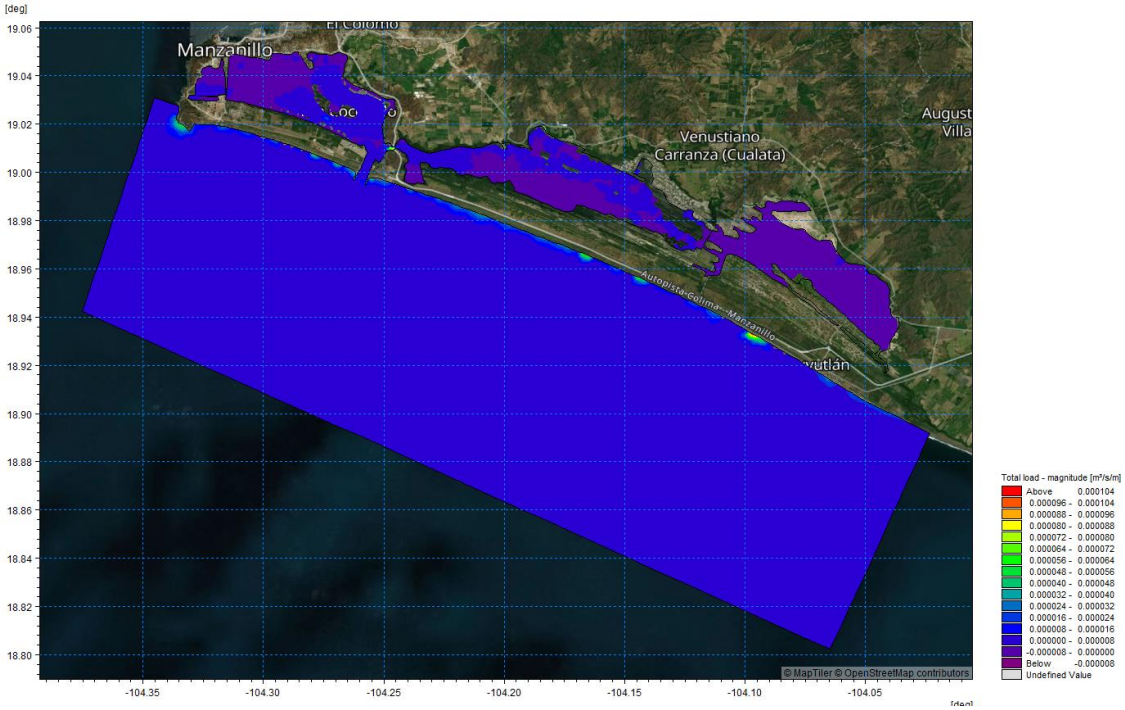


Figura 26. Tasas de transporte de sedimento en condiciones actuales.

Para la Etapa II, el vaso II presenta una tasa potencial de erosión en un orden de magnitud menor con respecto a la condición Etapa I, y acumulación en algunas zonas del centro del vaso II; recordando que las velocidades al interior del vaso II son significativamente menores que en la Etapa I y condición actual, por lo que el sedimento acarreado de las zonas internas del vaso II hacia los nuevos canales probablemente permanecerá más tiempo en ellos, esto se compensará de alguna forma con el incremento de las velocidades en el Canal Tepalcate y frente costero, ***Figura 28***. El incremento en las velocidades en la conexión entre los vasos II y III, en la Etapa II, implica un transporte de sedimento más eficiente desde y hacia el vaso III, con un transporte de sedimento desde la dársena hacia el vaso III, dicho sedimento que sea colocado al oriente del vaso II será expulsado de manera más eficiente por el reflujo de corriente de marea cuando el ciclo de marea se encuentre de pleamar a bajamar.

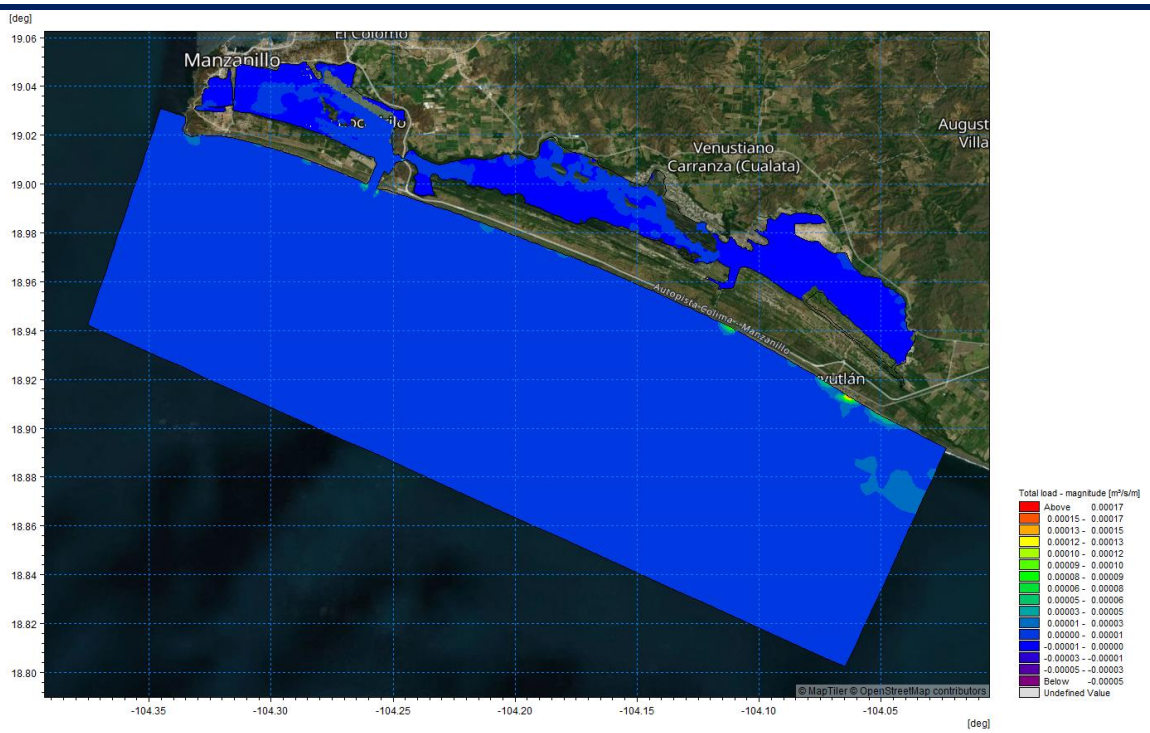


Figura 27. Tasas de transporte de sedimento para las condiciones de proyecto Etapa 1.

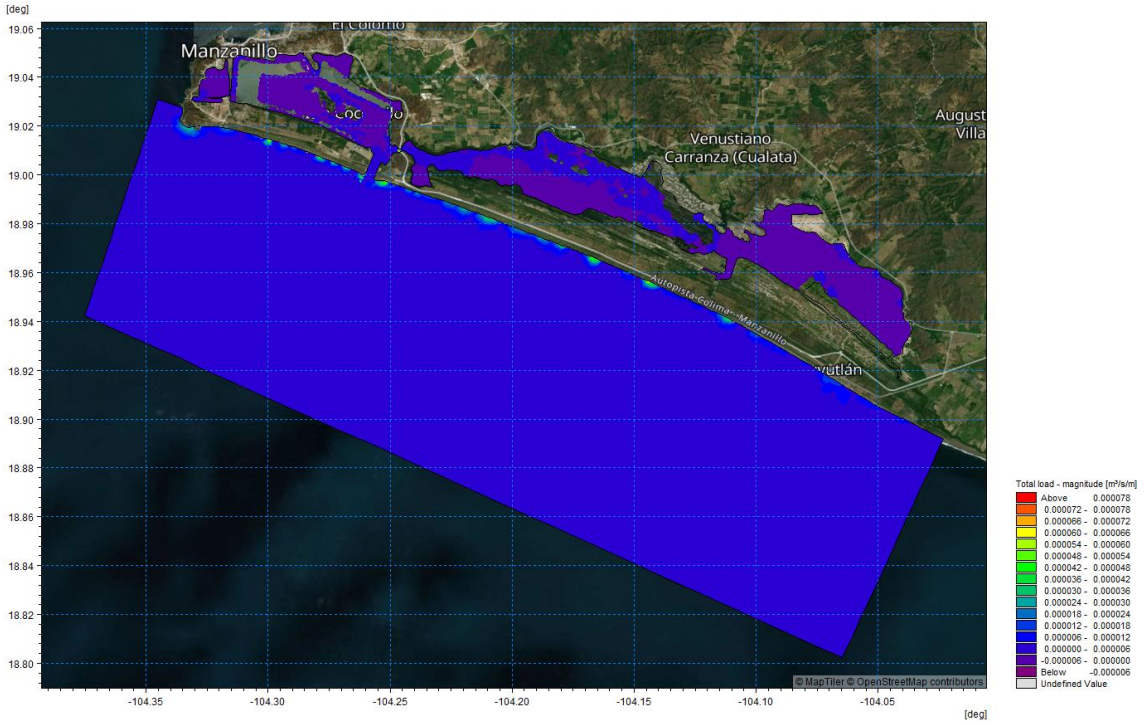


Figura 28. Tasas de transporte de sedimento para las condiciones de proyecto Etapa 2.

VII. Simulación de dispersión de la pluma de sedimentos

La simulación numérica del vertido del material de dragado en el sitio ubicado en el frente costero del sistema laguna de Cuyutlán, fue simulado acoplando un modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos a un modelo hidrodinámico y de oleaje. A continuación, se describe la configuración del modelo y los resultados obtenidos para la condición actual y de proyecto.

1. Configuración del modelo (Set up)

En la ***Tabla 6*** se muestra la configuración del modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos.

Tabla 6.*Configuración del modelo de transporte de sedimentos finos cohesivos.*

Parámetro	Valor	Unidad
Condiciones de vertido de material		
Volumen de descarga por ciclo (3.08 horas)	10,000	m^3
Tiempo de vertido	15	minutos
Gasto de vertido total (agua - sedimento)	11.11	m^3/s
Jornada laboral diaria	24	horas
Periodo de dragado		
Características del sedimento a verter		
Densidad del sedimento fino (fracción)	2,686.11	kg/m^3
Velocidad de caída del sedimento fino	0.00001	m/s
Concentración para la floculación	0.01	kg/m^3
Relación sedimento – agua	30%-70%	%
Porcentaje el material fino (promedio, arcillas y limos)	28	%
Tamaño del sedimento d_{50} promedio	0.16	mm
Flujo másico	204	kg/s
Concentración	226	kg/m^3
Condiciones del fondo		
Ancho de capas 1, 2	1, 2	m
Densidad del material de fondo, capa 1	180	kg/m^3
Densidad del material de fondo, capa 2	430	kg/m^3
Concentración máxima permitida por erosión	1	kg/m^3
Velocidad de asentamiento	0.0005	m/s

Se simuló el vertimiento del material dragado en el sitio de tiro con coordenadas -104.266667 O, 18.943056 N, ***Figura 29***, el periodo de simulación fue del 17 de febrero al 26 de febrero de 2026, el periodo de simulación inicia en mareas vivas, pasa por un periodo de mareas muertas y vuelve a mareas vivas, de tal forma que se abarcaran los periodos de mareas vivas máximas y mareas muertas mínimas.

El modelo de transporte de sedimentos finos fue forzado con marea, oleaje y viento. La concentración nativa del material en la columna de agua fue considerada de 0.0002 a 0.0004 kg/m^3; el objetivo de las simulaciones fue determinar la extensión de la pluma de sedimentos con base en la concentración del sedimento en la columna de agua y analizar si existe recirculación de sedimento al interior del sistema lagunar.



Figura 29. Sitio de tiro, coordenadas -104.266667 O, 18.943056 N.

2. Resultados de la simulación de la dispersión de la pluma de sedimentos

El material es vertido durante de 15 min., al cabo de ese tiempo la concentración se reduce por mezcla a un valor máximo de 1.14% de la concentración original, después de este valor la concentración disminuye paulatinamente. La máxima extensión de la pluma en mareas vivas fue de 4950 m con dirección al Sureste. Debido a la dirección predominante de las corrientes en el sitio de vertido ONO-ESE, la dispersión de la pluma sigue este patrón, presentando un movimiento resultante en dirección de la línea de costa, ***Figura 30*** y ***Figura 31 .***

En los 2 paneles de la ***Figura 30*** se muestra la evolución de la pluma para diferentes tiempos durante mareas vivas, cuando ocurren las mayores velocidades; la barra de colores indica la concentración del material en kg/m^3, en rojo el máximo valor. En el panel 1 se indica el vertido una vez realizado, debido a la dilución se presentan valores de 30 kg/m^3; en el panel dos se muestra la pluma medio ciclo de marea después mostrando la dispersión de la pluma hacia el sureste principalmente. En el panel 3 la pluma se encuentra completamente desarrollada, ***Figura 31***, aprox. 5 km al sureste. En el panel 4 se muestra la pluma con dirección al suroeste, extendiéndose por más de 7 km. Cabe mencionar que el vertido se consideró constante por lo que esta evolución que se muestra ocurre entre vertidos, es decir, una vez que la concentración alcanza un valor muy bajo y la pluma ha viajado por varios cientos de metros, inicia de nuevo el vertido, y así sucesivamente. Se hizo una prueba para un número limitado de ciclos, y una vez terminado el vertido, la pluma alcanza casi en su totalidad valores cercanos a los valores nativos parametrizados de concentración, lo que ocurre en aproximadamente 4 ciclos de marea. Como se muestra, la pluma de sedimentos se desplaza hacia el sureste y suroeste principalmente, en dirección opuesta a la costa de Colima, y en los casos en los que se dirige hacia el sistema lagunar, sólo recorre unos kilómetros sin alcanzarla; debido a la ubicación del sitio de tiro clon respecto a la línea de costa, no existe peligro de que ocurra una recirculación, la pluma no alcanza el Canal Tepalcates.

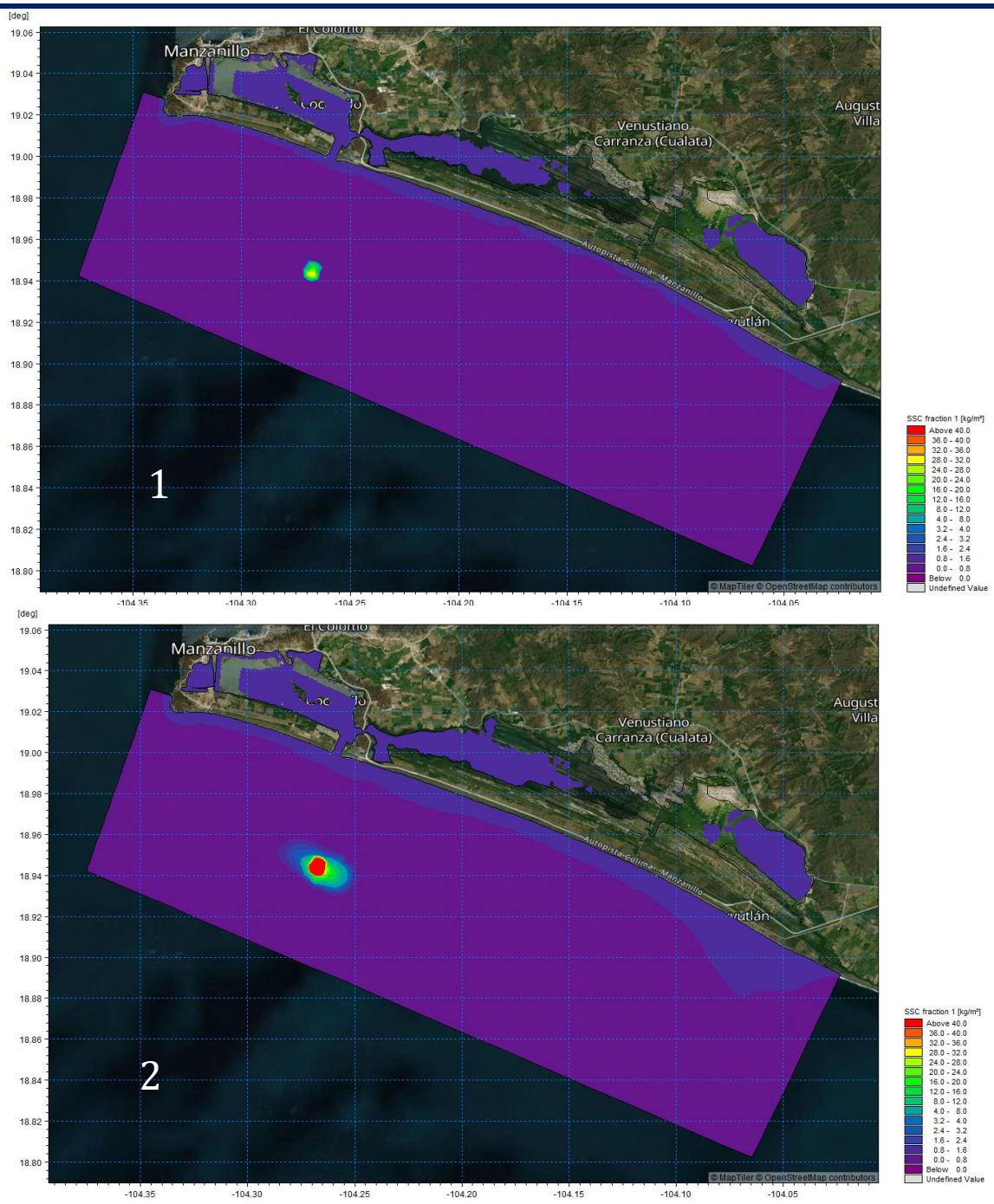


Figura 30. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas vivas, 1-2.

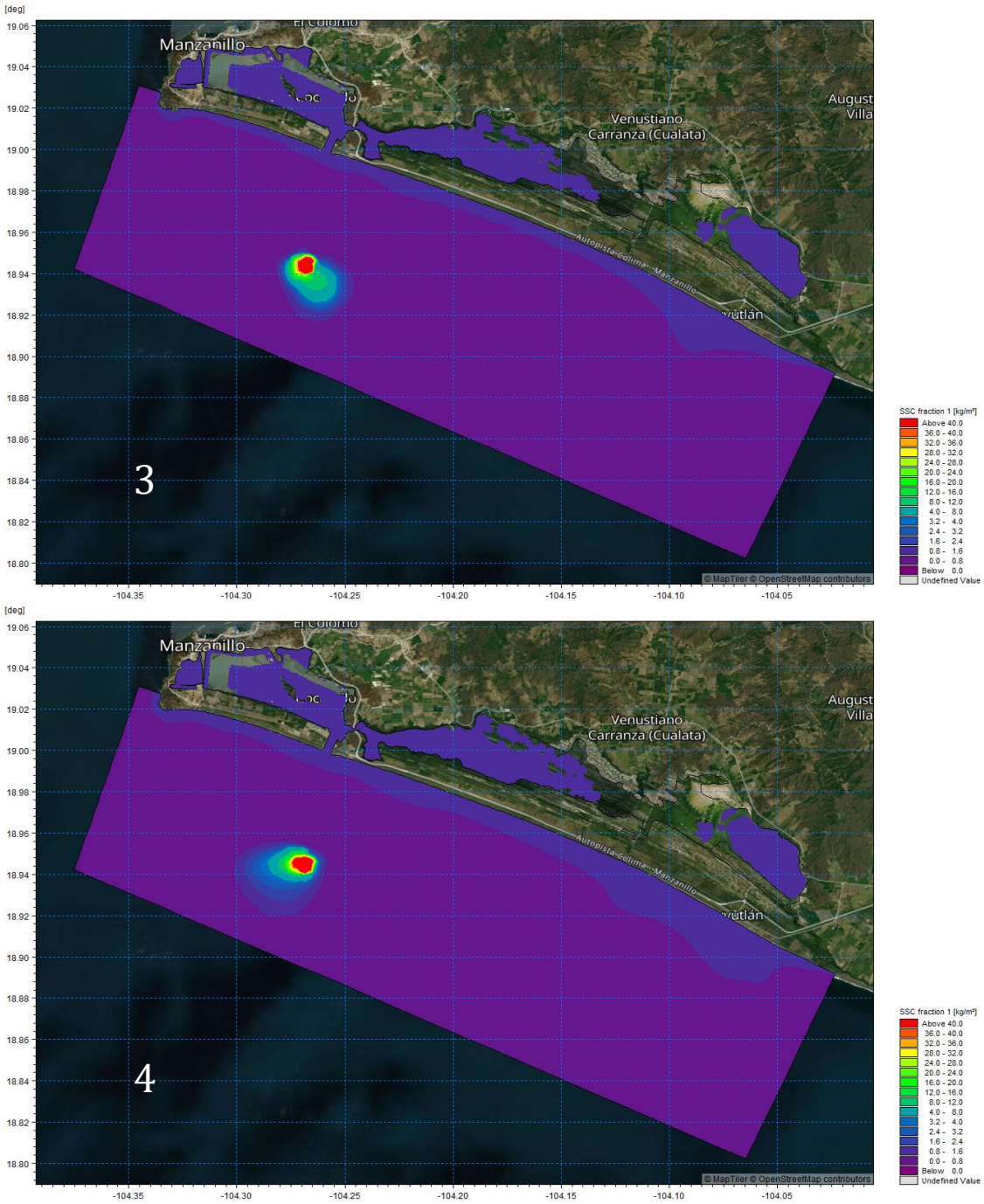


Figura 31. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas vivas, 3-4.

En el periodo de mareas muertas las corrientes son las de menor magnitud y la amplitud de manera disminuye a más de 50% con respecto al periodo quincenal de mareas vivas; las concentraciones de material en la columna de agua permanecen más altas que en mareas vivas; de igual forma que en mareas

vivas, debido a la dirección predominante de las corrientes en el sitio de vertido ONO-ESE, la dispersión de la pluma sigue este patrón, presentando un movimiento en dirección de la línea de costa.

En los 4 paneles de la ***Figura 32*** y ***Figura 33*** se muestra la evolución de la pluma para diferentes tiempos en mareas muertas, la amplitud de la marea en este periodo es 60% las mareas vivas, para efectos de análisis, se presentan los resultados para diferentes ciclos de marea. En el panel 1 se muestra el inicio del vertimiento, debido a la dilución se presentan valores de 112 kg/m^3 3 veces la concentración obtenida en el periodo de mareas vivas una vez habiendo acabado los 15 minutos del vertido de material; en el panel dos se muestra el estado de la pluma en un nuevo ciclo de marea mostrando la dispersión de la pluma hacia el sureste principalmente, para efectos de visualizar el desplazamiento máximo de la pluma al noroeste justo antes de iniciar nuevamente el ciclo (panel 1) con respecto al inicio de un nuevo ciclo de vertimiento (panel 2) habiendo pasado los 15 minutos de vertido, 2 km al sureste. En el panel 3 se muestra el máximo desarrollo de la pluma hacia el oeste, con concentraciones menores a 0.5 kg/m^3 a una distancia de 6 km hacia el oeste. En el panel 4 se muestra la pluma nuevamente con dirección al suroeste.

Cabe mencionar que la descarga del material fue constante, por ello se alcanzan dichas concentraciones. Se realizó un corte transversal en el panel 2, para conocer la dispersión de la pluma en el espacio y tiempo, en la condición de marea muerta cuando se tienen las menores amplitudes de marea y por ende las menores velocidades, ***Figura 34***; se muestra cómo a 1000 m la concentración baja a 35% de la concentración inicial una vez terminado el vertimiento a los 15 minutos (15 kg/m^3), a los 2 km disminuye a 3 kg/m^3, y a los 4 km se alcanza la concentración nativa. En la dispersión de la pluma en mareas muertas, interviene el oleaje y el viento en mayor media, ambos con una dirección predominante del SO.

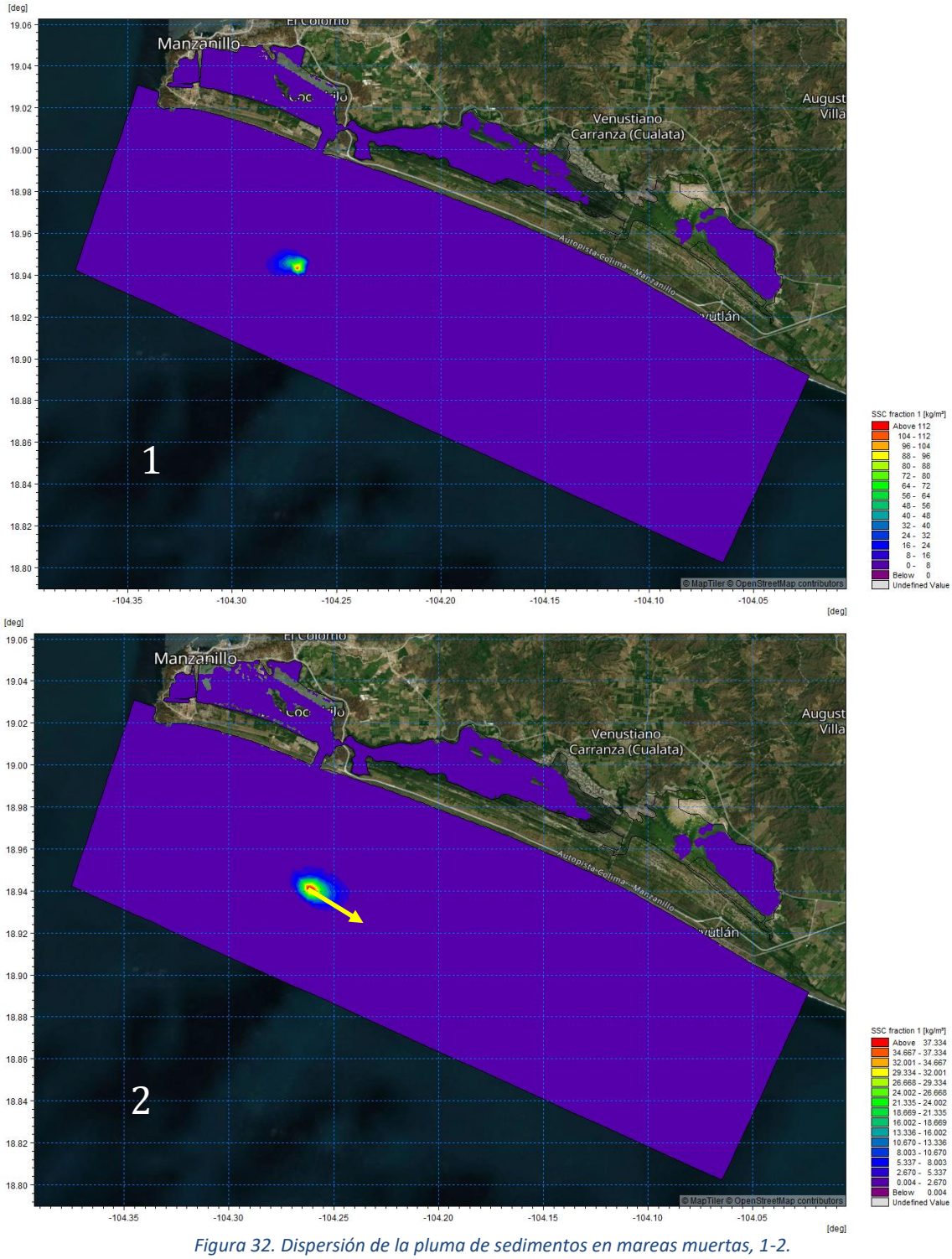


Figura 32. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas muertas, 1-2.

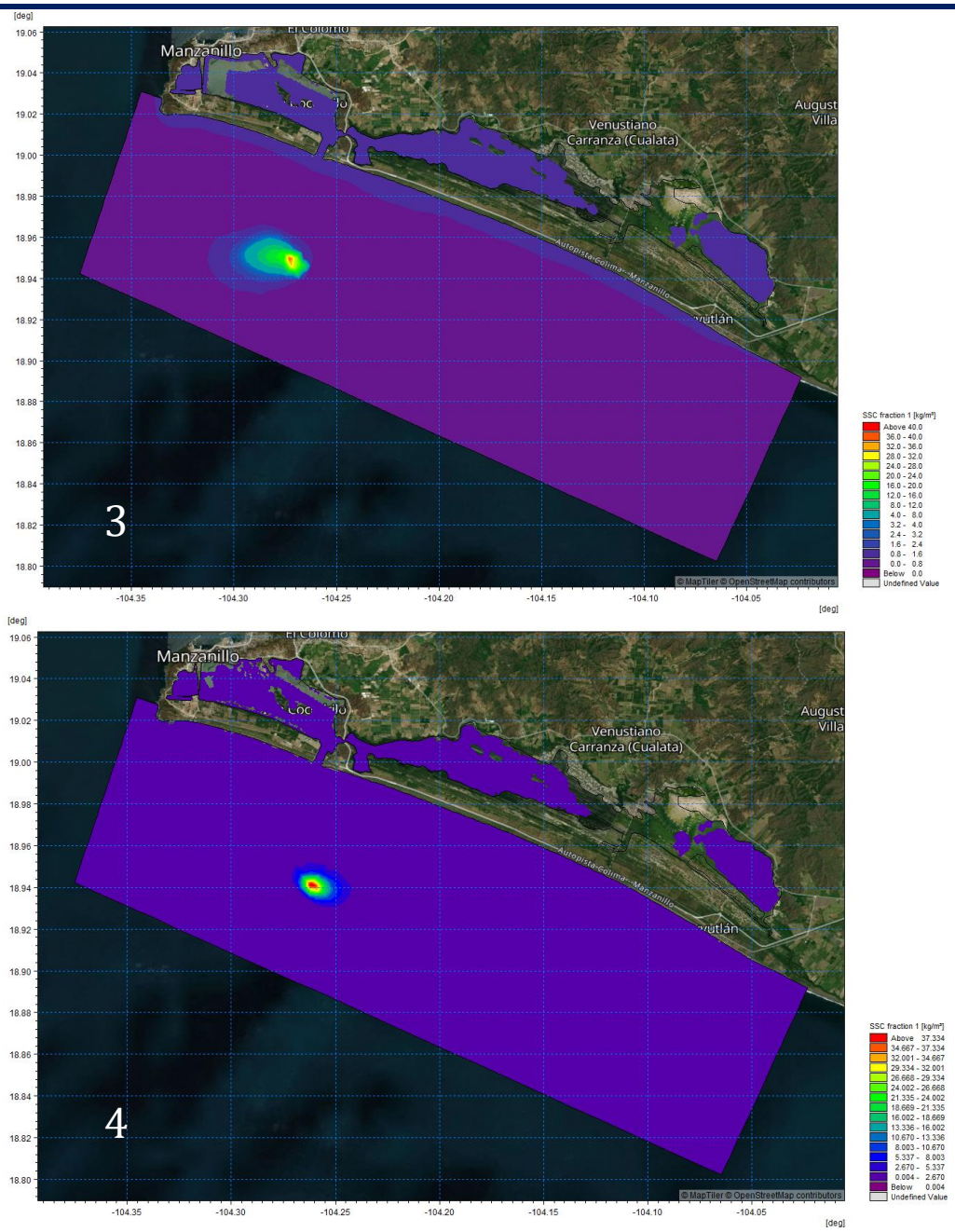


Figura 33. Dispersión de la pluma de sedimentos en mareas muertas, 3-4.

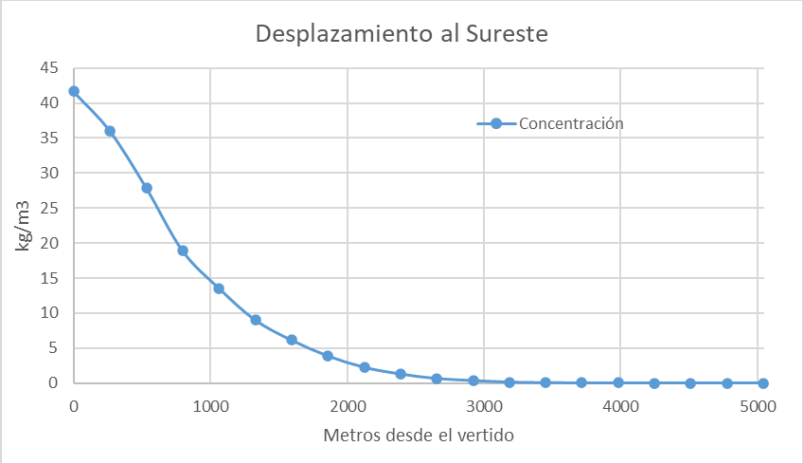


Figura 34. Desplazamiento de la pluma para el caso del panel #2 en mareas muertas.

VIII. Análisis de Transporte de contaminantes por Corrientes en el Vaso II

Se simuló el transporte de un derrame de contaminantes conservativo en el vaso II por corrientes, con el objetivo de determinar el trayecto de las partículas se hicieron 3 rastreos en diferentes zonas del vaso II: 1) partiendo del borde de la dársena hacia el interior del vaso II y del mismo borde hacia el vaso III; 2) partiendo del centro de los canales ubicados al norte y sur de las islas; y 3) partiendo del centro y zona occidente del vaso II. En la ***Figura 35*** se muestra la dispersión de partículas para el inciso 1 descrito anteriormente, partículas desde la dársena hacia los vasos II y III; en los dos péneles superiores se muestran los resultados de la simulación para mareas vivas y en los dos péneles inferiores para mareas muertas, en los dos péneles de la izquierda los resultados para marea entrante y la derecha para la vaciante de marea. En mareas vivas, con la marea entrando al sistema lagunar, flujo de marea, panel izquierdo superior, las corrientes del flujo entre los vasos II y III, alcanzan velocidades superiores a 1 m/s, mientras que al norte en del vaso II el flujo presenta velocidades de 0.40 m/s y al sur velocidades de 0.60 m/s.

Las velocidades en la dársena, donde termina el Canal Tepalcates al interior del sistema lagunar y el flujo se bifurca hacia los vasos II y III, son del orden de 0.15 m/s, como se muestra, las partículas que parten de esta zona logran ser transportadas durante la llenante en mareas vivas hasta la zona central del vaso II donde son depositadas; durante mareas muertas, panel inferior izq. el movimiento ocurre hasta algunas zonas del canal ubicado al sur de las islas, se muestra como el movimiento al norte es más limitado, debido al gradiente de velocidades entre ambos canales. Durante el reflujo de marea viva, las partículas son transportadas hacia el centro de la dársena, y de ahí hacia el Canal Tepalcates para su expulsión del sistema. Durante el reflujo en mareas muertas, las partículas se dirigen hacia la frontera de la dársena, y hacia el Canal Tepalcates.

En la ***Figura 36*** se muestra el movimiento de las partículas del contaminante partiendo del centro de los canales ubicados al norte y sur de las islas, para mareas vivas en los paneles superiores y mareas muertas en los inferiores, entrante a la izquierda y vaciante a la derecha; en mareas vivas cuando entra el flujo de marea logra generar un transporte hacia el norte del vaso II en las partículas que se ubican en el canal del norte y al centro del mismo en las partículas que se ubican al sur; cuando ocurre el reflujo de marea en mareas vivas, panel superior derecho, las partículas son transportadas hacia el oriente del vaso II aproximándose en algunas líneas de flujo a la dársena. En mareas muertas el movimiento es más limitado, y las partículas sólo logran sobrepasar las islas hacia el centro del vado II. Y durante el reflujo de marea, el transporte es similar, las partículas son conducidas hacia la dársena, cabe mencionar que en esta zona las velocidades del flujo disminuyen considerablemente, lo que indica una ralentización hacia el exterior del sistema.

En la ***Figura 37*** se muestra el caso de estudio donde las partículas parten del centro y zona occidente del vaso II, panel superior mareas vivas, panel inferior mareas muertas, izquierda llenante de marea y derecha reflujo o vaciante de marea; debido a las bajas velocidades, las corrientes al oeste del vaso II presentan velocidades entre 0.10 y 0.15 m/s, y a la baja profundidad de la zona, profundidades menores a 2 m, las partículas ubicadas en el canal sur son trasportadas a la frontera entre la zona central y la zona occidental del vaso II, con desplazamientos limitados a 1 o dos km; en marea baja, el desplazamiento de las partículas ubicadas en dicho canal sur de las islas cubre un trayecto de más de 4 km en dirección al Canal Tepalcates, y de más de 2 km al norte, al norte y sur de la Isla de los Pájaros. En mareas muertas, el movimiento de las partículas es bajo, durante la llenante se mueven menos de 1 km hacia el noroeste, y durante el reflujo de marea las partículas se mueven menos de 2 km hacia el sureste.

Cuando se ejecuten los trabajos de dragado, si se realizan durante la llenante de marea, aproximadamente entre el 3% y el 30% del material producto de dragado compuesto por finos será colocado en la columna de agua debido a pérdidas al succionar el material, por desbordamiento, etc., cuando se drague el Canal Tepalcates el material será desplazado paulatinamente hacia el interior de los vasos II y III, por procesos de mezcla será diluido en la columna de agua y distribuido en la dársena y una parte en la zona inmediata interna del vaso III. A medida que se avance en el dragado hacia el interior del vaso II, la pluma de sedimento será desplazada hacia el interior de dicho vaso, y colocado paulatinamente en la zona occidental del vaso II, una parte permanecerá en suspensión en la columna de agua; cuando cambien de dirección las corrientes, por el reflujo de la marea, el sedimento suspendido será extraído del sistema lagunar por las corrientes de marea de manera paulatina, recordando que cada vez más, al avanzar el dragado hacia el occidente del vaso II, las corrientes serán cada vez menores, como se obtuvo en los resultados hidrodinámicos, con implicaciones en el tiempo de permanencia del material dentro del sistema.

Si el dragado del CT se hace durante la vaciante de marea, el flujo de marea extraerá de una manera más eficiente el sedimento en suspensión.

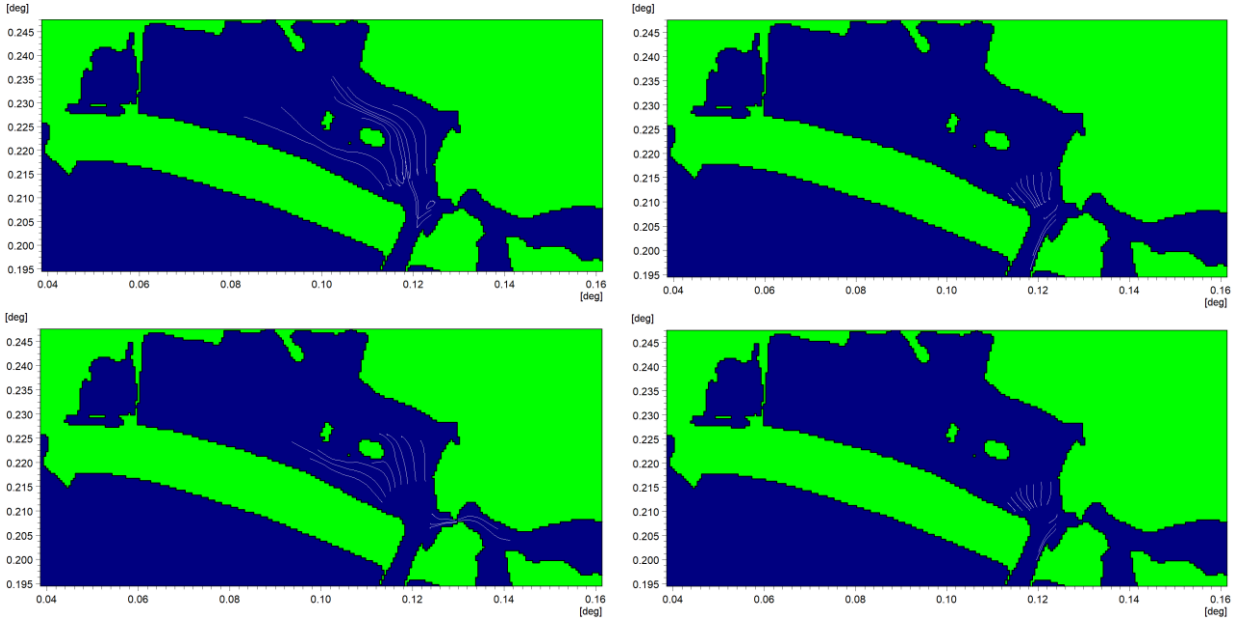


Figura 35. Dispersión de partículas en el vaso II, dársena: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante.

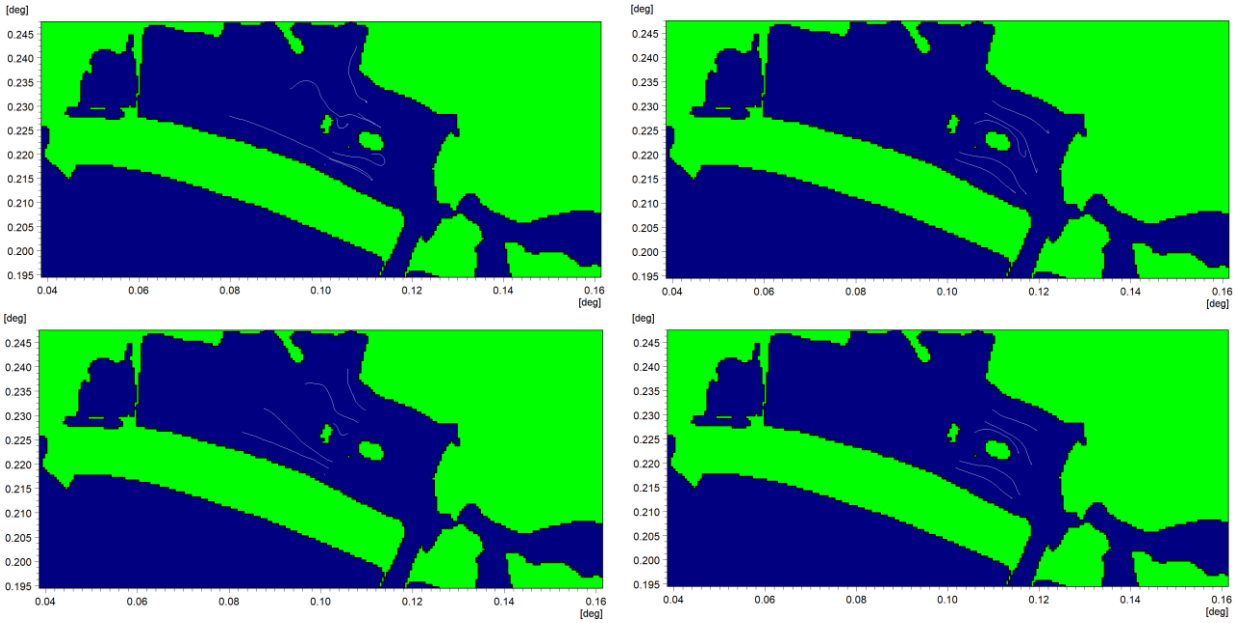


Figura 36. Dispersión de partículas en el vaso II, canales norte y sur: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante.

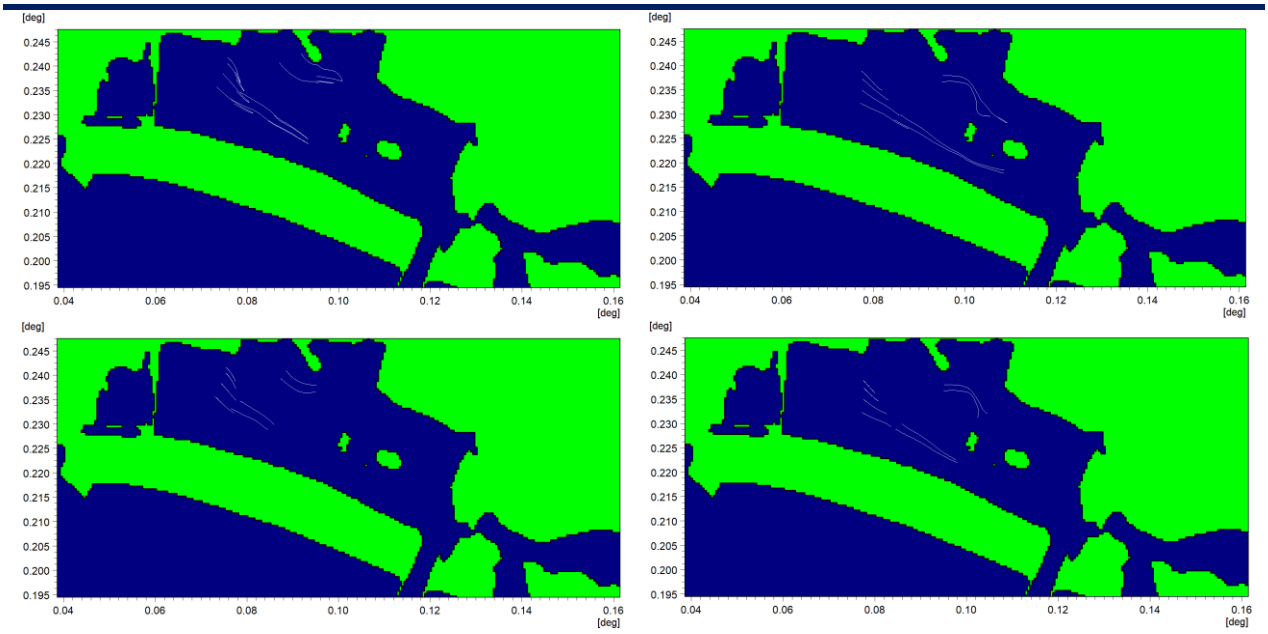


Figura 37. Dispersión de partículas en el vaso II, centro y occidente: panel sup. izq. mareas vivas llenante, panel sup. der. mareas vivas vaciante; panel inf. izq mareas muertas llenante y panel inf. der. mareas muertas vaciante.

IX. Simulación de tsunami

Con el objetivo de determinar la sobreelevación del nivel del mar en la zona de estudio por tsunami, se simuló numéricamente la generación de un tsunami local hipotético en el sistema acoplado laguna Cuyutlán – frente costero de Colima, utilizando como forzamiento el evento ocurrido el 9 de octubre de 1995 con hora de inicio de 09:35:53 a.m., con magnitud de momento sísmico Mw8.0, originado 10 km al sureste de Manzanillo y epicentro a 25 km de profundidad.

Los sismos ocurridos en 1995 y 1932 generaron los tsunamis de mayor amplitud en Colima, ***Figura 38***. Un parámetro para estimar la posible ocurrencia de tsunami es el momento sísmico escalar (Mo_i), que es proporcional al área de ruptura y a la dislocación vertical de la falla, y es determinada de los registros de sismógrafos de banda ancha, para un Mo_i mayor a 10^{22} Newton-metro. Con un área de ruptura paralela a la Trinchera Mesoamericana de largo 160±20 km y de ancho 20 km, una inclinación del plano de falla a 11° hacia la costa, la superficie total se subdivide en segmentos con dislocación independiente; la deformación vertical cosísimica del lecho marino fue la condición inicial de la superficie del mar para simular el tsunami. Si se considera a la cota cero como la línea de costa (nivel medio del mar), la inundación horizontal máxima será la que se alcance con la altura del *run up* que será el alcance máximo vertical que delimite el límite de la inundación, ***Figura 39***. Cabe mencionar que las características del tsunami que son utilizadas como base para la simulación, aun cuando parten de datos medidos, ciertos datos son parametrizados, entre ellos las dimensiones del plano de falla, la magnitud del momento sísmico y la dislocación sísmica, y sobre todo la ubicación del plano de factura,

en este caso de estudio sobre la Trinchera Mesoamericana, estos parámetros influyen en la generación y propagación del tsunami, por ende en la altura máxima de la onda, la altura del *run up* o alcance y el tiempo de arribo inicial del tsunami, en este estudio se presentan los resultados de la primera ola.

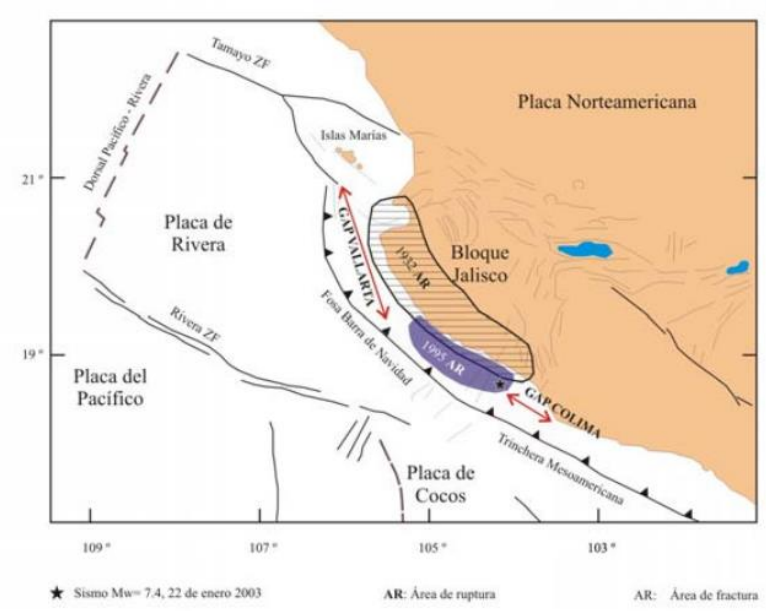


Figura 38. Área de ruptura de los terremotos de 1932 y 1995 y brechas sísmicas existentes en la región, Trejo et al, 2015.

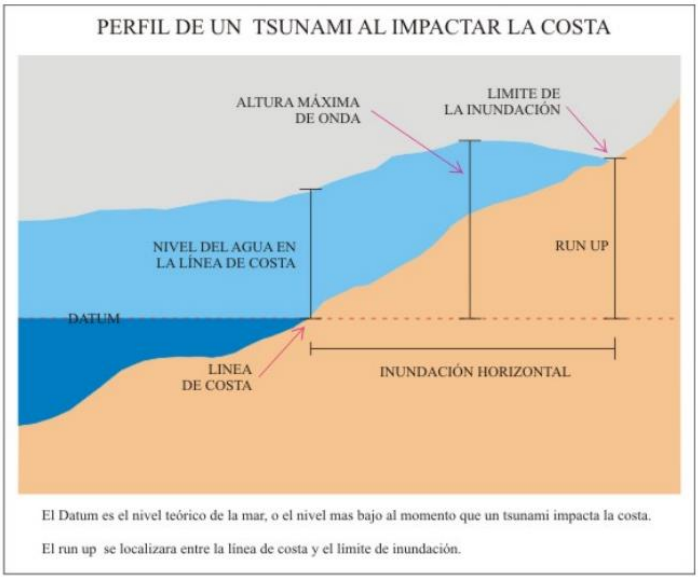


Figura 39. Perfil de un tsunami al impactar la costa, UNESCO, Levin y Nosov, 2009.

1. Dominio de cómputo

Para simular el tsunami, la malla utilizada en el modelo acoplado de las simulaciones hidrodinámicas compuesta por elementos triangulares fue transformada a elementos rectangulares, y rotada para efecto de alinear las fronteras del dominio al plano x-y. El dominio de cómputo para la simulación numérica del tsunami lo conforma una malla de elementos rectangulares, compuesta por 1307666 nodos y 1305083 elementos rectangulares, con incrementos espaciales *x* y *y* de 0.0002 grados de arco en toda la malla (aprox. 22 m), ***Figura 39***.

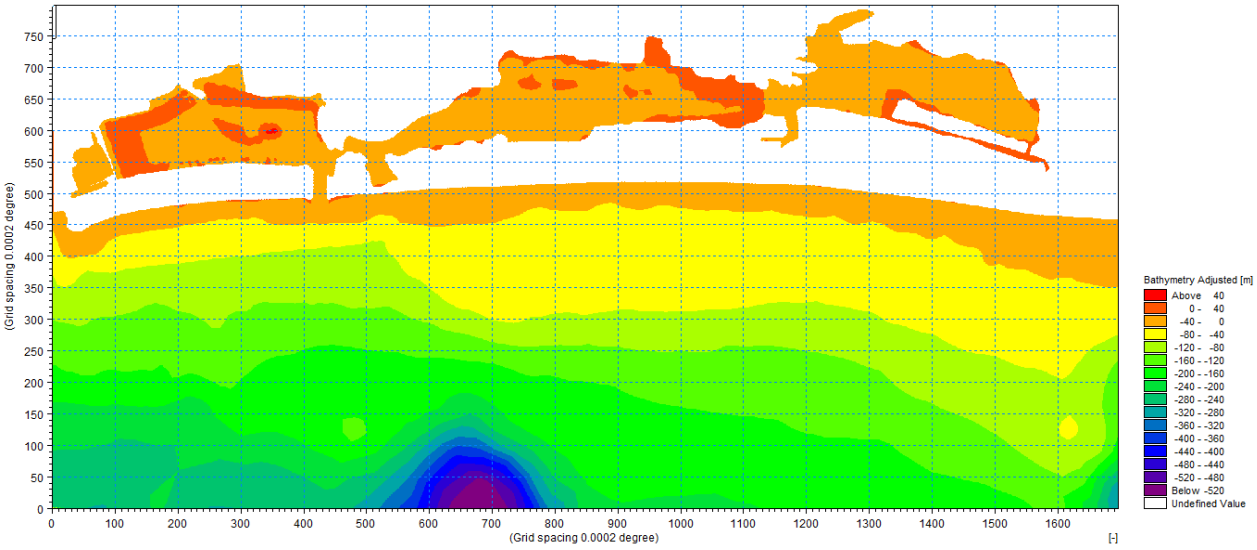


Figura 40. Dominio de cómputo del sistema acoplado Laguna de Cuyutlán – frente costero para la simulación del tsunami.

2. Resultados de la propagación del tsunami

La onda del tsunami alcanza 0.80 m en el frente marino del Canal Tepalcates, mientras que el tsunami genera una sobreelevación de la superficie libre mayor a 1.7 m en la costa, en las playas ubicadas al norte y sur del Canal Tepalcates, ***Figura 41***. La sobreelevación del nivel del mar al interior del Vaso II alcanza un valor de 0.30 m al norte de este, ***Figura 42***.

En la ***Figura 43*** se muestra la serie de tiempo de la sobreelevación del nivel del mar para el frente marino de las escolleras y para un punto ubicado en el canal norte del vaso II, en el frente costero se alcanza un valor de 0.80 m, antes de que la onda penetre a través del Canal Tepalcates, y una vez alcanzada la zona central del vaso II la onda llega a una altura máxima de la onda de 0.30 m. La altura del *run up* fue estimada en las simulaciones en un rango entre 1 m y 2 m.

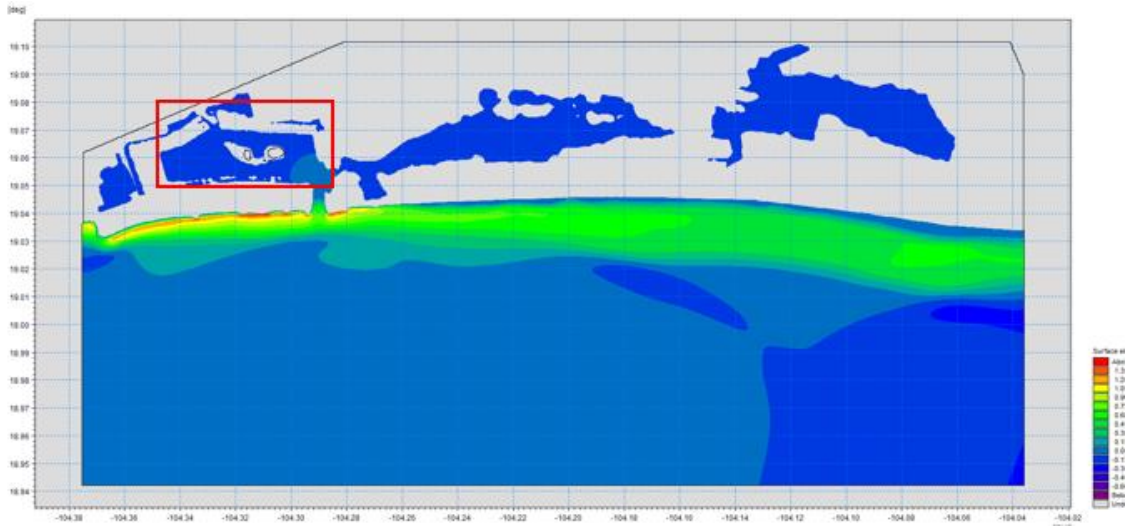


Figura 41. Propagación de la onda de tsunami sobre el dominio…

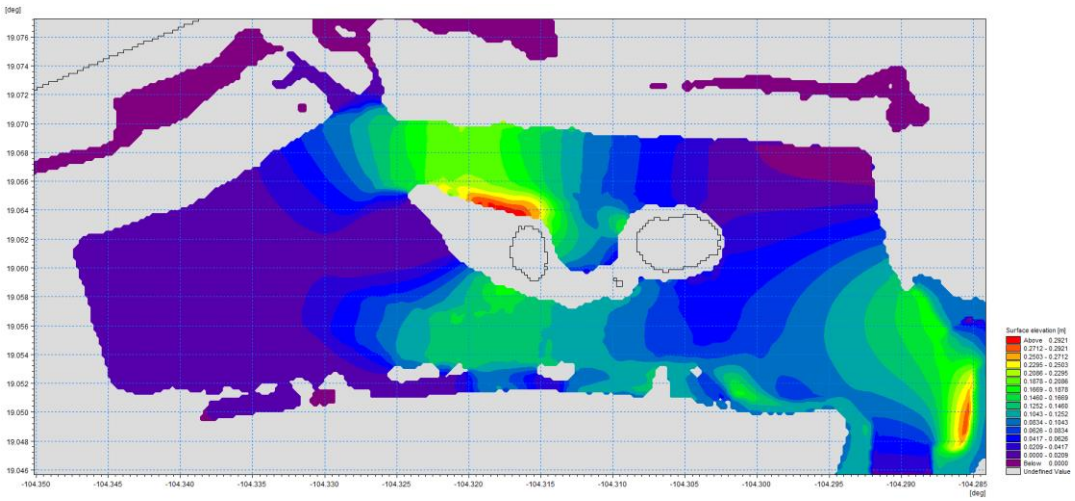


Figura 42. Alcance máximo de la onda de tsunami al interior del vaso II.

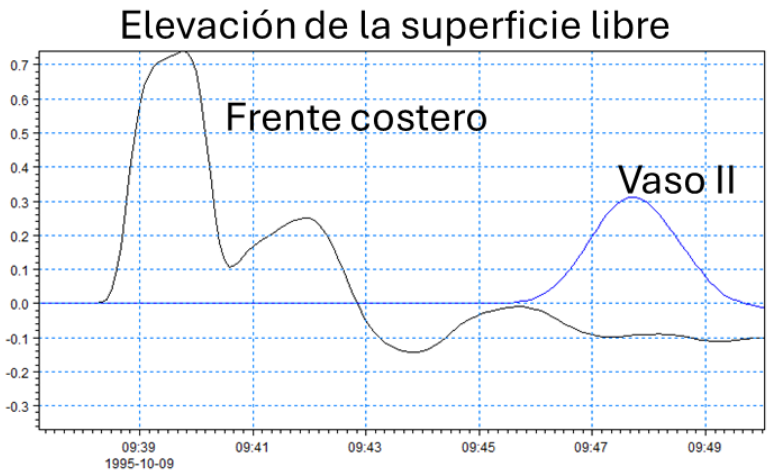


Figura 43. Serie de tiempo de sobreelevación del nivel del mar generada por el tsunami.

X. Simulación de huracán

Se simuló el Huracán Patrica ocurrido del 20 al 24 de octubre de 2015, este huracán alcanzó la categoría 4-5 al arribar a la costa de Manzanillo, con una velocidad de viento máxima de 342.62 km/hr y de 240 km/hr al arribar a la costa; el modelo es forzado con campos de viento y presión generados durante el evento meteorológico. En la ***Figura 44*** se muestra un paso de tiempo del campo de viento introducido como forzamiento en el modelo de generación y propagación de oleaje.

1. Resultados de la simulación del huracán

En la ***Figura 45*** se muestra el campo de oleaje generado por el huracán Patricia en el sistema acoplado lagua Cuyutlán – frente costero, la ola se propaga desde la frontera con una altura inicial de 11 m, por efectos de perdida y transferencia de energía arriba al frente de las escolleras con una altura de ola de 9 m. Se extrajo la serie de tiempo de altura de ola desde el frente costero hasta el interior del vaso II para analizar la propagación de la onda, ***Figura 46*** y ***Figura 47***, la altura de ola máxima alcanzada en el frente costero antes de penetrar al Canal Tepalcates (FC) ha perdido 15% de la energía del oleaje inicial, en el punto ubicado antes de la conexión entre los vasos II y III (C) la altura de ola ha perdido más del 85% de la energía, altura de ola de 1.36 m, la altura de ola al oriente del vaso II (O-VII) es de 1.96 m y al altura de ola al noreste de las islas en el vaso II (NE-I-VII) es mayor a 2.2 m.

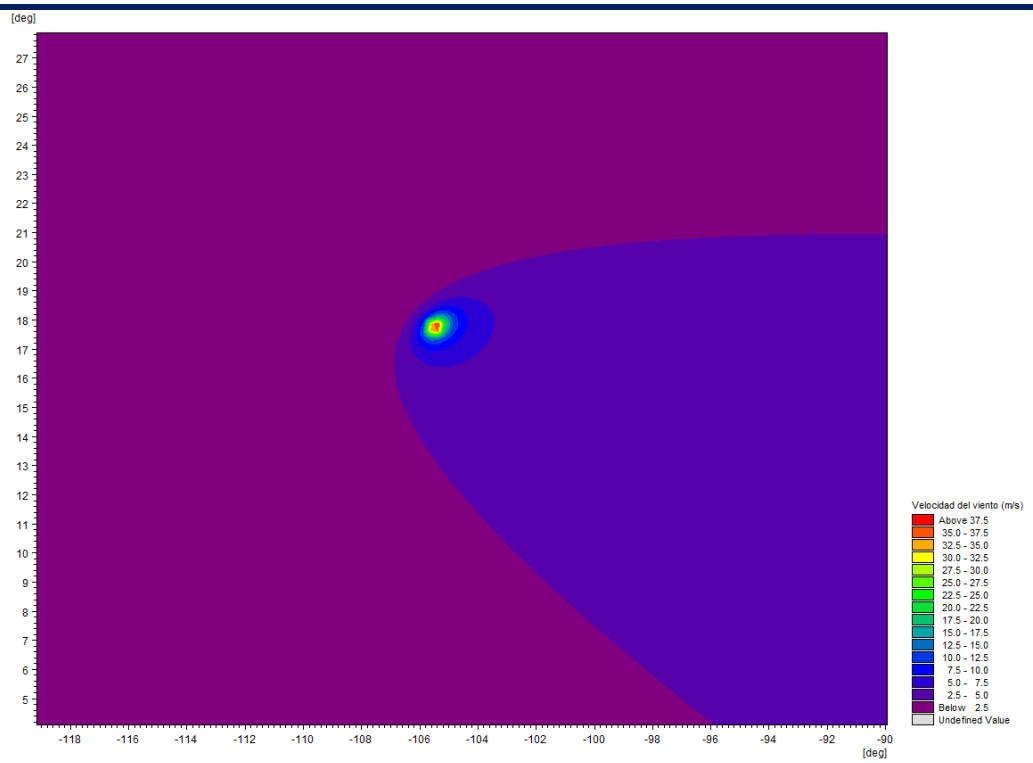


Figura 44.Campo de viento de huracán.

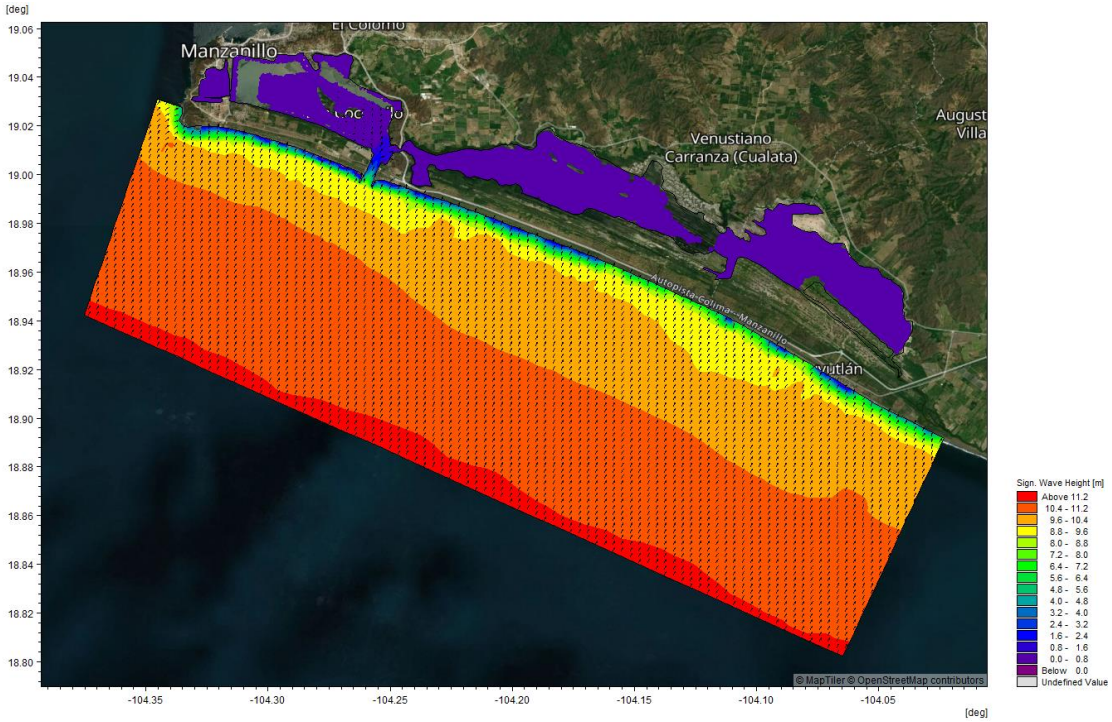


Figura 45. Oleaje de huracán en el área de estudio.

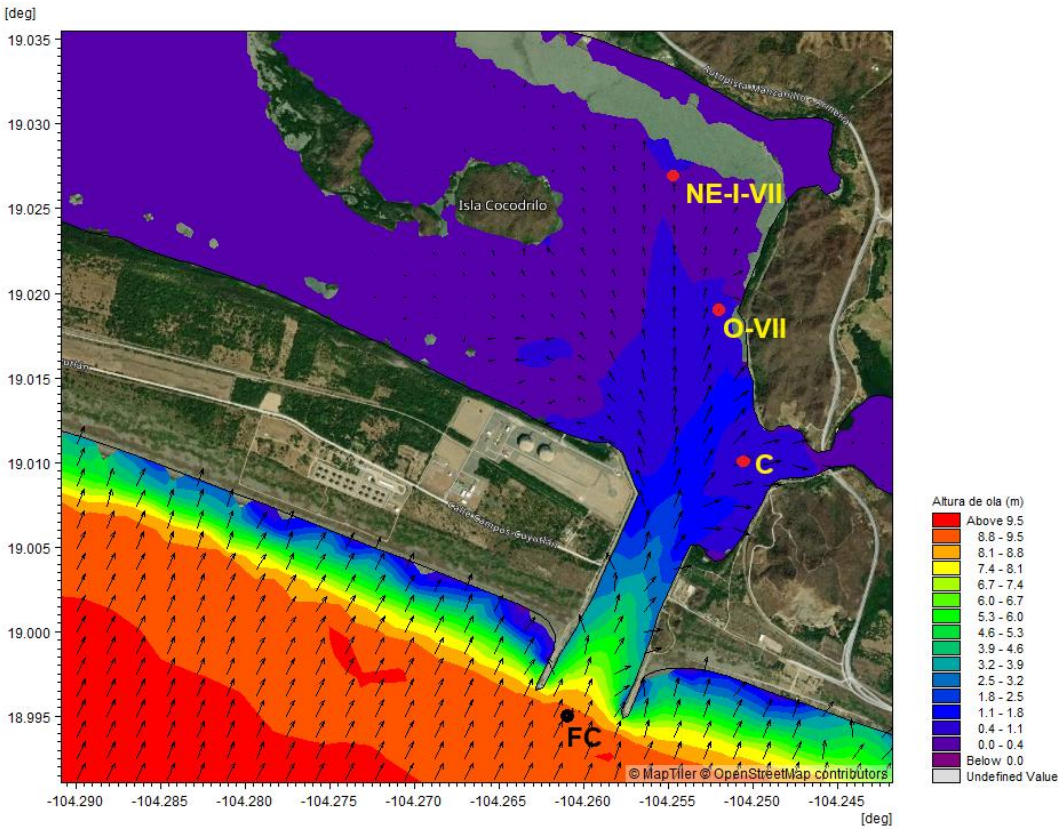


Figura 46. Ubicación de puntos de extracción del oleaje en el vaso II y frente costero.

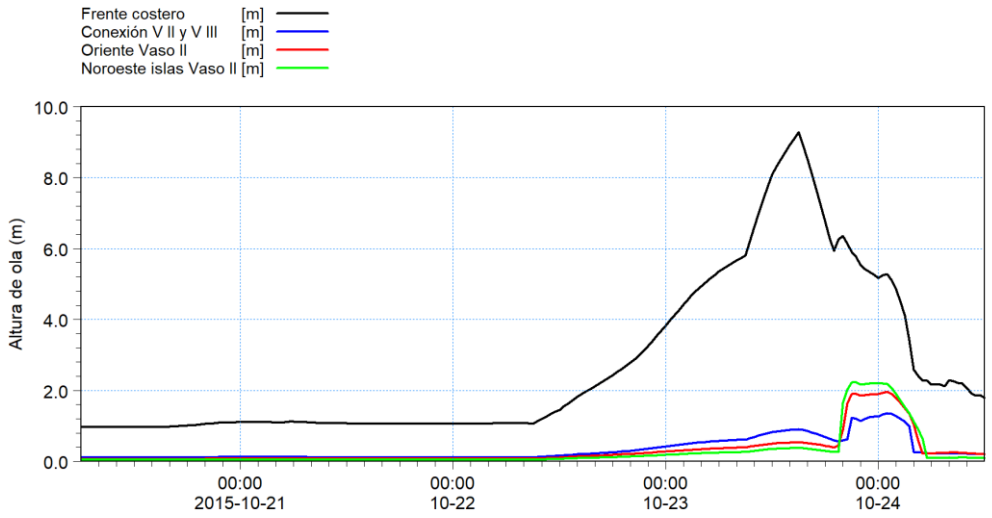


Figura 47. Oleaje máximo alcanzado en el frente costero y vaso II.

XI. Conclusiones

1. Conclusión general

El proyecto de dragado en sus **Etapas I y II** introduce **modificaciones hidrodinámicas y sedimentológicas relevantes, pero altamente focalizadas** en el Vaso II, manteniéndose la marea como el forzamiento dominante; en **mareas vivas** se concentran las mayores velocidades y capacidad de transporte, mientras que en **mareas muertas** se incrementan los tiempos de residencia del agua y del sedimento. El **oleaje** no presenta cambios relevantes por efecto del proyecto y **no penetra significativamente al Vaso II**, por lo que su influencia interna es secundaria. El **transporte de sedimentos en planta** evidencia una reducción de la exportación desde el Vaso II y una tendencia a mayor acumulación local en Etapa II, con incremento del intercambio hacia el Vaso III. La **pluma de sedimentos del dragado** se dispersa eficientemente en mareas vivas y, aun en mareas muertas, se diluye hasta concentraciones naturales sin recirculación hacia el sistema lagunar. Las simulaciones de **tsunami y huracán** muestran que los efectos más severos se concentran en el frente costero, mientras que el sistema lagunar, incluido el Vaso II, actúa como un medio de **amortiguamiento hidrodinámico**, sin incremento sustancial del riesgo interno asociado al proyecto.

2. Conclusiones particulares

1. Hidrodinámica y corrientes (mareas vivas y mareas muertas)

La hidrodinámica del sistema **Laguna de Cuyutlán – frente costero** está controlada predominantemente por la **marea**, con una marea semidiurna mixta de régimen micromareal. El **Canal Tepalcates** constituye el principal conducto de intercambio hidrodinámico entre el sistema lagunar y el océano, condicionando la propagación de la onda de marea y los patrones de corriente en los vasos que componen el sistema.

En **condiciones actuales**, las diferencias entre mareas vivas y muertas son claras: durante mareas vivas se alcanzan las **mayores velocidades de corriente**, con valores superiores a **0.7–0.8 m/s** en los canales de conexión entre los Vasos II y III y en ciertos sectores del Canal Tepalcates, mientras que en mareas muertas las velocidades se reducen aproximadamente a la mitad. Existe además una marcada **asimetría de marea**, con mayor eficiencia hidráulica del sistema durante la vaciante, favoreciendo la exportación de agua y sedimentos hacia el exterior.

La **Etapa I del proyecto** introduce modificaciones locales debido a la profundización selectiva de los canales del Vaso II, manteniéndose el patrón general de propagación de la marea, pero con **redistribución de velocidades**: reducción de flujos en sectores internos del Vaso II y **aceleración puntual** en el Canal Tepalcates y en la conexión con el Vaso III.

En la **Etapa II**, los cambios batimétricos son más significativos. Se observa una **reducción generalizada de las velocidades dentro del Vaso II**, asociada a la pérdida de áreas intermareales y al aumento de

profundidad, lo cual incrementa los **tiempos de residencia** del agua. En contraste, las corrientes en la **conexión Vaso II–Vaso III** se intensifican, superando en algunos casos **1.4 m/s**, y el sistema deja de operar de manera tan marcadamente eficiente durante la vaciante, reduciéndose la diferencia entre flujos de llenante y vaciante. Estos cambios tienen implicaciones directas en el transporte de sedimentos y contaminantes.

2. Simulación de oleaje

El oleaje dominante en la región proviene del **sector suroeste**, con alturas y periodos característicos de oleaje de viento y mar de fondo del Pacífico oriental. La modelación demuestra que, tanto en condiciones actuales como en las etapas del proyecto, el **oleaje se disipa de manera muy eficiente al aproximarse al Canal Tepalcates** por efectos combinados de refracción, difracción, fricción de fondo y geometría del canal.

En consecuencia, el **oleaje normal no penetra de forma significativa al interior del Vaso II**, alcanzando alturas menores a **0.10 m** e incluso de solo algunos centímetros en condiciones de proyecto. La comparación entre escenarios actuales, Etapa I y Etapa II indica que **el proyecto no modifica de manera sustancial el clima de oleaje al interior del sistema lagunar**, por lo que el oleaje no constituye un forzamiento relevante para la dinámica interna, aunque sí participa como forzamiento secundario en los procesos de transporte de sedimentos y resuspensión.

3. Transporte de sedimentos en planta (ST)

El transporte de sedimentos en planta está gobernado por la **interacción entre corrientes mareales y oleaje**, distinguiéndose claramente dos dominios: el frente costero, controlado por transporte litoral inducido por oleaje, y el sistema lagunar, dominado por el transporte en suspensión asociado a la marea.

En **condiciones actuales**, el transporte litoral neto ocurre hacia el **sureste**, mientras que dentro del sistema lagunar las mayores tasas de transporte, erosión y azolve se concentran en el **Vaso II**, particularmente en las zonas intermareales y en la conexión con el Vaso III.

Con la **Etapa I**, la redistribución de corrientes intensifica los contrastes entre zonas erosivas y acumulativas en el Vaso II, focalizando la acumulación en las áreas dragadas y manteniendo procesos erosivos en sectores no intervenidos.

En la **Etapa II**, la disminución de velocidades dentro del Vaso II reduce de manera significativa las **tasas de erosión y exportación de sedimentos**, favoreciendo procesos de **acumulación local**. Al mismo tiempo, el incremento de velocidades hacia el Vaso III implica un **transporte más eficiente entre vasos**, lo que sugiere que el sedimento colocado o movilizado en el oriente del Vaso II tenderá a ser evacuado preferentemente durante los ciclos de reflujo. En conjunto, el proyecto induce un **cambio funcional del Vaso II** hacia un compartimento de menor energía hidrodinámica y mayor potencial de acumulación.

4. Dispersión de la pluma de sedimentos del dragado (mareas vivas y muertas)

La dispersión de la pluma de sedimentos del sitio de tiro está controlada principalmente por las **corrientes de marea**, con influencia secundaria del viento y del oleaje. Las simulaciones muestran un contraste claro entre mareas vivas y mareas muertas.

Durante **mareas vivas**, la mayor energía hidrodinámica favorece una **rápida dilución y dispersión** de la pluma, con extensiones del orden de **5 km**, concentraciones que disminuyen rápidamente tras el vertido y direcciones predominantes hacia el **sureste y suroeste**, paralelas a la línea de costa y **opuestas al sistema lagunar**.

En **mareas muertas**, las corrientes más débiles generan **mayores concentraciones locales y una mayor persistencia temporal** de la pluma; sin embargo, aun en este escenario desfavorable, la dilución conduce a concentraciones cercanas a las naturales a distancias de **3–4 km** y en un periodo del orden de **tres o cuatro ciclos de marea**.

En todos los casos analizados, **no se observa recirculación de la pluma hacia el Canal Tepalcates ni hacia el sistema lagunar**, lo que confirma que la ubicación del sitio de tiro y la dinámica regional impiden el reingreso del material dragado al sistema.

5. Simulación de tsunami

La simulación de un **tsunami local severo**, basado en un evento sísmico representativo de la zona, muestra que el **frente costero** puede experimentar sobreelevaciones superiores a **1.5 m**, con un *run-up* estimado entre **1 y 2 m**.

Sin embargo, la propagación de la onda hacia el interior del sistema lagunar se ve **fuertemente amortiguada por la geometría del Canal Tepalcates**. En condiciones de proyecto, la sobreelevación máxima en el **Vaso II** es del orden de **0.30 m**, concentrándose principalmente en su sector norte. Estos resultados indican que el proyecto **no incrementa de forma significativa la vulnerabilidad interna del sistema ante eventos tsunamigénicos**, aunque el frente costero continúa expuesto a inundación.

6. Simulación de huracán

La simulación del **Huracán Patricia**, como escenario extremo, confirma que los eventos meteorológicos severos generan **oleaje de gran energía** en el frente costero, con altura de **9 m** frente a las escolleras.

No obstante, al igual que en condiciones normales, la energía del oleaje se disipa de manera intensa al ingresar al sistema, de forma que en el **interior del Vaso II** solo se alcanzarían alturas máximas del orden de **2 m** en escenarios conservadores. Aunque estos valores son relevantes desde el punto de vista operacional y de seguridad, el sistema presenta una **capacidad significativa de amortiguamiento**, y los efectos del proyecto no alteran de manera sustancial este comportamiento.

“Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, III y IV) para medir el impacto hídrico debido de la construcción de un puerto”

CONCEPTO
MODELO HIDRODINÁMICO

Contenido

MODELO HIDRODINÁMICO 5
1 INTRODUCCIÓN 5
2 OBJETIVOS 5
2.1 Objetivos particulares 6
3 ANTECEDENTES 6
4 METODOLOGÍA 8
4.1 Trabajo de campo 8
4.2 Consideraciones para la construcción del modelo 10
4.3 Información y datos de entrada 11
4.3.1 Batimetría 11
4.3.2 Condiciones de frontera 15
4.3.3 Forzamientos hidrodinámicos en el modelo 16
4.3.4 Parámetros del modelo 17
4.4 Configuración del Modelo 19
4.4.1 Dominio y elaboración de la Malla 19
4.4.3 Forzamientos de marea 22
4.4.4 Viento 25
4.5 Calibración 26
4.5.1. Rugosidad del Fondo 27
4.5.2. Viscosidad 28
4.5.3. Dispersión Horizontal 28
4.5.4 Criterios de Calibración 29
4.5.5 Validación 30
4.5.5 Limitaciones del modelo 33
4.6 Tiempos de residencia 34
5 RESULTADOS 36
5.1 Temperatura 37

5.2 Salinidad 39
5.3 Variación de la marea 45
5.4 Patrones de circulación 47
5.4.1 Circulación durante el ingreso de agua de mar 47
5.4.2 Circulación durante la salida de agua de mar (baja mar) 60
5.4.3. Simulaciones para temporada de lluvias 70
5.4.4. Caso particular. Afectaciones al Vaso I y II por el bombeo de la planta termoeléctrica (Caso CFE) por la Fase 2 del proyecto 87
5.5 Tiempos de residencia 95
5.5.1 Época de estiaje 96
5.5.2 Época de lluvias 103
5.6 Construcción de drenes para recuperar el flujo del Vaso II y el Vaso I (Medida de Mitigación) 111
5.6.1 Implementación en el modelo hidrodinámico. Fase 1 113
5.6.2 Implementación de los drenes con la Fase 2. Efecto de los drenes en el caso de la termoeléctrica de CFE 121
5.7 Evaluación de escenarios 126
5.7.1. Cambio Climático 126
5.7.2. Incremento del nivel de mar 133
5.7.3 Marea de Tormenta y Huracanes 160
5.8 Transporte de sedimentos y erosión 187
5.8.1. Concentración de sedimentos en suspensión (SSC) 189
5.8.2. Acumulación de sedimentos 193
5.8.3. Erosión 195
6 Discusión y conclusiones 202
Referencias 210
Anexo 1 211
Anexo 2 232
Anexo 3 241
Ocurrencia de agua (Water ocurrence SWO) 242

Intensidad de cambio de ocurrencia del agua (Water ocurrence change intensity)..... 244
Estacionalidad del agua (Water seasonality 2021)..... 247
Recurrencia annual del agua (Annual water recurrence 1984-2021)..... 250

MODELO HIDRODINÁMICO

1 INTRODUCCIÓN

La Laguna de Cuyutlán constituye uno de los sistemas lagunares costeros más relevantes del Pacífico, tanto por su extensión, como por su importancia ecológica, económica y social. Este sistema lagunar está conformado por una serie de cuerpos de agua someros interconectados (Vaso I, II, III, IV y el Estero Palo Verde), separados del océano Pacífico por una barra litoral y comunicados con el mar a través de bocas o canales que regulan el intercambio de agua marina y continental.

La hidrodinámica de la laguna está controlada por múltiples factores, entre los que destacan la marea, los aportes continentales, la evaporación, el viento, el aporte de los acuíferos, la morfología del sistema y por actividades antropogénicas, como lo que sucede entre el vaso III y el Vaso IV cuyo flujo es regulado por una compuerta.

En el sistema laguna, la circulación del agua juega un papel fundamental en la distribución de salinidad, sedimentos, nutrientes y contaminantes, así como en los procesos ecológicos que sostienen los hábitats lagunares. La interacción entre el océano, la planicie costera y los aportes continentales genera un sistema altamente dinámico, donde pequeñas variaciones en las condiciones de frontera o en la morfología del fondo pueden producir cambios significativos en los patrones de circulación y en los tiempos de residencia del agua.

Por lo anterior, el desarrollo de un modelo hidrodinámico numérico constituye una herramienta fundamental para comprender y cuantificar los procesos físicos que controlan la circulación dentro del sistema lagunar. A través de la simulación de variables como niveles de agua, corrientes, transporte y mezcla. Los modelos hidrodinámicos permiten integrar información batimétrica, meteorológica, oceanográfica e hidrológica dentro de un marco físico. Esto facilita el análisis de escenarios actuales y futuros, así como la evaluación del impacto de modificaciones naturales o antrópicas en la dinámica del sistema.

La aplicación de modelos hidrodinámicos resulta particularmente relevante en la Laguna de Cuyutlán debido a su compleja configuración geomorfológica, su conectividad variable con el océano y la influencia de procesos regionales asociados a la planicie costera del Pacífico mexicano. En este sentido, herramientas de modelación numérica como MIKE 21 permiten representar de manera espacialmente explícita los procesos de circulación en ambientes someros, proporcionando un marco robusto para el análisis de la hidrodinámica lagunar y el apoyo a la toma de decisiones en materia de manejo costero, conservación ambiental y planificación territorial.

El presente estudio tiene como objetivo comprender la respuesta hidrodinámica y sedimentaria de la Laguna Cuyutlán ante la implementación del proyecto en dos fases, con el fin de identificar posibles afectaciones y proponer medidas de mitigación que garanticen la estabilidad del sistema.

2 OBJETIVOS

Desarrollar un estudio hidrodinámico de la Laguna Cuyutlán para determinar el comportamiento de los flujos superficiales que interactúan con la Laguna y modifican sus condiciones físico – químicas.

2.1 Objetivos particulares

- Construir un modelo numérico que simule las condiciones hidrodinámicas de los cuatro vasos de la Laguna Cuyutlán.
- Calibrar el modelo con información en campo.
- Preparar el modelo para la simulación de diversos escenarios.
- Caracterizar los patrones de circulación dentro de los distintos vasos de la laguna y su conectividad hidráulica.
- Evaluar la influencia de forzamientos externos, como la marea, el viento y los aportes continentales, en la dinámica del sistema
- Estimar los tiempos de residencia y renovación del agua, variables clave para comprender procesos de calidad del agua, transporte de sedimentos y dispersión de contaminantes.

3 ANTECEDENTES

La Laguna de Cuyutlán es un sistema lagunar costero somero cuya dinámica hidrodinámica está controlada principalmente por el intercambio de agua con el océano Pacífico, los aportes continentales, el viento y los procesos de evaporación. Estos forzamientos generan un sistema de circulación complejo que regula la distribución de salinidad, sedimentos y masa de agua dentro de la laguna.

Desde el punto de vista hidrodinámico, el sistema funciona como una laguna costera semi-restringida, donde el principal mecanismo de renovación del agua es el intercambio mareal con el océano a través de las bocas o canales de comunicación. Durante la marea creciente, el agua marina ingresa al sistema lagunar generando corrientes hacia el interior de los vasos lagunares; mientras que durante la marea vaciante el flujo se invierte y el agua es expulsada nuevamente hacia el océano. Este proceso genera ciclos periódicos de circulación que controlan gran parte de la dinámica interna del sistema.

La morfología alargada y segmentada de la laguna, junto con su batimetría somera, provoca que la energía mareal se atenúe progresivamente hacia el interior, produciendo diferencias espaciales en los patrones de circulación y en los tiempos de renovación del agua entre los distintos sectores de la laguna. En las zonas más alejadas de las bocas de intercambio, la circulación suele estar más influenciada por el viento y por gradientes de densidad asociados a variaciones de salinidad y temperatura.

La laguna no funciona como un cuerpo de agua único, sino que se encuentra segmentada en cuatro secciones principales denominadas Vasos I, II, III y IV. Esta división está marcada por infraestructuras humanas que condicionan el flujo interno de agua:

• Segmentación por Transporte: El terraplén del ferrocarril separa los vasos I y II, mientras que torres de conducción eléctrica y caminos para el transporte de sal dividen los vasos III y IV (Mellink & López, 2007).

• Conexiones Oceánicas: El intercambio de agua con el mar ocurre a través de tres canales artificiales principales: Túnel, Ventanas y Tepalcates (Salas-Maldonado et al., 2021). Estas bocas artificiales son los puntos críticos de entrada de energía mareal al sistema.

Además del forzamiento de marea, el sistema hidrodinámico está influenciado por aportes continentales superficiales y flujos subterráneos provenientes de la planicie costera, los cuales introducen agua dulce al sistema y contribuyen a la generación de gradientes de salinidad. En combinación con los procesos de evaporación —particularmente intensos en climas tropicales secos— estos factores pueden generar condiciones de circulación estuarina o hipersalina, dependiendo de la época del año y del balance hidrológico del sistema.

Históricamente, la hidrodinámica de Cuyutlán estaba regulada por un balance entre la evaporación y la escorrentía superficial de agua dulce (Mellink & López, 2007). Sin embargo, el papel del agua dulce ha sido progresivamente menospreciado a favor de las conexiones marinas (Mellink & López, 2007).

- Dominio de la Marea: Actualmente, la circulación es modulada principalmente por el forzamiento mareal, que introduce agua marina hacia el interior de los vasos (Duarte, 2016).

- Batimetría: La laguna es un sistema extremadamente somero, con una profundidad máxima de apenas 2 metros (Salas-Maldonado et al., 2021) para algunas partes del vaso II y III y menor a un metro para el fondo del Vaso III y IV. Esta poca profundidad hace que la circulación dependa fuertemente de la configuración de los canales y de la fricción con el fondo, lo que genera una alta variabilidad interanual en los niveles de agua (Mellink & López, 2007).

El régimen de salinidad de la laguna refleja la tensión entre los aportes continentales y la intrusión marina:

- Fuentes de Agua Dulce: El sistema recibe aportes limitados de los ríos Zacate y diversos arroyos intermitentes (Ramírez-Ayala et al., 2021). No obstante, este flujo ha disminuido debido a la extracción de agua para actividades agrícolas y humanas en las cuencas superiores, lo que ha alterado el papel histórico del agua dulce en los procesos biológicos de la laguna (Mellink & López, 2007, 2013).

- Variabilidad de la Salinidad: En condiciones de intercambio normal, la salinidad fluctúa en un rango de 28.2 PSU a 35.4 PSU (Salas-Maldonado et al., 2021) en época de lluvias. Sin embargo, la construcción de diques y otras estructuras para controlar los niveles de agua —especialmente para la industria salinera— afecta la circulación interna y puede provocar cambios significativos en estos valores (Mellink & López, 2007, 2013) registrándose valores mayores a los 90 PSU en la época de mayor estiaje.

La hidrodinámica de la Laguna de Cuyutlán ha sido "rediseñada" para satisfacer necesidades industriales y portuarias. La construcción recurrente de canales para conectar la laguna con el río o el mar, junto con el dragado para la navegación hacia el puerto de Manzanillo, ha modificado permanentemente la dinámica original de llenado y vaciado (Mellink & López, 2007). Estos cambios han afectado particularmente a los Vasos I y II, que son los más perjudicados por los impactos de la industria y el crecimiento de los asentamientos poblacionales (Torres & Quintanilla-Montoya, 2014).

4 METODOLOGÍA

4.1 Trabajo de campo

El trabajo de campo relacionado con la construcción del modelo hidrodinámico consistió en la instalación de puntos de monitoreo de marea, salinidad y temperatura en sitios estratégicos de la laguna donde las condiciones hidrodinámicas son cambiantes.

Durante una campaña, realizada entre el 9 y el 14 de febrero se instalaron 8 sensores tipo Datalogger en cada una de las zonas de intercambio de agua o trasvase de la laguna, además en la zona de ingreso de agua en el Vaso II (Canal Tepalcates) y Vaso I (Canal Ventanas).

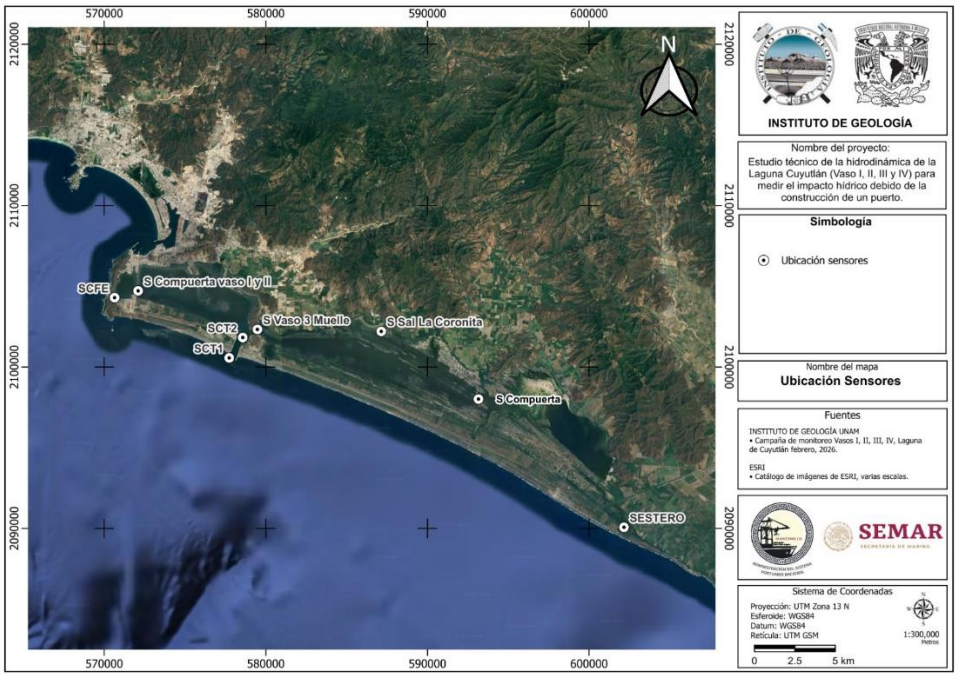


Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo.

Cada sensor se instaló dentro de un tubo de PVC ranurado para la protección del sensor y permitir el libre paso de agua y obtener la magnitud del nivel de agua y salinidad correcto. En la Figura 2 se muestra la instalación del sensor dentro de uno de los tubos sujeto a unos de los muelles que se encuentran en el punto de comunicación entre el Vaso II y el Vaso III.



Figura 2. Instalación del sensor en estación de monitoreo.

Cada punto de monitoreo fue nivelado con respecto al nivel del terreno, para posteriormente registra su profundidad para obtener el valor relativo de profundidad y el valor absoluto de marea.



Figura 3. Nivelación de puntos de monitoreo con GPS diferencial Emlid reach.

4.2 Consideraciones para la construcción del modelo

La elaboración y desarrollo de un modelo hidrodinámico consiste en llevar los elementos del sistema físico establecido en el modelo conceptual a la formulación matemática que resuelve la ecuación de flujo de superficies libres. Su principal objetivo es realizar una estimación cuantitativa y precisa del comportamiento de marea dentro de todos los vasos de la Laguna de Cuyutlán y su interacción con y sin el proyecto, para la medición del impacto.

La metodología para la elaboración del modelo se puede dividir en cinco elementos importantes:

- La construcción y configuración de la batimetría.
- La construcción de la malla, que determinará la geometría del modelo y los parámetros espaciales.
- Determinación de los parámetros hidrológicos iniciales, en esta etapa se imponen los valores hidrológicos iniciales para cada uno de los elementos que intervienen en el modelo. En este caso son las variaciones de nivel dentro de los cuerpos de agua, coeficiente de rugosidad y nivel inicial de agua en cada vaso.
- Condiciones de frontera. Son las condiciones de flujo que el modelo tendrá en sus bordes. Estas propiedades deben representar las condiciones físicas que posea la laguna.
- Calibración. La calibración es el proceso en el cual el modelo se ejecuta y resuelve la ecuación de flujo con las condiciones establecidas de inicio. Si las condiciones, propiedades y supuestos iniciales no simulan de manera correcta las condiciones actuales y observables de la laguna, las condiciones iniciales deberán ser corregidas hasta establecer un modelo que represente de forma fidedigna el estado actual del acuífero.

Para la modelación hidrodinámica se utilizó el software MIKE 21, desarrollado por DHI (Danish Hydraulic Institute). Este software simula ambientes acuáticos de manera bidimensionales (2D) y tridimencionales (3D) resolviendo numéricamente las ecuaciones de aguas someras (Shallow Water Equations). Estas ecucaciones modelan cómo el nivel del agua y las velocidades varían en el tiempo y en el espacio. Se utilizan ampliamente para caracterizar mares someros (ambientes costeros), estuarios, ríos, lagos, embalses y zonas propensas a inudanciones.

Se utilizó el módulo HD (hydrodinamic) para simular la circulación de agua y corrientes dentro del área del vaso III, tomando en cuenta los datos medidos en la bocatoma de la laguna y los valores de nivel medidos en el predio de estudio.

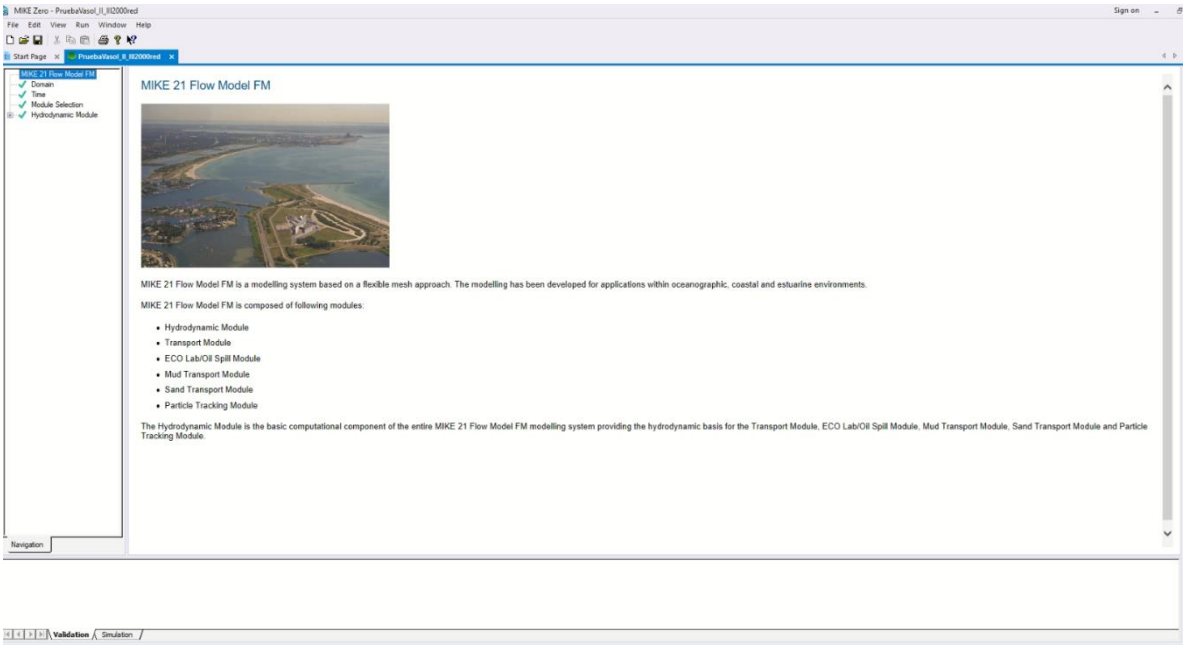


Figura 4. Interfaz del programa Mike 21, módulo de hidrodinámica.

En los siguientes apartados se detalla cada uno de los procesos de construcción del modelo.

4.3 Información y datos de entrada

4.3.1 Batimetría

La batimetría es uno de los elementos principales en la construcción del modelo. La definición de esta determina la exactitud de la solución numérica en el espacio. Para la Laguna, se contó con la batimetría con una resolución mínima de 5x5 para cada Vaso.

4.3.1.1 Vaso I

El Vaso I corresponde al cuerpo de agua más occidental del sistema lagunar, cerca de la bahía de Manzanillo. El vaso presenta la menor área y volumen dentro de la Laguna de Cuyutlán. Su profundidad media es de aproximadamente 1.16 m, lo que favorece una alta interacción con la atmósfera (evaporación) y rápida respuesta a forzamientos externos.

Desde el punto de vista hidrodinámico, este vaso está fuertemente influenciado por su conexión directa con el océano Pacífico a través del Canal Ventanas, lo que genera un intercambio de agua de mar significativo, lo que da como resultado altas velocidades de flujo sobre el canal y una renovación continua de agua.

Estas condiciones promueven una mezcla intensa de agua, reduciendo la estratificación y favoreciendo la homogenización de parámetros como temperatura y salinidad. Por su geometría, su dinámica lo convierte en un regulador del intercambio de agua entre el océano y los demás vasos, actuando como una zona de transición donde se disipan los gradientes hidráulicos ya que el agua ingresa por el Canal Ventanas y su oleaje es atenuado por un subcuerpo un poco más profundo, antes de su ingreso al cuerpo principal (Figura 5)

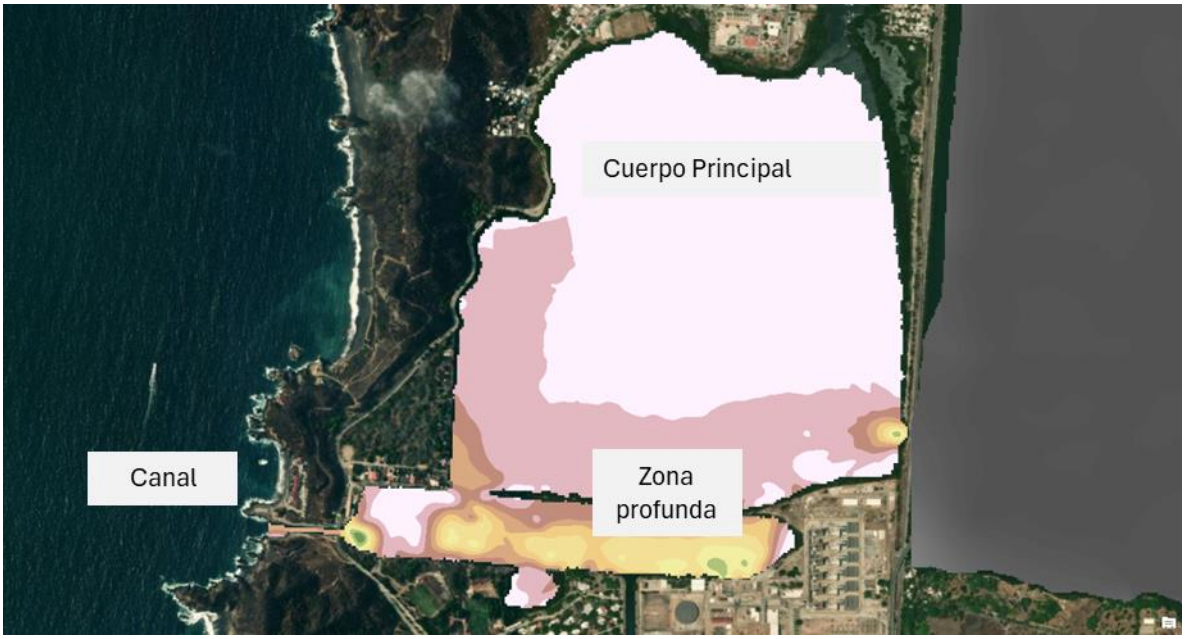


Figura 5. Batimetría del Vaso I.

Características de la batimetría del vaso I

- Número de puntos XYZ: ~68,987
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 1.73 km²
- Volumen: 2.01 hm³
- Profundidad media: 1.16 m

4.3.1.2 Vaso II

El Vaso II constituye el vaso central e hidrodinámico del sistema lagunar, ya que concentra aproximadamente el 48% del volumen total de la Laguna y el ingreso de agua por el canal Tepalcates es el ingreso principal de agua a todo el sistema. Su mayor extensión superficial y profundidad media ligeramente superior (1.68 m) a los demás vasos le confieren una mayor capacidad de almacenamiento y amortiguamiento hidrodinámico.

Este vaso recibe influencia directa tanto del intercambio de marea (directa por el canal Tepalcates y de manera indirecta a través del Vaso I) como de los flujos provenientes del interior de la cuenca El Colomo y del Arroyo Zacate en época de lluvias, por lo que su circulación es más compleja.

Desde el punto de vista hidrodinámico, el Vaso II actúa como un reservorio principal y zona de mezcla, donde convergen el agua marina, el agua lagunar y los aportes superficiales.



Figura 6. Batimetría del Vaso II.

Características de la batimetría del vaso II

- Número de puntos XYZ: ~727,129
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 18.18 km²
- Volumen: 30.62 hm³
- Profundidad media: 1.68 m

4.3.1.3 Vaso III

El Vaso III representa un compartimento intermedio tanto en términos de volumen como de dinámica hidrodinámica. Su profundidad media de 1.34 m y su posición dentro del sistema lo convierten en un vaso con intercambio muy restringido respecto a los vasos más cercanos al mar.

El flujo de agua hacia este vaso depende principalmente del intercambio con el Vaso II, lo que implica una reducción en las velocidades de corriente, mayor tiempo de residencia y mayor estabilidad hidráulica relativa (permanencia de nivel).

Estas condiciones favorecen procesos como la acumulación de solutos, el incremento de salinidad por evaporación y mayor influencia de procesos biogeoquímicos.

Desde el punto de vista de la circulación, el Vaso III puede presentar zonas con flujo lento o semiestacionario, particularmente en áreas alejadas de los canales de conexión, en la zona salinera y en los bordes cercanos al vaso IV



Figura 7. Batimetría del Vaso III.

Características de la batimetría del vaso III

- Número de puntos XYZ: ~401,225
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 10.03 km²
- Volumen: 13.44 hm³
- Profundidad media: 1.34 m

4.3.1.4 Vaso IV

El Vaso IV es el compartimento más confinado del sistema lagunar, con un volumen significativo (y económicamente vital para la industria salinera), pero con el menor grado de intercambio hidráulico, debido a que la zona de intercambio con el vaso III está controlado de antropogénica, a través de un canal que se cierra artificialmente. Su profundidad media de 1.38 m, gracias a una zona profunda al interior. Su limitada conexión con los vasos que tienen ingreso de agua de mar genera condiciones de baja energía hidráulica. En la zona más oriente de la laguna, el Vaso IV tiene conexión hidráulica con el estero Palo Verde, que, debido al cierre temporal de la compuerta entre el Vaso III y IV, genera intercambios intermitentes de agua salada y dulce en la zona de conexión.

Este vaso presenta las menores velocidades de flujo, el mayor tiempo de residencia y alta susceptibilidad a procesos de acumulación y evaporación, por lo que existen grandes acumulaciones de sales y posibles procesos de eutrofización.

Características de la batimetría del vaso IV

- Número de puntos XYZ: ~512,400
- Resolución espacial: ~5 m
- Área: 12.81 km²
- Volumen: 17.66 hm³
- Profundidad media: 1.38



Figura 8. Batimetría del Vaso IV.

En conjunto, la Laguna de Cuyutlán funciona como un sistema lagunar de compartimientos en el que cada vaso presenta características hidrodinámicas y geoquímicas particulares. El gradiente de energía desde el Vaso I hacia el Vaso IV determina una transición desde condiciones dominadas por el intercambio mareal hacia condiciones de confinamiento hidráulico, lo cual tiene implicaciones directas en la dispersión de contaminantes, y la variabilidad de la salinidad.

4.3.2 Condiciones de frontera

La modelación en MIKE 21 resuelve las ecuaciones de aguas someras considerando dos tipos principales de condiciones de frontera hidrodinámica:

a) Condición de nivel. Tipo (P) presión/nivel de agua

En este tipo de condición se prescribe la elevación de la superficie libre (η) como función del tiempo:

El modelo calcula automáticamente las velocidades (V) y (U) y caudales resultantes (Q)

Esta condición representa un forzamiento dinámico externo y es usado cuando se conocen las condiciones de marea o variaciones de nivel.

b) Condición de caudal. Tipo (Q) descarga

Esta condición prescribe directamente el flujo volumétrico (Q), y con él, se resuelve el nivel de agua necesario para cumplir con el balance volumétrico y estimar la distribución de velocidades.

4.3.3 Forzamientos hidrodinámicos en el modelo

El principal forzamiento del sistema impuesto en el modelo fue la marea en la frontera oceánica, implementada mediante una condición tipo P e impuesta en dos puntos principales, en el canal Tepalcates y en el Canal Ventanas. Además, para tomar en cuenta la interacción con el estero Palo Verde, se tomó en cuenta el nivel observado en la zona de interacción entre el estero y el vaso IV. En la Figura 9 se muestra el comportamiento de marea de la estación Manzanillo que puede usarse como condición de forzamiento para el mes de febrero.

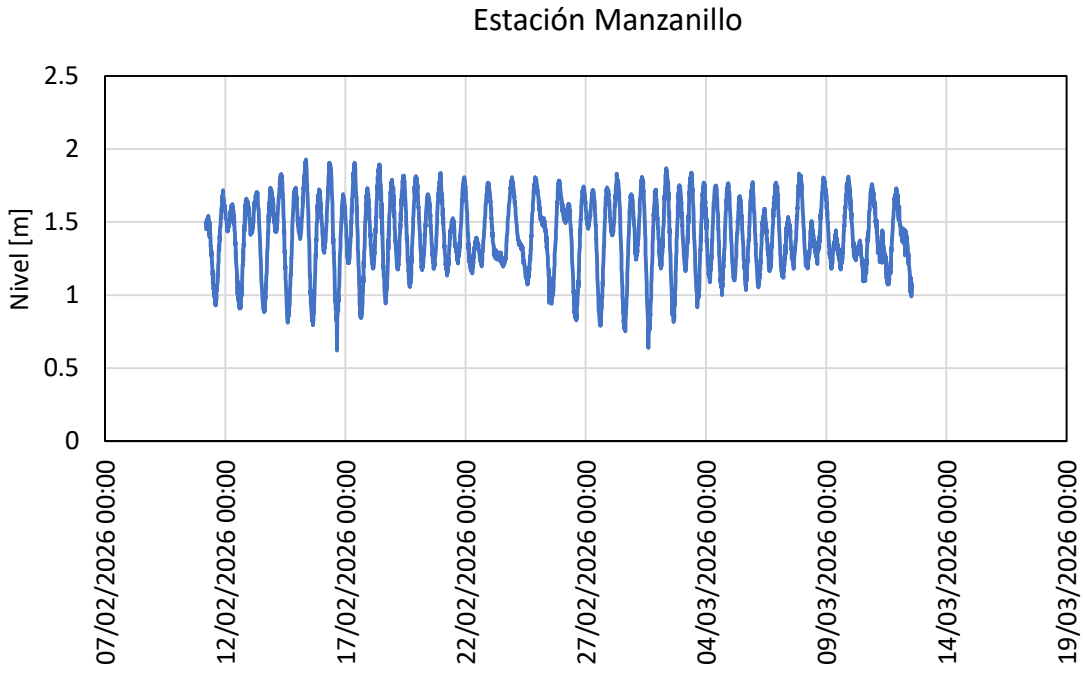


Figura 9. Ejemplo de marea obtenida de la estación Manzanillo.

Para temporada de lluvias se tomó los caudales del arroyo Zacate para simular el ingreso de agua dulce durante un episodio de lluvia.

Por otro lado, aunque no es una frontera, el viento es un forzamiento clave en la modelación, ya que es la energía que interactúa con el sistema por la superficie libre (abierta) que representa el espejo de agua de cada cuerpo lagunar. El efecto de este forzamiento es importante ya que produce corrientes superficiales, proceso de mezcla y variaciones en el nivel superficial. En Lagunas como Cuyutlán, con un tirante de agua menor a un metro, la componente de forzamiento puede ser tan importante como la componente de marea.

La correcta definición de las condiciones de frontera en el modelo hidrodinámico resulta fundamental para reproducir adecuadamente los procesos físicos del sistema. En particular, la representación de la marea mediante condiciones de nivel (tipo P) permite capturar la dinámica de intercambio con el océano, mientras que los aportes de caudal (tipo Q) y el forzamiento por viento complementan la descripción del balance hidrodinámico. La adecuada integración de estos forzamientos garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.3.4 Parámetros del modelo

Los parámetros hidrodinámicos representan los procesos físicos que no son resueltos explícitamente por el modelo numérico, tales como la fricción en el fondo, la turbulencia y la mezcla. La adecuada selección y calibración de estos parámetros es fundamental para reproducir correctamente la dinámica del sistema laguna

Rugosidad del fondo

La rugosidad del fondo es un parámetro fundamental en la modelación hidrodinámica, ya que representa la resistencia que el lecho ejerce sobre el flujo de agua. Esta resistencia se debe a la interacción entre el fluido y las irregularidades del fondo, tales como sedimentos, vegetación, formas del relieve y estructuras naturales o artificiales.

La rugosidad del fondo se parametriza mediante coeficientes empíricos que simplifican los efectos físicos del lecho. En modelación la rugosidad puede ingresarse a través de dos coeficientes. El coeficiente de Manning (n) que es el coeficiente más común para medir la rugosidad o resistencia al paso de un flujo (muy utilizado en Canales y estructuras artificiales para la conducción de agua) y representa la relación entre la pendiente, la sección hidráulica y la velocidad de flujo

$$V=1/n(R^{2/3}S^{1/2}) \quad (1)$$

donde:

- V: velocidad del flujo
- n: coeficiente de rugosidad
- R: radio hidráulico
- S: pendiente hidráulica

Otro coeficiente utilizado es el coeficiente de Chezy (C) utilizado de forma alternativa su no se conocen coeficientes de Manning,

La rugosidad es uno de los parámetros más sensibles ya que pequeños cambios en $n$pueden generar variaciones importantes en velocidades, diferencias en niveles del agua y cambios en patrones de circulación.

En lagunas someras, su influencia es particularmente significativa debido a la interacción dominante entre el flujo y el lecho. Por ello, la adecuada selección y calibración de este parámetro resulta esencial para reproducir correctamente los patrones de circulación, niveles del agua y procesos de intercambio en el sistema modelado.

Para el fondo de la laguna Cuyutlán que está compuesto predominantemente por una mezcla de arenas, limos orgánicos y arcillas (Bustamante et al., 2023; Hernández-Juárez et al., 2019) un **Coeficiente sugerido es de** 0.030 a 0.045 ya que la presencia de sedimentos finos (limos y arcillas) y la baja profundidad en los vasos lagunares generan una resistencia al flujo moderada.

Viscosidad turbulenta (Eddy viscosity)

El coeficiente de Eddy representa la transferencia de momento por turbulencia horizontal, fundamental en modelos cuya componente principal es la dimensión horizontal. Este término es fundamental para parametrizar los efectos de las fluctuaciones turbulentas que no son resueltas explícitamente por el modelo.

La viscosidad turbulenta representa el intercambio de cantidad de movimiento entre capas de flujo, la disipación de energía a escalas sub-malla y el efecto de remolinos y estructuras turbulentas, efectos que se encuentran en los canales y zonas estrechas de la Laguna.

Para lagunas costeras someras como la Laguna de Cuyutlán, los valores típicos son $\nu_t = 0.2$ a 1.0 $[\frac{m^2}{s}]$

Dispersión Horizontal

La dispersión horizontal es un parámetro que representa la mezcla de masa dentro del sistema, incluyendo propiedades como salinidad, temperatura o trazadores. En modelos hidrodinámicos como MIKE 21, este término permite simular los procesos de mezcla que ocurren debido a la turbulencia y a la variabilidad espacial del flujo.

En la Laguna Cuyutlán, la dispersión es clave para describir la conectividad entre vasos y la renovación del agua. La dispersión controla el gradiente entre zonas y la posible intrusión salina. Para el cálculo de los tiempos de residencia la dispersión es clave ya que alta dispersión, la renovación es rápida, mientras que para valores bajos la dispersión, puede existir estancamientos.

Debido a la baja profundidad y la presencia de sedimentos finos (limos y arcillas) en el fondo, la mezcla horizontal es relativamente lenta (Bustamante et al., 2023; Hernández-Juárez et al., 2019). En modelos 2D promediados en la vertical, valores cercanos a 5.0 m^2/s suelen ser adecuados para capturar la dispersión de contaminantes o salinidad en las áreas centrales de los vasos (Mellink & López, 2007).

Paso de tiempo y condiciones iniciales

El paso de tiempo se seleccionó considerando criterios de estabilidad Courant–Friedrichs–Lewy (CFL). El criterio de CFL es una condición fundamental de estabilidad numérica que establece la relación entre el paso de tiempo, la velocidad del flujo y el tamaño de la malla en un modelo hidrodinámico. Este criterio garantiza que

la información física (ondas, perturbaciones, flujo) se propague correctamente dentro del dominio computacional.

El número de Courant se define como:

$$CFL=U\,\Delta t / \Delta x \qquad (2)$$

donde:

- U: velocidad característica del flujo (m/s)
- Δt: paso de tiempo (s)
- Δx: tamaño de celda (m)

Por lo tanto, si:

CFL < 1 La información se mueve dentro de la celda

CFL ≈ 1 La información cruza una celda

CFL > 1 La información “salta” celdas

El criterio de Courant–Friedrichs–Lewy constituye un elemento fundamental en la estabilidad y precisión de los modelos hidrodinámicos. Su adecuada evaluación permite seleccionar un paso de tiempo consistente con la resolución espacial y las velocidades del sistema, garantizando una correcta propagación de la información física dentro del dominio computacional. En el presente estudio, se adoptaron valores de CFL que aseguran la estabilidad del modelo y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

La elección del paso de tiempo permitió asegurar:

- estabilidad numérica del modelo
- adecuada resolución temporal de la propagación de la marea
- eficiencia en el tiempo de cálculo.

Inicialmente, el paso de tiempo fue de 1 hora.

4.4 Configuración del Modelo

La configuración del modelo hidrodinámico consistió en la definición del dominio computacional, la discretización espacial y temporal, así como la elección de los parámetros físicos y forzamientos que gobiernan la dinámica del sistema.

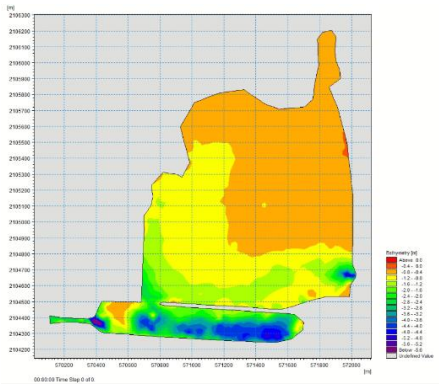
4.4.1 Dominio y elaboración de la Malla

El dominio espacial del modelo se limitó a todo el sistema lagunar formado por el vaso I, II, III y IV limitado tres puntos de entrada y salida de agua, la bocatoma del Vaso I (Ventanas), el Canal Tepalcates y el Estero Palo Verde

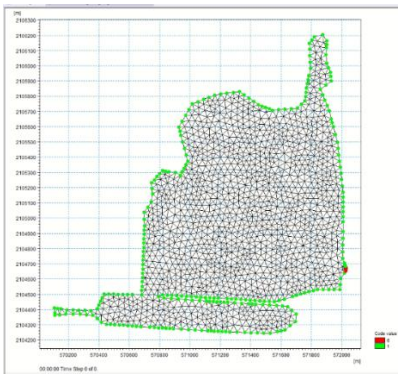
La malla se realizó con el *Toolbox* o generador de malla del mismo programa, que utiliza elementos triangulares para resolver la ecuación de flujo de aguas someras con volumen finito. Se probaron 3 configuraciones de malla, una gruesa, una intermedia y una fina. El objetivo de la malla gruesa era calibrar el nivel de agua dentro de la Laguna con el menor número de iteraciones numéricas (simulaciones rápidas), y observar el comportamiento de las condiciones de frontera, la convergencia del modelo y el funcionamiento de una malla general. La malla intermedia se utilizó para resolver con mayor resolución el problema de transporte, en este caso, para la salinidad dentro de cada vaso y su variación en el tiempo. El proceso de elaboración se realizó por Vaso individual y luego acoplando vaso por vaso, vigilando la estructura de cada elemento de la malla.

En la Figura 10 se muestra la forma de la batimetría del vaso I y la malla resultante. Se observan dos zonas críticas para la convergencia numérica debido al tamaño y forma del elemento. La primera, en el canal Ventanas donde el canal es angosto en comparación con el tamaño de todo el vaso, y la segunda, en la zona de intercambio de agua con el vaso dos, donde se observa un pequeño canal que pasa por debajo de la carretera y las vías del ferrocarril. En ambas zonas se utilizaron elementos con menor tamaño y con la configuración (geometría) más alineada para impedir oscilaciones numéricas.

En la Figura 11 se muestra la forma de la batimetría del Vaso I y Vaso II. Se observa la diferencia de área entre ambos vasos y las variaciones de profundidad del vaso II, además de las Islas Cocodrilo I y II. Se refinó la malla en la entrada del canal Tepalcates y hacia la entrada del Vaso III, donde también se vigiló el refinamiento en la zona de intercambio entre el vaso II y III.

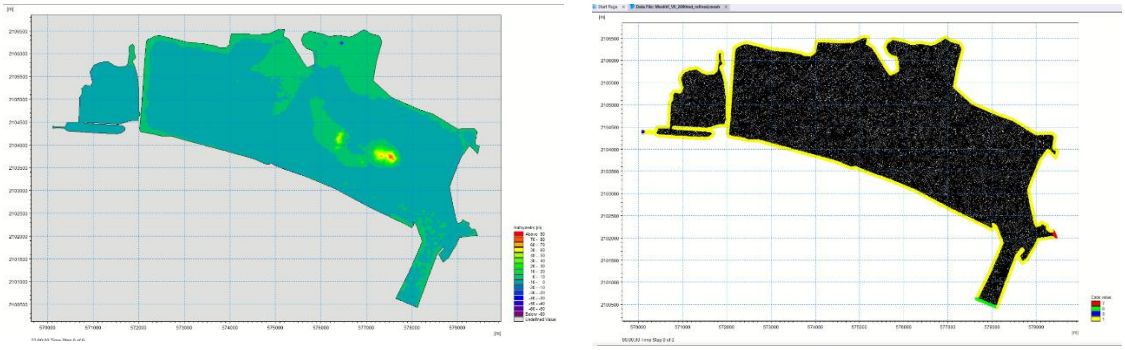


a) Batimetría del Vaso I.



b) Malla inicial del Vaso I.

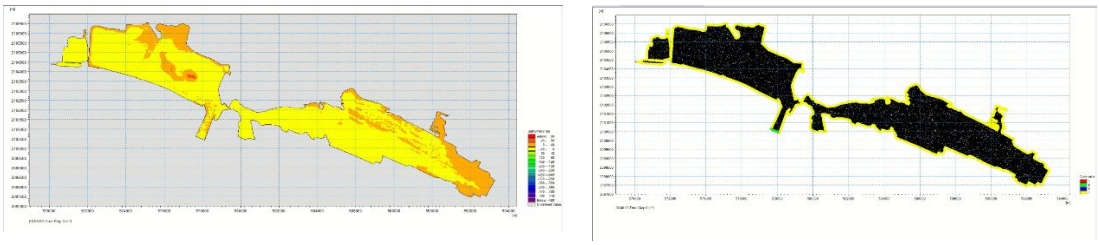
Figura 10. Batimetría del Vaso I y malla resultante.



a) Batimetría del Vaso I y Vaso II. b) Malla inicial del Vaso I y Vaso II.

Figura 11. Forma de la batimetría del Vaso I y Vaso II, y su malla resultante.

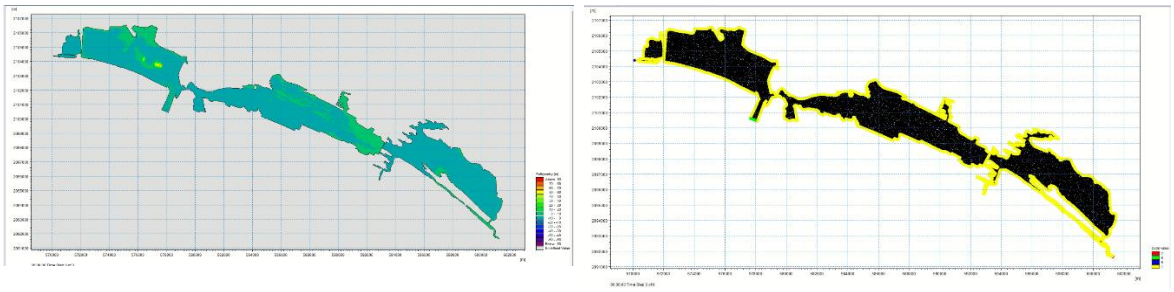
En la Figura 12 se muestra la forma de la batimetría del Vaso I, II y III. Se continuó con el refinamiento fino en la zona de intercambio entre el Vaso II y Vaso III. Por otra parte, como se muestra en la Figura a algunas zonas del vaso III quedaron por encima del nivel medio del mal (color naranja), que corresponden a las zonas salineras y algunos bancos donde crece vegetación. Estas zonas en condiciones de marea muerta menor a -0.4 m por debajo del nivel medio del mar se simularon como zonas secas, o donde el agua se retiraba. Estas zonas ayudaron también a ajustar el valor inicial del nivel medio del mar.



a) Batimetría del Vaso I, II y III. b) Malla inicial del Vaso I, II y III.

Figura 12. Forma de la batimetría del Vaso I, II y III, y su malla resultante.

En la Figura 13 se muestran los cuatro vasos unidos en una misma configuración batimétrica. Al iniciar los procesos de simulación, se encontró que la zona de conexión entre el Vaso III y el Vaso IV era demasiado pequeña, ya que la zona de comunicación es un canal artificial de menos de 7 metros de ancho, seccionada por la mitad. Para simplificar su geometría, no se tomó en cuenta la sección media y se consideró la sección del tamaño de 8 metros con un ligero canal hacia el vaso IV.



a) Batimetría de los cuatro vasos. b) Malla inicial de los cuatro vasos.

Figura 13. Configuración de la batimetría correspondiente a los 4 Vasos.

4.4.3 Forzamientos de marea

Para la parte hidrodinámica, se utilizaron dos tipos de forzamiento, el forzamiento de marea y el forzamiento de viento.

Para el forzamiento de marea, que constituye el principal forzamiento hidrodinámico del sistema, se implementó mediante una condición de nivel del agua en la frontera oceánica, en este caso, Canal Tepalcates y Canal Ventanas y en el estero palo Verde.

4.4.3.1 Canal Tepalcates

En la Figura 14, se muestra la variación de nivel en el Canal Tepalcates, obtenido con uno de los sensores de monitoreo instalados durante la campaña realizada en la primera de semana de febrero. Como se observa, se obtuvo un ciclo de marea entre el 11 de febrero y el 4 de marzo de 2026. Esta fue la señal de forzamiento utilizada para la calibración. Posteriormente se validó con una señal más extensa, obtenida del 11 febrero al 10 de abril de 2026.

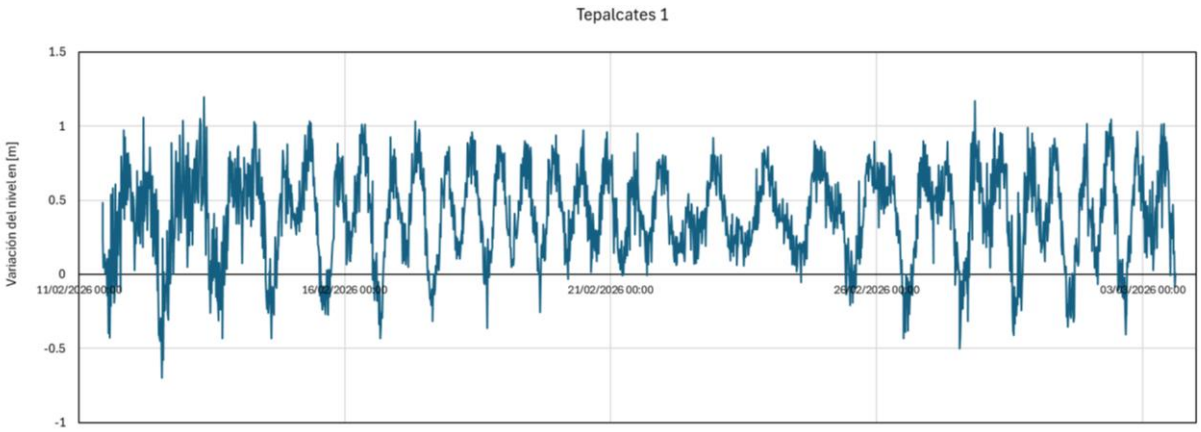


Figura 14. Variación de nivel en el Canal Tepalcates.

La serie temporal de la variación de nivel de agua registrada en la estación Tepalcates 1 muestra un comportamiento dominado por la acción de la marea, evidenciado por la presencia de dos ciclos diarios característicos de un régimen mareal semidiurno (dos mareas altas, pleamares y dos mareas bajas, bajamares en un día). La variación del nivel presenta un rango aproximado entre -0.6 m y 1.2 m, lo que indica una dinámica hidráulica activa y una conexión significativa con el océano.

Adicionalmente, se observa una variabilidad en la amplitud de la señal a lo largo del periodo analizado, lo cual es consistente con el ciclo natural de mareas vivas y muertas. Este comportamiento refleja cambios periódicos en la energía del sistema, los cuales influyen directamente en los procesos de intercambio de agua entre la laguna y el mar.

La señal también presenta fluctuaciones de alta frecuencia superpuestas al patrón mareal, las cuales pueden atribuirse a la acción del viento, la marea, variaciones atmosféricas o efectos locales asociados a la morfología del sistema lagunar. Asimismo, se identifica una ligera asimetría en los ciclos de ascenso y descenso del nivel del agua, lo que sugiere la influencia de procesos de fricción hidráulica y restricciones geomorfológicas, particularmente en zonas de conexión como bocanas o canales.

4.4.3.2 Canal Ventanas

En la Figura 15, se muestra la variación de nivel en el Canal Ventanas, obtenido con uno de los sensores de monitoreo instalados durante la campaña realizada en la primera de semana de febrero. Como se observa, se obtuvo un ciclo de marea entre el 11 de febrero y el 4 de marzo de 2026. A diferencia de la señal obtenida en el canal Tepalcates, la señal del Canal Ventanas es más suave, ya que la orientación del canal es completamente perpendicular a la dirección de marea, por lo que la componente de olea se ve amortiguada por la bahía donde se encuentra el mismo canal y la marea ingresa al vaso I de manera más suave como se observa en la señal obtenida.

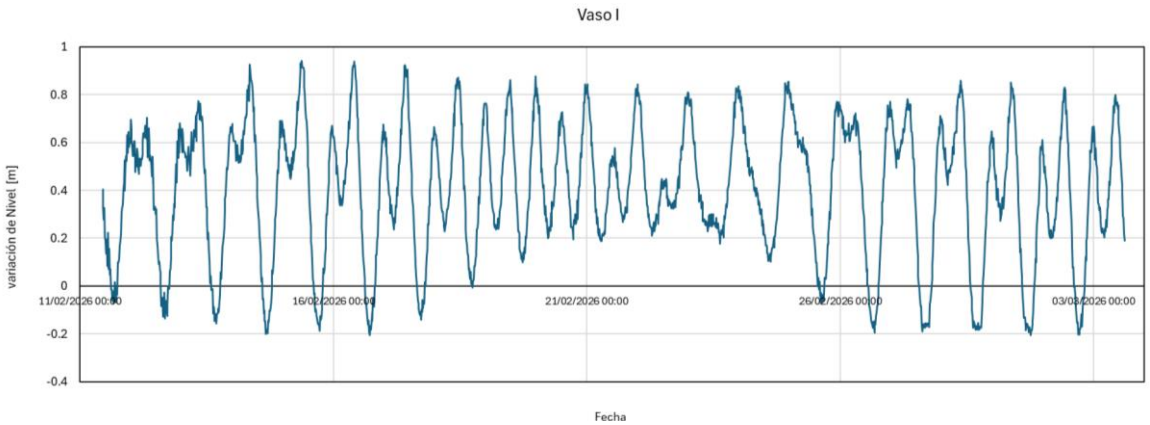


Figura 15. Variación de nivel en el Canal Ventanas.

La variación del nivel en esta zona presenta un rango aproximado entre -0.2 m y 0.9 m, el cual es menor en comparación con los registros observados en la zona de entrada al sistema (Tepalcates 1). Esta reducción en la amplitud de la señal mareal es indicativa de un proceso de atenuación de la marea, debido a que la entrada del canal Ventanas es paralelo a la línea de costa y la marea se ve atenuada por la bahía.

Se observa que la señal es más regular y presenta menor variabilidad de alta frecuencia en comparación con la estación ubicada en la zona de conexión con el mar. Esto sugiere que los efectos de forzamientos externos de corto periodo, como el viento o perturbaciones locales, se reducen conforme la onda mareal se propaga hacia el interior del sistema.

Durante el periodo analizado también se aprecia una modulación en la amplitud de la señal, asociada al ciclo de mareas vivas y muertas, lo cual confirma que el sistema responde a las condiciones oceánicas regionales. Sin embargo, la menor amplitud relativa indica que el Vaso I funciona como una zona de almacenamiento parcial, donde el intercambio de agua ocurre con menor intensidad que en la zona de entrada.

4.4.3.3 Palo Verde

En la Figura 16, se muestra la variación de nivel en el Estero Palo. Se observa, las variaciones de nivel en el estero son pequeñas, en comparación a la componente de marea observa anteriormente en los canales Tepalcates y Ventanas. Muestra una respuesta fuertemente atenuada del forzamiento mareal, caracterizada por una baja amplitud y la ausencia de una oscilación periódica claramente definida. La señal presenta variaciones irregulares y de baja magnitud, lo que indica una disipación significativa de la energía a lo largo del sistema lagunar. Este comportamiento sugiere que el estero funciona como una zona terminal con limitada conectividad hidráulica hacia los vasos interiores, donde la dinámica está dominada por procesos de almacenamiento más que por el transporte activo.

La variación en el estero es más constante, con una ligera tendencia a la baja del orden de 7 cm en los 22 días de monitoreo (posiblemente por el inicio de la temporada de secas y la disminución de lluvias aguas arriba en la zona de rcarga), aunque también se observan intervalos de recuperación, posiblemente por la interacción con el Vaso IV, ya que no se tienen registrados valores de precipitación durante el intervalo de monitoreo.

Para fines prácticos y evitar oscilaciones numéricas producto de las variaciones del nivel dentro del estero. Se considero un nivel constante para el forzamiento por la entrada del estero.

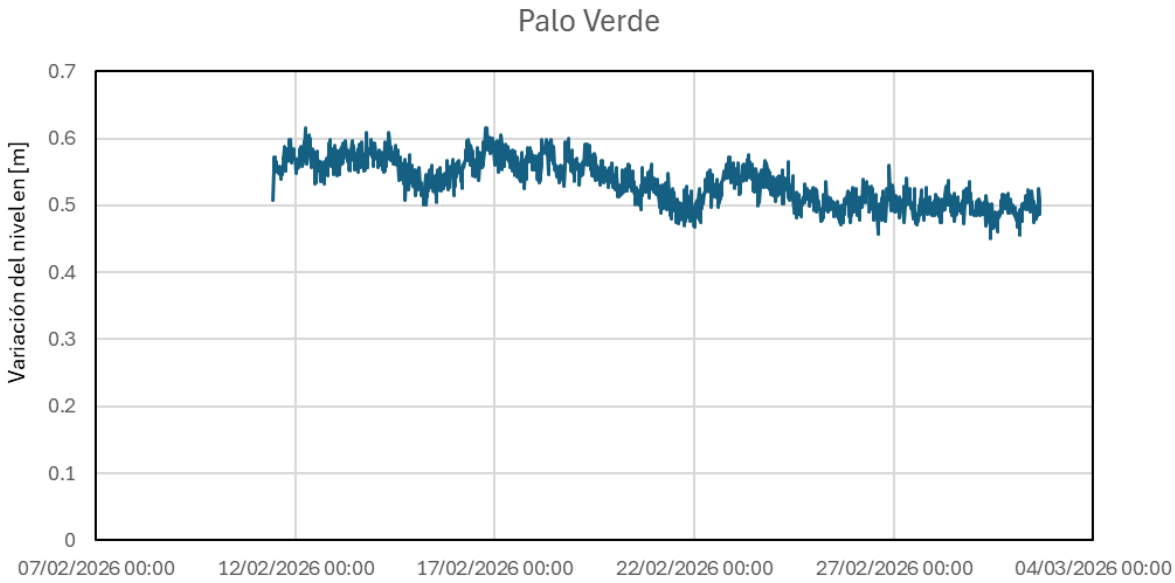


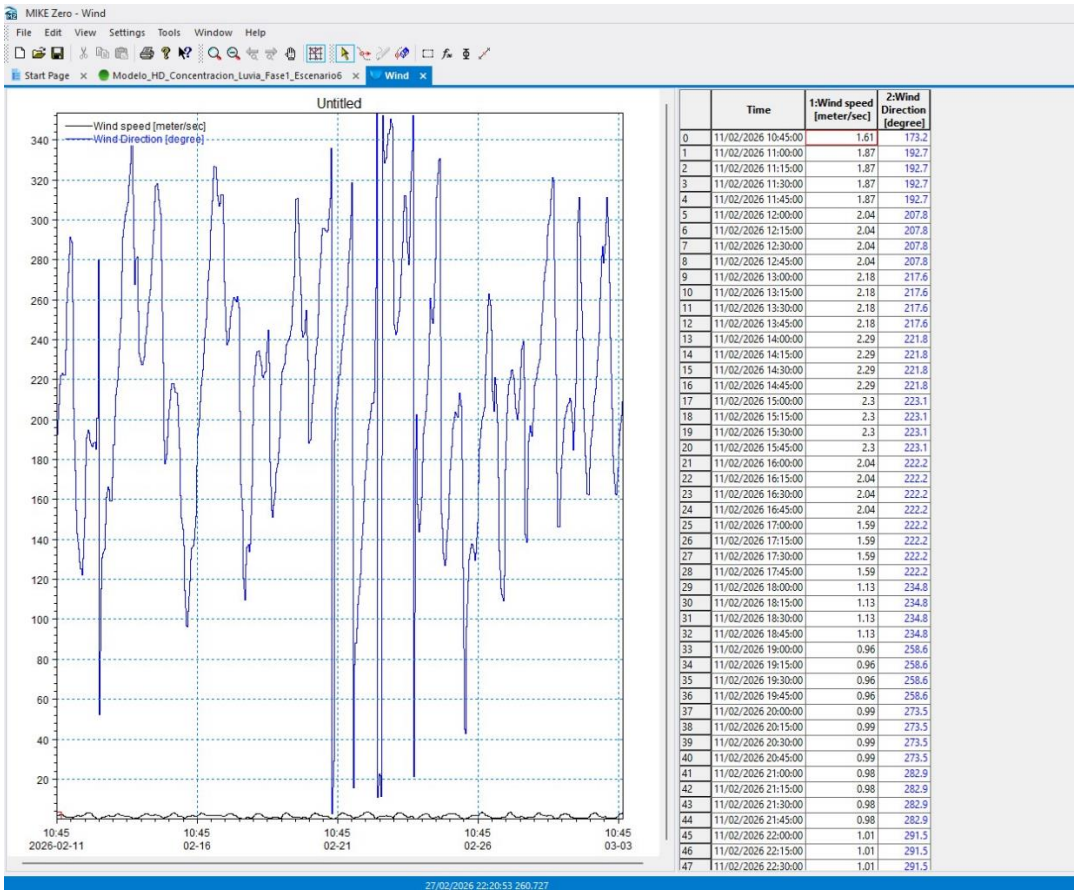
Figura 16. Variación de nivel en el Estero Palo.

4.4.4 Viento

La influencia del viento es una de las influencias externas más importantes en el comportamiento hidrodinámico de los sistemas lagunares poco profundos, especialmente en el caso de superficies abiertas más grandes, como la Laguna de Cuyutlán. En un modelado hidrodinámico, el viento se caracteriza por una fuerza superficial que transportaba el estrés al cuerpo de agua, en forma de corrientes inducidas que tienen el efecto de dispersar el nivel del agua, así como la energía en el océano. En términos físicos, el efecto del viento se incorpora mediante el esfuerzo cortante superficial, el cual es función de la velocidad del viento y de un coeficiente de arrastre. Este esfuerzo se traduce en una aceleración del flujo en la dirección del viento, afectando principalmente las capas superficiales y, en sistemas someros, propagándose hacia toda la columna de agua

En el modelo se introdujo la influencia del viento como una condición espacialmente uniforme basado en datos comparables de velocidad y dirección del viento.

En la Figura 17 se muestra el ingreso de datos a la modelación. Los datos requeridos son la velocidad por unidad de tiempo con la misma temporalidad que el forzamiento de marea. También se ingresa la dirección del viento en forma de serie de tiempo.



	Time	1:Wind speed [meter/sec]	2:Wind Direction [degree]
0	11/02/2026 10:45:00	1.61	173.2
1	11/02/2026 11:00:00	1.87	192.7
2	11/02/2026 11:15:00	1.87	192.7
3	11/02/2026 11:30:00	1.87	192.7
4	11/02/2026 11:45:00	1.87	192.7
5	11/02/2026 12:00:00	2.04	207.8
6	11/02/2026 12:15:00	2.04	207.8
7	11/02/2026 12:30:00	2.04	207.8
8	11/02/2026 12:45:00	2.04	207.8
9	11/02/2026 13:00:00	2.18	217.6
10	11/02/2026 13:15:00	2.18	217.6
11	11/02/2026 13:30:00	2.18	217.6
12	11/02/2026 13:45:00	2.18	217.6
13	11/02/2026 14:00:00	2.29	221.8
14	11/02/2026 14:15:00	2.29	221.8
15	11/02/2026 14:30:00	2.29	221.8
16	11/02/2026 14:45:00	2.29	221.8
17	11/02/2026 15:00:00	2.3	223.1
18	11/02/2026 15:15:00	2.3	223.1
19	11/02/2026 15:30:00	2.3	223.1
20	11/02/2026 15:45:00	2.3	223.1
21	11/02/2026 16:00:00	2.04	222.2
22	11/02/2026 16:15:00	2.04	222.2
23	11/02/2026 16:30:00	2.04	222.2
24	11/02/2026 16:45:00	2.04	222.2
25	11/02/2026 17:00:00	1.59	222.2
26	11/02/2026 17:15:00	1.59	222.2
27	11/02/2026 17:30:00	1.59	222.2
28	11/02/2026 17:45:00	1.59	222.2
29	11/02/2026 18:00:00	1.13	234.8
30	11/02/2026 18:15:00	1.13	234.8
31	11/02/2026 18:30:00	1.13	234.8
32	11/02/2026 18:45:00	1.13	234.8
33	11/02/2026 19:00:00	0.96	258.6
34	11/02/2026 19:15:00	0.96	258.6
35	11/02/2026 19:30:00	0.96	258.6
36	11/02/2026 19:45:00	0.96	258.6
37	11/02/2026 20:00:00	0.99	273.5
38	11/02/2026 20:15:00	0.99	273.5
39	11/02/2026 20:30:00	0.99	273.5
40	11/02/2026 20:45:00	0.99	273.5
41	11/02/2026 21:00:00	0.98	282.9
42	11/02/2026 21:15:00	0.98	282.9
43	11/02/2026 21:30:00	0.98	282.9
44	11/02/2026 21:45:00	0.98	282.9
45	11/02/2026 22:00:00	1.01	291.5
46	11/02/2026 22:15:00	1.01	291.5
47	11/02/2026 22:30:00	1.01	291.5

Figura 17. Ingreso de datos a la modelación

En general y en la mayoría de los casos la influencia de las mareas juega un papel vital en la dinámica hidrodinámica del sistema, y los efectos del viento se consideran secundarios para controlar el flujo general, sin embargo, toman relevancia en los escenarios de tormenta al modificar sus patrones de flujo interno y transporte.

En el Anexo 1 se presenta el análisis general de las condiciones de viento que se tomaron en cuenta para la mayoría de las simulaciones.

4.5 Calibración

La calibración del modelo hidrodinámico tuvo como objetivo ajustar los parámetros numéricos y físicos para que el sistema de fluidos de la laguna se asemeje lo más posible al comportamiento real del sistema de la laguna. El modelo se compara con el comportamiento previsto del modelo hidrodinámico y el movimiento de las mareas y las velocidades para las diferentes áreas de la laguna. Para ser un modelo que ayude a la toma de decisiones y cuantificar los cambios debidos al proyecto, la calibración es un paso esencial porque garantiza que no

quedará ninguna incertidumbre asociada con los parámetros no pueden ser observados y que son desiguales por naturaleza (como la rugosidad del fondo, la viscosidad turbulenta y el coeficiente de dispersión horizontal).

La calibración tenía como objetivo identificar los parámetros que permitirían reproducir los principales procesos hidrodinámicos del sistema, de los cuales destacan:

- La atenuación de la señal de marea desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos.
- La magnitud y distribución de las velocidades de flujo.
- La conectividad hidráulica entre los diferentes vasos de la laguna.
- La coherencia física de los patrones de circulación obtenidos y los niveles hidráulicos de cada vaso.

La calibración busca tener resultados estables y físicamente válidos, apropiados para la laguna que se caracteriza por su poco profunda y con intercambio limitado entre cada uno de los vasos, principalmente el Vaso III y el Vaso IV.

Los parámetros más importantes de la calibración fueron la rugosidad del fondo, la viscosidad y la dispersión horizontal, ya que afectan directamente la disipación de energía, la distribución de velocidades y la mezcla hidrodinámica en el régimen de modelado.

4.5.1. Rugosidad del Fondo

La rugosidad del fondo está gobernada por el coeficiente de Manning, que describe la resistencia del lecho, que es la presión con la que fluye el agua. Este es un parámetro importante para las regiones de lagunas poco profundas donde la interacción es el proceso crítico de gravedad a través de la columna de agua mediante un fondo.

Los valores de Manning se obtuvieron para la calibración dentro del rango típico de fondo arenoso a arenoso-limoso de una laguna costera poco profunda (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de Manning para cada tipo de fondo.

Tipo de fondo	Manning n recomendado
Arena limpia / fondo relativamente uniforme	**0.020 – 0.025**
Arena con limo / fondo lagunar típico	**0.025 – 0.030**
Limo, vegetación dispersa, mayor resistencia	**0.030 – 0.040**

Para valores pequeños de Manning, el modelo ingresaba mucha agua a cada uno de los vasos, principalmente al Vaso I y Vaso II debido al contacto directo con los canales. Con coeficientes menores a 0.020, se registraron valores de cambio de nivel hasta de 4 metros, debido a que no existía oposición al ingreso de agua, y al ser cuerpos con muy poco nivel, el agua ingresaba al Vaso I y II hasta niveles de inundación.

Se incremento el coeficiente de Manning en 0.05 unidades hasta alcanzar valores estables de nivel dentro de cada uno de los vasos. Los valores se oscilaron entre 0.020 a 0.035, siento este último el valor seleccionado con base a la respuesta del modelo en velocidades, niveles de agua y propagación de mareas.

4.5.2. Viscosidad

La viscosidad es la difusión de momento de los procesos turbulentos, por ello, fue necesario ajustar la velocidad para una estabilidad numérica adecuada. Se probaron valores en los rangos comúnmente utilizados en la circulación de lagunas poco profundas, con rangos en los que no se presentaban oscilaciones numéricas, pero que mantenían la naturaleza física de la circulación o, en otras palabras, con la física del movimiento coherente. En la Tabla 2 se muestran algunos valores de la viscosidad utilizados.

Tabla 2. Valores de Viscosidad.

Condición	Viscosidad turbulenta (m^2/s)
Baja turbulencia / flujo estable	**0.20 – 0.30**
Condición media	**0.30 – 0.60**
Mayor mezcla / viento más importante	**0.60 – 1.00**

Para la calibración se utilizaron

- **0.20 m^2/s**
- **0.35 m^2/s**
- **0.50 m^2/s**
- **0.75 m^2/s**

Para 0.5 y mayores, se presentaron diversos problemas de convergencia debido a que el flujo se sobreestimaba en las zonas de intercambio entre vasos. El valor con mayor estabilidad fue de 0.38 m/s^2.

4.5.3. Dispersión Horizontal

La dispersión horizontal representa la mezcla para fluctuaciones y turbulencia y heterogeneidad del flujo y es indispensable para el cálculo de transporte que se utiliza para la estimación de los tiempos de residencia. Además, es de particular interés si se quiere entender cómo es la conectividad entre vasos y como se renueva el agua. Para su calibración, el valor de dispersión se ajustó dentro de rangos promedio para cuerpos de agua con bajo nivel (Tabla 3)

Tabla 3. Dispersión Horizontal.

Condición	Dispersión horizontal (m^2/s)
Sistema muy restringido / poca mezcla	**5 – 10**
Mezcla moderada	**10 – 20**
Mayor intercambio por viento o marea	**20 – 30**
Alta energía / mezcla intensa	**30 – 50**

Para la calibración, se inició con valores de dispersión pequeños (iniciando en 1) y se fue incrementando de 5 en 5 m^2/s, para observar la propagación de un trazador inyectado por el canal Tepalcates. El valor se incrementó hasta que se observó una propagación uniforme del trazador alrededor del vaso II (como sucede naturalmente). Se llegó hasta un extremo de dispersión de 80 m^2/s, para observar el comportamiento en los vasos interiores,

sin embargo, la restricción del campo de velocidades dejaba sin efecto cualquier aumento en la dispersión a partir de los 35 m^2/s.

4.5.4 Criterios de Calibración

La calibración se realizó con base a criterios de coherencia hidrodinámica y física para el sistema (niveles estables y físicamente posibles). Los principales criterios considerados fueron los siguientes:

A) Propagación de Mareas.

Se verificó cómo la onda de marea entró desde el límite oceánico correctamente y también que su amplitud disminuía hacia el interior de la laguna. Esto aseguró que el modelo siempre capturara la energía perdida al aumentar la fuerza de la marea a través de un paisaje oceánico poco profundo y segmentado.

b) Magnitud de Velocidades y gastos

Se comparó que las velocidades simuladas fueran congruentes con la geometría del sistema, con las velocidades relativamente mayores en las zonas de conexión o constricción y las velocidades más bajas en el espacio abierto o más espacio de almacenamiento.

c) Estabilidad Numérica.

Se encontró conformidad cuando el modelo permaneciera estable durante toda la simulación sin oscilaciones no físicas o divergencias en la superficie. Sobre esta base, tanto el paso de tiempo como los parámetros de viscosidad y rugosidad.

La calibración se calculó mediante múltiples simulaciones y variando los parámetros gradualmente hasta que se llegó a la respuesta hidrodinámica simulada. En general, se hizo lo siguiente:

Se preparó y se estableció un caso base con rugosidad, viscosidad turbulenta y dispersión horizontal obtenidas de la literatura y la experiencia de otros sistemas para cada vaso

- El modelo se construyó con las condiciones de contorno del sistema conocidas (fuerza de marea en la conexión marina al mar).
- Los resultados se analizaron en términos de niveles de agua, velocidades y patrones generales de circulación.
- Los parámetros se cambiaron de manera controlada y con respecto a la sensibilidad del modelo a cada uno de ellos.
- Se eligieron los parámetros que produjeron la respuesta más estable y físicamente consistente.
- Eso permitió identificar los parámetros más sensibles (y por lo tanto más afectados) y luego ajustar gradualmente el modelo para evitar compensaciones artificiales entre variables.

Cuando se realizó la calibración, se consideraron los intervalos de parámetros:

- Parámetro-Rango Optimizado-Valor
- Adoptado Manning a 0.020 - 0.035
- Viscosidad Turbulenta 0.20 - 0.60 m^2/s

- Dispersión Horizontal 5 – 80 m²/s

Como resultado de la calibración, se produjo un modelo capaz de reproducir con precisión las dinámicas hidrodinámicas del sistema lagunar. Hubo suficiente propagación de la fuerza de marea y presión reducida hacia la cuenca interna y velocidad con la misma dirección espacial que en el caso de un sistema con una estructura diferente y en la parte hidrodinámicamente conectada del sistema.

El valor final de rugosidad del fondo representó bien la resistencia hidráulica del lecho, y la viscosidad turbulenta tuvo una fuerte estabilidad en los cálculos numéricos que no produjeron una pendiente demasiado suave en el campo de velocidad. Mientras tanto, una pequeña dispersión horizontal proporcionó una posibilidad de mezcla como se espera en un sistema poco profundo con intercambio limitado.

Los parámetros calibrados resultaron en resultados físicamente consistentes y adecuados para tratar con escenarios hidrodinámicos.

Para la prueba de escenarios, la calibración del modelo es un aspecto crítico para la validez de la evaluación de escenarios, ya que podemos asegurar que la respuesta del sistema numérico a un modelo se genera no a partir de la aplicación de configuraciones arbitrarias, sino de un modelo hidrodinámico. Y esto es más importante en estudios sobre la adaptación de la laguna a cambios en conectividad, almacenamiento y flujo externo (por ejemplo, debido a infraestructura u otros factores como la morfología).

4.5.5 Validación

La validación del modelo hidrodinámico constituye un paso fundamental para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos y su aplicación en la evaluación de impactos ambientales. Este proceso permite verificar que el modelo reproduce adecuadamente los procesos físicos dominantes del sistema, tales como la propagación de la marea y la distribución de velocidades.

En el presente trabajo, la validación se llevó a cabo mediante la comparación entre los resultados del modelo y la evidencia disponible, así como mediante la verificación de la coherencia física de las variables simuladas.

Inicialmente, se comparó la coherencia de los datos obtenidos en campo a través de las estaciones de monitoreo con los datos de marea de la estación Manzanillo.

En la Figura 18 se muestra la comparación de los resultados de la estación de monitoreo en el Canal Tepalcates con los datos de marea de la estación Manzanillo. Se observa que la estación Tepalcates siguió la marea registrada por la estación Manzanillo, mostrando que los valores de la estación son coherentes y que pueden utilizarse para la modelación.

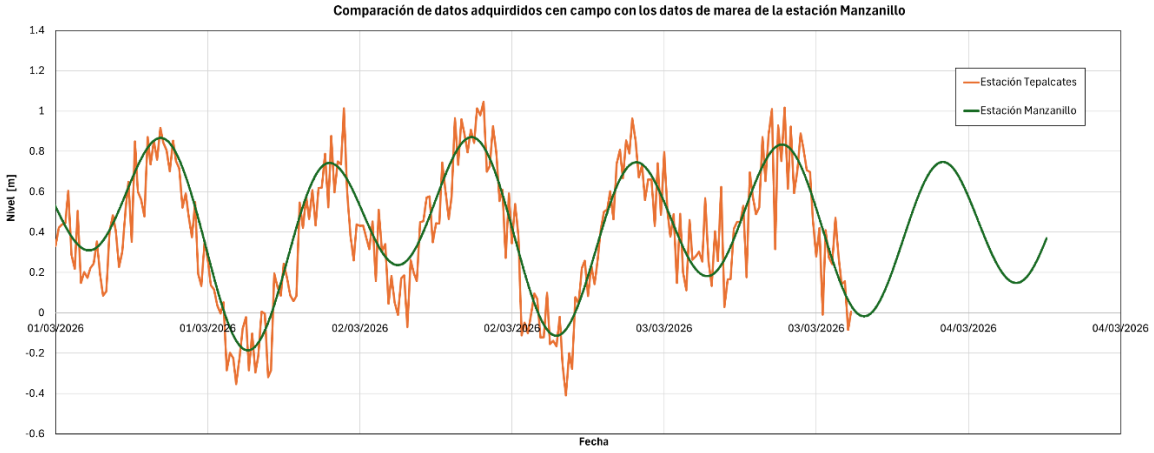


Figura 18. Comparación de los datos monitoreados en el Canal Tepalcates con los datos la información disponible en la estación Manzanillo.

En el caso del Canal Ventanas, la señal se ve amortiguada debido a dos razones, el Canal se encuentra dentro de una bahía y la orientación del canal es perpendicular a la componente de oleaje por lo que las variaciones de oleaje ya no se observan y la señal está compuesta principalmente por la componente de Marea.

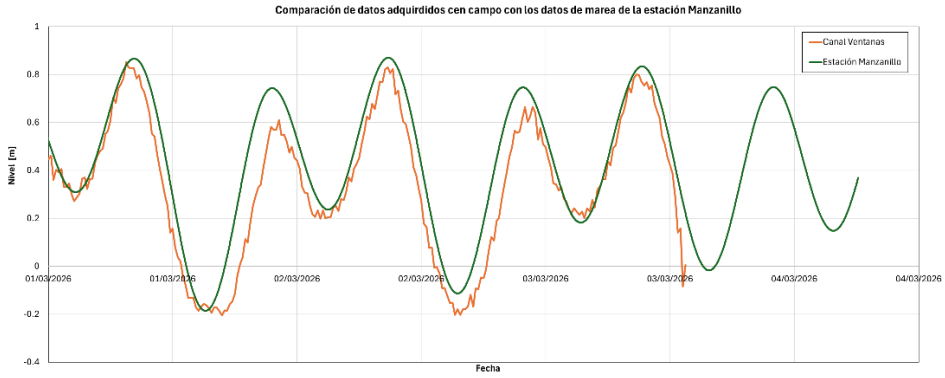


Figura 19. Comparación de los datos monitoreados en el Canal Ventanas con los datos la información disponible en la estación Manzanillo.

Con los valores de marea verificados con la estación manzanillo, se comprobaron que los niveles dentro de la Laguna fueran reproducidos por el modelo. Se utilizaron los valores de las estaciones del Vaso II, colocada bajo el pueden del boulevard Ing. Armando Ochoa y el Vaso III colocado en un muelle, cerca de la interconexión entre el Vaso II.

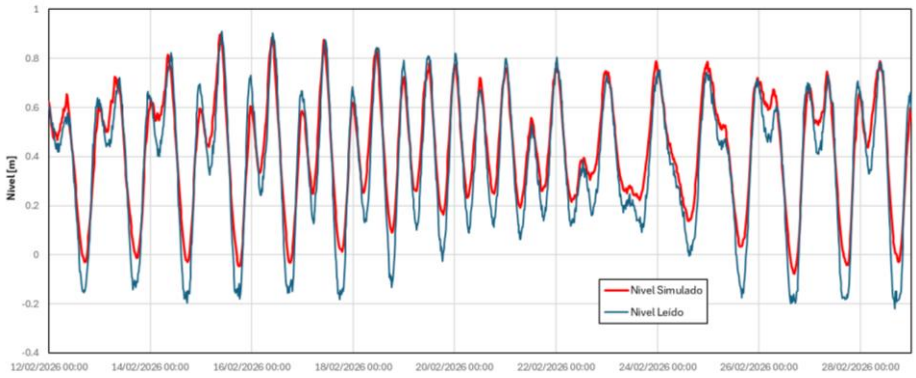


Figura 20. Comparación de los valores obtenidos con el modelo hidrodinámico y los valores medidos con la estación en el Vaso II.

La verificación del gradiente entre el Canal Tepalcates y el Vaso III fue indispensable para garantizar el ingreso de volumen de agua del Vaso II hacia el Vaso III, ya que la sección de la batimetría se considera lo más exacta posible y las velocidades y el gasto son consecuencia de la variación de nivel entre ambos puntos.

Con la información de la estación dentro del vaso III, se comparó el nivel entre los valores simulados y los valores obtenidos con la estación. En la Figura 21 se muestra la comparación entre los valores medidos en campo y los valores simulados. Como puede observarse los niveles hacia el Vaso III empatan de buena manera con respecto al nivel.

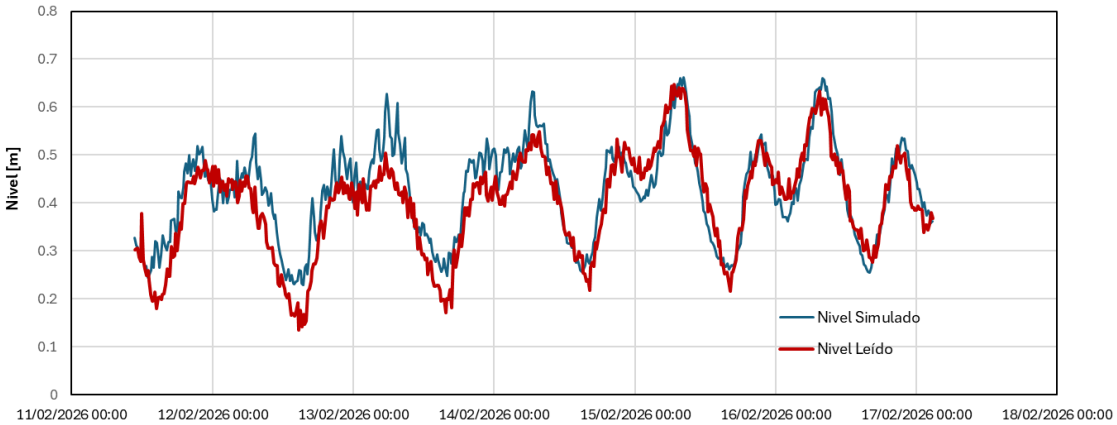
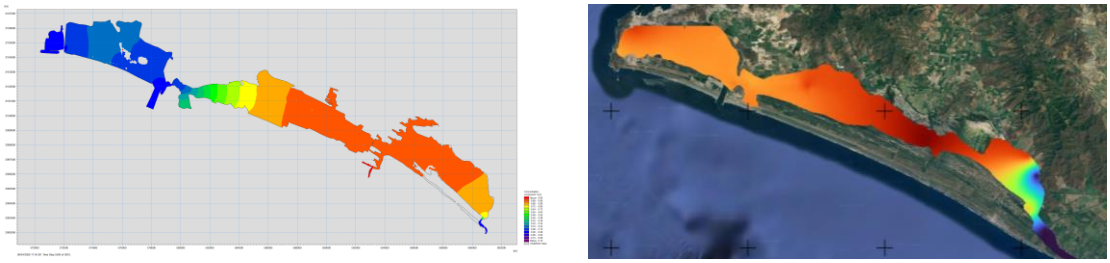


Figura 21. Comparación de los valores obtenidos con el modelo hidrodinámico y los valores medidos con la estación en el Vaso II.

La dispersividad y la variación de la concentración del modelo, para obtener los valores de tiempos de residencia y los efectos de la temporada de lluvias, se validaron con los valores obtenidos medidos en campo, durante la campaña del 9 de febrero al 14 de febrero de 2026.

En la Figura 22 se muestra una comparativa de la variación de la concentración con los valores observados en campo y los valores simulados.



a) Variación de la concentración de salinidad simulada.

b) Variación de la concentración de la salinidad medida en campo

Figura 22. Comparación de los valores obtenidos con el modelo hidrodinámico y los valores medidos con la estación en el Vaso II.

4.5.5 Limitaciones del modelo

Como todo modelo numérico, existen limitaciones y puntos que pueden incorporarse en futuras incorporaciones de datos.

- Resolución espacial. El modelo trabajo con una batimetría promedio de 5m x 5m y algunas regiones, principalmente en el Vaso IV y III en la zona salinera tienen canales y barreras antropogénicas con espesores menores a los dos metros, lo que debió ser simplificado para su incorporación a la modelacion.
- Simplificación de procesos turbulentos. En algunos puntos de las zonas de conexón el flujo puede comportarse como flujo turbulento por la sinuosidad del lecho y la canalización, el modelo simplifica esta condición y considera el flujo lineal.
- Incertidumbre en parámetros sedimentarios. El muestreo, toma de parámetros, y medición de niveles se realizó en temporada de secas y se desconoce con exactitud la carga de sedimentos precisa de muchas de las cuencas con respecto a su nivel de entrada, por lo que es necesario calibrar la descarga de sedimentos con mayor precisión.

No obstante, estas limitaciones no comprometen la validez general de los resultados.

Los resultados del modelo hidrodinámico y sedimentario muestran una adecuada representación de los procesos físicos del sistema lagunar, reproduciendo patrones coherentes de niveles, velocidades, circulación y dinámica de sedimentos. En este sentido, el modelo es válido para la evaluación de escenarios y el análisis de impactos del proyecto.

4.6 Tiempos de residencia

La estimación del tiempo de residencia hidráulico (HRT) o Tiempos de Residencia (TR) se llevó a cabo mediante la metodología presentada en Wu, Mengdi, et al. En 2024 y el modelo hidrodinámico con un modelo de transporte de trazadores, implementado en el entorno de modelación numérica MIKE 21. Esta metodología permite representar de manera explícita los procesos físicos que controlan la circulación, mezcla y renovación del agua dentro de sistemas lagunares o lacustres, proporcionando una base robusta para el análisis del intercambio hídrico.

La estructura metodológica se compone de dos módulos principales. En primer lugar, el modelo hidrodinámico que resuelve el comportamiento del agua en los cuatro vasos, permitiendo simular la variación temporal y espacial del nivel, gasto y velocidad en las direcciones horizontales. En segundo lugar, el modelo de transporte, basado en ecuaciones de advección-dispersión, simula el movimiento de un trazador conservativo considerando tanto el transporte por flujo (advección) como los procesos de mezcla (difusión y dispersión). Ambos módulos se encuentran acoplados, de manera que el campo de velocidades generado por el modelo hidrodinámico controla directamente la distribución del trazador.

El cálculo del tiempo de residencia se basa en la utilización de un trazador conservativo ideal. Inicialmente, se asigna una concentración uniforme en todo el dominio, típicamente igual a la unidad ($C_0 = 1$), mientras que en las entradas del sistema se fija una concentración nula (C = 0). Esta configuración representa un proceso de renovación o “lavado” del sistema, en el cual el trazador es progresivamente diluido por el ingreso de agua libre de concentración (Wu, Mengdi, et al. 2024)

La evolución temporal de la concentración del trazador se describe mediante una función de decaimiento exponencial de la forma:

$$C_t = C_0 e^{-t/T_f} \quad (3)$$

donde C_t es la concentración en el tiempo t, C_0 es la concentración inicial y T_f corresponde al tiempo de residencia hidráulico. Esta formulación refleja el comportamiento típico de sustancias conservativas en sistemas hidrodinámicos, donde la disminución de la concentración responde a procesos combinados de advección y dispersión.

El criterio adoptado para definir el tiempo de residencia consiste en identificar el instante en el cual la concentración del trazador se reduce al 37 % de su valor inicial, es decir, cuando Ct = 0.37 C_0. Este valor corresponde a e^{-1}, y es ampliamente utilizado en estudios hidrológicos como una medida representativa del tiempo característico de renovación del sistema. Es importante destacar que este valor representa un promedio a escala del sistema, por lo que no todas las celdas del dominio alcanzan simultáneamente dicha concentración.

El cálculo comienza trabajando el modelo hidrodinámico junto con condiciones representativas del sistema y luego moviendo el trazador y actuando en la escala de fase con un tiempo para obtener una simulación transitoria, tomando más tiempo y capturando todo el proceso de dilución en varios meses. A partir del resultado de este cálculo, se obtienen curvas de concentración. En la Figura 23 se muestra el modelo hidrodinámico con

una concentración inicial de Co=1, con la inyección de trazadores en los tres puntos de ingreso de agua, el Canal Tepalcates, Canal Ventanas y el estero Palo Verde.

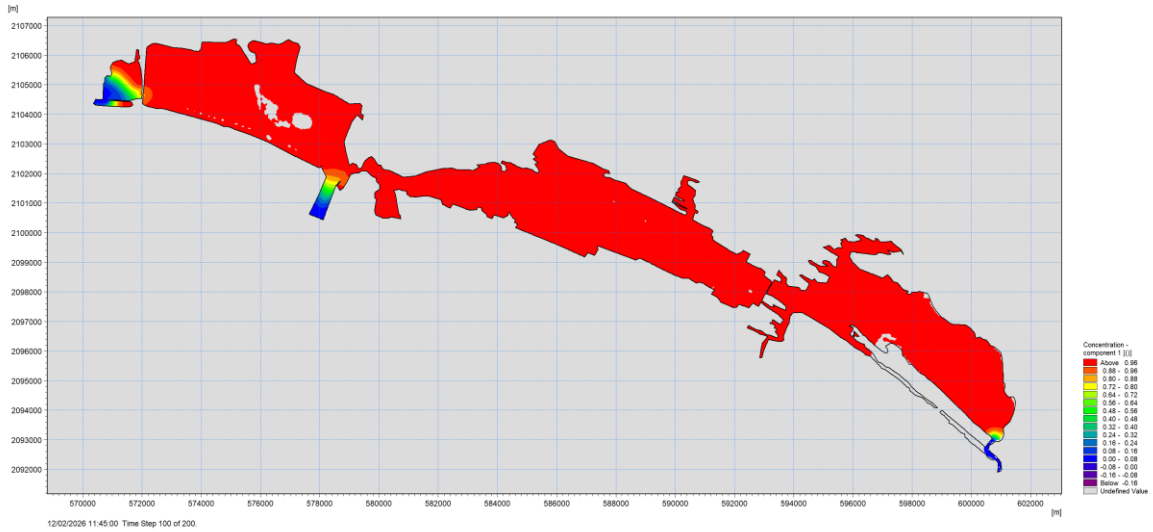


Figura 23. Modelo hidrodinámico con una concentración inicial de Co=1.

Las curvas de la variación de concentración son ajustadas a la función exponencial, permitiendo determinar el valor del tiempo de residencia hidráulico. En la Figura 24 se muestra el ajuste de la función exponencial en un punto de control del Vaso II cuyo tiempo residencia o intercambio total de agua fue cercano a los 28 días.

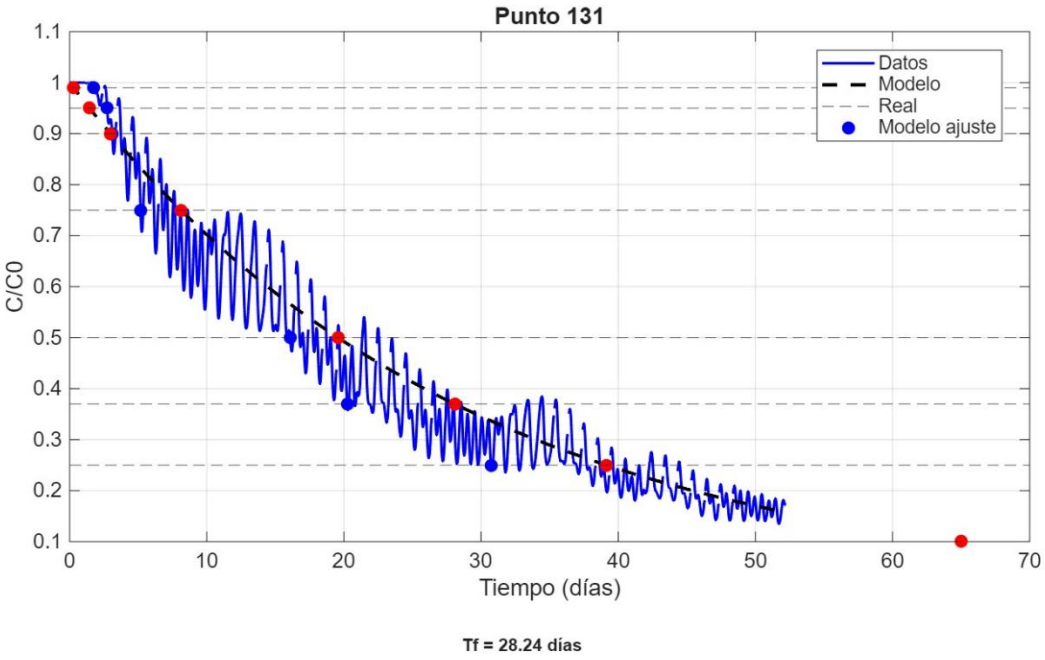


Figura 24. Ajuste de la función exponencial en un punto de control del Vaso II.

Una de las principales ventajas de esta metodología es la posibilidad de analizar la distribución espacial del tiempo de residencia. A través de mapas de concentración y tiempos característicos, es posible identificar zonas con alta renovación (bajo tiempo de residencia) y zonas de estancamiento (alto tiempo de residencia). Este análisis espacial es fundamental en sistemas heterogéneos, donde la hidrodinámica varía significativamente entre distintas regiones.

Los resultados del modelo muestran que el tiempo de residencia depende fuertemente de diversos factores. Entre los factores hidráulicos destacan la velocidad del flujo, la geometría del sistema y la conectividad entre distintas zonas. Entre los factores externos se incluyen el viento, la evaporación y la precipitación, los cuales pueden modificar significativamente los patrones de circulación. Asimismo, las condiciones operativas, como la apertura o cierre de compuertas y la magnitud de los caudales de entrada y salida, tienen un impacto directo en la renovación del agua. Es importante señalar que el trazador es conservativo, esto es que no sufre reacciones químicas ni procesos de degradación. Esto permite aislar los efectos puramente físicos del transporte.

5 RESULTADOS

El monitoreo de propiedades de temperatura, salinidad y nivel de agua aquí presentadas se realizó entre el 12 de febrero al 8 de abril de 20206. Sin embargo, el monitoreo continuara hasta la temporada de lluvias.

5.1 Temperatura

La temperatura del agua en la Laguna de Cuyutlán está determinada principalmente por las condiciones atmosféricas regionales, que son un clima cálido subhúmedo con alta radiación solar durante gran parte del año. Según los registros de campo, la temperatura de la superficie muestra variaciones espaciales locales dentro de cada vaso, con aumentos en las áreas poco profundas debido a la baja profundidad del sistema (menos de 1 m en promedio), lo que favorece una rápida respuesta térmica a los cambios atmosféricos.

De febrero a agosto, la temporada cálida y lluviosa trae la temperatura más alta, mientras que los valores más bajos prevalecen en el invierno, en los meses de diciembre y enero. Estos cambios afectan cosas como:

- Evaporación.
- Densidad del agua.
- Estratificación térmica (limitada) En general, debido a la poca profundidad, el sistema presenta principalmente condiciones bien mezcladas.

En el caso del monitoreo realizado, estos corresponden a la temporada seca.

En la Figura 25 se muestra la variación de la temperatura del canal Tepalcates a 18 m de profundidad, se observa que la temperatura no es constante pese a la profundidad, ya que existen diversos procesos, dominados por la marea y por la recirculación del sistema Mar – Laguna.

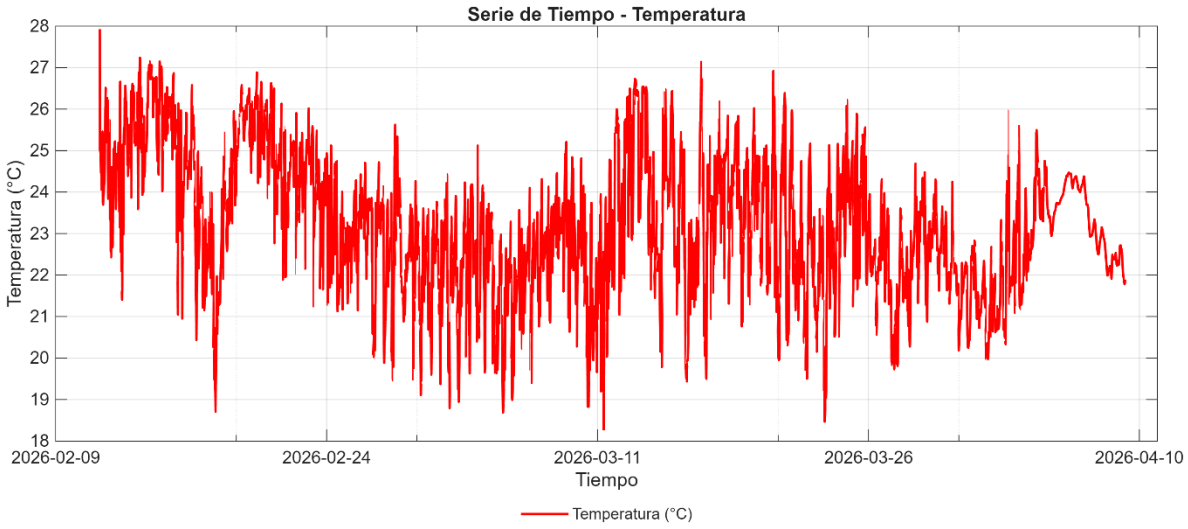


Figura 25. Temperatura en el Canal Tepalcates (18 m de profundidad)

En la Figura 26 se muestra la variación de la temperatura del canal Ventanas a 0.6 m de profundidad, se observa que la temperatura es más variable que la temperatura ambiental, observándose valores de temperatura entre los 25°C y los 32 C. Se registra además que existe influencia por las condiciones de marea, aunque no es la componente predominante, como lo es el ciclo diario.

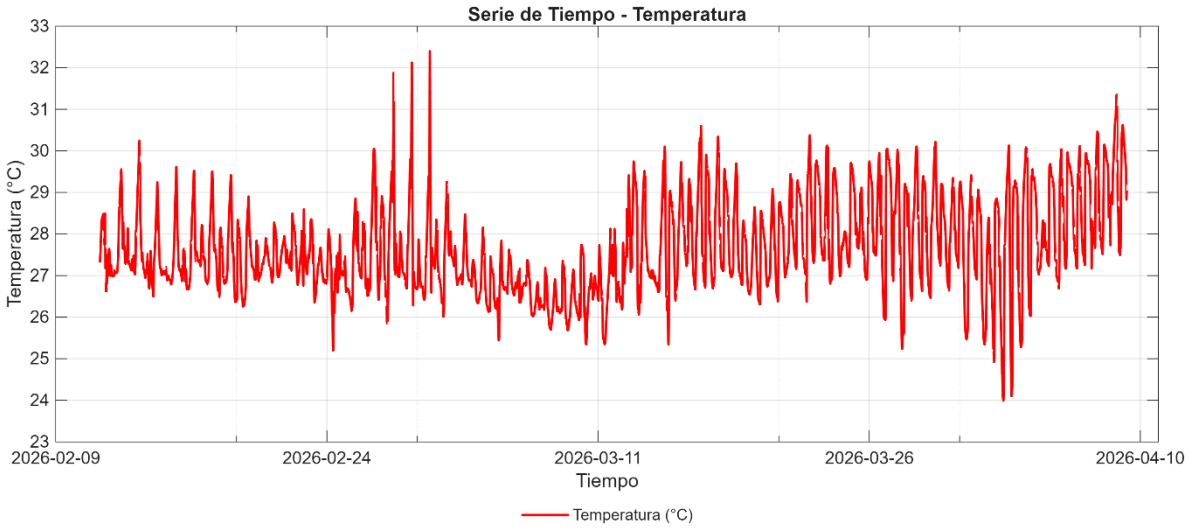


Figura 26. Temperatura en el Canal Ventanas.

En la Figura 27 se muestra la temperatura en el Vaso II, bajo el puente del boulevard. Se observa que la temperatura está dominada por el ciclo de marea (derivado del canal Tepalcates) y del ciclo diario. Las temperaturas se encuentran entre los 26 y los 34 °C, con una tendencia al alza debido a la entrada de la primavera y la época seca en la zona de estudio.

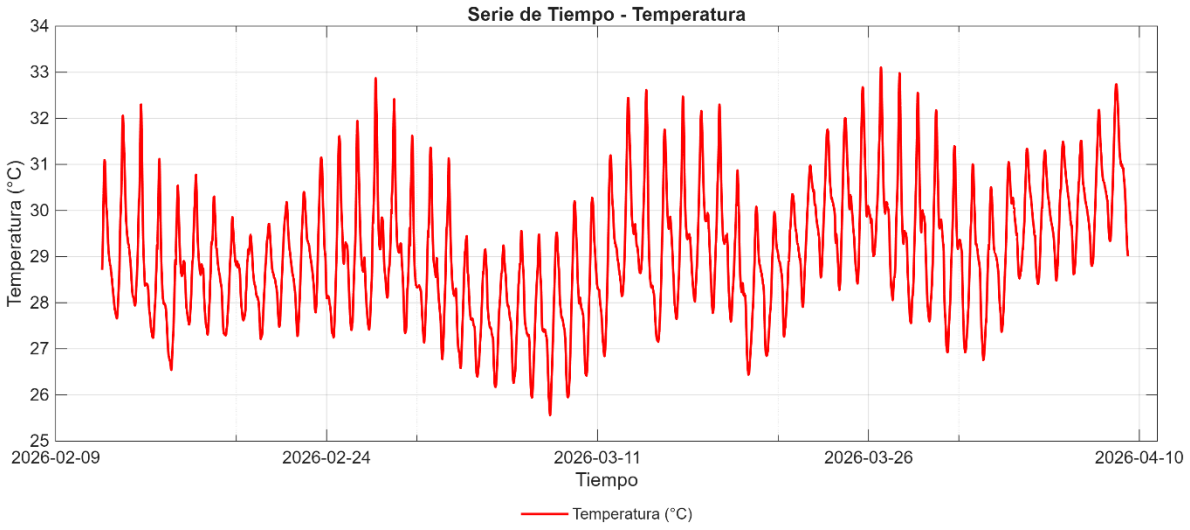


Figura 27. Temperatura en el Vaso II

En la Figura 28 se muestra la temperatura en el Vaso III, localizado en la zona salinera. Se muestra que en esta zona la temperatura está completamente dominada por el ciclo diario, con temperaturas de hasta 40 °C durante el día y de 22 °C por la madrugada.

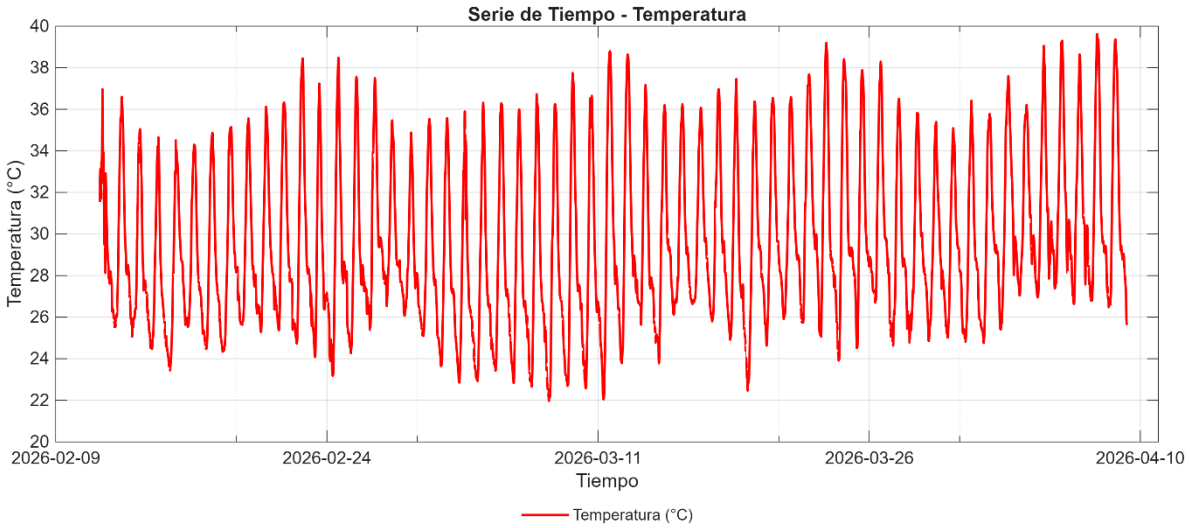


Figura 28. Temperatura en el Vaso III.

En el estero Palo Verde la temperatura es más fresca, debido a que el agua dentro del estero no parece tener una interacción fuerte con el agua de los vasos. En la Figura 29se muestra la temperatura en el Estero, se muestran temperaturas más constantes entre los 27 y 29 °C, con un ligero aumento de 0.5 °C a inicios de abril.

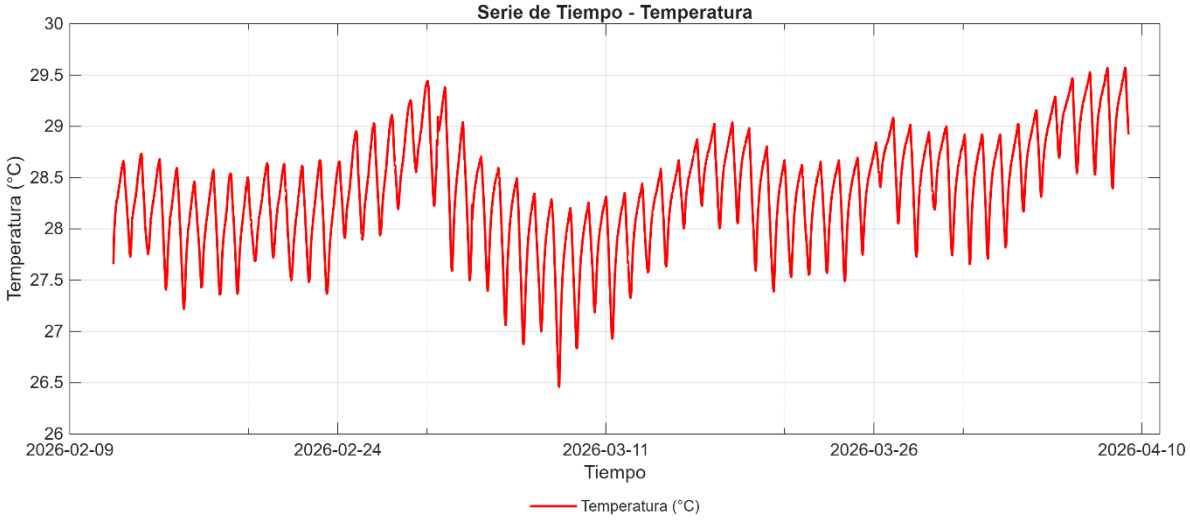


Figura 29. Temperatura en el Estero Palo Verde.

5.2 Salinidad

En la Figura 30 se muestra la distribución de la salinidad (en unidades PSU) en los cuatro vasos y en el estero Palo Verde a partir de los valores leídos en campo (febrero 2026).

En el vaso II, cerca de la boca del canal Tepalcates, se observa una distribución de salinidad uniforme, entre los 50 y 52 PSU (la salinidad del agua de mar se encuentra en un rango de 32 a 35 PSU) lo que indica un fuerte proceso de evaporación en la superficie de agua y de dilución con el agua de mar ya que para que el agua de mar (35 PSU) pase a una concentración de 50 PSU (valor medido) se requiere una pérdida de aproximadamente el 30% de la masa de agua por cada metro cubico, proceso que sucede en la superficie.

En el canal Ventanas (Vaso I), las lecturas son equivalentes al del canal Tepalcates, de aproximadamente 52 PSU. Esta distribución es uniforme en el vaso I y Vaso II con excepción del fondo del vaso I (costa adentro) donde se registró una lectura de 56 PSU, debido a la falta de movilidad.

Al interior del Vaso III la salinidad se distribuye entre los 50 PSU y los 70 PSU desde la entrada del canal del Vaso II hasta la zona de compuerta del Vaso III con el vaso IV respectivamente.

En el vaso IV, la concentración máxima se observa en la zona de compuerta con el Vaso III, y en la zona salinera. Hacia el centro del vaso, la salinidad disminuye hasta los 45 PSU debido a una medición obtenida en la ribera del vaso IV donde el agua se presenta con poca concentración de salinidad, lo que se interpreta como una posible interacción con el acuifero o el agua del estero Palo Verde (se analizará más detalladamente en el apartado hidrogeoquímico en el concepto de geohidrológica). Hacia el estero Palo Verde, aun en el vaso IV, la concentración disminuye hasta los 32 PSU, lo que indica los procesos de mezcla de agua dulce del agua proveniente del estero. Dentro del estero, el agua es dulce con salinidades menores a los 5 PSU.

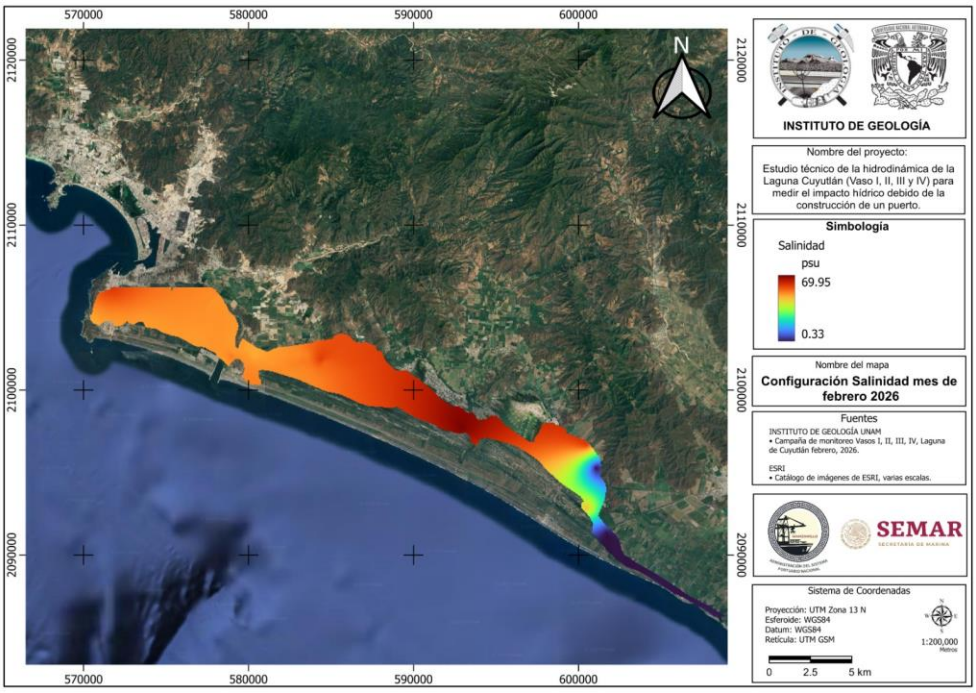


Figura 30. Configuración de la salinidad durante febrero de 2026.

Con base en el estudio “Caracterización de las condiciones de salinidad del Vaso III de la Laguna Cuyutlán y el predio denominado La Coronita 2 (salinera Monarca) con superficie de 7.53 ha” realizado en diciembre de 2026, por la UNAM, en la Figura 31 se muestra el mapa de distribución de la salinidad en el vaso III durante el mes de octubre, que corresponde a la etapa final de la temporada de lluvias. Como se puede observar, la distribución de la salinidad es distinta debido a la influencia de la precipitación.

En la entrada del vaso III, la salinidad es de 33.5 a 33.8 PSU (33,500 a 33,800 partes por millón) que corresponde a la salinidad del agua de mar. Al adentrarse al interior del vaso, el agua cambia ligeramente la concentración de salinidad a 32.8 a 33.0 PSU. Hacia la zona el interior del vaso y en la zona circundante al predio La coronita 2, la concentración aumenta entre los 35 y 36 PUS en la zona más cercana al vaso IV.

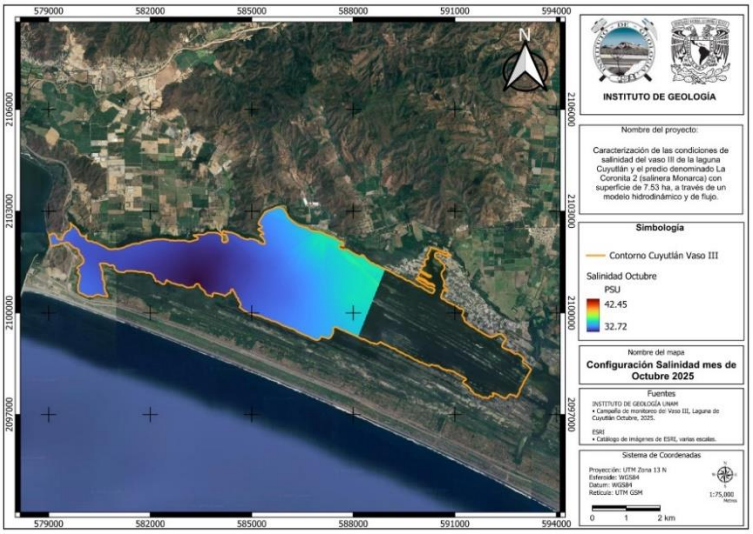


Figura 31. Salinidad en el Vaso III. Octubre 2026.

En la Figura 32 se muestra el mapa de distribución de la salinidad en el vaso III durante el mes de noviembre. Para este mes, los rangos de variabilidad de la salinidad son mayores que en octubre. En la entrada del canal Tepalcates, la concentración se mantiene entre los 32.8 y 33.5 PSU. Hacia el interior, la concentración de la salinidad aumenta entre los 34 y 35 PSU. Hacia la conexión del vaso IV, la concentración alcanza sus valores máximos, de entre 40 y 42 PSU. Hacia el predio en estudio, la salinidad ronda los 36 y 38 PSU.

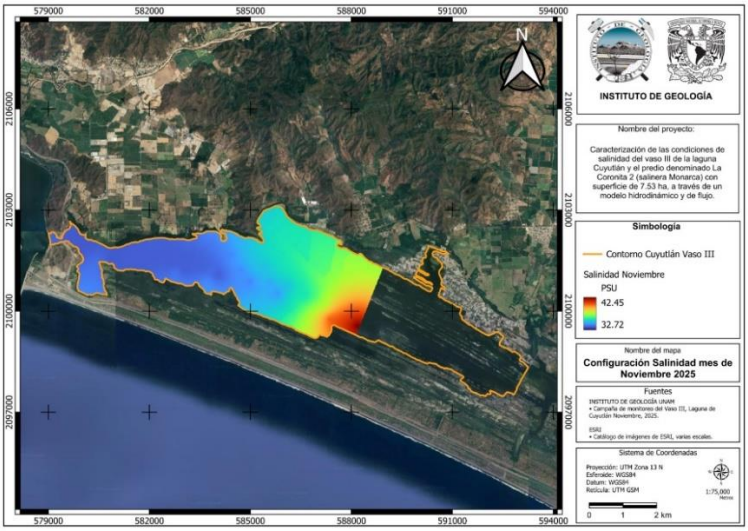


Figura 32. Salinidad en el Vaso III durante noviembre de 2025.

Esta información se utilizará para calibrar el modelo hidrodinámico para la temporada de lluvias.

En la Figura 33 se muestra la variación de la salinidad en serie de tiempo del canal tepalcates del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se muestra que la variación de la salinidad se encuentra entre los 28 a los 30 PSU. Debido a que el agua a la profundidad de 18 no se encuentra sujeta a procesos de evaporación y el intercambio de salinidad es producto de la variación mareal a profundidad. Posterior al mes de marzo, el sensor presento fallas eléctricas por lo que los últimos dados no fueron marcados de manera correcta.

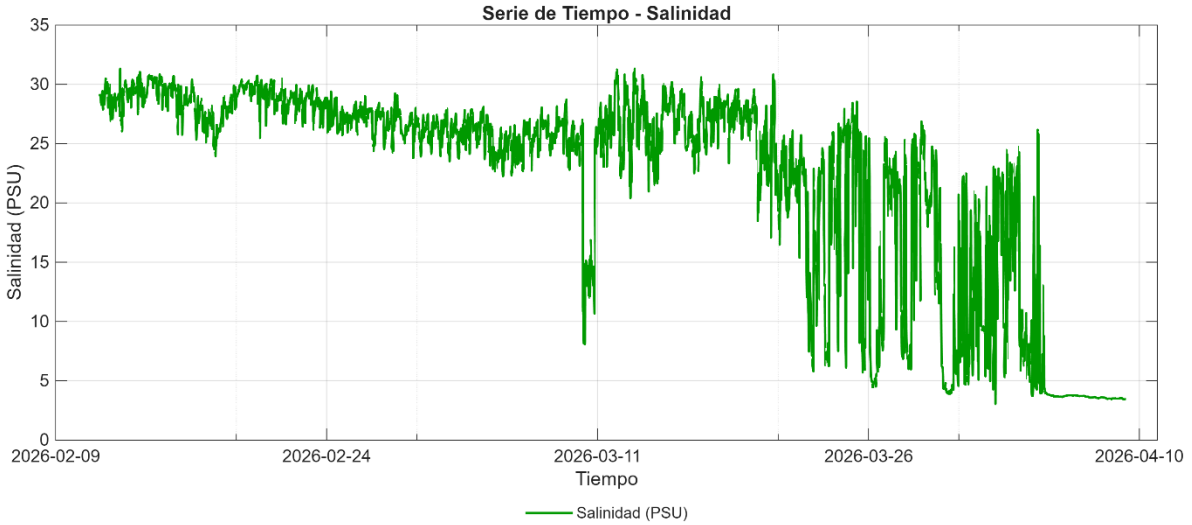


Figura 33. Variación de la salinidad en el Canal Tepalcates (18 m de profundidad)

En la Figura 34 se muestra la variabilidad de la salinidad cerca del Canal Ventanas. Se aprecia que la variabilidad de la salinidad está sujeta a la variabilidad de marea, aunque se observan variaciones durante algunos periodos debido a actividades antropogénicas. En genera la salinidad se encuentra entre los 25 y 30 PSU, consistente con los valores promedio del agua de mar.

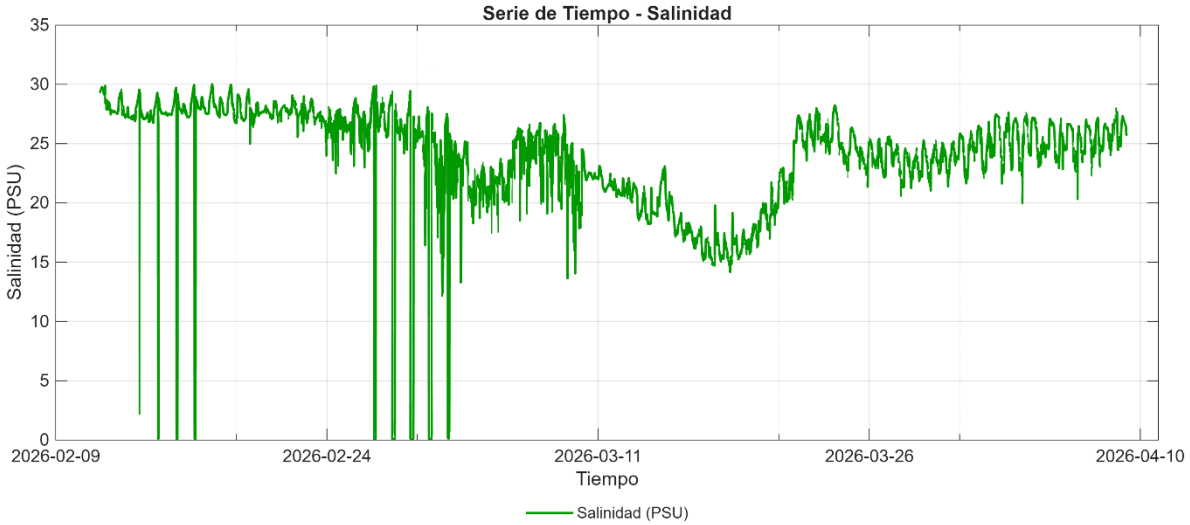


Figura 34. Variación de la salinidad en el Canal ventanas.

En la Figura 35 se muestra la variabilidad de la salinidad en el Vaso II. Se aprecia que la variabilidad de la salinidad está sujeta a la variabilidad de marea, pero con influencia de los gastos provenientes principalmente del Canal Tepalcates. A diferencia de la salinidad en los canales, el agua en el Vaso II tiene una afectación fuerte por los efectos de evaporación lo que ocasiona que la salinidad aumente hasta los 44 PSU en días de radiación alta. Los valores mínimos se encuentran entre los 30 y 32 PSU que es la salinidad que se observa en la entra del vaso.

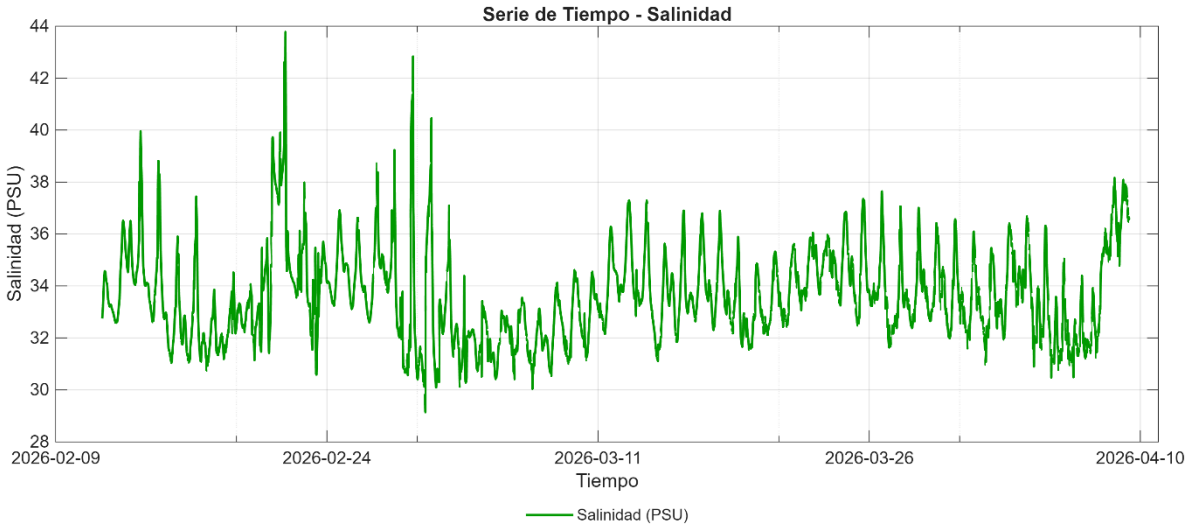


Figura 35. Variación de la salinidad en el Vaso II.

En la Figura 36 se muestra la variabilidad de la salinidad en el Vaso III. Se observan valores mínimos de 50 PSU y máximos de 95 PSU lo que se considera una condición de hipersalina. Es claro que el agua en la zona salinera del Vaso III y IV está sujeta a procesos evaporativos de gran magnitud, lo que es señal que los tiempos de residencia son de un periodo extenso y que hay poca movilidad en la zona.

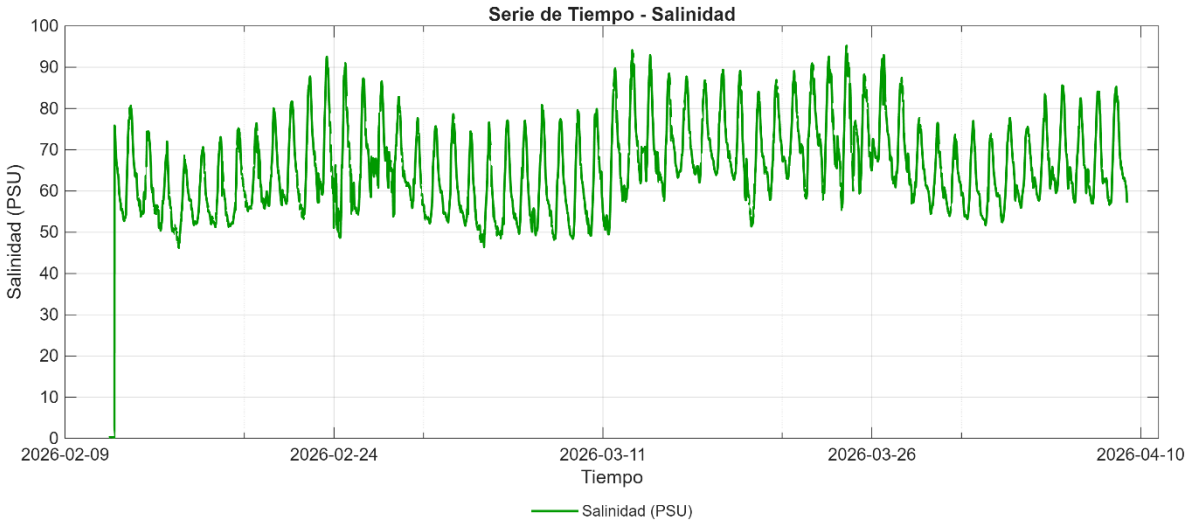


Figura 36. Variación de la salinidad en el Vaso III.

5.3 Variación de la marea

La marea es predominantemente de tipo semidiurno, presentando dos pleamares y dos bajamares. Las principales componentes semidiurnas que contribuyen a la marea son la M2 y S2. En las componentes diurnas corresponde a O1 y K1 y en las de aguas someras son M4, S4 y SK3.

En la Figura 37 se muestra el patrón de marea del canal Tepalcates del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se observa la forma general del patrón de marea y algunas amplitudes que corresponden al oleaje que ingresa por dicho canal. Hacia finales de marzo e inicios de abril se observa un incremento en la amplitud de marea asociado a fenómenos meteorológicos que afectaron el gasto de ingreso hacia la Laguna.

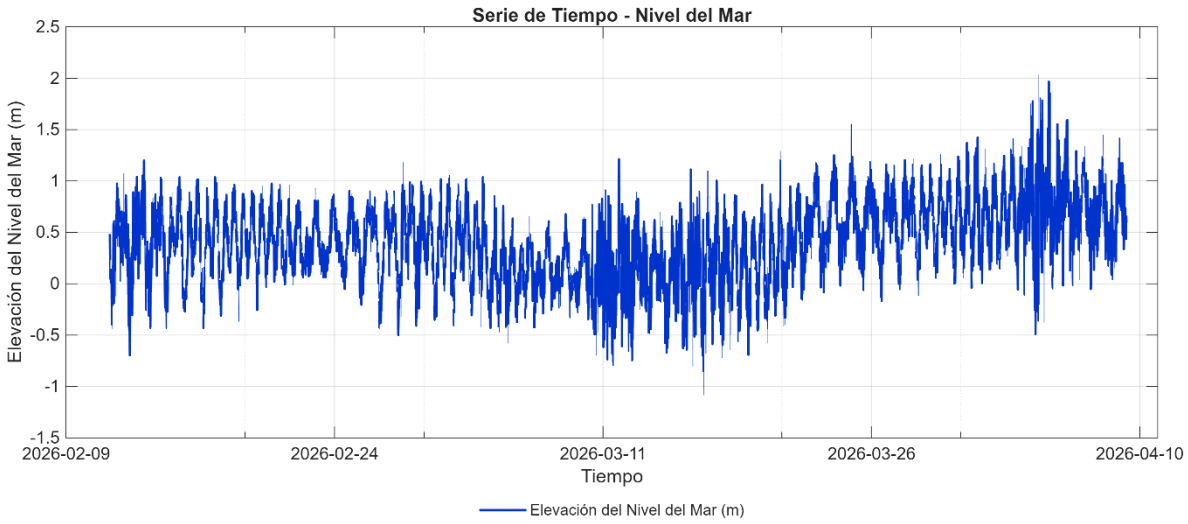


Figura 37. Variación de marea en el Canal Tepalcates.

En la Figura 38 se muestra el patrón de marea del canal Ventanas del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se observa la forma general del patrón de marea sin las amplitudes de oleaje ya que el canal ventanas se encuentra completamente perpendicular a la dirección del oleaje principal, por lo que, el agua ingresa a la laguna sin la perturbación del oleaje, quedando únicamente la componente de marea y el oleaje a causa del viento.

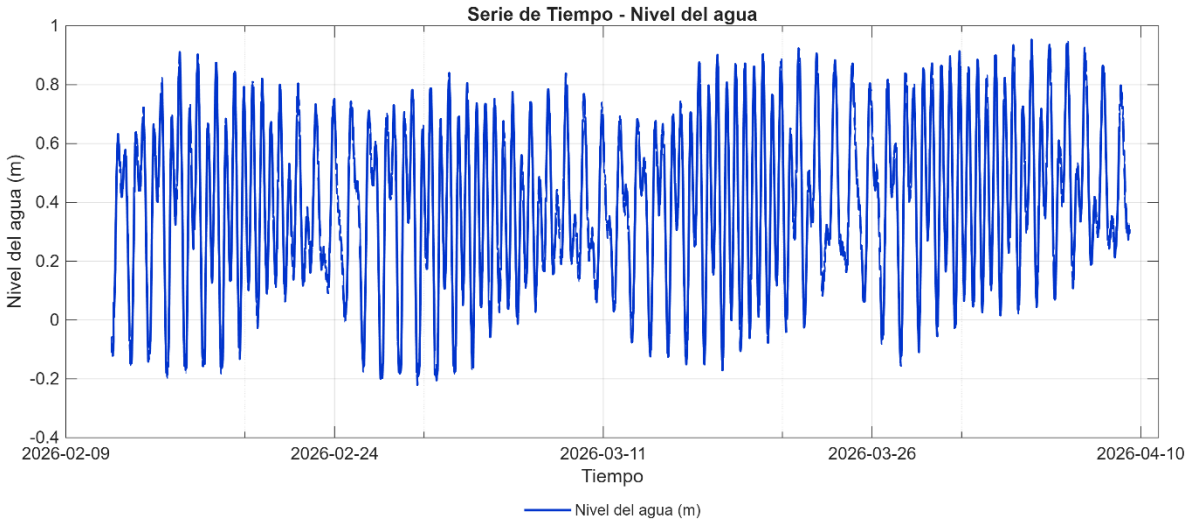


Figura 38. Variación de marea en el Vaso I.

En la Figura 39 se muestra el patrón de marea dentro del vaso II del 12 de febrero hasta el 10 de abril de 2026. Se observa la forma general del patrón de marea con la amplitud del oleaje amortiguado o disminuido casi por completo debido a que el sensor dentro del vaso II se encontraba al interior. Las amplitudes se asemejan más a las observadas en el Vaso I.

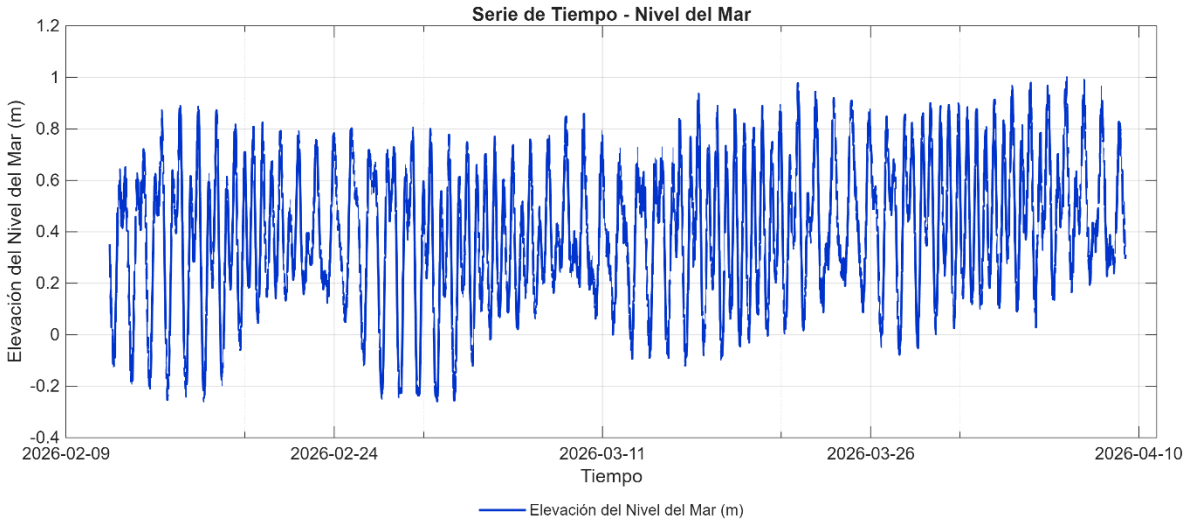


Figura 39. Variación de marea en el Vaso II.

Las señales antes descritas se utilizaron como condiciones de forzamiento para la modelación.

5.4 Patrones de circulación

En los sistemas de lagunas costeras, los patrones de circulación juegan un papel importante en los procesos hidrodinámicos, el transporte, la mezcla y la renovación del agua. Los patrones de circulación reflejan las interacciones de diferentes fuerzas externas (por ejemplo, mareas, viento y fuerzas continentales), el patrón geomorfológico del sistema en cuanto a batimetría, posición, relaciones hidráulicas entre subcuencas o cuencas, etc.

En lagunas poco profundas como la Laguna de Cuyutlán, la circulación natural sigue un orden determinado con la influencia de las mareas (es decir, en una laguna está muy influenciado por la fuerza de la marea y, por lo tanto, fluye bidireccionalmente a lo largo de la fase de entrada y salida). En la Laguna de Cuyutlán el agua marina entra durante el ciclo de marea alto y fluye con un alto grado de gradientes, impulsando el flujo de la laguna hacia el SO-NE en el área de entrada, luego cuando ocurren las salidas, donde la dirección del agua saliente se aleja de la laguna debido a las mareas. Por lo tanto, se nota un ciclo de circulación y como las mareas y la dirección del flujo pueden fluctuar con el tiempo, esta dependencia es mareal.

La geometría del sistema también está crucialmente influenciada por la forma de los flujos. Las zonas de concentración a lo largo del canal o la conexión entre los vasos conducen a una aceleración más localizada del flujo (siendo atraídas la dispersión local y las recirculaciones, lo que se estudiara a detalle en el apartado de sedimentos) que, en las regiones más amplias, pero las áreas más amplias conducen más hacia la refracción y la recirculación. Esto último también implica que una baja energía hidrodinámica puede causar un proceso de mezcla y renovación menos eficiente. Además, en grandes superficies expuestas, el viento influye en la circulación en general, particularmente con niveles poco profundos, para formar corrientes superficiales, y también puede influir en el flujo de agua y la distribución del nivel del mar. Aunque su impacto suele ser algo secundario a la marea, es relevante en estructuras interiores más pequeñas, así como en el área de la superficie bajo mareas bajas o baja energía mareal. Por ejemplo, el análisis de patrones de circulación permite la identificación de áreas de alta y baja energía y la identificación de flujos preferidos y puntos potenciales de estancamiento o acumulación.

A continuación, se muestran las diferencias en los patrones de circulación, velocidad y gasto en los cuatros vasos debido a la construcción de las plataformas, dragados y canales de navegación del proyecto en las fases 1 y 2, primero en época de estiaje y posteriormente en época de lluvias.

5.4.1 Circulación durante el ingreso de agua de mar

Durante las fases de pleamar, el agua que viene del océano fluye a través del sistema de lagunas con un gradiente hidráulico positivo desde el interior cerca de la costa y hacia ellas (lo que crea la estructura de circulación dirigida hacia el interior). Este proceso ocurre a través de las áreas de conexión durante las cuales el flujo del lado costero se acelera al mismo tiempo hacia el lado central y después se mueve hacia el lado interior, donde ocurren cambios de energía hidrodinámica más bajos.

Cuando el sistema de mareas es de entrada, la circulación es un flujo longitudinal dominante con el eje mayor centrado en la laguna y con dirección transversal para la mezcla lateral. Una vez que pasa el tiempo, la

flotabilidad se ve comprometida debido a los efectos de fricción, de modo que pueden ralentizar el flujo de agua y recircular en áreas de gran geometría.

En otras palabras, el flujo de entrada no necesariamente tiene las mismas características que el flujo de salida, debido al arrastre, la geometría y los procesos de mezcla. Este comportamiento permite la renovación parcial del agua lagunar, promoviendo el intercambio con el mar y la redistribución de propiedades como salinidad, temperatura y sedimentos. No obstante, la eficiencia de este proceso depende de la conectividad hidráulica del sistema, así como de la presencia de restricciones geométricas que puedan limitar la propagación del flujo hacia las zonas más internas.

Desde el punto de vista cuantitativo, la circulación presenta gradientes hidráulicos bien definidos en las zonas de conexión, con velocidades que van desde los 0.14 a 0.20 m/s. Estos valores disminuyen progresivamente hacia los vasos interiores, donde las velocidades son del orden de 0.01 a 0.03 m/s, evidenciando una pérdida significativa de energía hidrodinámica.

La geometría del sistema induce procesos de aceleración local en zonas restringidas y recirculación en áreas amplias. Este comportamiento genera una distribución heterogénea de la energía, donde las zonas de baja velocidad (<0.02 m/s) están asociadas a potenciales áreas de acumulación y aumento en los tiempos de residencia.

5.4.1.1 Comportamiento del flujo

En el escenario base o sin proyecto (Figura 40), el patrón de niveles de agua muestra una propagación clara de la marea desde la zona de conexión marina hacia el interior del sistema lagunar. Se observa un gradiente hidráulico bien definido (Figura 40), con niveles más altos en la boca del Canal Tepalcates y una atenuación progresiva hacia los vasos interiores (Figura 41). Esta disminución de la amplitud de la marea indica una pérdida de energía asociada a la fricción de fondo y a la geometría restringida del sistema. En particular, la zona de conexión en el Vaso II actúa como un control hidráulico, limitando la transmisión del forzamiento mareal hacia los vasos III y IV, donde se observan niveles más homogéneos y de menor magnitud, característicos de zonas de baja energía hidrodinámica.

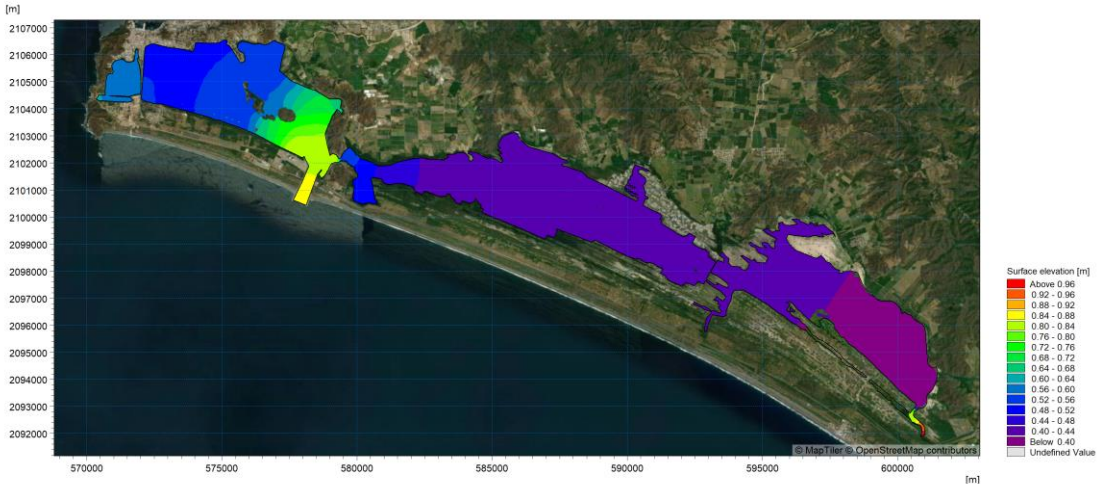


Figura 40. Superficie de elevación durante el ingreso de agua de mar SP (Sin Proyecto).

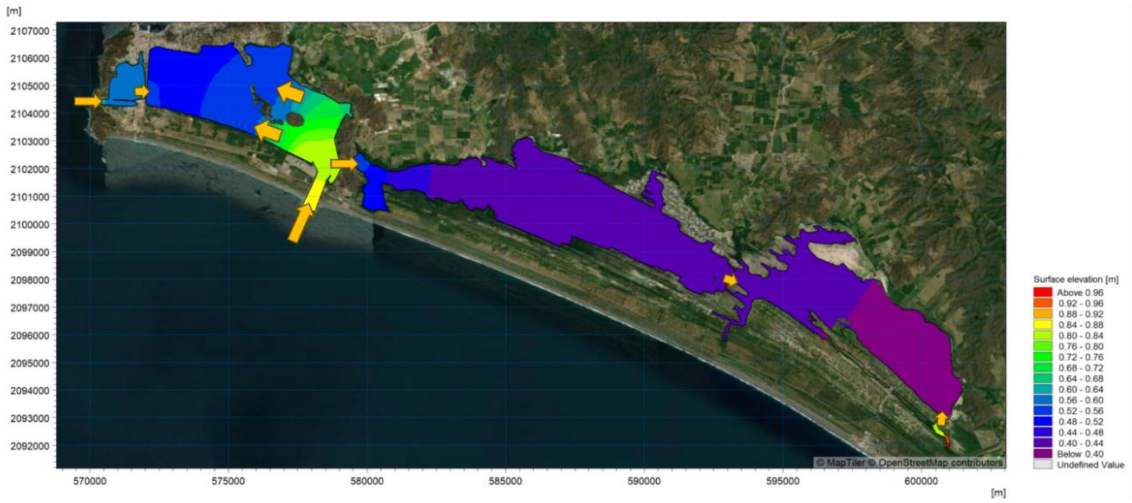


Figura 41. Patrones de circulación dentro de la laguna sin proyecto.

En el escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto (Figura 42), se observa un muy ligero incremento en los niveles de agua en el Vaso II respecto a la condición sin proyecto, del orden de 0.05 a 0.10 m, debido al cambio de almacenamiento que tiene el Vaso II, lo que representa aproximadamente 5% respecto a la condición base, derivado del cambio provocado por el área ocupada por la plataforma propia del puerto, lo cual indica un efecto de acumulación asociado a una mayor resistencia hidráulica, debido a que la componente de marea no se atenúa como se muestra en el escenario sin proyecto. Este comportamiento modifica el gradiente de nivel, generando una transición más abrupta en la zona de conexión hacia el Vaso I. Como consecuencia, se reduce la eficiencia en la transmisión del forzamiento mareal hacia el fondo del Vaso II y en la interconexión con el vaso

I, aumentando los picos de oleaje, aunque para el Vaso III aún se observan los niveles más homogéneos y de menor magnitud, como el escenario sin proyecto.

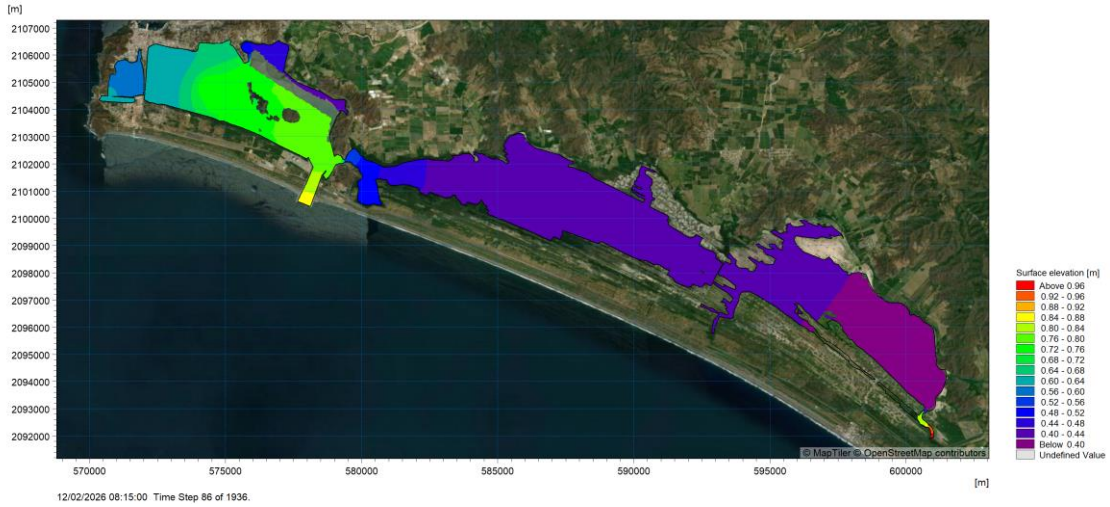


Figura 42. Superficie de elevación durante el ingreso de agua correspondiente a la Fase 1 del proyecto.

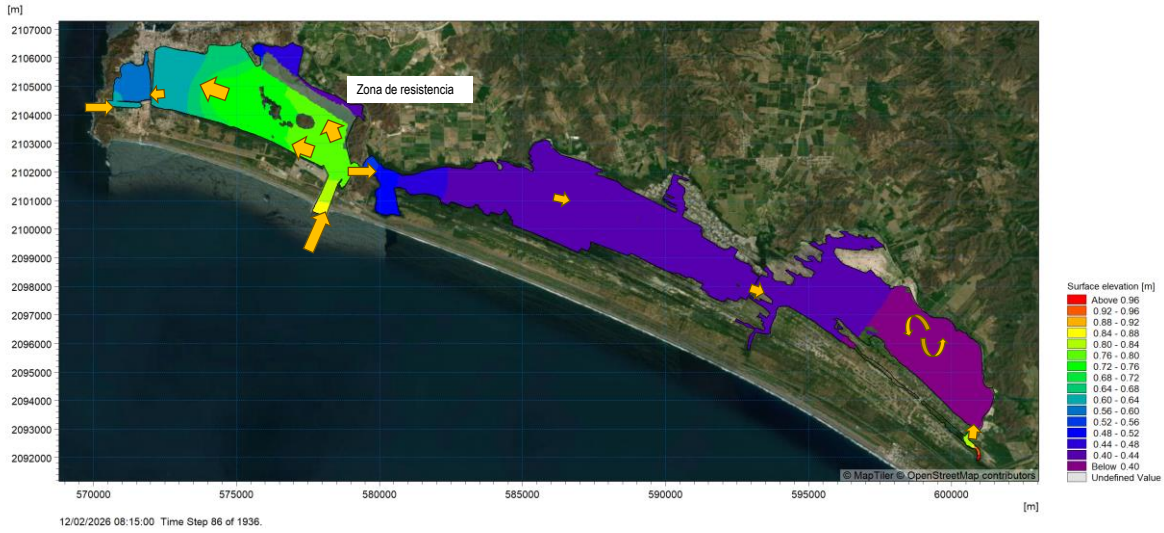


Figura 43. Patrones de circulación dentro de la laguna. Escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto.

En el escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto (Figura 44), se observa una variación mayor en los niveles de agua en el Vaso II, de aproximadamente 0.15 m, debido a una ocupación más grande de la superficie del vaso debido a la segunda plataforma, evidenciando un efecto de represamiento asociado a una reducción sustancial en la capacidad de transmisión hidráulica del sistema (Figura 45). Este incremento no solo es mayor

en magnitud respecto a la Fase 1, sino que también presenta una mayor extensión espacial, afectando gran parte del Vaso II. En este escenario, los vasos III y IV continúan con sus niveles bajos y homogéneos, indicando un desacoplamiento del forzamiento mareal como en los casos anteriores. Los resultados sugieren una disminución en la eficiencia de intercambio laguna–mar con el Vaso II, con implicaciones directas en los tiempos de residencia y los procesos de transporte.

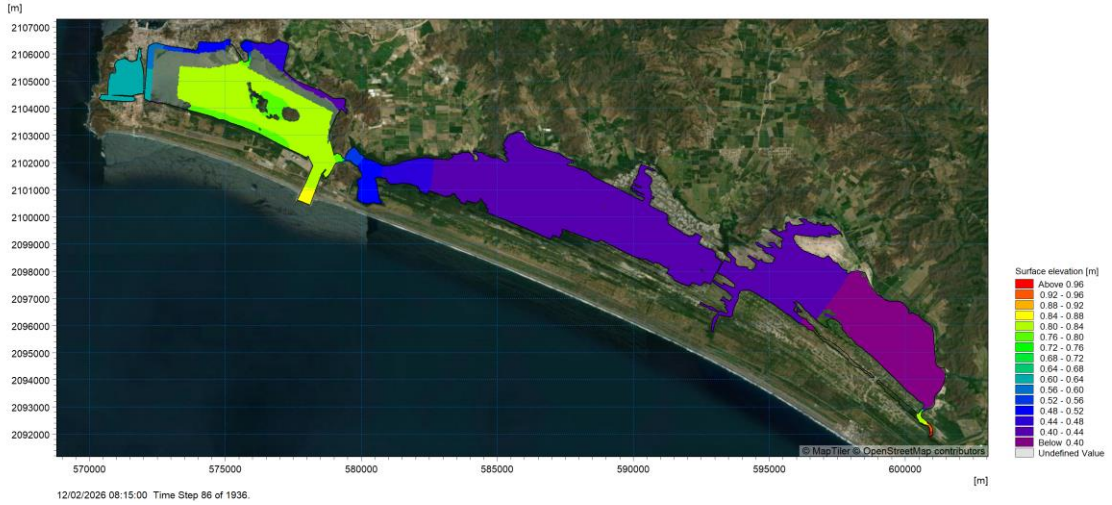


Figura 44. Escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto.

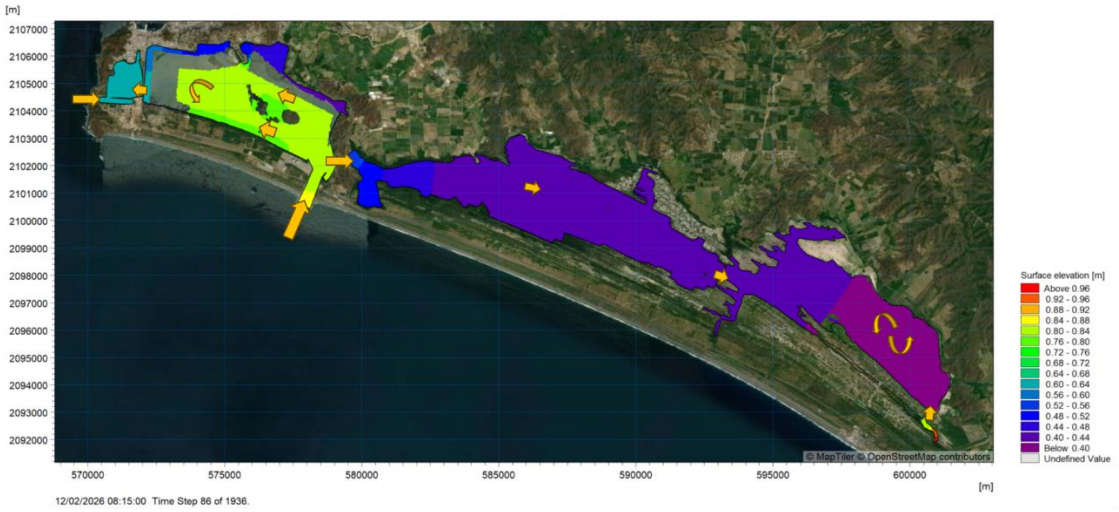


Figura 45. Patrones de circulación dentro de la laguna. Escenario correspondiente a la Fase 2 del proyecto.

Con respecto a los cambios en el gradiente o el nivel en la zona de conexión con el Vaso III (punto 210), no se observan variaciones en el valor del nivel, por lo que las velocidades y gastos de entrada del Vaso II hacia el Vaso III no se ven afectadas (Figura 46).

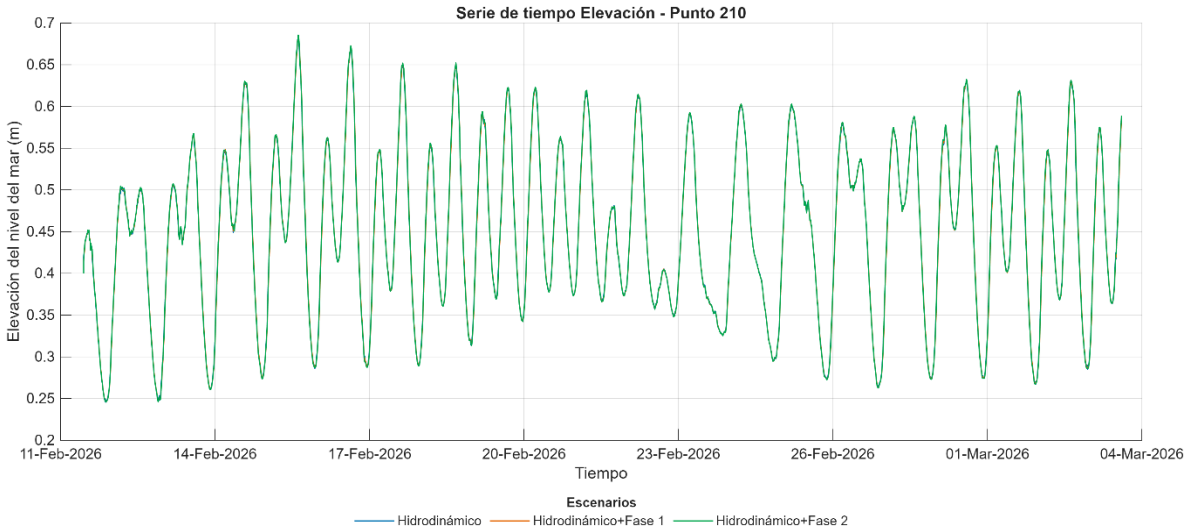


Figura 46. Comparación de las variaciones de nivel en la zona de intercambio del Vaso II al Vaso III.

Con respecto a la conexión con el Vasos I (Punto 193), las variaciones o gradientes se ven principalmente afectadas por la construcción de la plataforma de la Fase II, ya que se ve interrumpido el flujo actual entre el Vaso II y el Vaso I, generando que el Vaso I se vacíe con mayor velocidad en condiciones de bajamar, aunque la disminución es del orden de 0.15 m (Figura 50) con respecto a la condición sin proyecto. Estas variaciones se maximizan cuando se incorpora el gasto de la planta termoeléctrica de CFE que se estudiara más adelante. En condiciones de marea alta y sin el bombeo de la planta de CFE la elevación sube en la interconexión ya que la plataforma actúa como un dique, impidiendo el flujo hacia el Vaso II, aunque este fenómeno ocurre siempre y cuando el bombeo de la planta termoeléctrica lo permita.

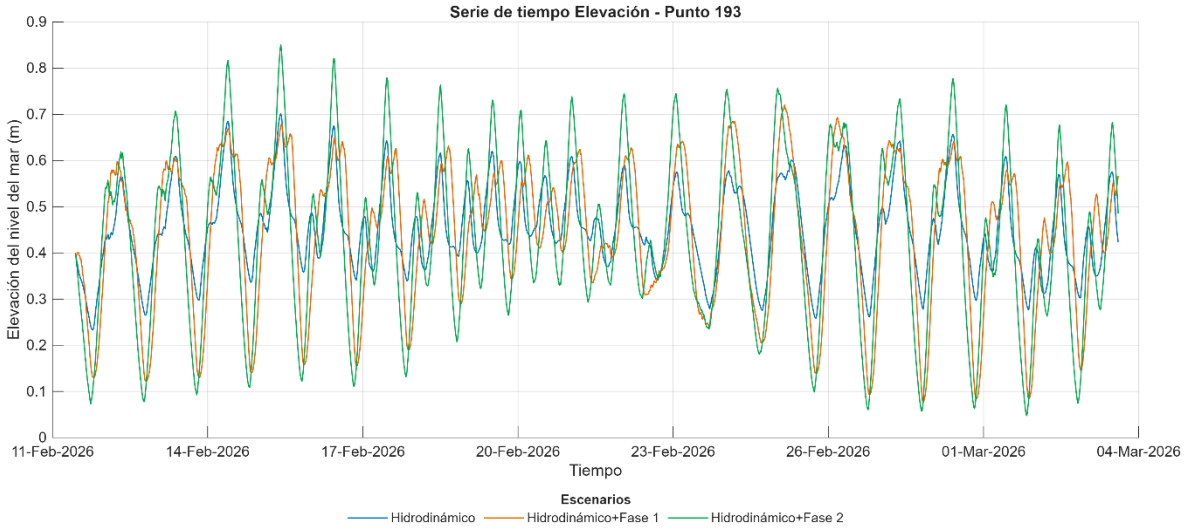


Figura 47. Comparación de las variaciones de nivel en la zona de intercambio del Vaso II al Vaso I.

5.4.1.2 Patrones de Velocidad Norte – Sur (V)

En el escenario sin proyecto (Figura 48), el campo de velocidades Norte – Sur, muestra una distribución coherente con la propagación de la marea hacia el interior del sistema lagunar. Se identifican las mayores velocidades en la zona de conexión con el mar y en el paso hidráulico ubicado en el Vaso II hacia el Vaso I y III (velocidades entre los 0.14 a 0.2 m/s), donde el flujo se acelera debido a la reducción de la sección hidráulica. A partir de este punto, las velocidades disminuyen progresivamente hacia los vasos interiores, evidenciando una pérdida de energía asociada a la fricción de fondo y a la geometría del sistema. En particular, los vasos III y IV presentan velocidades bajas y relativamente homogéneas, características de zonas de baja energía hidrodinámica.

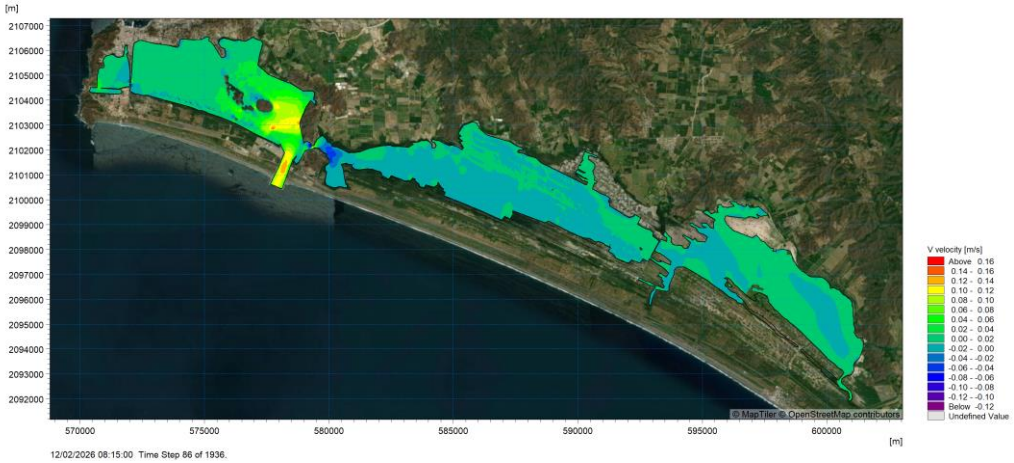


Figura 48. Variación de la velocidad (V) en condiciones sin proyecto.

En la Fase 1 del proyecto (Figura 49), el campo de velocidades muestra un incremento significativo en la magnitud del flujo en la zona de conexión del Vaso II y en el Canal Tepalcates, se identifican incrementos locales en la zona de conexión, mientras que aguas abajo se observa una reducción menor a 0.01 m/s (colores azules en el Vaso II), indicando una redistribución del flujo. Este comportamiento genera un efecto tipo “chorro” (parecido a cuando se limita la sección de salida de una manguera), indicando un control hidráulico más pronunciado en comparación con la condición sin proyecto. Sin embargo, esta aceleración no se traduce en un aumento del flujo hacia los vasos interiores, ya que se observa solo una ligera disminución de las velocidades (menor a 0.01 m/s) aguas abajo, particularmente en el Vaso III.

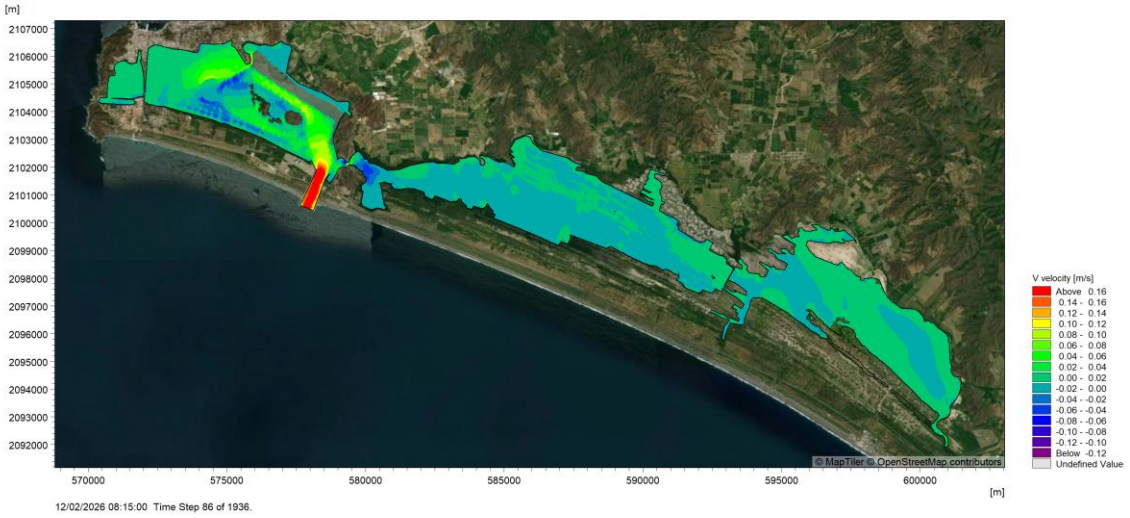


Figura 49. Fase 1 del proyecto del campo de velocidades Norte - Sur.

En la Fase 2 (Figura 50) se observa la formación de un flujo por arriba del valor promedio en la zona norte del Vaso II (0.02 m/s), caracterizado por un incremento notable de las velocidades debido a la ampliación de las zonas de dragado (entre la plataforma 1 y 2) pasando de 0.02 m/s a 0.06 m/s, lo que indica un efecto de estrangulamiento hidráulico. Este comportamiento genera una disipación de energía en el Vaso II, observándose que las zonas aisladas por el proyecto limitan la transmisión del flujo. Como consecuencia, se registra una disminución de las velocidades por detrás de las plataformas del proyecto (entre 0.01 a 0.02 m/s). Estos resultados, en conjunto con la distribución de niveles de agua, confirman una reducción en la conectividad hidrodinámica en especial del Vaso II al Vaso I y viceversa.

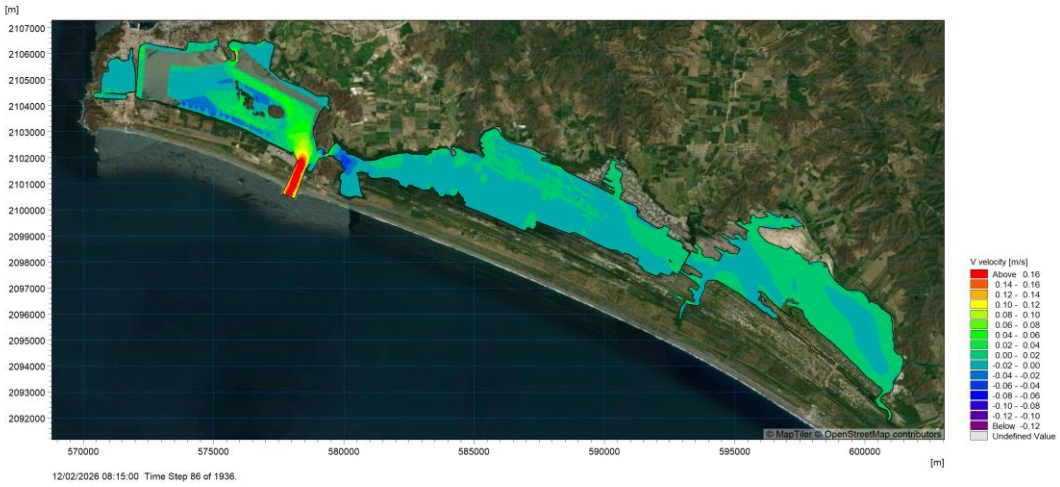


Figura 50. Fase 2 del proyecto del campo de velocidades Norte - Sur.

5.4.1.3 Patrones de Velocidad Este – Oeste (U)

El análisis de la componente longitudinal (U) en el escenario sin proyecto (Figura 51), muestra un flujo dominante desde la zona de conexión marina hacia el interior del sistema, consistente con la fase de entrada de marea. Se identifican valores positivos en la mayor parte del dominio, indicando una dirección de flujo bien definida. Sin embargo, en el Vaso II se observan zonas con valores negativos de velocidad, lo que sugiere la presencia de recirculaciones internas asociadas a la geometría del sistema y a la salida de agua por la zona del canal ventanas, donde se encuentra la termoeléctrica. Estas estructuras de flujo indican una dinámica compleja en la zona de transición entre el Vaso I y II, donde coexisten procesos de advección y mezcla. Hacia los vasos interiores (Vaso III y IV), la componente longitudinal disminuye progresivamente, evidenciando una pérdida de energía y una menor capacidad de transporte.



Figura 51. Componente longitudinal de la velocidad (U) en el escenario sin proyecto.

En la Fase 1 del proyecto (Figura 52), la velocidad (U) muestra una mayor concentración del flujo en la zona de conexión del Vaso II, evidenciando un proceso de canalización asociado a la modificación geométrica del sistema. Este comportamiento se acompaña de un incremento en las recirculaciones internas dentro del Vaso II, reflejado en la presencia de zonas con velocidades negativas más extensas que en la condición base, pero sin modificar las velocidades hacia el Vaso III.



Figura 52. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2 del proyecto (Figura 53) evidencia una modificación significativa en la estructura del flujo dentro del sistema lagunar. Se observa una fuerte canalización del flujo en la zona de conexión del Vaso II, lo que indica la presencia de un control hidráulico dominante. Este comportamiento se acompaña de un incremento notable en las recirculaciones internas dentro del Vaso II.



Figura 53. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 2 del proyecto.

Para la magnitud total de la velocidad, no se observan cambios significativos en la zona de trasvaso entre el Vaso II y III.

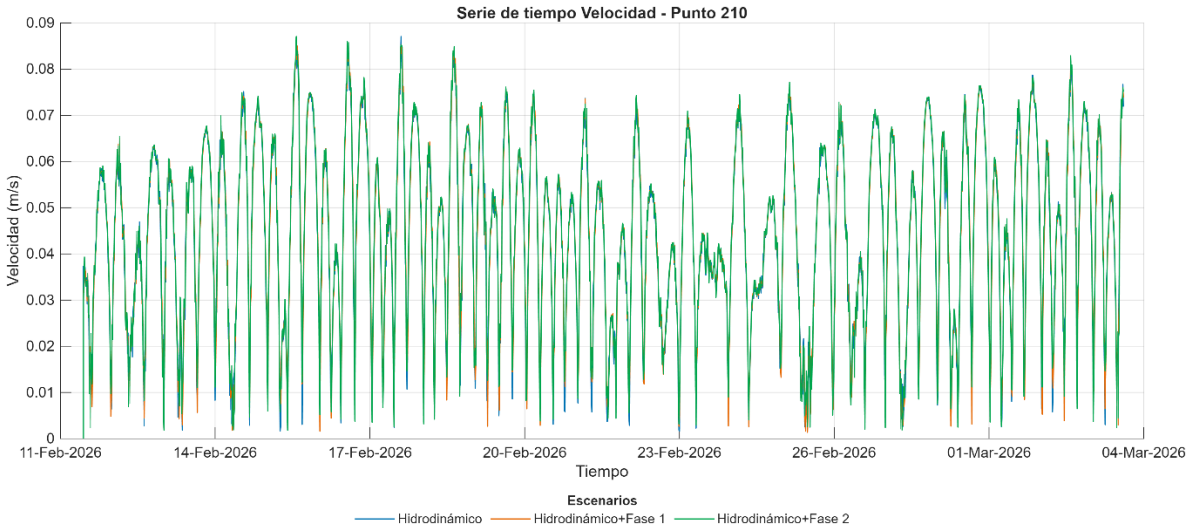


Figura 54. Comparación de la magnitud de la velocidad en el punto de interconexión entre el Vaso II y III.

Para la magnitud total de la velocidad en la zona de trasvaso entre el Vaso I y II si se observa una importante diferencia debido a la construcción de la plataforma de la Fase 2, debido a la interrupción del flujo. Se observa una disminución de hasta 0.3 m/s lo que es significante para la circulación.

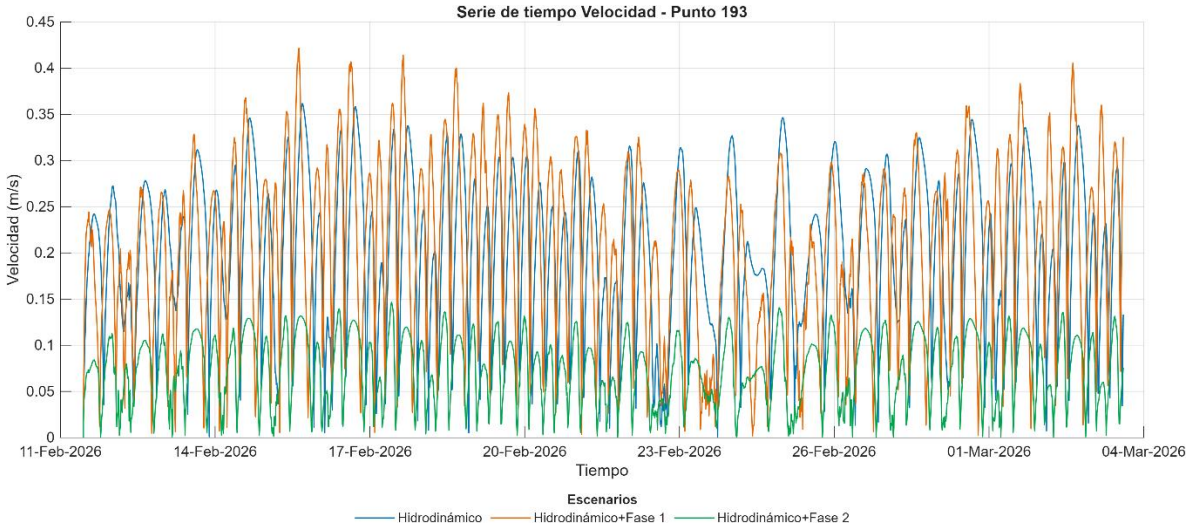


Figura 55. Componente longitudinal de la velocidad (U) en la Fase 2 del proyecto.

5.4.1.4 Gastos

El análisis de gastos (flujo por unidad longitudinal $m^3/s/m$) muestra una concentración del flujo en la zona de conexión del Vaso II en los escenarios con proyecto. Este comportamiento indica una canalización del flujo a través de una sección reducida, generando mayores magnitudes locales de velocidad. Sin embargo, esta concentración no implica necesariamente un incremento en el flujo total del sistema, sino una redistribución de este, con una posible disminución en la eficiencia del intercambio hacia los vasos interiores.

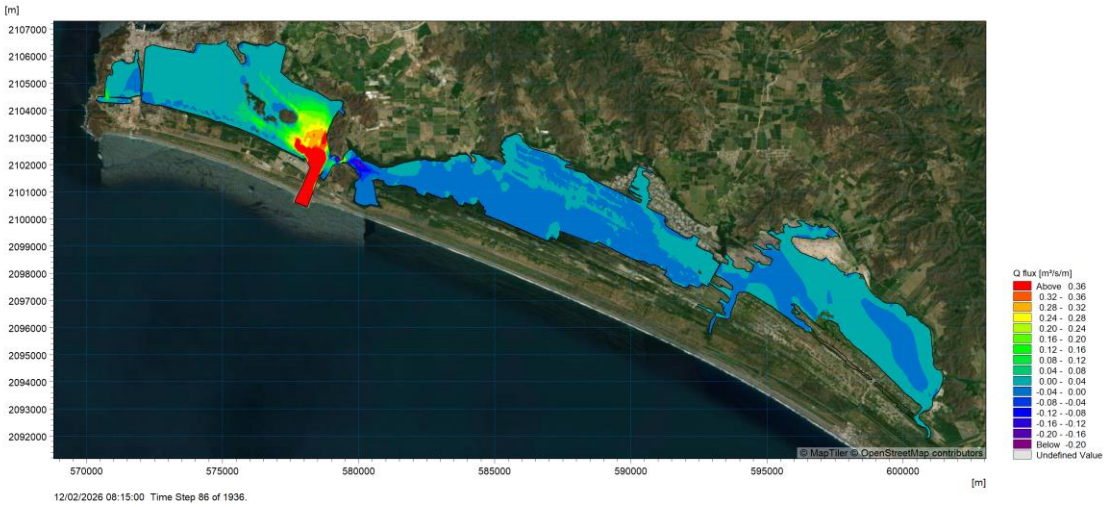


Figura 56. Distribución del gasto o caudal en condiciones actuales

Para la Fase 1, se muestra una modificación en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II, evidenciada por la presencia de una trayectoria preferencial asociada a la geometría del proyecto (canales de navegación). Este patrón indica un proceso de canalización del flujo, donde la energía se concentra en zonas específicas, reduciendo su dispersión lateral. Sin embargo, este comportamiento no se traduce necesariamente en un incremento del flujo hacia los vasos interiores. Se observa en color morado la recirculación en la parte central a causa de la disminución del almacenamiento.

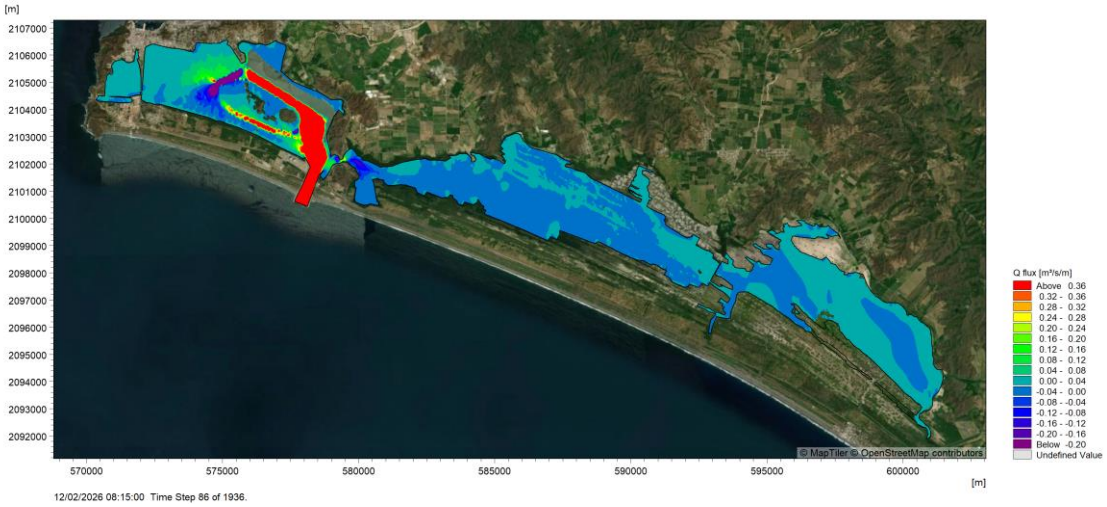


Figura 57. Distribución del gasto o caudal para la Fase 1

Para la Fase 2 de la implementación del proyecto, se induce una modificación en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II, caracterizada por la formación de una trayectoria preferencial por los canales de navegación. Este patrón se mantiene consistente entre las fases del proyecto entre la Fase 1 y la Fase 2. Lo anterior indica que el sistema alcanza una condición de reorganización hidráulica desde la primera intervención, sin que las modificaciones adicionales generen cambios relevantes en la estructura del flujo. En términos generales, el impacto del proyecto se limita a una redistribución local del flujo, sin afectar de manera sustancial la dinámica global del sistema lagunar para el caso del Vaso III y IV. Para el Vaso I, el flujo se ve interrumpido y debe ser mitigado con infraestructura hidráulica como se estudiará más adelante.

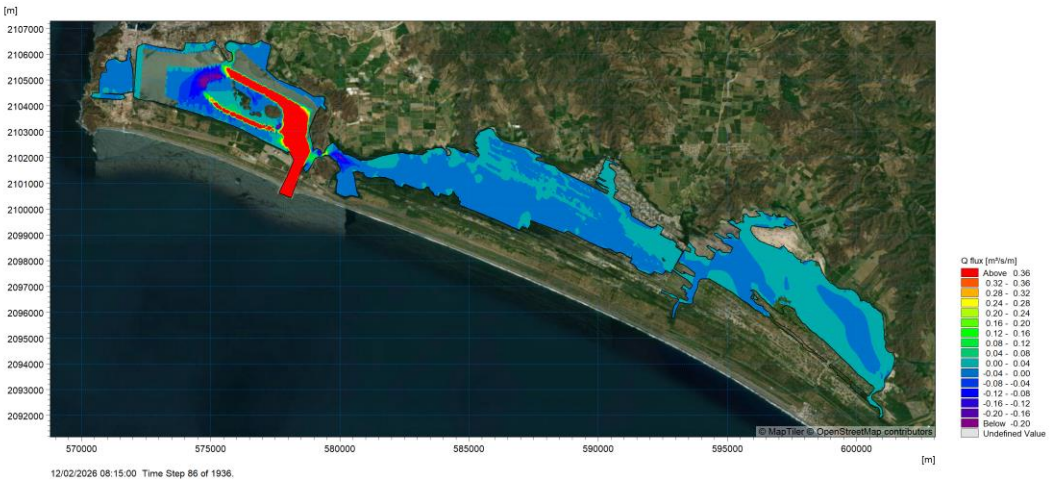


Figura 58. Distribución del gasto o caudal para la Fase 2

5.4.2 Circulación durante la salida de agua de mar (baja mar)

Durante la marea baja, a medida que el nivel del mar desciende, se forma un gradiente hidráulico en el interior de la laguna hacia la línea de costa y en consecuencia el agua almacenada en la laguna sale del sistema lagunar hacia la zona de conexión más próxima, donde las velocidades varían de acuerdo con su sección hidráulica (Tepalcates, Ventanas o zonas de conexión).

La circulación durante la marea baja se vuelve prominente desde el flujo aguas arriba en el eje principal de la laguna, ya que lleva el agua desde el vaso interior hacia el mar. A medida que el flujo converge hacia la conexión, se producen velocidades locales, mientras que en espacios más grandes la velocidad disminuye (puede ocurrir un flujo de recolección con geometría y redistribución de energía).

La eficiencia proviene en parte de la conexión hidráulica de los diferentes vasos y de si hay o no restricciones en el drenaje en el camino hacia ella. En el vaso II, se tiene un vaciado continuo con una velocidad constante para avanzar sin quedar atrapados debido a un flujo equilibrado. En el caso III y Vaso IV donde el flujo está restringido, el movimiento de agua es más lento. En el vaso I depende de si es la zona interior o el canal de comunicación.

5.4.2.1 Comportamiento del flujo

En la condición de salida para el escenario sin proyecto (Figura 59), el sistema lagunar presenta un patrón de drenaje bien definido, caracterizado por niveles más altos en los vasos interiores y una disminución progresiva hacia la zona de conexión marina. Este gradiente hidráulico favorece el flujo de salida, especialmente en el Vaso I y II, permitiendo una evacuación eficiente del agua almacenada. Para los vasos interiores, el flujo está restringido por la geometría de las zonas interconectadas, dando como resultado un gradiente más suave y con menor movilidad (Figura 60).

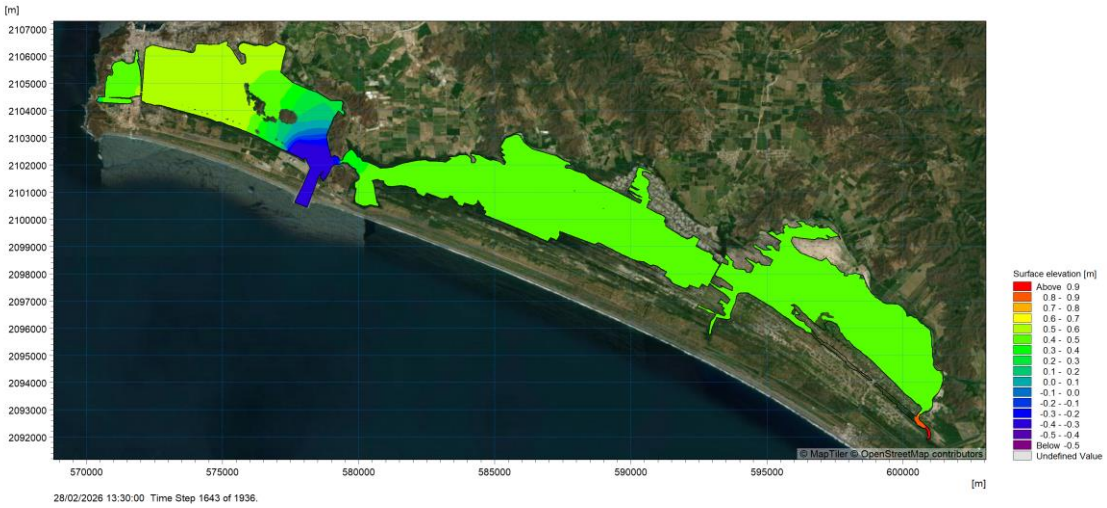


Figura 59. Condición de flujo de salida para el escenario sin proyecto.

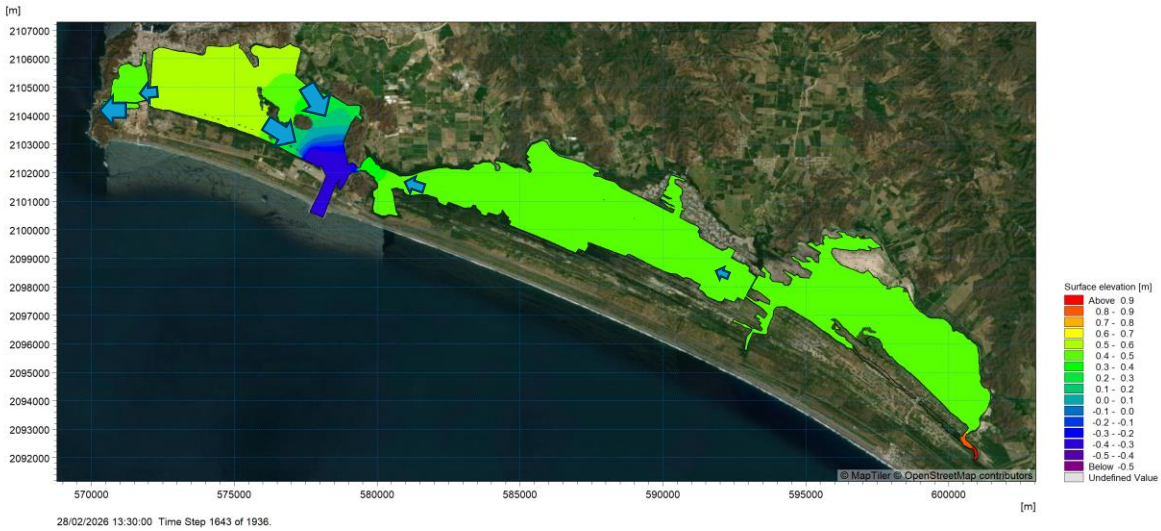


Figura 60. Patrones de flujo de salida para el escenario sin proyecto.

En la condición de salida para la Fase 1 (Figura 61), el sistema lagunar mantiene un patrón general de drenaje similar a la condición base, con niveles más altos en los vasos interiores y con una disminución hacia la conexión marina. No obstante, se identifican ligeras modificaciones en el Vaso II, donde el gradiente hidráulico se presenta más difuso debido a la plataforma (se invierte la dirección del flujo al norte de la plataforma, Figura 62) y se observa una leve acumulación de agua respecto a la condición sin proyecto. Este comportamiento sugiere una ligera reducción en la eficiencia del vaciado, aunque sin generar retención significativa en temporada de secas ni afectar la conectividad hidráulica del sistema hacia los vasos interiores.

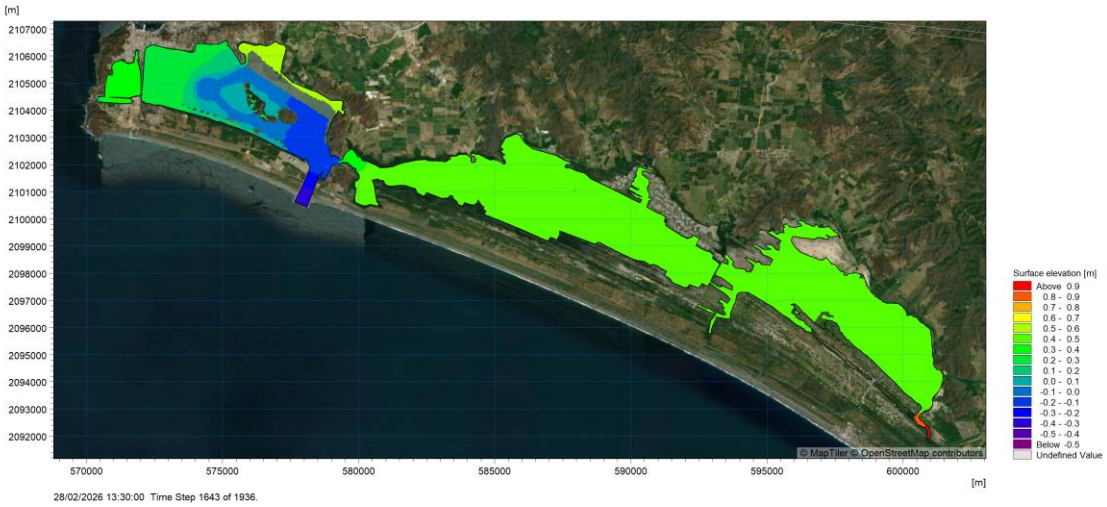


Figura 61. Condición de salida para la Fase 1.

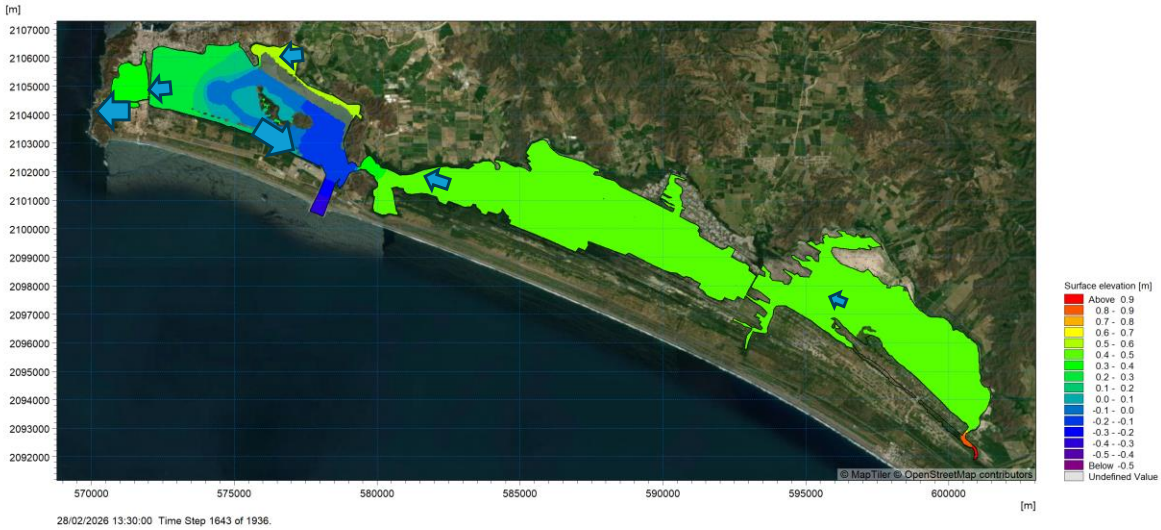


Figura 62. Patrones de flujo de salida para el escenario Fase 1.

Aunque el almacenamiento cambia con la construcción de la Fase 2 (Figura 70), la distribución de niveles de agua presenta un patrón consistente en los vasos interiores. Sin embargo, el gradiente hacia el Vaso I desde el Vaso II se ve interrumpido por la plataforma de la Fase 2, generando un corte de flujo de un Vaso de otro y generando una zona de sedimentación en el Vaso II (se analizará con mayor detalle en el análisis de sedimentos) debido a la baja velocidad y falta de conectividad.

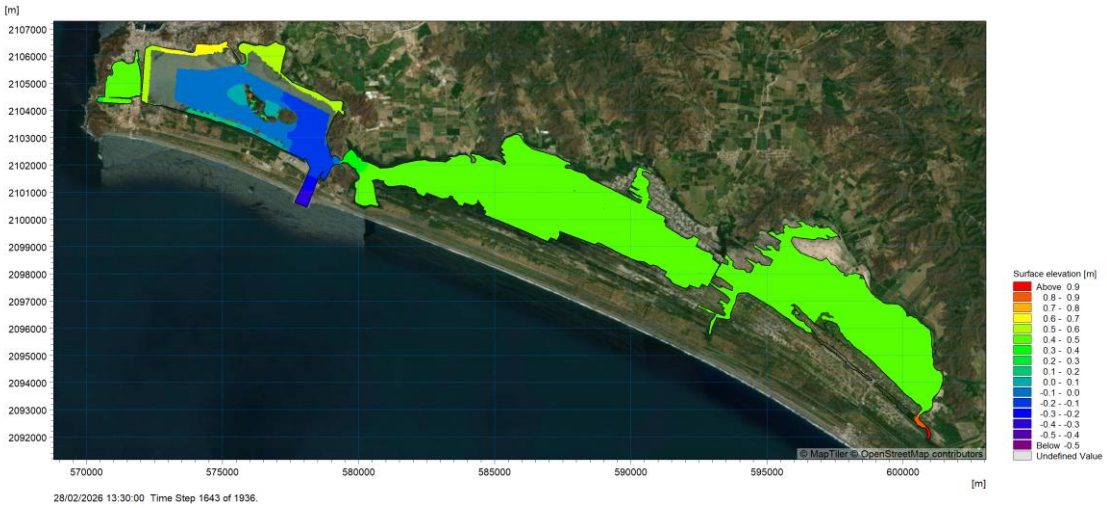


Figura 63. Condición de salida para la Fase 2.

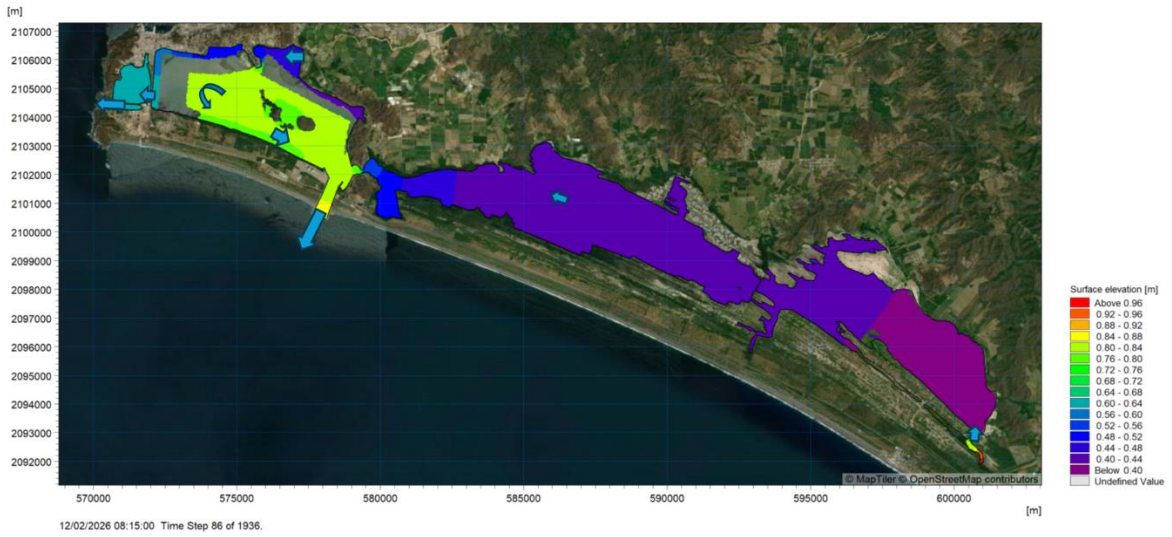


Figura 64. Patrones de flujo de salida para el escenario Fase 1.

En los escenarios con proyecto se identifican ligeras modificaciones en el Vaso II, donde el gradiente se presenta más difuso y se observa una disminución en la eficiencia del drenaje. No obstante, estas diferencias son de baja magnitud hacia los vasos interiores y no generan retención significativa ni afectan la conectividad hidráulica del sistema hacia el Vaso III y IV. Asimismo, es importante tomar en cuenta que se interrumpe el flujo hacia el Vaso I desde el Vaso II por lo que se deberá compensar con infraestructura hidráulica.

5.4.2.2 Velocidad norte – sur (V)

En la condición de salida de marea para el escenario sin proyecto, el campo de velocidades muestra una distribución relativamente uniforme en todo el sistema lagunar, con magnitudes suficientes para permitir el drenaje eficiente del agua hacia el mar, principalmente en el Vaso I y II, donde se tiene la conexión directa con el mar. Se identifican mayores velocidades en la zona de conexión del Vaso II, donde el flujo se acelera al atravesar la sección de descarga. En los vasos interiores, las velocidades se mantienen homogéneas, con excepción de las zonas aisladas cercanas a las zonas salineras, donde se observan velocidades bajas, debido a su lejanía con los puntos de interconexión o su bajo nivel batimétrico.

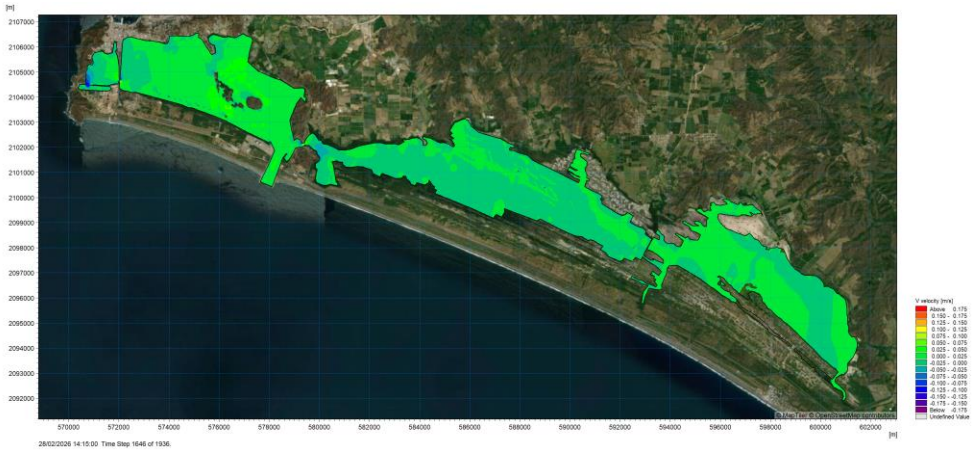


Figura 65. Condición de salida de marea para el escenario sin proyecto.

En la condición de salida para la Fase 1 del proyecto, el campo de velocidades mantiene magnitudes similares a la condición base en la mayor parte del sistema, lo que indica que la capacidad de drenaje no se ve comprometida. Sin embargo, en el Vaso II se observa una mayor heterogeneidad en la distribución de las velocidades debido a los canales de navegación, cerca de las islas cocodrilo asociadas a la modificación geométrica. Este comportamiento refleja un proceso de canalización del flujo en la zona de conexión, sin que ello implique una reducción significativa en la eficiencia del vaciado del sistema lagunar.

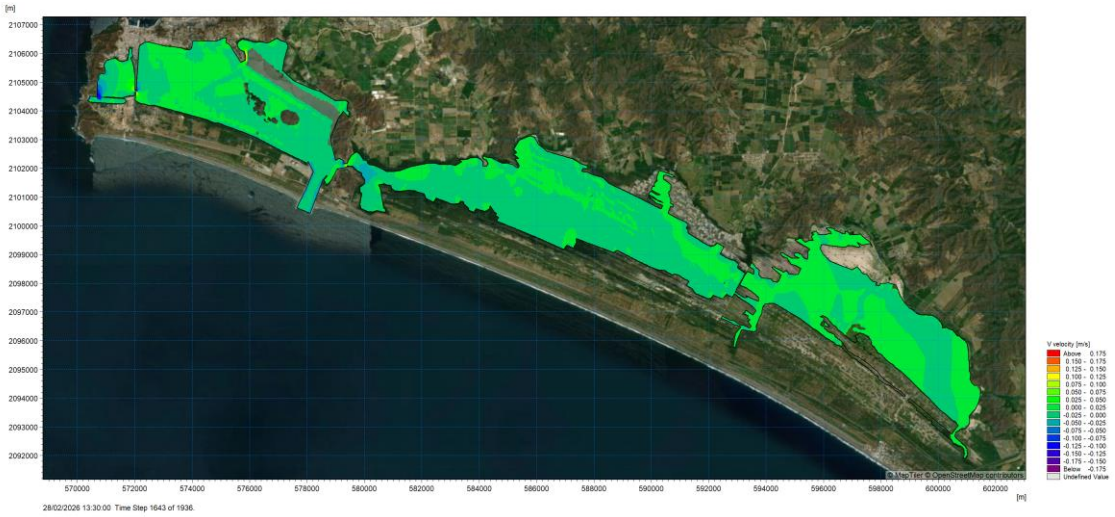


Figura 66. Condición de salida para la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2 del proyecto, si bien el sistema lagunar conserva su capacidad general de drenaje durante la condición de salida de marea, se identifican modificaciones claras en la estructura del flujo dentro del Vaso II.

En esta zona, el campo de velocidades evidencia una mayor heterogeneidad y una canalización más marcada del flujo hacia la sección de descarga, lo que indica una alteración en la distribución espacial de la energía hidrodinámica. Este comportamiento sugiere una reducción en la eficiencia hidráulica local, al concentrarse el flujo en trayectorias preferenciales y disminuir su dispersión dentro del vaso. Aunque estas modificaciones no se traducen en una disminución significativa de las velocidades en los vasos interiores, sí reflejan un cambio en los patrones de circulación que podría afectar procesos de mezcla y transporte a escala local. En este sentido, el impacto de la Fase 2 no es nulo, sino que se manifiesta como una reorganización del flujo con implicaciones potenciales en la dinámica interna del sistema, particularmente en el Vaso II.

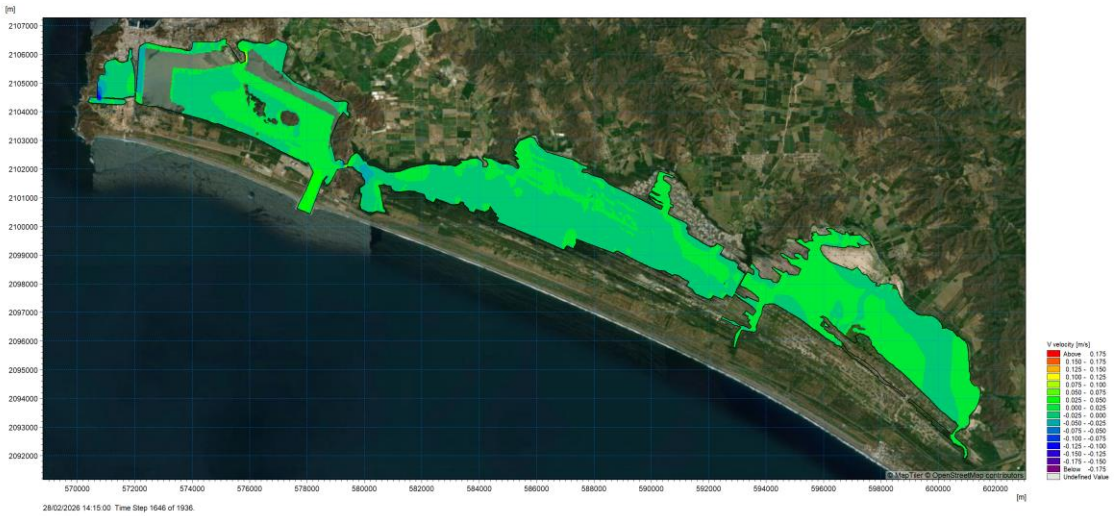


Figura 67. Condición de salida para la Fase 2 del proyecto.

5.4.2.3 Velocidad este – oeste (U)

En la condición de salida de marea para el escenario sin proyecto, la componente longitudinal de la velocidad muestra un flujo claramente orientado desde los vasos interiores hacia la zona de conexión marina, evidenciando una adecuada alineación del flujo con la dirección de drenaje. Se observan valores positivos en la mayor parte del sistema, lo que indica un transporte longitudinal eficiente. En el Vaso II se identifican ligeras variaciones locales asociadas a la geometría, sin que estas generen recirculaciones dominantes. En conjunto, el patrón de flujo confirma una buena conectividad hidráulica y una adecuada capacidad de vaciado del sistema lagunar.

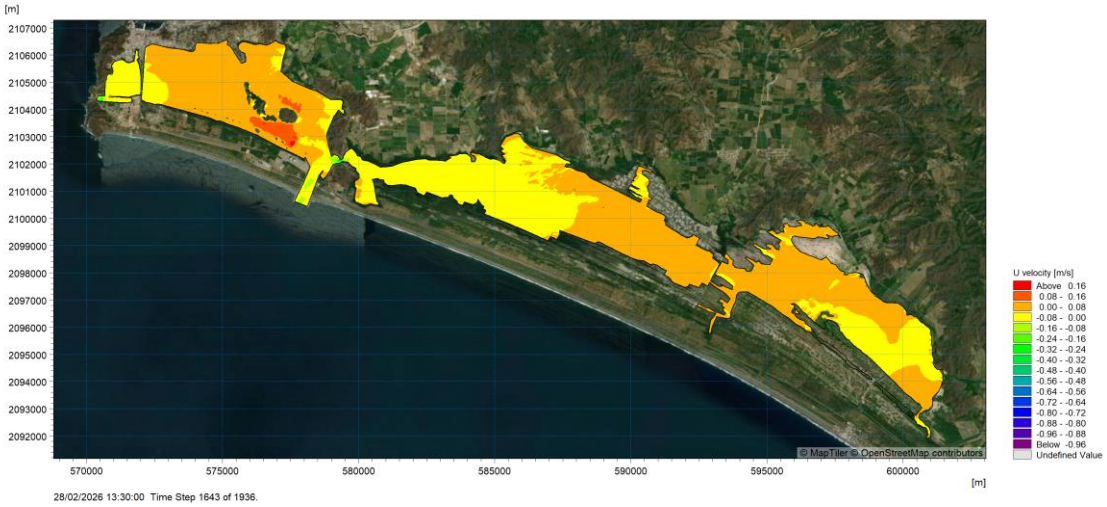


Figura 68. Condición de salida de marea para el escenario sin proyecto.

En la Fase 1 del proyecto, la componente longitudinal de la velocidad evidencia una modificación en la estructura del flujo dentro del Vaso II, caracterizada por una mayor concentración del flujo en trayectorias preferenciales hacia la zona de descarga. Este comportamiento indica un proceso de canalización que reduce la dispersión lateral del flujo y aumenta la heterogeneidad hidrodinámica. Asimismo, se identifican patrones más definidos de recirculación local, lo que sugiere una disminución en la eficiencia del transporte longitudinal dentro del vaso. Aunque estas alteraciones no afectan de manera significativa la dirección general del flujo ni la capacidad de drenaje del sistema, sí representan un cambio en la dinámica interna que podría influir en los procesos de mezcla y renovación a escala local.

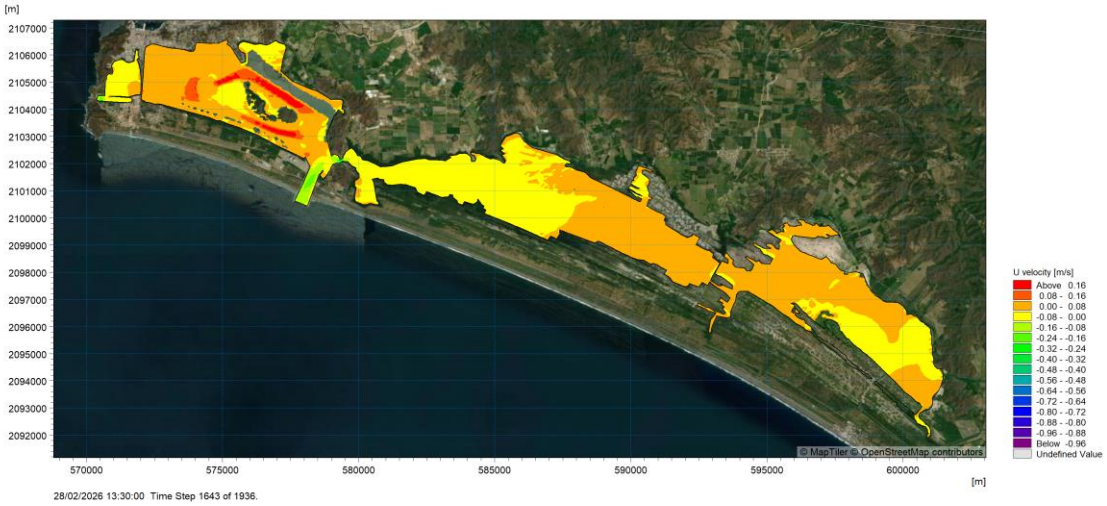


Figura 69. Condición de salida de marea para la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2 del proyecto, la componente longitudinal de la velocidad confirma la consolidación de un patrón de flujo modificado dentro del Vaso II, caracterizado por una canalización persistente hacia la zona de descarga y la presencia de recirculaciones locales bien definidas. Este comportamiento evidencia una alteración en la distribución espacial del flujo, con una reducción en su dispersión lateral y, por ende, en la eficiencia del transporte longitudinal dentro del vaso. A pesar de ello, el sistema mantiene una dirección de flujo claramente orientada hacia la salida y no se observa una disminución significativa en las velocidades en los vasos interiores. Asimismo, la similitud entre los resultados de la Fase 1 y la Fase 2 indica que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico desde etapas tempranas del proyecto, sin presentar un deterioro progresivo. En este sentido, el impacto se manifiesta como una reorganización local del flujo más que como una afectación a la dinámica global del sistema lagunar.

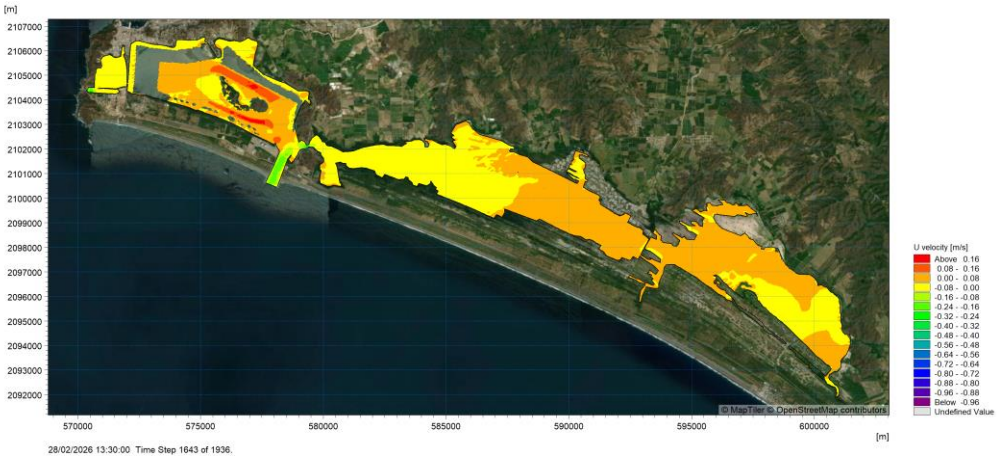


Figura 70. Condición de salida de marea para la Fase 2 del proyecto.

5.4.2.4 Gastos

El análisis del gasto en la condición base durante la salida de marea, se muestra una distribución relativamente uniforme en todo el sistema lagunar, con la salida por el canal tepalcates como principal zona de drenaje, lo que indica un patrón bien distribuido y eficiente en el Vaso II. Las mayores intensidades de flujo se concentran en la zona de conexión del Vaso II, donde el flujo se acelera al dirigirse hacia el mar. En los vasos interiores, el flujo mantiene una distribución homogénea, sin evidenciar trayectorias preferenciales ni zonas de baja intensidad.

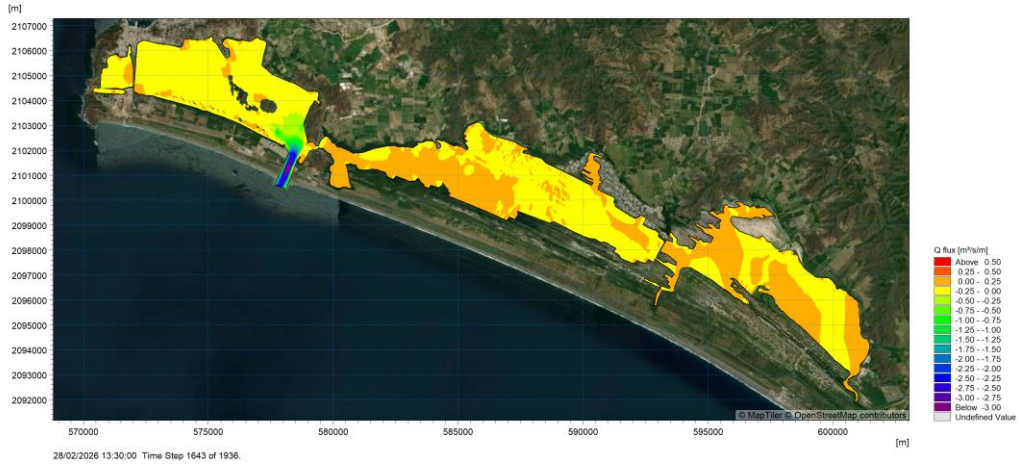


Figura 71. Gasto en la condición base durante la salida de marea.

En la Fase 1 del proyecto, el gasto evidencia una modificación significativa en la distribución espacial del flujo dentro del Vaso II. A diferencia de la condición base, donde el flujo se presenta de manera relativamente uniforme, en este escenario se observa una marcada canalización hacia la zona de descarga, acompañada de la aparición de zonas con baja intensidad de flujo, al norte de la plataforma. Este patrón refleja una mayor heterogeneidad hidrodinámica y sugiere una reducción en la eficiencia del drenaje a escala local, debido a la concentración del flujo en trayectorias preferenciales y la disminución de su dispersión dentro del vaso. No obstante, estas alteraciones no se extienden hacia los vasos interiores, donde el comportamiento del flujo permanece prácticamente sin cambios.

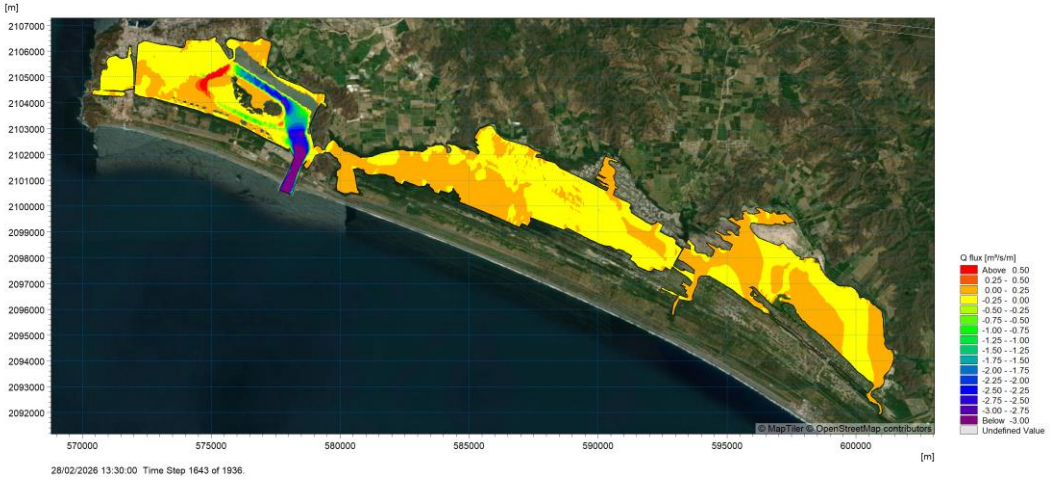


Figura 72. Gasto en la Fase 1 del proyecto durante la salida de marea.

En la Fase 2 del proyecto, el gasto confirma la consolidación de un patrón hidrodinámico modificado dentro del Vaso II, caracterizado por una canalización persistente del flujo hacia la zona de descarga y la presencia de

regiones de baja intensidad hidráulica. Este comportamiento evidencia una redistribución significativa del flujo, donde la energía se concentra en trayectorias preferenciales, reduciendo su dispersión lateral y generando una mayor heterogeneidad en el sistema. La aparición de zonas con bajo flujo sugiere una disminución en la eficiencia del intercambio local y un potencial incremento en los tiempos de residencia a escala del vaso. No obstante, estas alteraciones no se traducen en cambios apreciables en los vasos interiores, lo que indica que el impacto se mantiene confinado espacialmente. Asimismo, la similitud con los resultados de la Fase 1 confirma que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin que se observe un deterioro progresivo asociado a las etapas posteriores del proyecto, con excepción del flujo que se interrumpe hacia el vaso I el cual se estudiara con más detalle en escenarios adicionales.

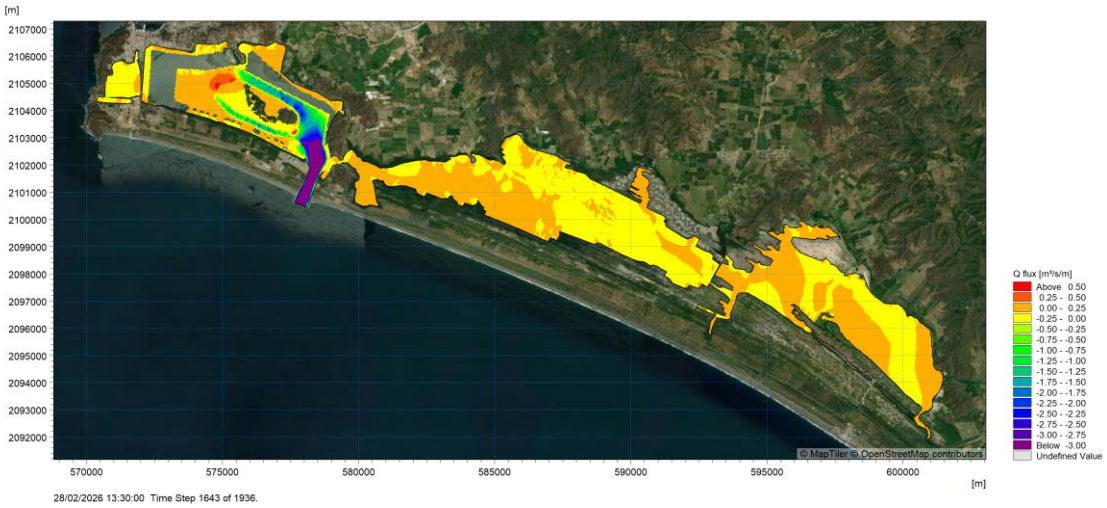


Figura 73. Gasto en la Fase 2 del proyecto durante la salida de marea.

En general, las velocidades y le gasto en el Canal Tepalcates se incrementan debido a la construcción de las plataformas al cambiar la superficie libre de flujo. La velocidad total pasa de un promedio de 0.043 m/s para el caso sin proyecto a 0.063 m/s para la fase 1 y de 0.048 m/s para la fase 2, lo que representa un 45% y 11% respectivamente. Para el gasto máximo, este pasa de 1.8 $m^3/s/m$ a 2.7 $m^3/s/m$ y de 2.9 $m^3/s/m$ para la fase 2, esto debido a la ampliación del canal de entrada hacia los nuevos canales de navegación Para los vasos interiores, la velocidad y el gasto se mantienen sin cambios significativos con variaciones en la entrada y salida entre el 1 y 1.5%

Para el interior de el vaso II las velocidades varían con la etapa. Para la etapa 1, las velocidades máximas pasan de 0.36 m/s a 0.42 m/s debido a la pérdida de superficie libre de flujo. Para la etapa 2 estas se ralentizan con la construcción de la segunda plataforma al limitar el flujo hacia el Vaso II, y pasan de 0.36 m/s a 0.14 m/s aumentando los tiempos de residencia, aunque no de forma drástica ya que el Vaso II continua con la conexión directa al mar por el Canal Tepalcates.

5.4.3. Simulaciones para temporada de lluvias

La hidrodinámica de sistemas lagunares presenta variaciones significativas entre la temporada de secas y la temporada de lluvias, debido a cambios en los forzamientos que controlan la circulación interna, pero principalmente por los cambios en la concentración de agua en cada uno de los vasos debido a el ingreso de agua dulce por precipitación directa y escurrimiento. Al igual que en temporada de secas, la hidrodinámica en temporada de lluvias está dominada principalmente por el forzamiento mareal y, en menor medida, por el viento, lo que da lugar a un comportamiento hidrodinámico estable, con patrones de circulación relativamente periódicos. Sin embargo, durante la época de lluvias, el ingreso de agua dulce por escorrentía y precipitación directa cambia los valores de concentración observados. Este forzamiento adicional introduce volúmenes significativos de agua dulce, generando gradientes hidráulicos cerca de las zonas de descarga modificando algunos patrones de circulación.

Como resultado, pueden presentarse aumentos en las velocidades de forma local, cambios en la dirección del flujo y una mayor variabilidad temporal en la dinámica hidrodinámica.

La presencia de escurrimientos durante la temporada de lluvias también influye en los procesos de mezcla y transporte, favoreciendo en algunos casos la renovación del agua en zonas previamente restringidas y con tiempos de residencia extensos. Asimismo, la interacción entre los flujos continentales y el forzamiento mareal puede generar patrones de circulación más complejos, incluyendo recirculaciones y zonas de convergencia.

La simulación de escenarios correspondientes a la temporada de lluvias permite evaluar la respuesta del sistema ante condiciones de mayor energía hidráulica y mayor aporte de agua dulce, complementando el análisis realizado para la temporada de secas. Esta comparación resulta fundamental para comprender la variabilidad estacional del sistema y para identificar posibles cambios en la eficiencia de renovación, los tiempos de residencia y la distribución de flujos bajo diferentes condiciones hidrológicas.

Para la simulación en la temporada de lluvias, se utilizaron los datos de marea y viento adquiridos durante el 2 de octubre de 2025 hasta el 12 de diciembre de 2026. Adicionalmente, se utilizaron los datos registrados de salinidad del mes de octubre, donde se observaron diferentes episodios de lluvia y los valores espaciales de salinidad (Figura). En la Figura se muestrea la variación de marea observada durante el periodo mencionado y en la Figura se muestran las variaciones de salinidad producto de eventos de precipitación registrados en la estación climática Manzanillo.

El agua de entrada por el canal tepalcates registro una salinidad entre los 35 y 36 PSU, mientras que al interior se registraron valores entre los 32 y 45 PSU. En la región interior del vaso III cercana a la zona de descarga del Arroyo Zacate se observaron los valores de 32 PSU y hacia el fondo del vaso III los valores de 45 PSU. Esta información se utilizó como condición inicial para las simulaciones de eventos de escurrimiento.

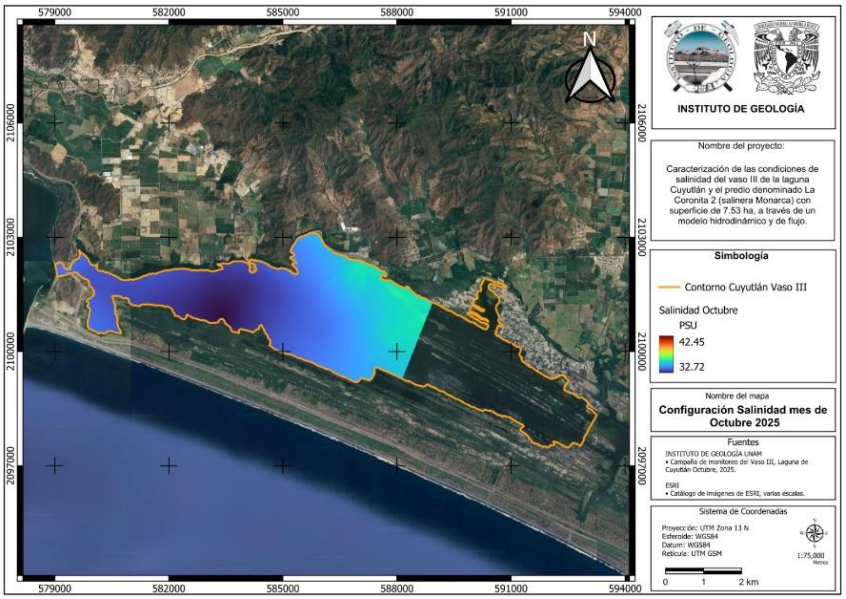


Figura 74. Distribución de la salinidad en el Vaso III en temporada de lluvias.

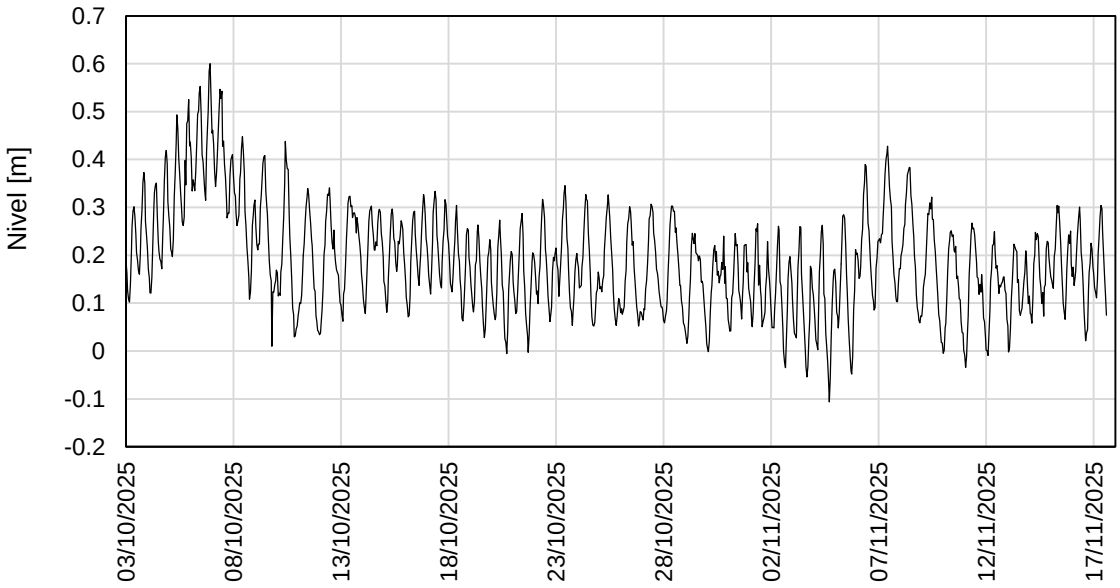


Figura 75. Condiciones de marea en temporada de lluvias (octubre -diciembre 2025)

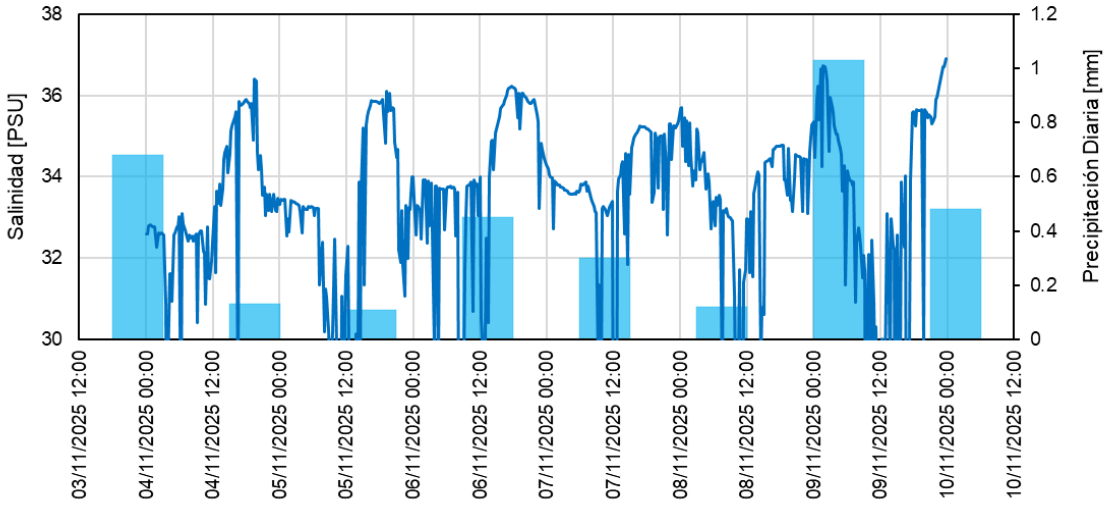


Figura 76. Relación entre la salinidad y precipitación diaria acumulada.

Con la información mencionada, y con una lámina de precipitación de aproximadamente 1 mm se realizó una simulación de condiciones hidrodinámicas y de concentración para la simulación de eventos de escurrimientos

Para condiciones actuales, para los meses de octubre y noviembre, la concentración de la salinidad en el vaso II varía entre los 38 y 40 PSU debido al intercambio de agua con el canal Tepalcates, donde el agua de mar ingresa con aproximadamente 37 PSU para posteriormente iniciar los procesos de mezcla con el agua interior del vaso y someterse a procesos de evaporación hasta aumentar su concentración a 40 PSU. En el Vaso I, este proceso se replica debido a la conexión del canal Ventanas. Hacia el interior del vaso la concentración aumenta hasta los 44 PSU al igual que en el Vaso IV. En la zona de mezcla con el estero Palo Verde el agua dulce se mezcla con el agua salina formando una pequeña zona de mezcla en la zona donde el estero termina.

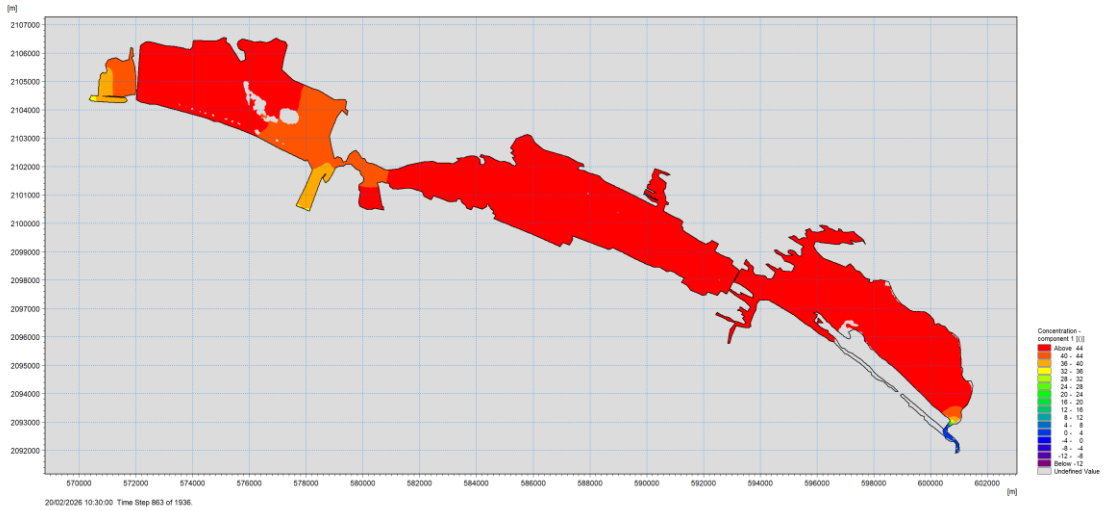


Figura 77. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia

Para la Fase 1, la concentración en el Vaso I, III y IV se conserva debido a la poca diferencia entre el gasto de entrada y salida que genera el cambio de almacenamiento debido a la construcción de la plataforma de la fase 1. Sin embargo, se observan diferencias notables en la concentración del Vaso II, donde el principal cambio se observa en la parte norte de la plataforma de la Fase 1, donde el agua se “atrapa” por detrás de la plataforma, incrementando la salinidad debido a la falta de circulación con el agua de mar. Por otro lado, debido a la construcción del canal de navegación frente a la plataforma de la fase 1, en esa zona, el agua requiere de mayor energía o mayor gasto para movilizar la misma cantidad de agua que en las condiciones sin proyecto, por este motivo, se observa una disminución en el frente de agua proveniente del canal Tepalcates, con una concentración menor que la del interior, por lo que la concentración al interior aumenta alrededor de 1 PSU.

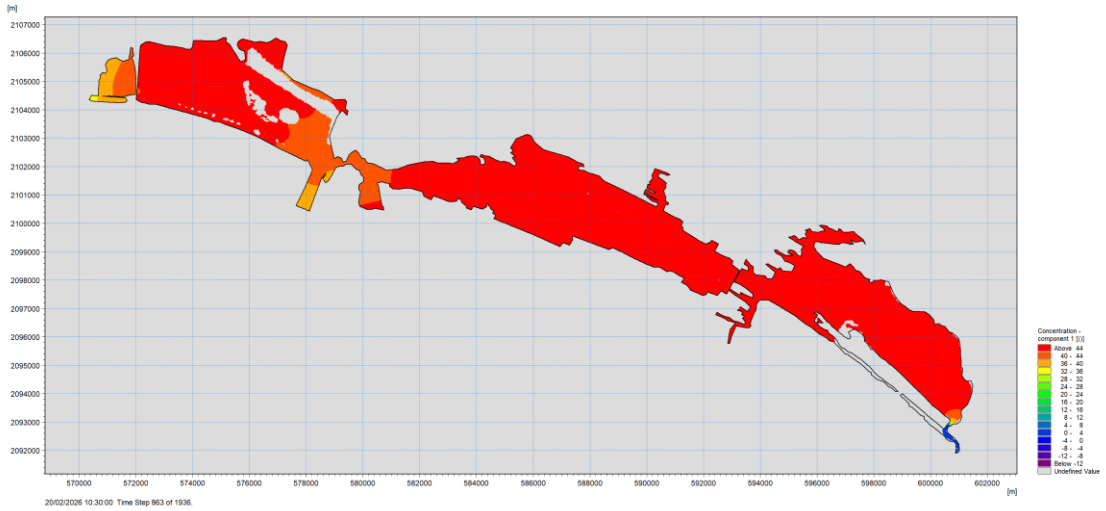


Figura 78. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia con proyecto Fase 1.

La anterior condición, se ve aumentada por la construcción de la plataforma de la fase 2, ya que el agua de mar se distribuye con menor homogeneidad al interior del vaso, y disminuyendo su energía debido a la profundidad de los canales de navegación, aumentando la concentración al interior del vaso. Esta condición se maximiza debido a la falta de intercambio de agua con el vaso I, que queda aislado por la plataforma y por el constante uso de agua de la planta termoeléctrica. Esta pérdida de energía también afecta el ingreso de agua hacia el vaso III.

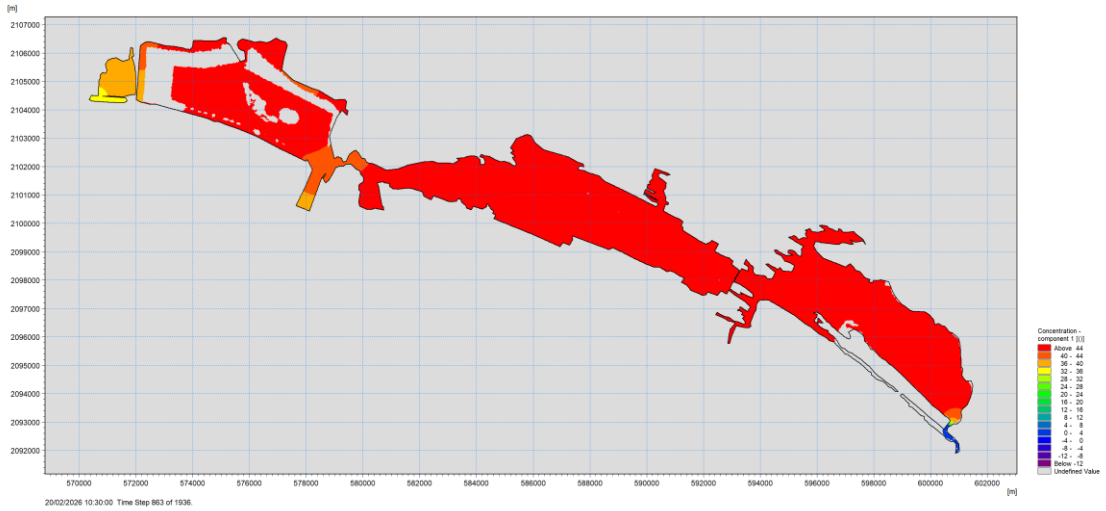


Figura 79. Configuración de la concentración con marea en temporada de lluvia con proyecto Fase 2.

Por otro lado, y con el objetivo de simular condiciones de escurrimiento, ya que la diferencia de salinidad entre temporada de secas y temporada de lluvias no puede explicarse únicamente debido a la precipitación, se simularon diferentes episodios de escurrimientos, provenientes de las principales cuencas que rodean a la Laguna Cuyutlán, con énfasis en el aporte del Arroyo Zacate.

Para el aporte del Arroyo Zacate, la zona de cultivo en el Vaso III y el Arroyo Venustiano Carranza (principales zonas de escurrimiento, Figura 80), se hicieron diversas simulaciones con diversos gastos y tiempos de escurrimientos con base a las estimaciones de las curvas IDF y los valores de escurrimiento obtenidos para las cuencas (ver informe de hidrología).

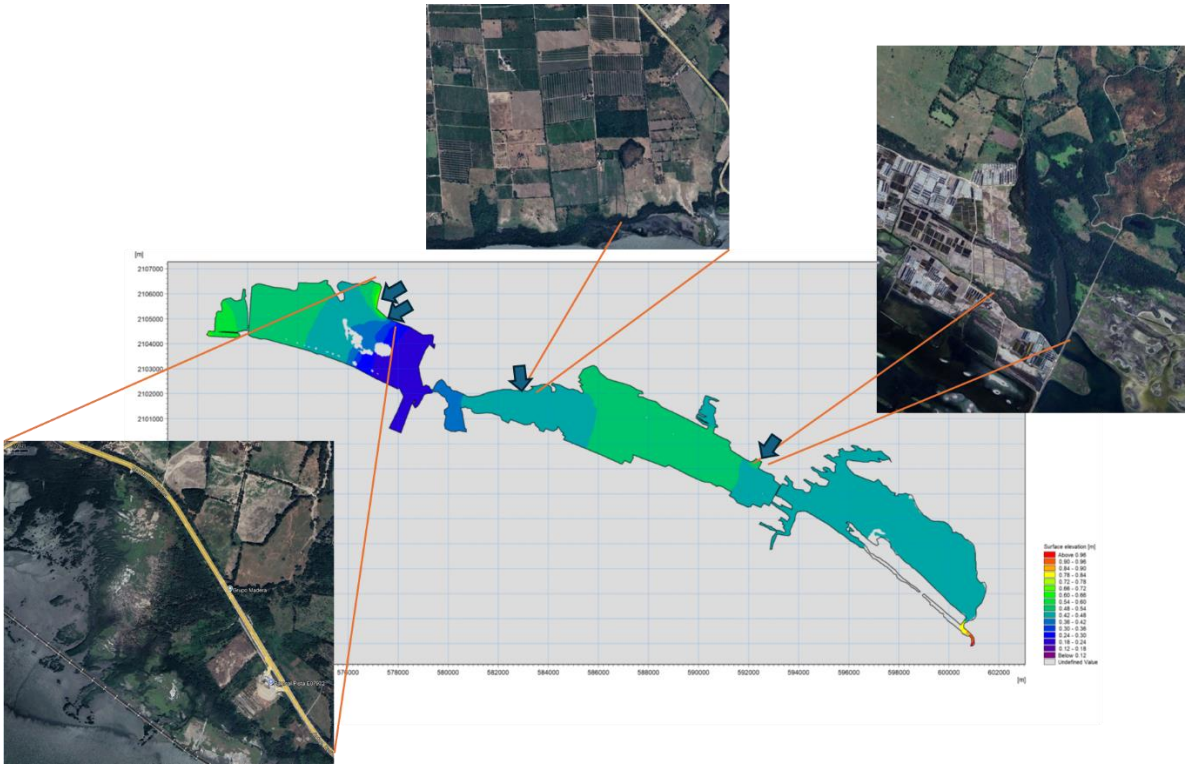
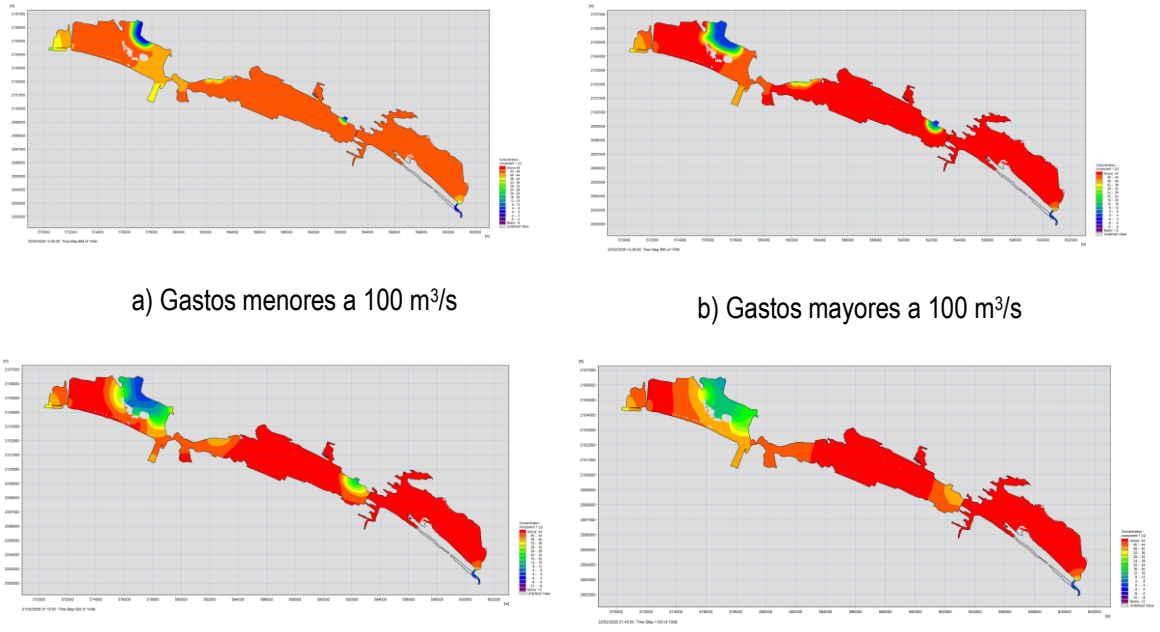


Figura 80. Principales zonas de aporte de agua dulce que se utilizaron para la simulación de escurrimientos.

5.4.3.1 Comportamiento del flujo

Las simulaciones iniciaron de manera conservadora, utilizando gastos de entre 20 m^3/s para el Arroyo Zacate y 2 m^3/s para la zona salinera con una duración de una hora. Sin embargo, los eventos de escurrimientos con estos gastos eran diluidos a los pocos pasos de tiempo sin notarse diferencias sustantivas en la distribución de las propiedades hidrodinámicas. En la Figura 81 se muestran diferentes etapas de simulación con diversos valores de escurrimiento y tiempo de ingreso hacia el Vaso II.



a) Gastos menores a 100 m³/s

b) Gastos mayores a 100 m³/s

c) Gastos mayores a 100 m³/s con duración de más de una hora.

d) Gastos mayores a 100 m³/s con duración de más de tres horas

Figura 81. Variación de la concentración con diversos escenarios de escurrimiento por el arroyo Zacate.

Para observar afectaciones debido a la construcción del puerto, se simularon eventos de escurrimiento de larga duración, con periodos de retorno de 10 y 20 años y eventos extraordinarios con duración de 2, 3 y hasta 6 horas. A continuación, se describe el caso particular del ingreso de agua del arroyo Zacate con una duración de 3 horas con gastos de 300 m³/s, 50 m³/s en la zona de cultivo, y en la zona salinera de 5 m³/s con la misma duración.

En la condición de temporada de lluvias para el escenario sin proyecto, la distribución del nivel del agua muestra un patrón claramente influenciado por los aportes continentales al momento de iniciados los eventos de escurrimiento, principalmente del Arroyo Zacate. Se observa un incremento significativo del nivel en la zona de entrada del arroyo hacia el Vaso II, generando un gradiente hidráulico dirigido principalmente hacia el mar, distribuyéndose en el norte y centro del vaso II. Este comportamiento indica que el escurrimiento superficial actúa como el principal forzamiento del sistema durante eventos de tormenta en sitio o aguas arriba, superando la influencia mareal, pero solo por minutos u horas, dependiendo del gasto de la descarga. No obstante, la propagación de este forzamiento es limitada, ya que los vasos interiores presentan variaciones mínimas en el nivel del agua, lo que sugiere una disipación rápida de la energía y una distribución poco eficiente del flujo a lo largo del sistema lagunar, debido a la amplia superficie de los vasos, el poco aporte de las cuencas secundarias y la concentración. Sin embargo, para el fondo del Vaso III y IV el aporte de agua de escorrentía es muy

importante ya que ayuda a controlar el aumento de salinidad debido a la evaporación y modifica los tiempos de intercambio y renovación de agua.

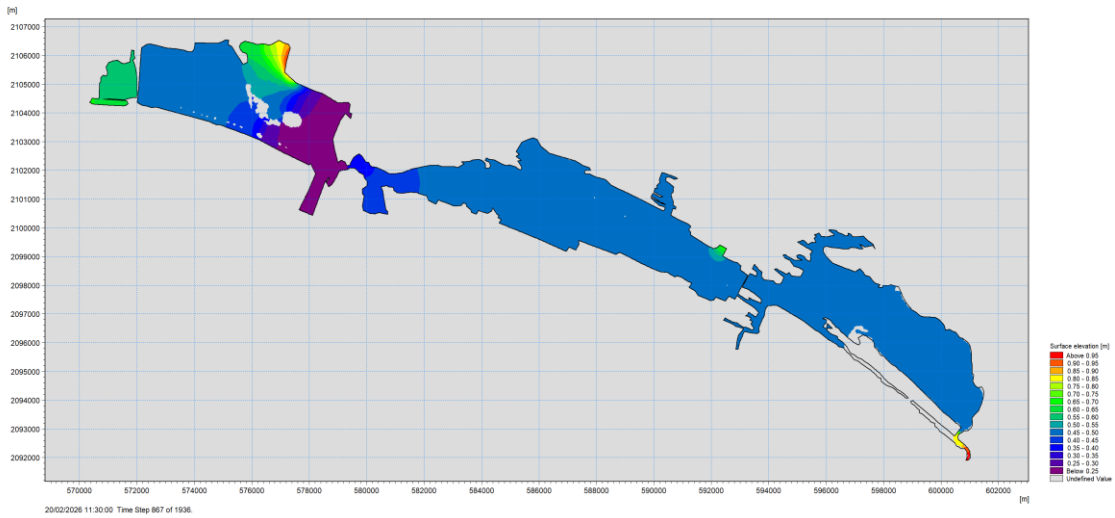


Figura 82. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua dulce por el arroyo Zacate y la zona salinera.

El aumento de nivel en la zona de descarga aumentara en función de la duración de los eventos de escorrentía y el gasto. Para valores promedio, el incremento en el nivel es poco perceptible para la zona del arroyo Zacate (menor a 0.30 m) y en la zona de cultivo (menor a 5 cm), ya que el agua se distribuye en un área amplia redirigida por los pequeños canales. En particular, en Zacate, el aumento es de unos pocos centímetros para gastos menores a los 50 m^3/s y de 30 a 90 cm para eventos mayores a 150 m^3/s como el simulado en la Figura 83.

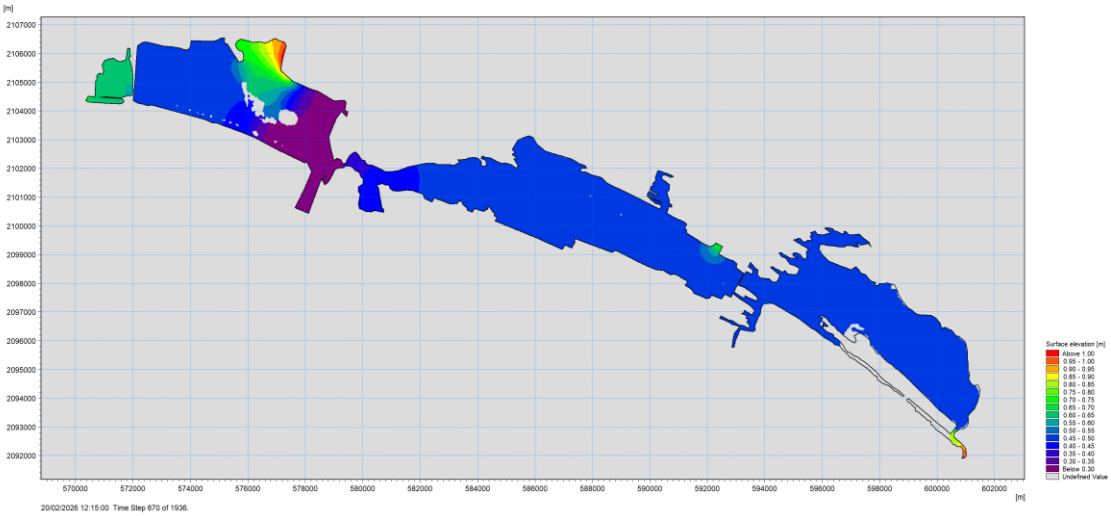


Figura 83. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua dulce por el arroyo Zacate y la zona salinera con gastos mayores.

En la Fase 1 del escenario de temporada de lluvias, la distribución del nivel del agua muestra una reducción significativa en la magnitud del forzamiento asociado al escurrimiento en la zona de entrada. A diferencia de la condición base, donde se observa un incremento del nivel distribuido en todo el vaso y un gradiente hidráulico bien definido, en este escenario el nivel se presenta más homogéneo al interior del vaso, pero con un aumento significativo al norte de la plataforma, en donde, el agua al no encontrar libre paso hacia el mar incrementa el nivel en más de 1.5 metros por más de 4 horas, ya que tambien, la capacidad de drenaje disminuye.

Este comportamiento indica una mala disipación del flujo entrante y una disminución en la capacidad de generar un gradiente efectivo hacia el interior del sistema. Por otro lado, al igual que en la condición base, la influencia del escurrimiento del arroyo Zacate no se propaga hacia los vasos interiores, los cuales mantienen niveles prácticamente constantes y con la movilidad propia de cada vaso debido a sus propios escurrimientos.

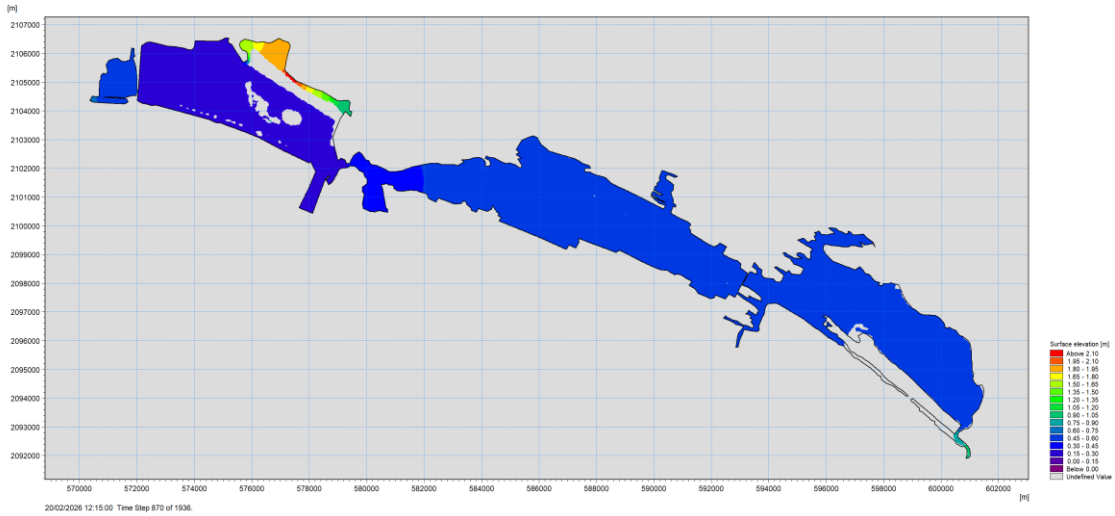


Figura 84. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2, la distribución del nivel del agua muestra una reducción significativa en la magnitud del forzamiento asociado al escurrimiento en la zona de entrada debido principalmente a la reducción entre ambas plataformas, impidiendo el ingreso libre de agua hacia el vaso II y del Vaso II al Vaso I (Figura 85). Este comportamiento indica una mala disipación del flujo entrante y una disminución en la capacidad de generar un gradiente efectivo hacia el interior del sistema, generando que el nivel al norte del vaso, en la zona de descarga aumente rápidamente generando inundaciones con tirantes de más de metro y medio.

Para los demás vasos, al igual que en la condición base, y la Fase 1, la influencia del escurrimiento no se propaga hacia los vasos interiores, los cuales mantienen niveles prácticamente constantes, y los niveles homogéneos.

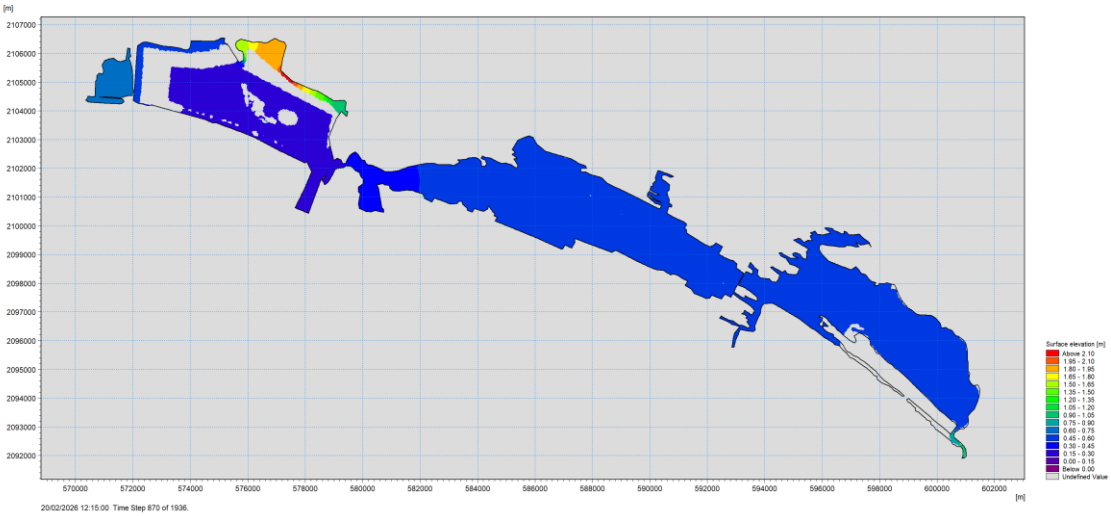


Figura 85. Variaciones de nivel a causa del ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 2 del proyecto.

En la Figura 86 se muestra que, aunque el episodio de lluvia termine, el agua se acumula debido a la poca capacidad de drenaje en la zona.

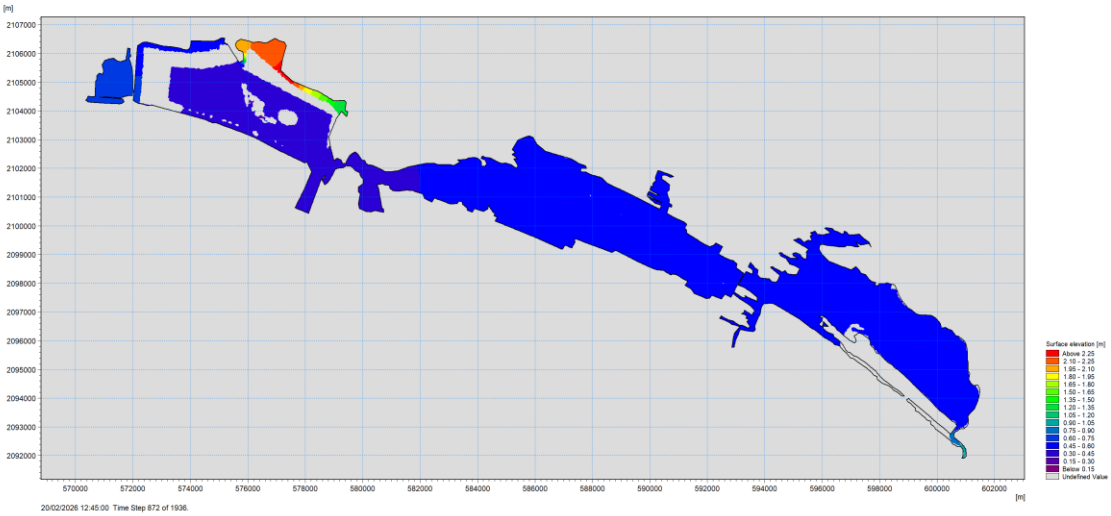


Figura 86. Variaciones de nivel al final de episodios de ingreso de agua por el Arroyo Zacate en la Fase 2 del proyecto.

5.4.3.2 Velocidad norte sur (V)

El análisis de la componente V de la velocidad (Figura 87) durante la temporada de lluvias en la condición base muestra que la circulación transversal es limitada en la mayor parte del sistema lagunar, y que solo cambia con el ingreso de agua perpendicular a la frontera continental, con valores cercanos a cero, lo que indican una dominancia del flujo longitudinal, producido por el efecto de ingreso de agua de mar y el agua de intercambio entre vasos. Sin embargo, en la zona de entrada asociada al arroyo zacate se observan variaciones significativas en la dirección del flujo, evidenciando la presencia de recirculaciones locales y procesos de mezcla, especialmente donde se construiría la primera plataforma de la Fase 1. Hacia el resto de los vasos la componente transversal se mantiene uniforme y de baja magnitud, lo que sugiere una limitada eficiencia en la dispersión lateral del flujo dentro del sistema.

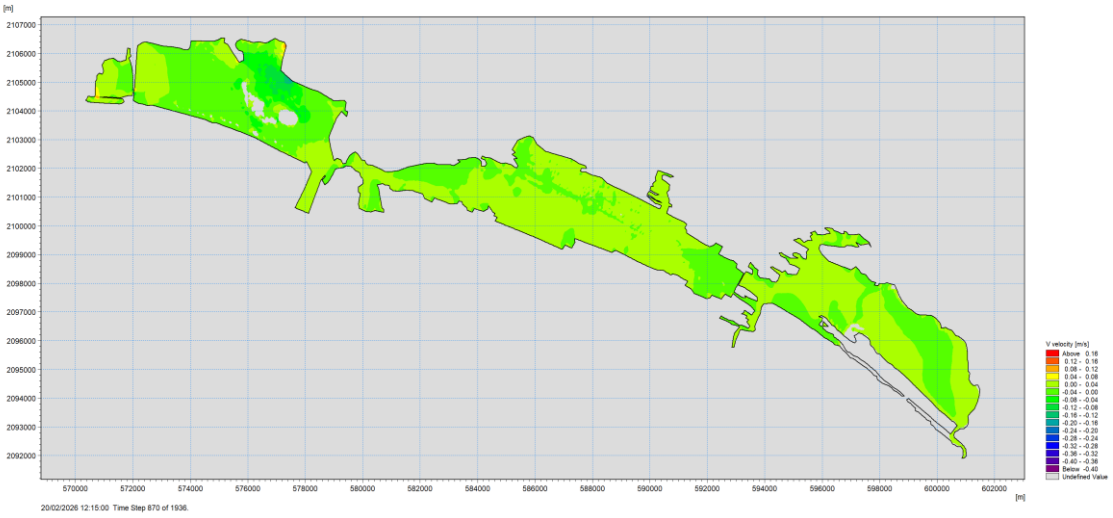


Figura 87. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la fase sin proyecto.

En la Fase 1, la componente V de la velocidad muestra un incremento en su magnitud respecto a la condición base, en el norte de la plataforma (Figura 88). En la zona de entrada del Arroyo Zacate, se observa una reducción de las recirculaciones locales y una organización más definida del flujo, lo que sugiere una disminución de la mezcla y una canalización de la corriente. Asimismo, la señal de la componente transversal se propaga con como en los casos anteriores, indicando poca variabilidad en la transmisión de energía hidrodinámica. En conjunto, estos resultados reflejan una reorganización del flujo en el Vaso II, caracterizada por una reducción direccional y una reducción de la dispersión local.

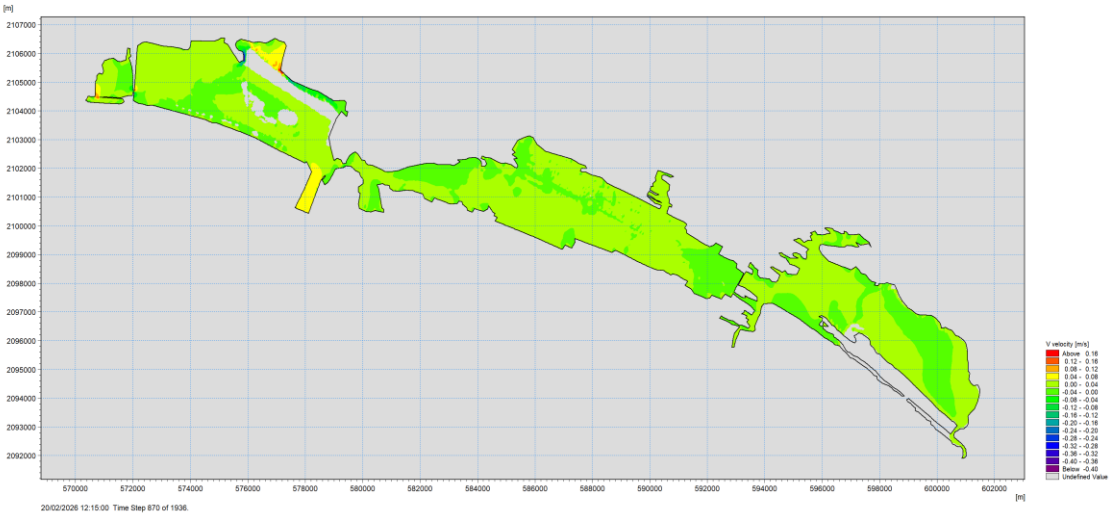


Figura 88. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la Fase 1.

En la Fase 2, lo anterior se vuelve más evidente (Figura 89), la componente V de la velocidad mantiene el patrón observado en la Fase 1, caracterizado por una mayor uniformidad en los vasos I, III y IV y una reorganización del flujo en el vaso II, comparación con la condición base. Se observa una reducción de las recirculaciones locales en la zona de salida del arroyo Zacate. Asimismo, la señal de velocidad se propaga con mayor consistencia hacia los vasos interiores.

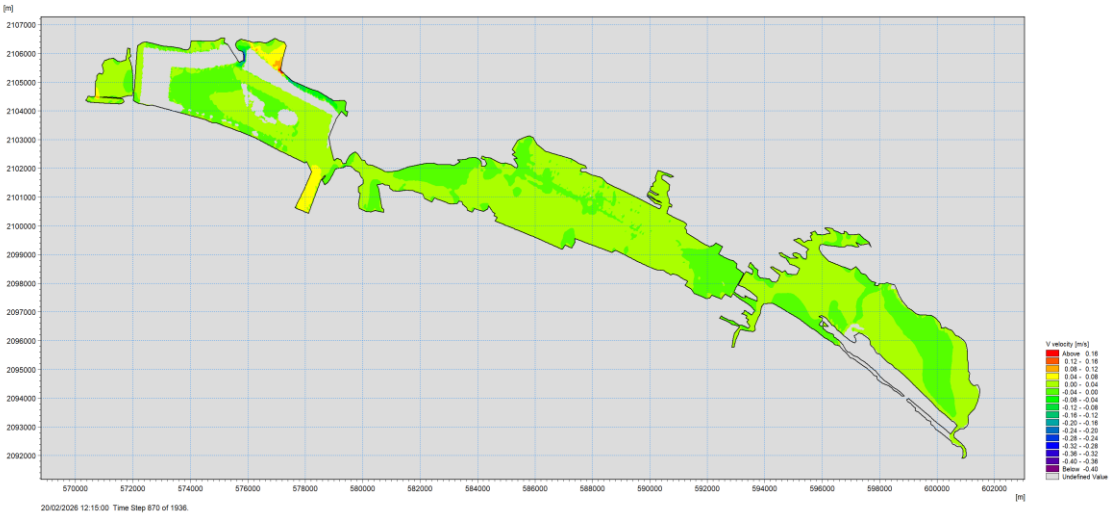


Figura 89. Distribución de la velocidad V en ingreso de agua para la Fase 2.

5.4.3.3 Velocidad U (este - oeste)

El análisis de la componente U de la velocidad durante la temporada de lluvias (Figura 90) en la condición base muestra un flujo longitudinal claramente dirigido por agua que ingresa por el mar. Este comportamiento indica que el escurrimiento superficial actúa como un importante forzamiento en el intercambio de agua, pero que la componente mareal sigue siendo el principal forzamiento hidrodinámico, generando un patrón de drenaje unidireccional que se propaga a lo largo de toda la laguna. A pesar de la atenuación de la señal en los vasos interiores, el flujo se mantiene continuo, lo que sugiere una adecuada conectividad hidráulica y una eficiente evacuación del agua a escala lagunar, cuando ingresa agua por escorrentía.

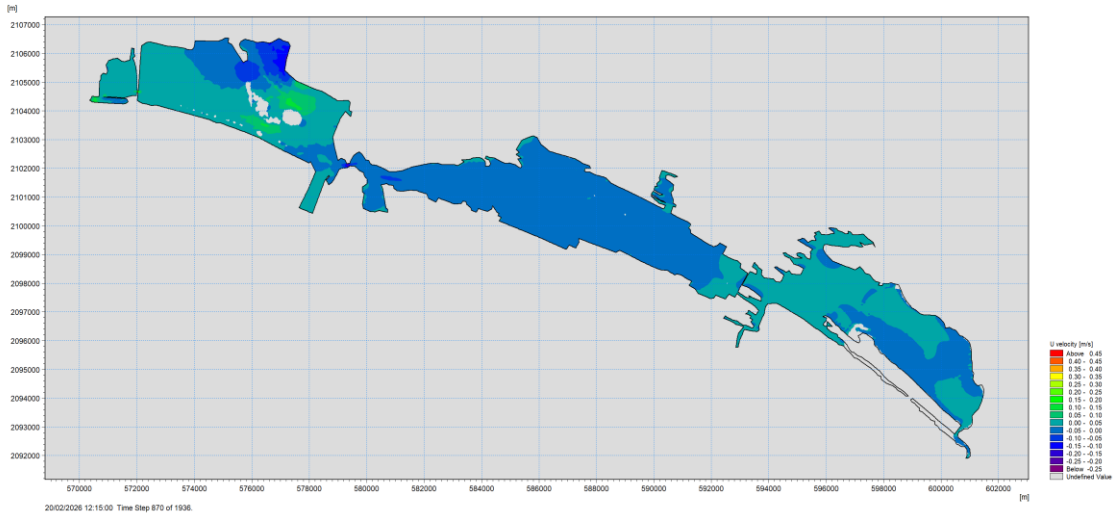


Figura 90. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la fase sin proyecto.

En la Fase 1, la componente U de la velocidad muestra que el flujo longitudinal se mantiene dirigido hacia y proveniente del mar, conservando un patrón de drenaje continuo a lo largo del sistema lagunar. Las magnitudes de velocidad son comparables a las observadas en la condición base, lo que indica que no existe una reducción significativa en la capacidad de evacuación del escurrimiento para los vasos interiores. No asi para el vaso II, donde el agua queda obstruida por la plataforma.

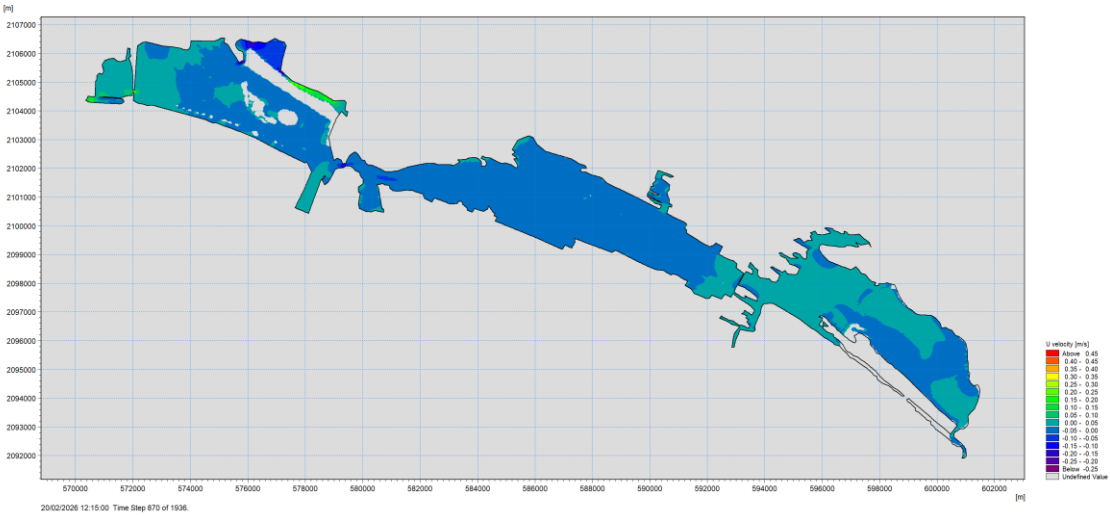


Figura 91. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la Fase 1.

En la Fase 2 la velocidad confirma que el flujo longitudinal se mantiene dirigido hacia el mar (Figura 92), conservando un patrón de drenaje continuo y eficiente en todo el sistema lagunar. Las magnitudes de velocidad son similares a las observadas en la Fase 1 en los Vasos III y IV, lo que indica que no existe una reducción en la capacidad de evacuación del escurrimiento. Sin embargo, los flujos longitudinales se interrumpen entre el Vaso I y II observándose una disminución en la intensidad del flujo en la zona de entrada, asociada a la disipación del forzamiento hidráulico, debido a los canales de navegación. La ausencia de diferencias relevantes entre las fases en los vasos interiores sugiere que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin efectos acumulativos derivados del desarrollo del proyecto, pero únicamente para los vasos interiores (III y IV).

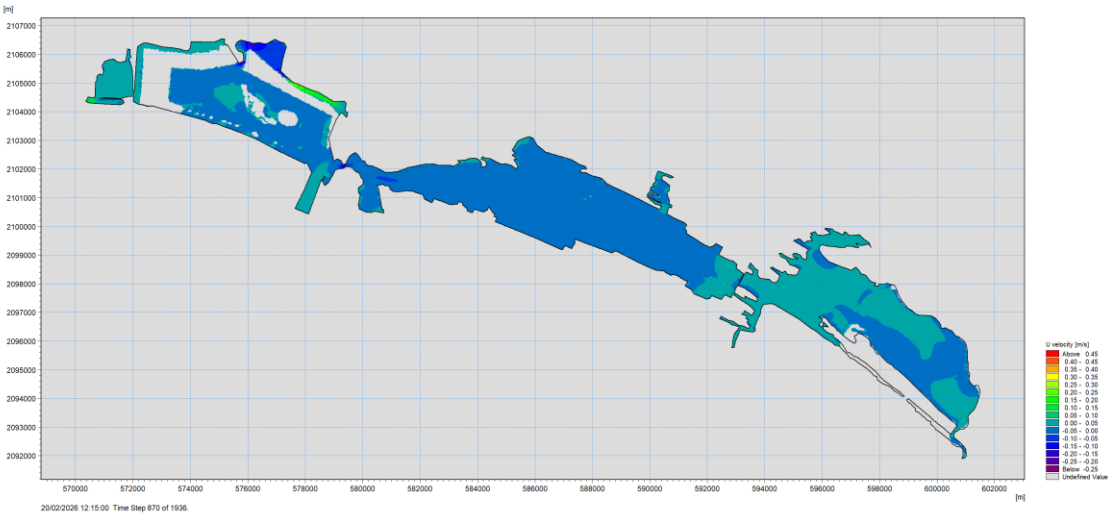


Figura 92. Distribución de la velocidad U en ingreso de agua para la Fase 2.

5.4.3.4 Gasto

El análisis del flujo o gasto por unidad de métrica ($m^3/s/m$) en la condición base durante la temporada de lluvias (Figura 93) muestra una distribución relativamente uniforme del transporte a lo largo del sistema lagunar, lo que indica una adecuada propagación del escurrimiento hacia el mar, principalmente en el Vaso II. En la zona de entrada se observan variaciones locales en la intensidad del flujo, asociadas a procesos de mezcla y redistribución, sin que se genere una canalización dominante, únicamente en la zona donde se descarga el arroyo Zacate. En los vasos interiores, el flujo mantiene una distribución consistente, lo que sugiere una buena conectividad hidráulica y una eficiente capacidad de evacuación del sistema bajo condiciones de escurrimiento.

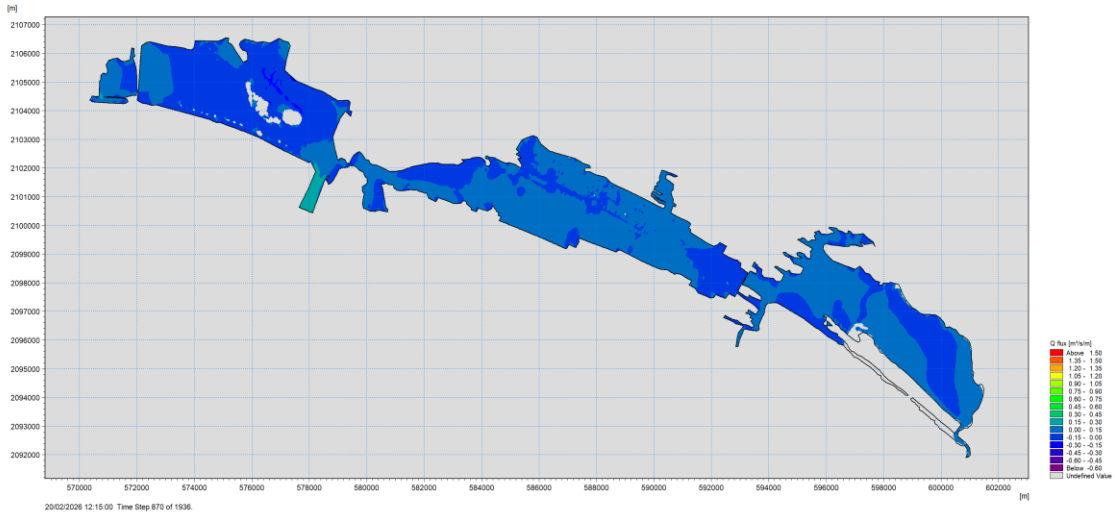


Figura 93. Gasto en la fase sin proyecto en condiciones de escurrimiento.

En la Fase 1, el gasto evidencia una modificación significativa en la distribución del transporte dentro del sistema en el Vaso II, particularmente en la zona de entrada y en la zona de escurrimiento (Figura 94). A diferencia de la condición base, donde el flujo se presenta de manera más uniforme, en este escenario se observa una clara canalización del escurrimiento, concentrándose en una trayectoria preferencial con valores elevados de flujo, debido a los canales de navegación. Este comportamiento indica una redistribución de la energía hidráulica, donde el transporte se intensifica localmente mientras disminuye en las zonas adyacentes. No obstante, el flujo continúa propagándose hacia los vasos interiores, lo que sugiere que el sistema mantiene su capacidad global de evacuación, aunque con una mayor heterogeneidad espacial en el Vaso II.

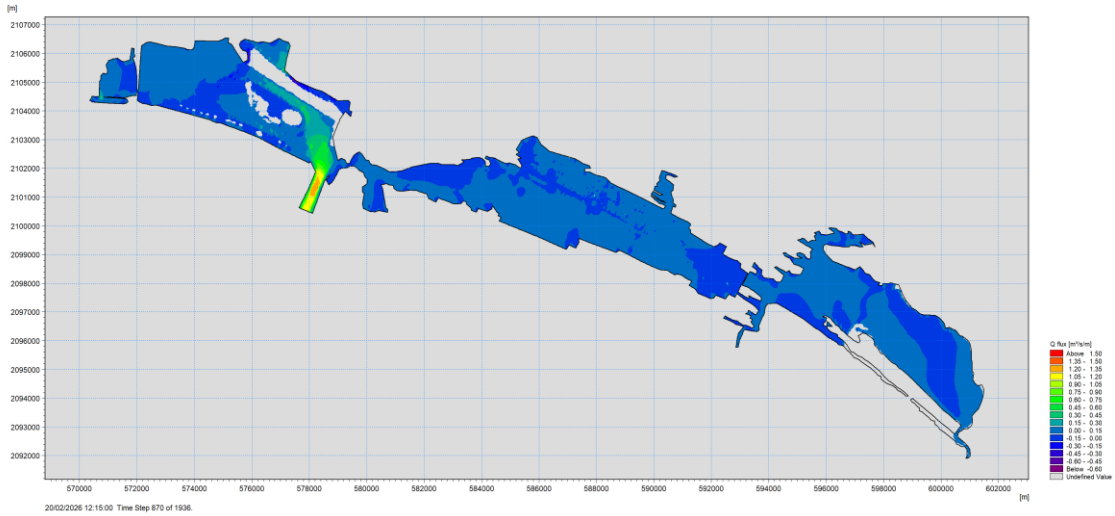


Figura 94. Gasto en la Fase 1 del proyecto en condiciones de escurrimiento.

En la Fase 2, el gasto confirma la consolidación de un patrón de transporte modificado dentro del sistema, debido a las zonas de dragado, caracterizado por una canalización (Figura 96). A diferencia de la condición base, donde el flujo se distribuye de manera más uniforme, en este escenario se observa una concentración del transporte en trayectorias preferenciales, con incrementos locales en la intensidad del flujo y una disminución en las zonas adyacentes. Este comportamiento refleja una redistribución de la energía hidráulica sin una reducción significativa del transporte global, ya que el flujo continúa propagándose hacia los vasos interiores. La similitud con los resultados de la Fase 1 indica que el sistema alcanza un nuevo régimen hidrodinámico sin efectos acumulativos asociados a la evolución del proyecto, con excepción de la intercepción del flujo del Vaso II al Vaso I, que se estudiara a detalle más adelante.

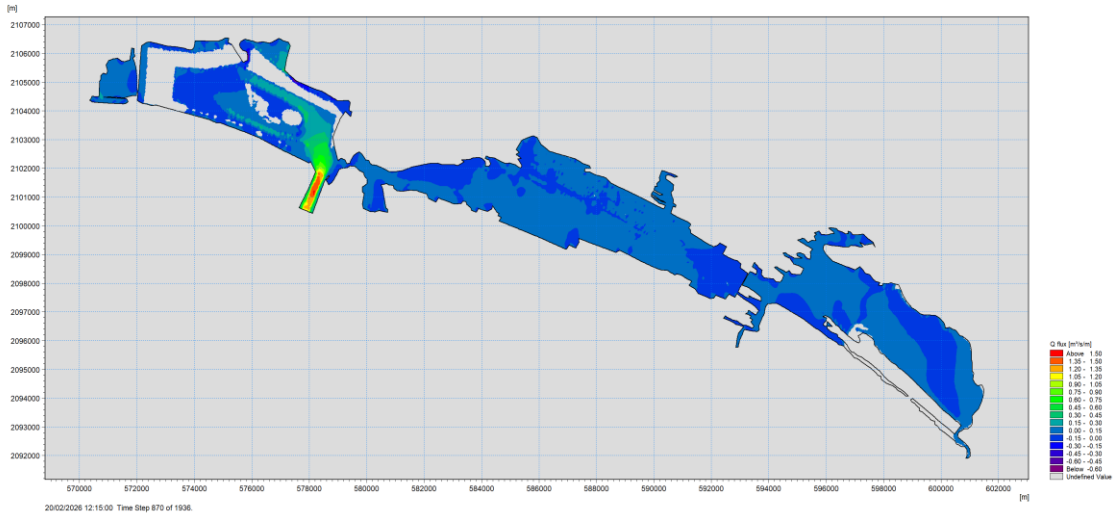


Figura 95. Gasto en la Fase 2 del proyecto en condiciones de escurrimiento.

El análisis integral de los escenarios evaluados hasta este momento indica que las modificaciones inducidas por el proyecto se limitan a cambios locales en el Vaso II, sin evidencia de propagación hacia los vasos interiores.

5.4.4. Caso particular. Afectaciones al Vaso I y II por el bombeo de la planta termoeléctrica (Caso CFE) por la Fase 2 del proyecto.

En el Vaso I de la Laguna de Cuyutlán se localiza la Central Termoeléctrica Manzanillo, operada por CFE. La centran utiliza agua del Vaso I para procesos de enfriamiento, generando abatimientos que pueden modificar localmente las condiciones hidrodinámicas. El uso de agua puede inducir corrientes localizadas, alterar los patrones de circulación y modificar los tiempos de residencia en las zonas cercanas, particularmente bajo condiciones de bajo forzamiento externo. No obstante, su influencia tiende a ser de carácter local, sin afectar significativamente la dinámica global del sistema lagunar. Debido a la construcción de la Fase 2 del proyecto, es posible que se afecte el volumen de agua disponible en el Vaso I, modificando su hidrodinámica, a continuación, se particularizan sus afectaciones.

5.4.4.1 Condiciones Sin Proyecto

Para el abastecimiento de agua de enfriamiento de la planta de CFE se consideró un gasto de 90 m^3/s, ubicado en el canal de toma de la termoeléctrica (Figura 96).

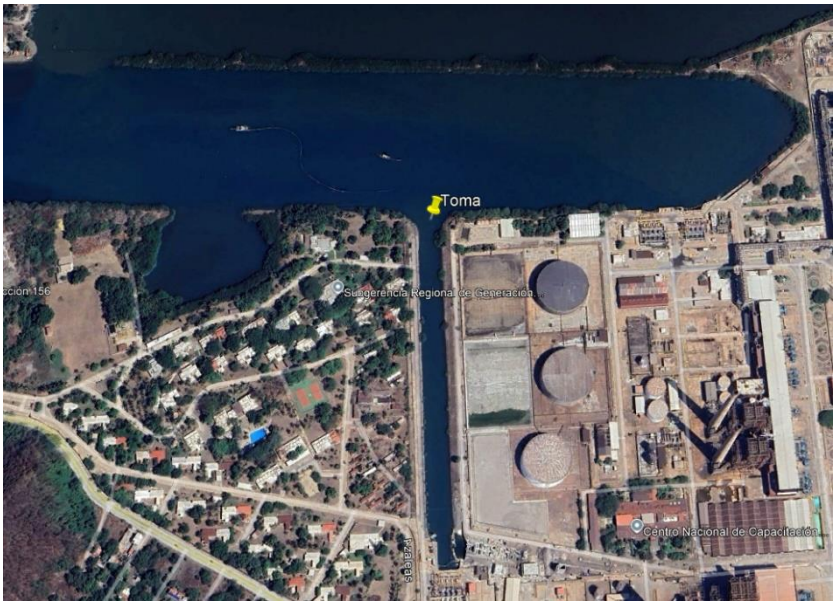
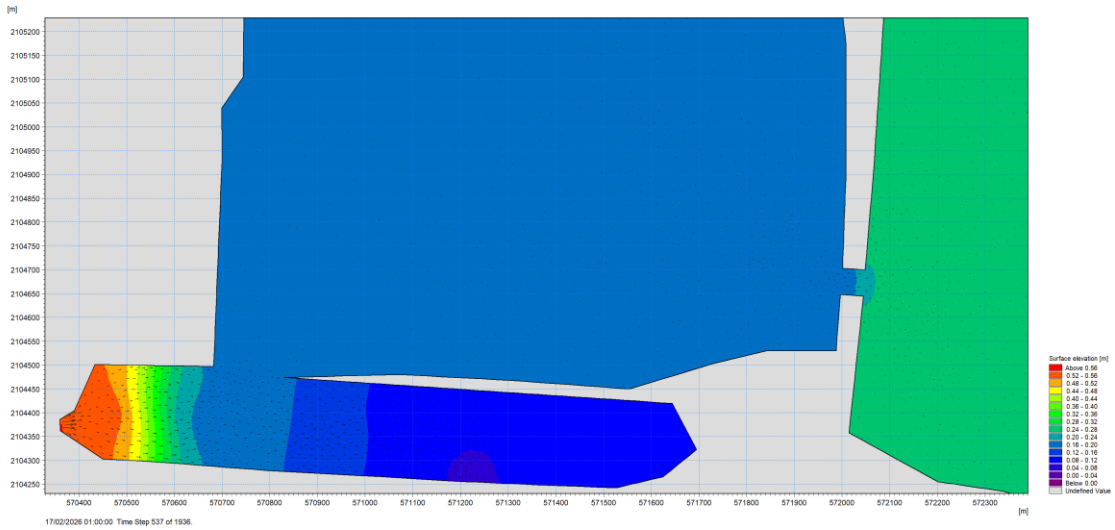


Figura 96. Ubicación del canal de Toma de la planta termoeléctrica de CFE.

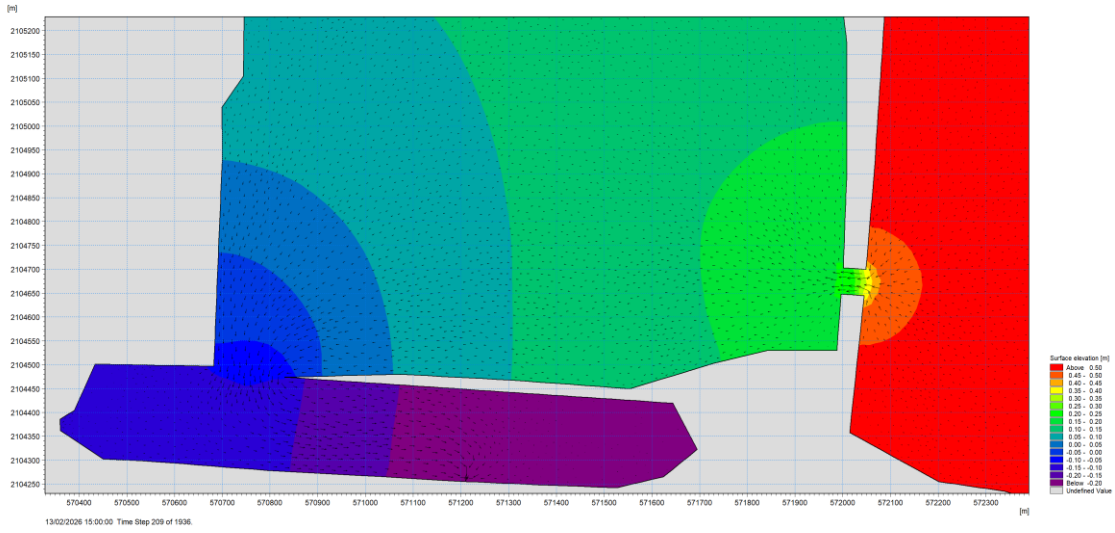
Con el gasto de 90 m^3/s, la planta consume en una hora el 32% del almacenamiento del Vaso I, por lo que en condiciones de marea muerta la planta requiere, además del agua que proviene del canal Ventanas, agua que proviene del Vaso I y por conexión del Vaso II, que compensa el nivel de agua la falta debido a la disminución de marea.

En la Figura 97a, se muestra el nivel la superficie de elevación en condición de marea alta para el vaso I, se observa que el gasto del canal Ventanas cubre casi por completo los requerimientos de gasto del canal de CFE, mientras la diferencia de carga entre el Vaso I y el II (de aproximadamente 0.15 m) permiten la recuperación del almacenamiento del Vaso II.

En la Figura 97 b, se muestra el nivel de la superficie de elevación en condición de marea muerta, para este caso, el Canal Ventanas no proporciona suficiente gasto a la planta, por lo que fluye agua almacenada en la parte reguladora del Vaso I, y generando un gradiente de hasta 0.5 m con respecto al nivel del Vaso II, forzando un flujo constante desde el Vaso II al Vaso I.



a) Niveles en condiciones de marea alta.

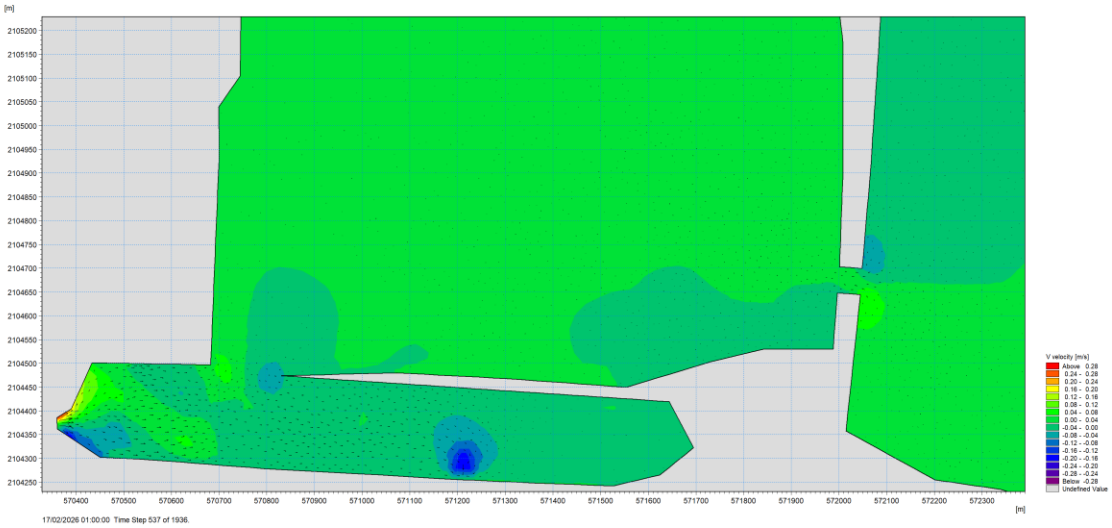


b) Niveles en condiciones de marea baja.

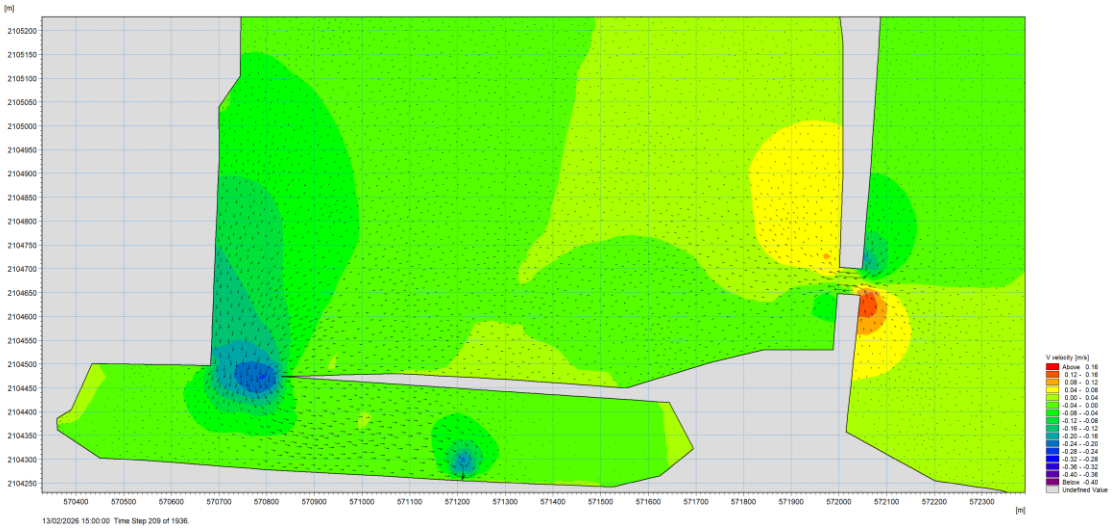
Figura 97. Comparativo de las variaciones de nivel en condiciones sin proyecto (Caso CFE).

Para la velocidad, en condiciones de llenado por el canal Ventanas, las velocidades con orientación norte sur son bajas Figura 98a, debido a que el flujo es preferencialmente de Ventanas hacia la planta de CFE y del Vaso II al Vaso I o viceversa con menor intensidad.

Sin embargo, en condiciones de bajamar, los gradientes aumentan en la zona de trasvaso entre la parte reguladora del vaso I y el canal que alimenta en la planta Figura 98b.



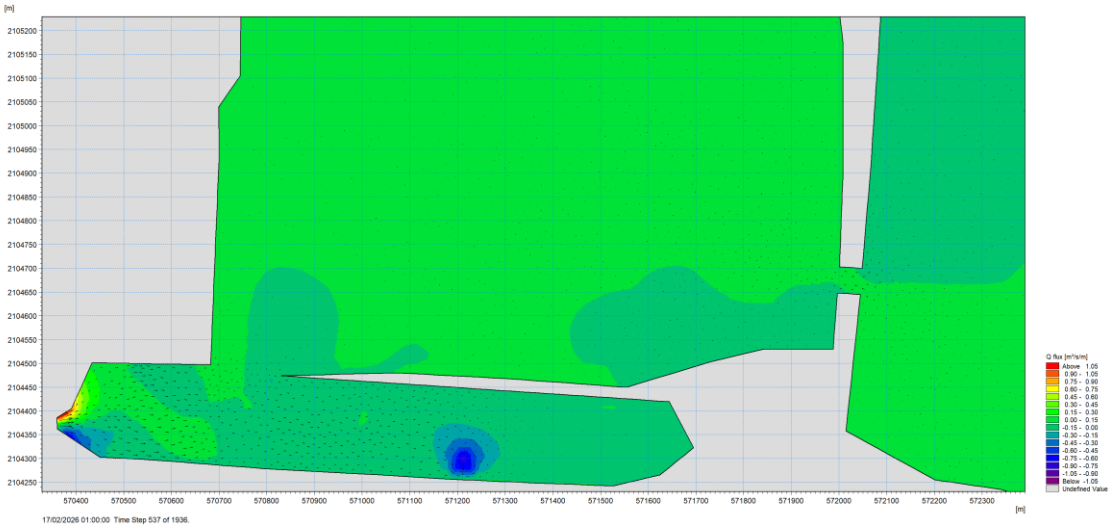
a) Velocidad V en condiciones de marea alta.



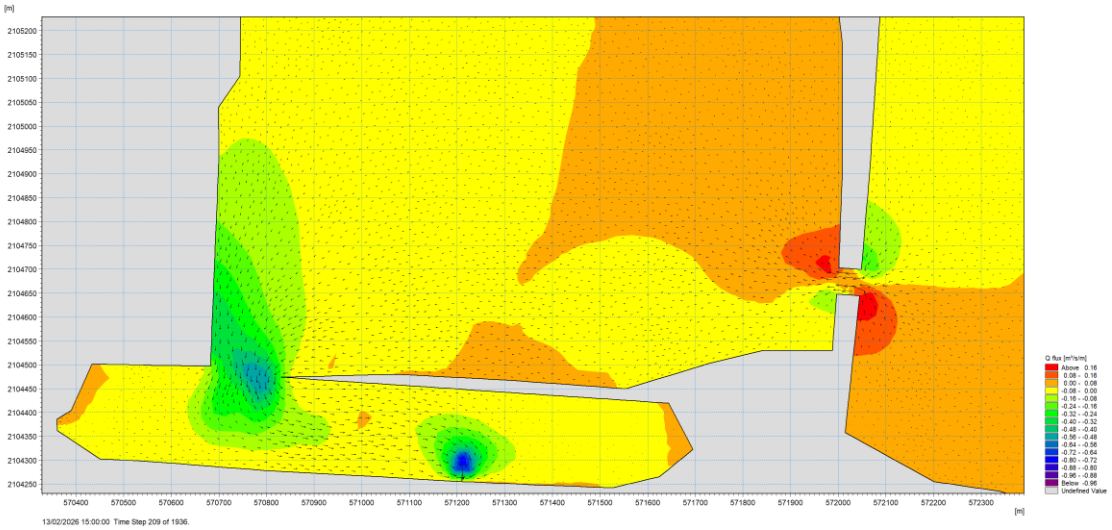
b) Velocidad V en condiciones de marea baja.

Figura 98. Comparativo de las variaciones de velocidad V en condiciones sin proyecto (Caso CFE).

En la Figura 99a y Figura 99b se observan las zonas donde se generan los mayores gastos durante los eventos de baja mar y alta mar. En el proceso de llenado, los gastos entre el Canal Ventanas y la zona de toma de la planta se equilibran sin perturbar en gran medida los gastos de trasvaso entre el vaso I y II. Para las condiciones de marea baja, los mayores gradientes se concentran en la zona de trasvaso, provocando un aumento en las velocidades de ingreso del Vaso I al II.



a) Gastos en condiciones de marea alta.



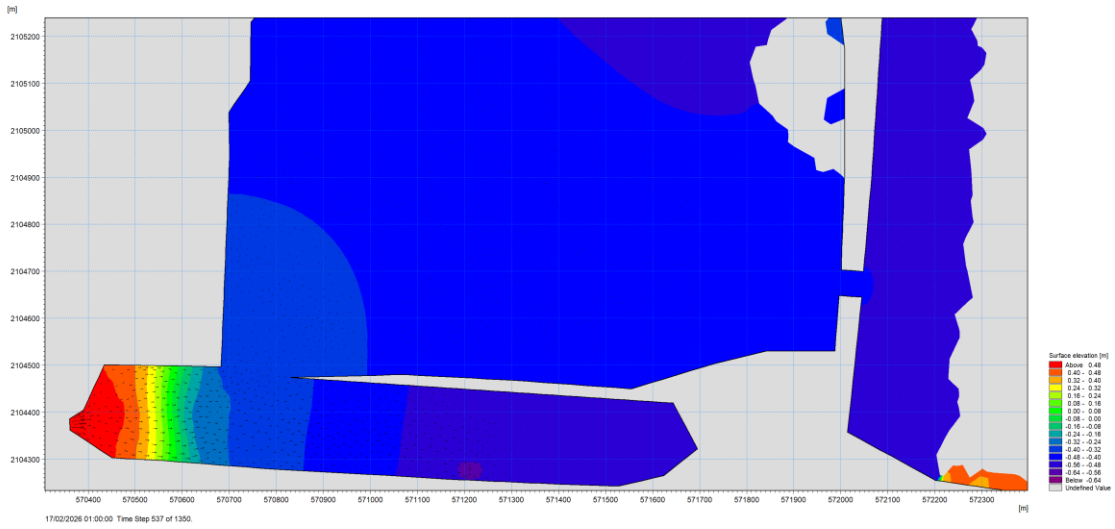
b) Gastos en condiciones de marea baja.

Figura 99. Comparativo de las variaciones de gasto en condiciones sin proyecto (Caso CFE).

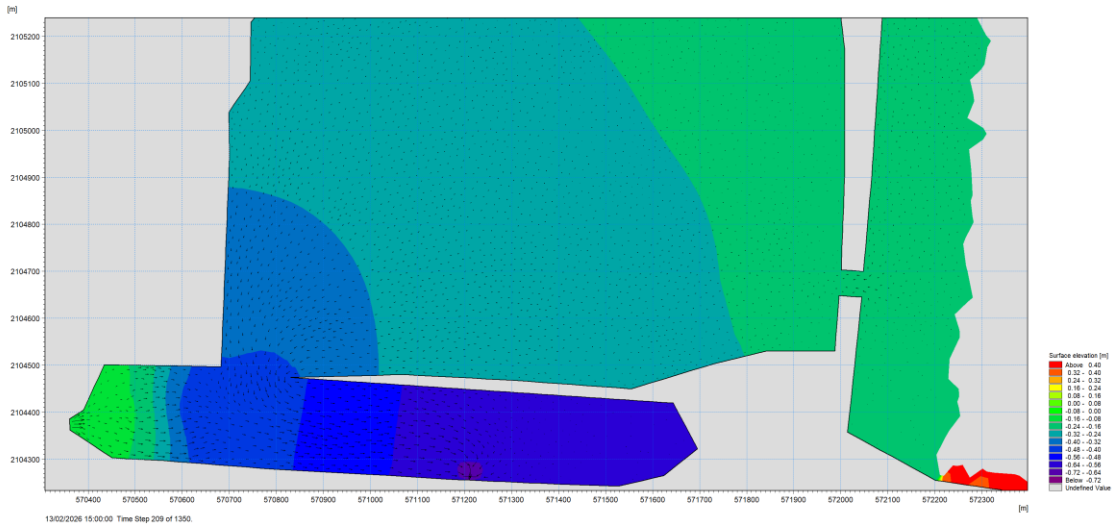
Debido a que la Fase 2 del proyecto modifica el flujo entre el Vaso I al II debido a la construcción de la plataforma, se analiza la variación de carga hidráulica, velocidad y gasto para dicha fase.

5.4.4.2 Condiciones con Proyecto Fase 2

Como se observó en la dase sin proyecto, la condición de marea alta proporciona suficiente gasto por el canal Ventanas para derivar el agua que necesita la toma de la planta termoeléctrica Figura 100a. Sin embargo, para la condición de marea baja Figura 100b, el flujo de agua del vaso II al I se ve drásticamente disminuido, por lo que el agua que requiere la planta de CFE se origina del almacenamiento de la parte interior del Vaso I, bajando su nivel entre los 0.20 m y 0.45, lo que representa aproximadamente el 42% de la capacidad de almacenamiento del vaso Interior.



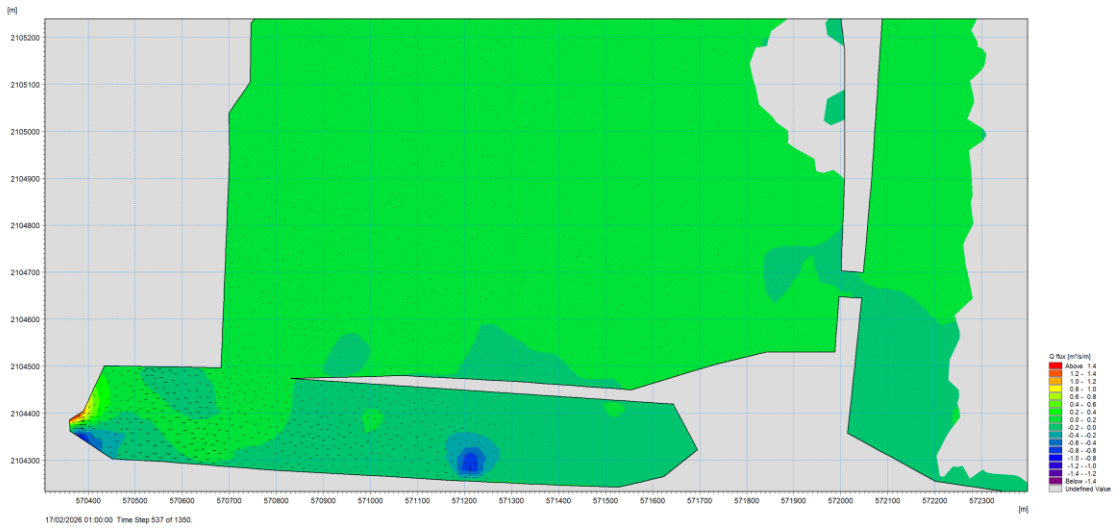
a) Niveles en condiciones de marea alta.



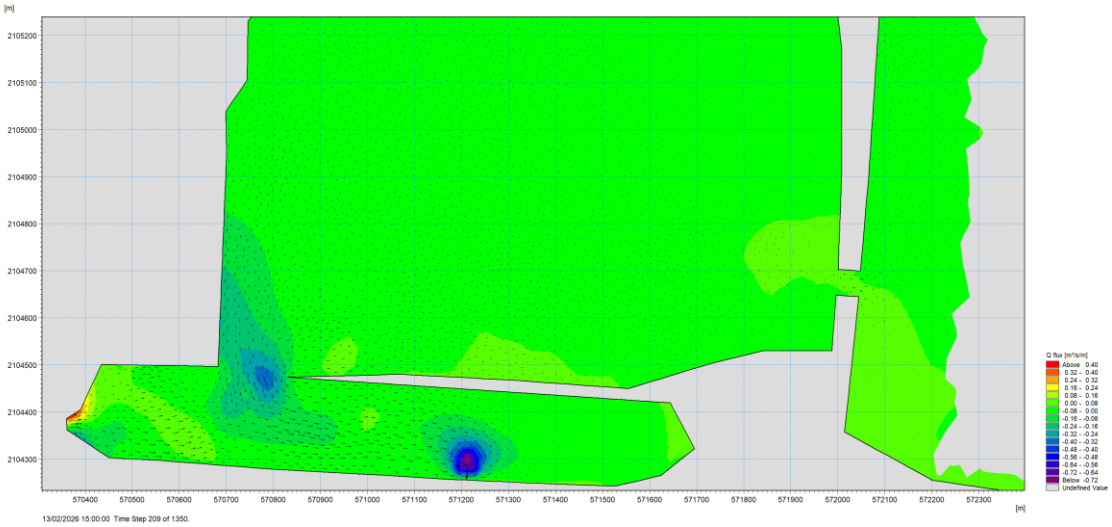
b) Niveles en condiciones de marea baja.

Figura 100. Comparativo de las variaciones de nivel en condiciones con proyecto fase 2 (Caso CFE).

En el análisis del gasto, se observa que, para la condición de llenado Figura 101a, no hay cambios significativos, pero en el caso de marea baja, el Canal Ventanas también aporta al gasto requerido por la toma de la CFE Figura 101b, lo que indica que la toma abate el nivel al interior del vaso por debajo de la condición de marea baja.



a) Gastos en condiciones de marea alta.



b) Gastos en condiciones de marea baja.

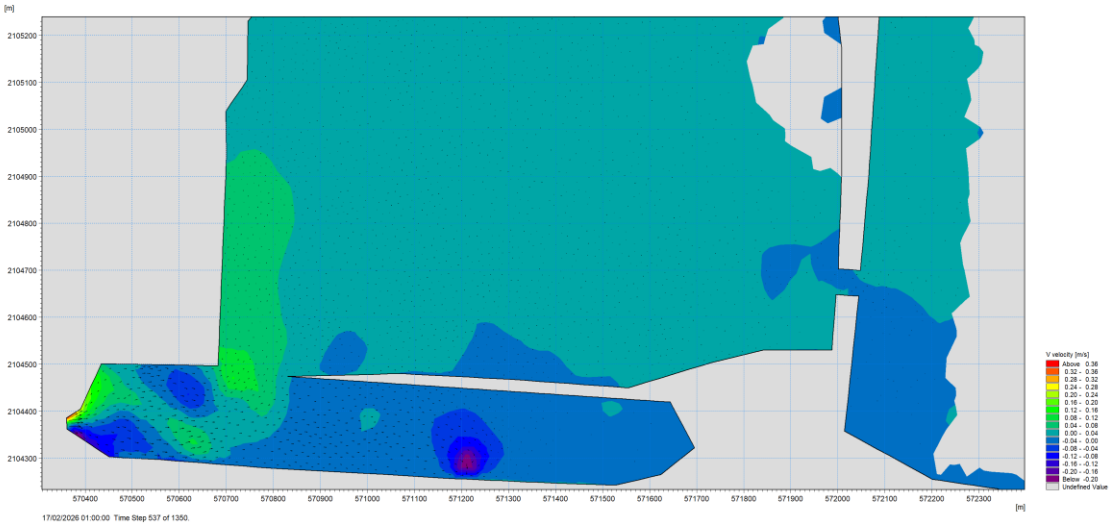
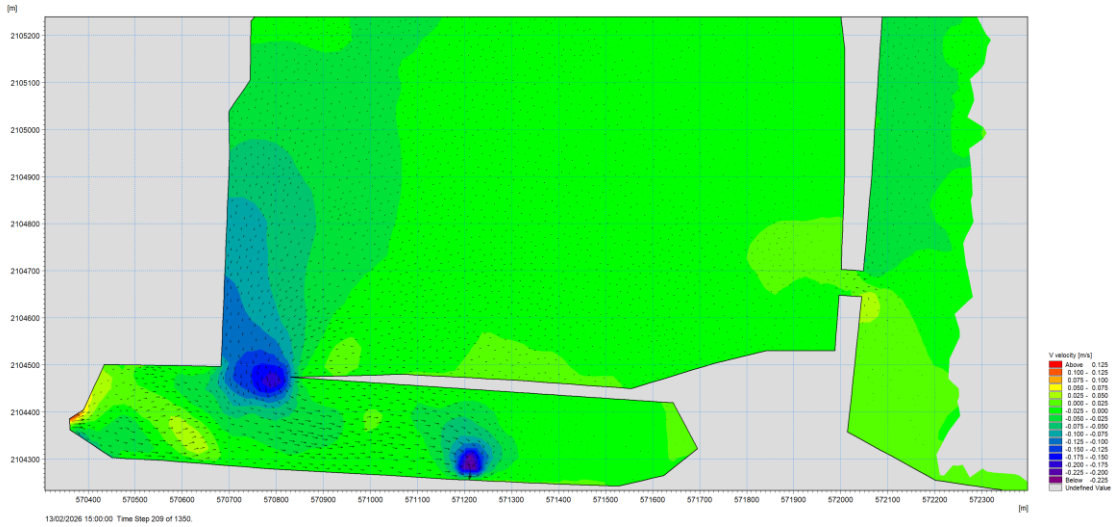


Figura 101. Comparativo de las variaciones de gasto en condiciones con proyecto.

El efecto de disminución de nivel en el Vaso I, y la toma de agua aumentada del Canal Ventanas se ve reflejado tambien en la velocidad, principalmente en la zona de intercambio entre el canal y el canal de toma de la planta termoeléctrica Figura 102.

a) Velocidad V en condiciones de marea alta.



b) Velocidad V en condiciones de marea baja.

Figura 102. Comparativo de las variaciones de velocidad V en condiciones con proyecto Fase 2.

Bajo el escenario en el cual se restringe el intercambio hidráulico entre el Vaso I y el Vaso II, por la Fase 2 del proyecto, la descarga asociada a la planta termoeléctrica (~90 m³/s) se convierte en el principal forzamiento del sistema, cuando hay condiciones de marea baja, generando un régimen de circulación artificial dominado por flujos localizados. Esta condición favorece la formación de recirculaciones internas, incrementando el tiempo de residencia efectivo del agua, a pesar de la presencia de velocidades elevadas. Asimismo, la falta de renovación hidráulica promueve el aumento de salinidad, ya que se aumenta la tasa de evaporación al disminuir el nivel en la zona reguladora, lo que puede derivar en un deterioro de la calidad del agua. En este contexto, el sistema pierde su conectividad natural, volviéndose altamente dependiente del forzamiento inducido, lo cual representa una condición desfavorable desde el punto de vista hidrodinámico y ambiental.

5.5 Tiempos de residencia

El Tiempo de Residencia es un parámetro fundamental en el análisis hidrodinámico, ya que representa el tiempo promedio que una masa de agua permanece dentro del sistema antes de ser renovada o intercambiada con el medio exterior. Este valor o tiempo integra los efectos de los distintos forzamientos hidrodinámicos, como la marea, el viento y los aportes continentales (escurrimientos), así como las características geomorfológicas del sistema, incluyendo las características del lecho, la conectividad entre cuerpos de agua y su capacidad de almacenamiento.

En sistemas costeros poco profundos, como el de la laguna Cuyutlán, en términos de la eficiencia del intercambio hidráulico, el tiempo de residencia está asociado con una alta renovación de agua en áreas donde hay una fuerte fuerza de marea y buena conexión con el mar. De manera contraria, tiempos de residencia altos reflejan un estado hidrodinámico de baja energía donde no se produce intercambio y a menudo predomina un proceso de almacenamiento o alta evaporación.

El rango en el tiempo de residencia permite identificar gradientes de renovación en el sistema, así como puntos críticos (los lugares donde la circulación se reduce; estos suelen estar asociados con sitios interiores o geomorfológicamente restringidos donde se pierde energía de flujo y se disipa el efecto de forzamiento externo). Estas zonas pueden llevar a un aumento en la acumulación de sustancias; por lo tanto, la calidad del agua se ve afectada.

Por otro lado, el tiempo de residencia es un indicador importante de la susceptibilidad del sistema a la eutrofización, hipoxia y acumulación de contaminantes: cuanto más alto sea, los nutrientes y la materia orgánica podrán diluirse muy rápidamente y peor será para los procesos ecológicos involucrados en el sistema.

5.5.1 Época de estiaje

Con base en la metodología presentada en la sección correspondiente, se obtuvo el mapa de arribo de agua de mar a el interior de la Laguna Cuyutlán, para cada uno de los vasos. A continuación, se describen los resultados.

5.5.1.1 Sin Proyecto

En la Figura 103 se muestra el tiempo de arribo a cada uno de los vasos de agua de mar en temporada de secas (con la componente de agua de mar dominante, sin lámina de agua de lluvia y sin escurrimientos). En la zona de canales, en especial en el Canal Tepalcates y Ventanas, cada 0.3 días ocurre un nuevo arribo de agua proveniente del mar, lo que es consistente con la acción de los dos ciclos de marea que se tienen registrados. Al interior del Vaso I, el arribo es menor a un día y su influencia se transmite por el canal que conecta al vaso I y II. Al interior del Vaso II y la zona norte, el arribo sucede 1 y 3 días después de que el agua ingresa por el canal Tepalcates. Para el Vaso III, en la zona de conexión el arribo sucede en menos de un día y este disminuye su tránsito hacia el centro del vaso, variando la velocidad de arribo desde los 3 hasta los 33 días al fondo del Vaso. Para el vaso IV, los arribos se ven disminuidos gracias a la interacción con el estero palo verde, pero dadas sus características, y variabilidad va desde los 30 dias hasta un día en la zona de desemboque del estero palo verde.

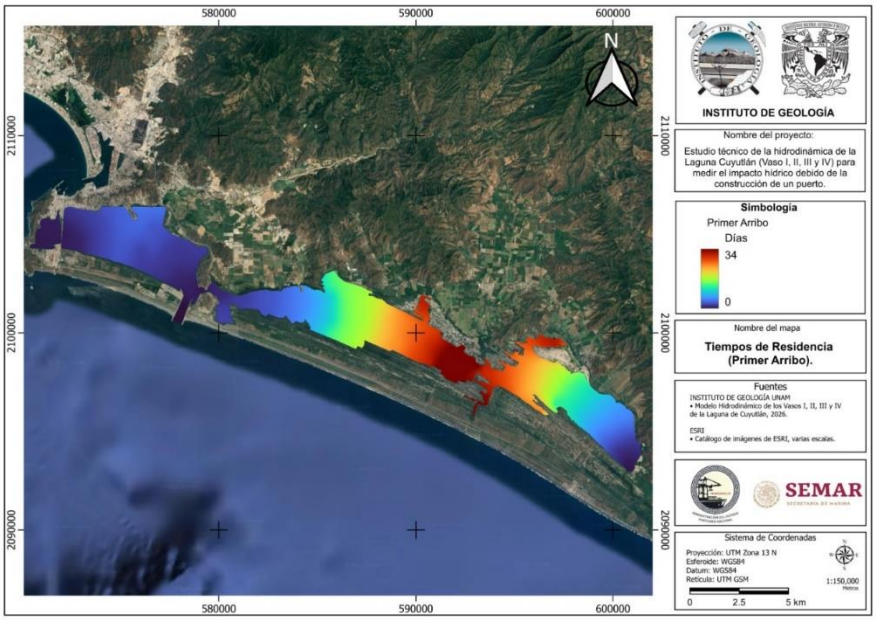


Figura 103. Tiempo del primer arribo de agua de mar a cada uno de los 4 vasos sin proyecto.

Para el inicio del proceso de mezcla, Figura 104, (el agua de mar tenga influencia en las variaciones de concentración) solo se requieren 0.3 dias en el canal Tepalcates y en la zona de ingreso del Vaso II, al igual que en el Canal Ventanas. Al interior del Vaso II y al fondo del Vaso I se requieren entre 4 a 5 días. Para el Vaso III, los tiempos requeridos para tener influencia del agua de mar en los valores de concentración son de 3 días para la zona cercana a la zona de intercambio con el Vaso II y de 86 días para las zonas con menor movilidad del Vaso III. Para el vaso IV la variabilidad se encuentra entre los 80 días cerca de la compuerta con el vaso III y de 3 dias en la zona del estero Palo Verde.

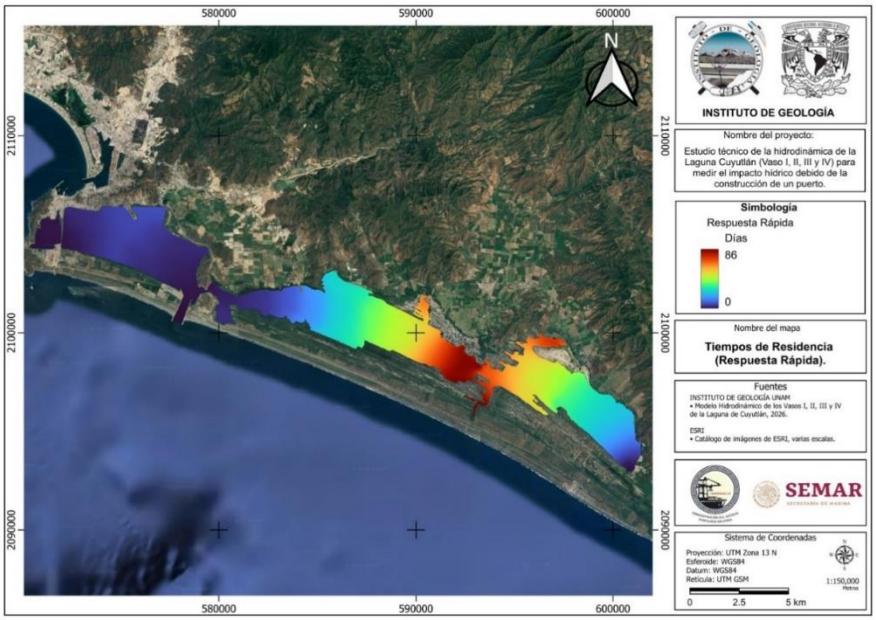


Figura 104. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso sin proyecto.

Para el intercambio total de agua (Figura 105), en los canales, el intercambio total es menor a 0.3 dias, consistente con los gastos observados durante la modelación hidrodinámica. Para el Vaso I, el intercambio total varía de acuerdo, a la lejanía de las bocatomas, tardando entre los 2 y 4 dias. Dos días para la zona del canal donde se encuentra la planta de CFE y 4 para el área reguladora. Para el Vaso II, los valores varían entre un día, cerca del canal Tepalcates, hasta los 20 dias en la parte más interior y norte del vaso. Para el vaso III los tiempos de intercambio total son más lentos, entre los 15 días cerca de la zona de intercambio del vaso II, y hasta los 100 días en la zona más interna. En algunos sitios del vaso, la función exponencial es mayor que 100 días, sin embargo, este valor cambia con la entrada de la temporada de lluvias, la cual se estudiara en la siguiente sección. El intercambio en el vaso IV también sobrepasa los 100 en zonas aisladas días debido a la lejanía con el canal Tepalcates y el bajo gasto del estero Palo Verde.

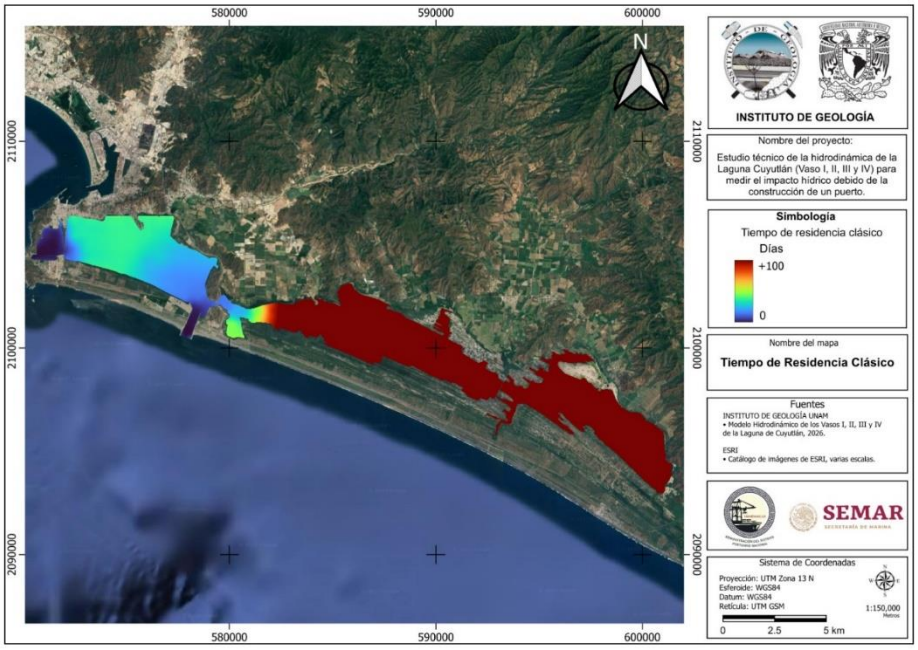


Figura 105. Tiempo para la renovación completa de agua sin proyecto.

5.5.1.2 Con Proyecto Fase 1

La primera etapa del proyecto se caracteriza por la ocupación de la sección noreste del Vaso II. La construcción de la plataforma aísla una sección longitudinal del fondo del vaso, incrementando el tiempo del primer arribo de agua de mar hasta en 25 días, debido a que, para que el agua de intercambio llegue a ese punto, el agua debe rodear toda la plataforma. Esta zona es la principal zona de afectada por la construcción de la fase 1 del proyecto. Para el Vaso III y IV, los tiempos del primer arribo incrementan entre 1 y 1.5 dias, debido a que el cambio de almacenamiento de agua dentro del vaso II, no afecta en gran medida el volumen de descarga hacia el Vaso III y en subsecuencia hacia el vaso IV.

En la zona de canales, los tiempos se mantienen iguales, con un ligero incremento en los arribos del Vaso I desde el Vaso II debido a que el agua fluye con menor interferencia desde el Canal Tepalcates hacia el Vaso I

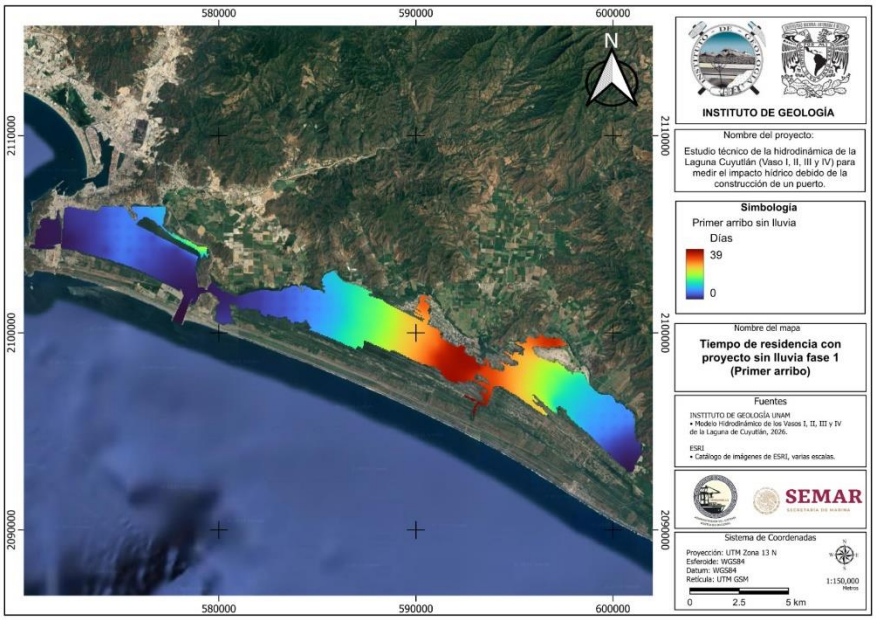


Figura 106. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 1 del proyecto.

Para la etapa de mezcla, los tiempos de residencia se mantienen entre los 21 y 29 dias por detrás de la plataforma de la Fase 1. Al interior del Vaso II los tiempos se mantienen entre los 4 y 5 dias, si afectar los tiempos hacia el Vaso I.

Para el Vaso III y IV los y los tiempos se incrementan hacia la zona salinera entre 1 y 2.5 días.

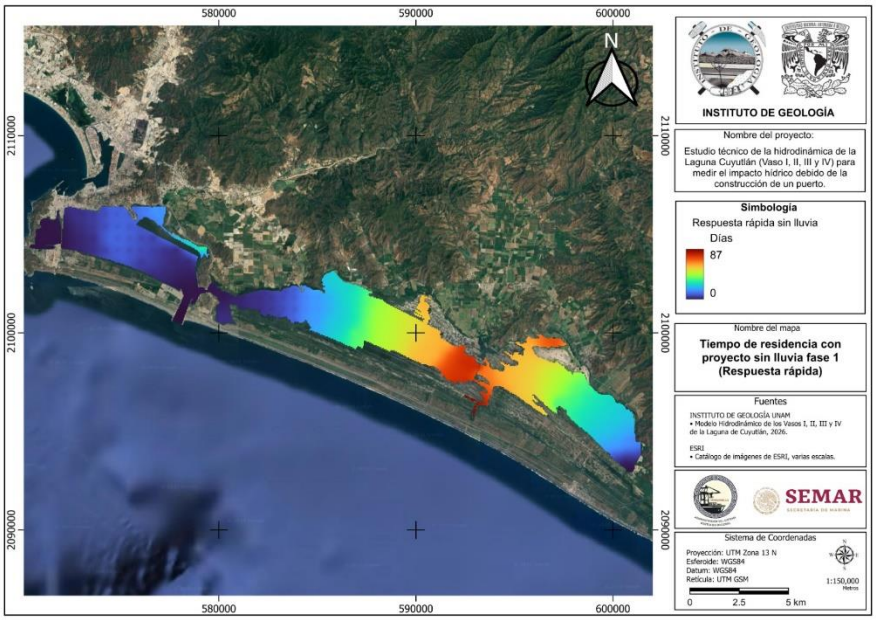


Figura 107. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 1.

5.5.1.3 Con Proyecto Fase 2

La segunda etapa del proyecto se caracteriza por la ocupación de toda la zona Oeste del Vaso II por una plataforma en forma de “L” invertida. Debido a ello, se interrumpe considerablemente los flujos del Vaso II al Vaso I, lo que ocasiona que los flujos dentro del Vaso I dependan mayormente del gasto que ingresa por el canal Ventanas, modificando sus tiempos de residencia entre 0.5 y 1 día. Debido al cambio de almacenamiento, en el vaso II, los tiempos de residencia dentro del cuerpo del Vaso los tiempos disminuyen entre 0.3 y 0.9 días. Por detrás de la plataforma de la Fase 1 los tiempos de arribo se mantienen entre los 1.5 y 2 días

Para el Vaso III los tiempos de arribo se mantienen entre un día y 33 días al fondo de este. Para el Vaso IV los tiempos de arribo se ven poco influenciados y se mantienen entre los 30 y 34 dias para el ingreso de agua de mar y entre los 0.5 y 5 dias para la zona de mezcla del estero Palo verde.

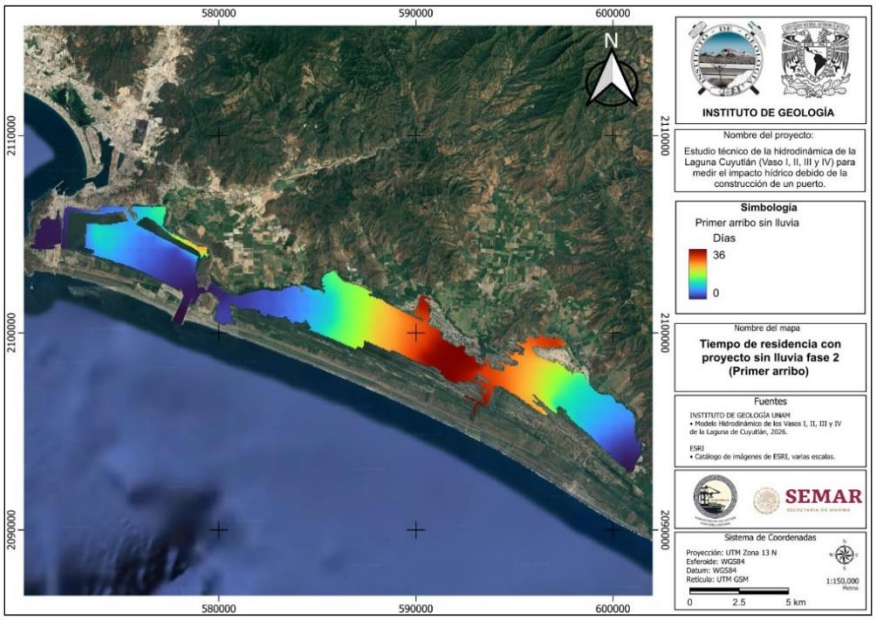


Figura 108. Tiempo para el primer arribo de agua con la Fase 2 del proyecto.

Para el inicio de los procesos de mezcla los tiempos de residencia se mantienen entre los 21 y 29 dias por detrás de la plataforma de la Fase 1. Al interior del Vaso II los tiempos aumentan entre 14 y 15 dias, debido al efecto de cierra hacia el Vaso I. A su vez en el Vaso I disminuyen en el orden de 0.5 días debido a que el agua del Vaso I se hace dependiente del agua que entra por el canal Ventanas y el gasto de la planta termoeléctrica.

Para el Vaso III y IV los y los tiempos disminuyen el orden de 4 a 5 dias debido a que el gasto al interior del Vaso III se ve favorecido por la pérdida de almacenamiento en el Vaso II.

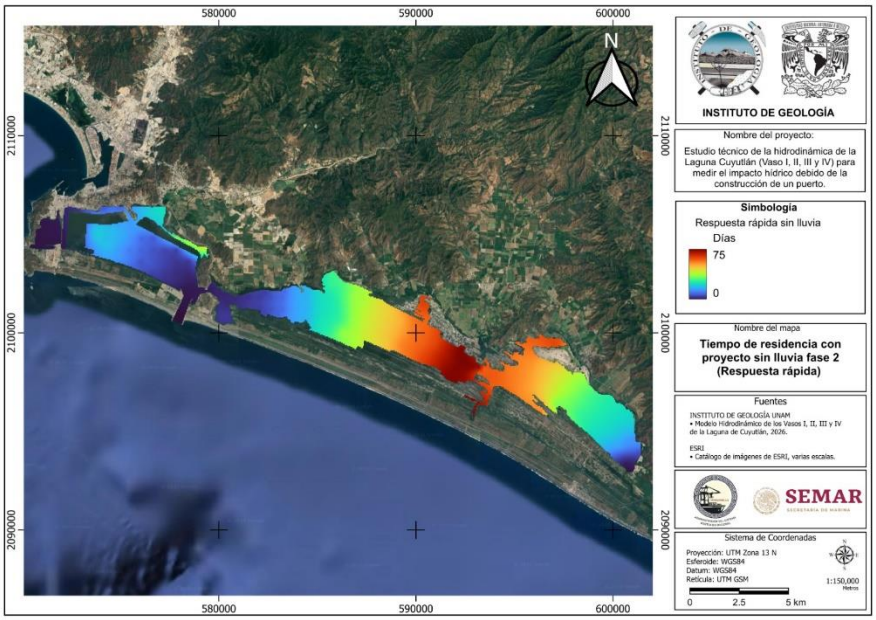


Figura 109. Tiempo para el Inicio de los procesos de mezcla para cada vaso con proyecto Fase 2.

5.5.2 Época de lluvias

Durante la temporada de lluvias, la hidrodinámica de los sistemas costeros se ve afectada por los aportes continentales del escurrimiento superficial. Esta fuerza adicional introduce importantes cantidades de agua dulce al sistema y cambia los patrones de circulación, los gradientes hidráulicos y, por lo tanto, los tiempos de residencia del agua.

El tiempo de residencia está directamente influenciado por el tamaño y la distribución de estos aportes. En condiciones de lluvia, el aumento del volumen de entrada puede ser favorable para la renovación del agua, particularmente en áreas cercanas a descargas continentales, donde el flujo tiende a intensificarse y dirigirse hacia la salida.

Pero este comportamiento no puede ser consistente en todo el sistema. El escurrimiento, la geometría de la laguna y la fuerza de las mareas redistribuyen el flujo para dar a cada área una eficiencia hidráulica diferente. De hecho, mientras que algunas áreas tienen un tiempo de residencia reducido debido al transporte, otras pueden ver aumentos debido a la disminución del flujo lateral o a los canales de la corriente en rutas preferenciales.

En este sentido, el análisis de los tiempos de residencia en la temporada de lluvias nos permite entender no solo la capacidad global de renovación del sistema, sino también los diferentes patrones espaciales que reflejan cambios en la conectividad hidráulica. Este análisis es necesario para entender cómo reacciona el sistema a diferentes condiciones hidrológicas y, en particular, para identificar áreas en las que los procesos de acumulación o baja renovación son posibles incluso con una mayor entrada de agua.

5.5.2.1 Época de lluvias sin proyecto

Las variaciones en los tiempos de residencia durante la época de lluvias dependen de dos factores principales, las variaciones de marea en cada uno de los canales donde ingresa el agua de mar, y por el ingreso de agua dulce por la lámina de precipitación y los escurrimientos continentales siendo estos últimos más relevantes debido por el gasto y la velocidad de ingreso hacia el sistema.

Tomando únicamente los valores de marea (obtenidos entre octubre y noviembre de 2025) los tiempos de primer arribo no varían en gran magnitud, debido a que el sistema hidrodinámico se mantiene estable (no hay cambios batimétricos considerables y el forzamiento de marea sólo varia en el orden de pocos centímetros). Para la zona de canales, en especial en el Canal Tepalcates y ventanas, el arribo de agua de mar coincide con el periodo de marea, entre los 0.25 y 0.3 días como en temporada de secas. Al interior del Vaso I, el arribo es menor a un día como se observó anteriormente. Al interior del Vaso II los tiempos de arribo se mantienen. Para el Vaso III, en la zona de conexión el arribo sucede en menos de un día, pero los tiempos de arribo son más rápidos al fondo del vaso pasando de 33-34 días aproximadamente a 30-33 días, al igual que para el vaso IV en la zona de intercambio.

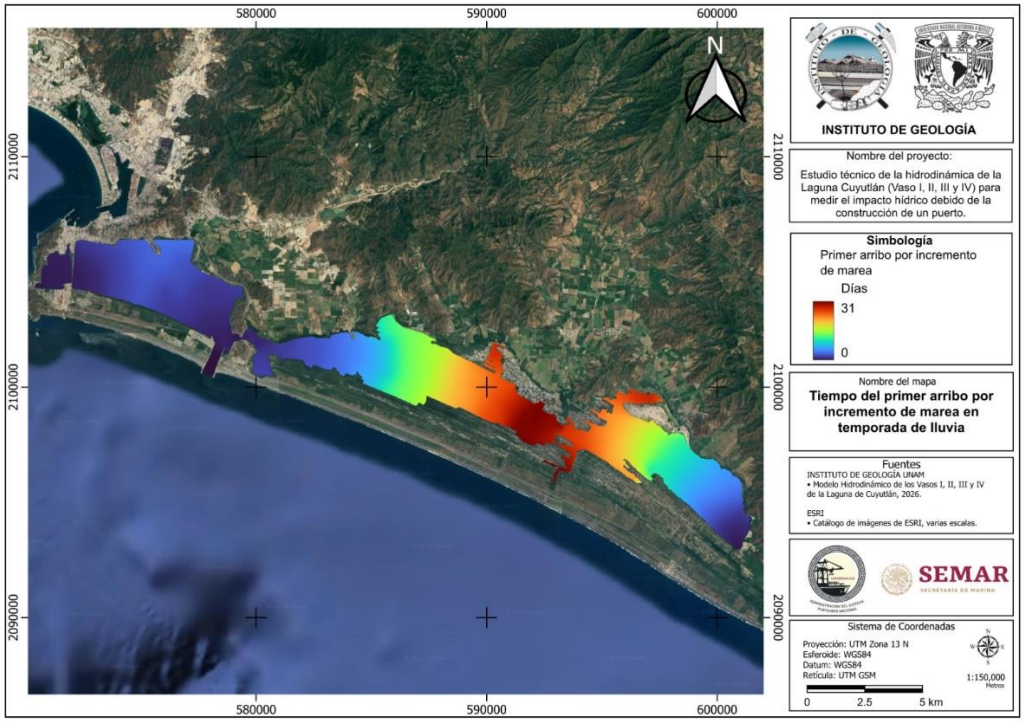


Figura 110. Tiempo del primer arribo en temporada de lluvia.

Para el inicio del proceso de mezcla, se observan pocas diferencias en el vaso I y II, donde se observan los mismos tiempos de entre 0.5 y 1 dias para el Vaso I y de 0.5 días para el canal Tepalcates y entre 4 y 6 dias

para el interior del Vaso II. Las variaciones se observan al fonde del Vaso III y en el Vaso IV, pasando de los 84 - 80 dias a 80 -77 días.

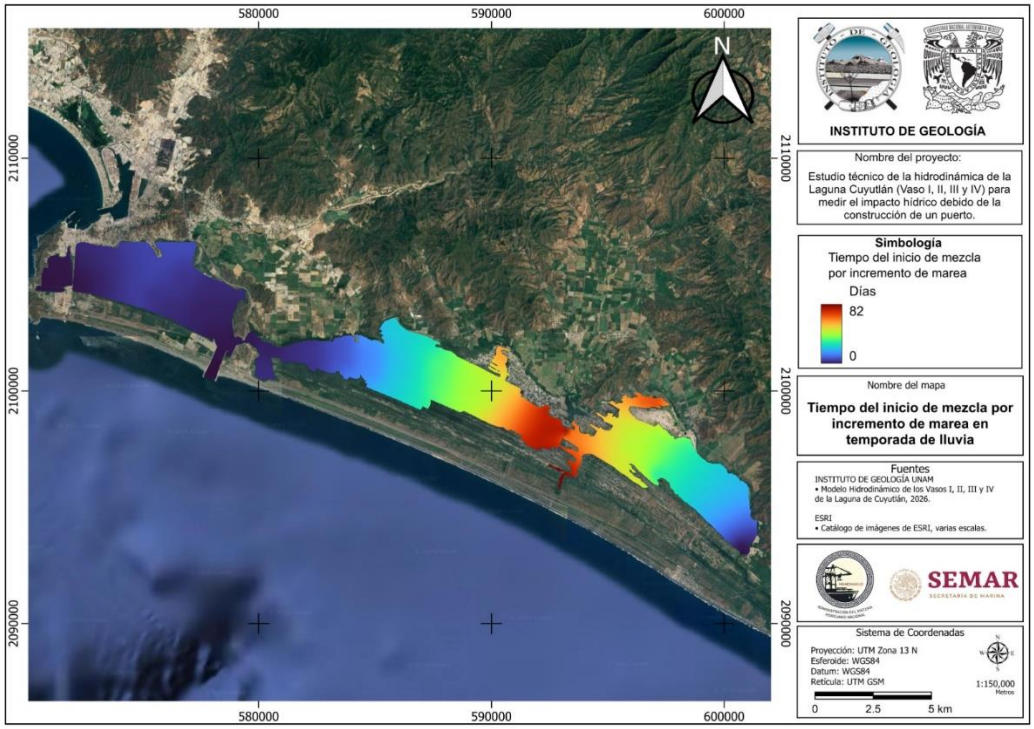


Figura 111. Tiempo del inicio de mezcla en temporada de lluvia.

Para una mejor interpretación de las afectaciones del proyecto a los tiempos de residencia en temporada de lluvias, se incluyeron a las condiciones de los escurrimientos de las dos principales cuencas hidrológicas. La del Arroyo Zacate dividida en dos entradas (Vaso II y Vaso III) y la del Arroyo Venustiano Caranza, se introdujeron escurrimientos con una duración de 3 horas con gastos de 300 m^3/s, distribuidos en Vaso II y III y en la zona salinera de 15 m^3/s con la misma duración.

Para la fase 1 del proyecto, los tiempos de residencia en el Vaso I se mantienen iguales que en condiciones sin proyecto, debido a la influencia del canal Ventanas y por qué la plataforma que corresponde a la Fase 1 no interrumpe los flujos del Vaso II al I y viceversa.

Debido a la descarga del el Arroyo Zacate, los tiempos de intercambio disminuyen al norte del Vaso II inmediatamente después de la descarga, para después estabilizarse entre los 2 y 5 días.

Los vasos con más cambios debido a los eventos de escurrimiento son los vasos III y IV. El Vaso III modifica sus tiempos de residencia debido a las descargas provenientes de la cuenca de El Colomo y Venustiano Carranza. Hacia el centro los tiempos disminuyen entre 1 y 3 días, que es el tiempo en el agua dulce se disipa en el cuerpo del vaso. En el fondo del vaso cambia sus tiempos de arribo de los 30 días a los 9 dias gracias a

las descargas del arroyo Venustiano Carranza, esta influencia se extiende hacia el vaso IV. Aunque debido a la magnitud de los gastos, continúan aisladas algunas zonas del vaso IV.

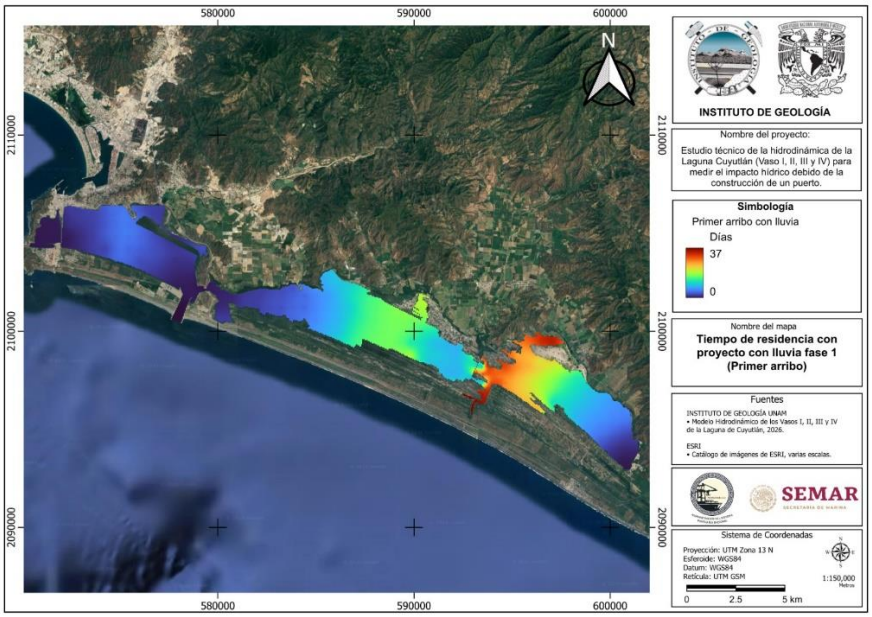


Figura 112. Tiempo del primer arribo con escurrimientos para la Fase 1.

Para los cambios en los valores de concentración, el Vaso I y II se mantienen sin modificaciones ya que el canal Tepalcates y Ventanas son predominantes una vez que terminan los eventos de precipitación y descarga superficial.

Para el fondo del Vaso III, el agua dulce queda aislada cerca de la zona salinera, donde su influencia perdura entre 5 y 10 dias en los valores de concentración, para posteriormente, diluirse hacia el Vaso IV y sin tener influencia en las zonas aisladas donde los tiempos de arribo son mayores.

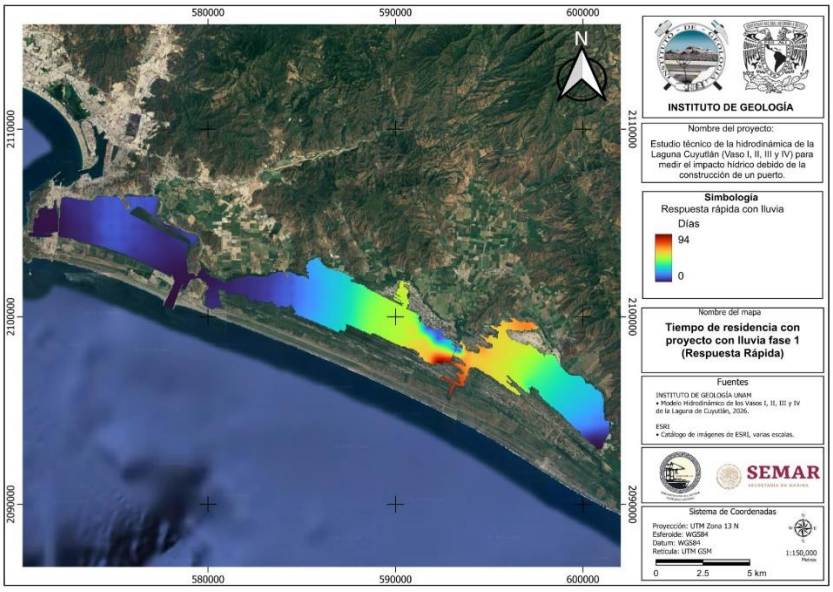


Figura 113. Tiempo para el inicio de mezcla. Fase 1.

Para la Fase 2, los tiempos en el Vaso I son iguales a los de temporada de secas en Fase 2, ya qie los tiempos se modifican debido a el aislamiento que produce la plataforma. Los tiempos de arribo en el vaso I son cortos entre 1 y 0.5 dias ya que se pierde la influencia del Vaso II. Delante de la plataforma, los tiempos de residencia también aumentan considerablemente, entre 5 a 6 días más, comparados los tiempos con el proyecto en Fase 1 debido a la poca circulación, al igual que la zona por detrás de las plataformas. Hacia el Vaso III y el Vaso IV los valores se mantienen con pocas variaciones.

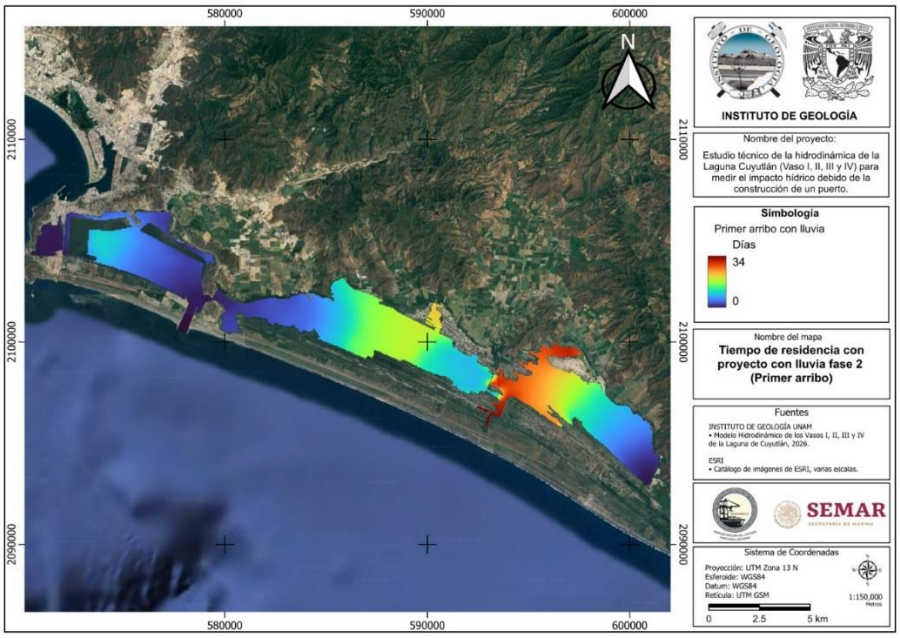


Figura 114. Tiempo de primer arribo con escurrimientos para la Fase 2.

Para la modificación de concentración, el Vaso I y II se mantienen sin cambios ya que la plataforma de la fase 2, aísla el paso del agua entre ambos vasos. El canal Tepalcates se vuelve predominante una vez que terminan los eventos de precipitación y descarga superficial y el Canal Ventanas domina completamente la hidrodinámica del Vaso I

Al igual que la Fase 1, en el fondo del Vaso III, el agua dulce queda aislada cerca de la zona salinera, donde su influencia perdura entre 5 y 10 dias en los valores de concentración, para posteriormente, diluirse hacia el Vaso IV y sin tener influencia en las zonas aisladas donde los tiempos de arribo son mayores.

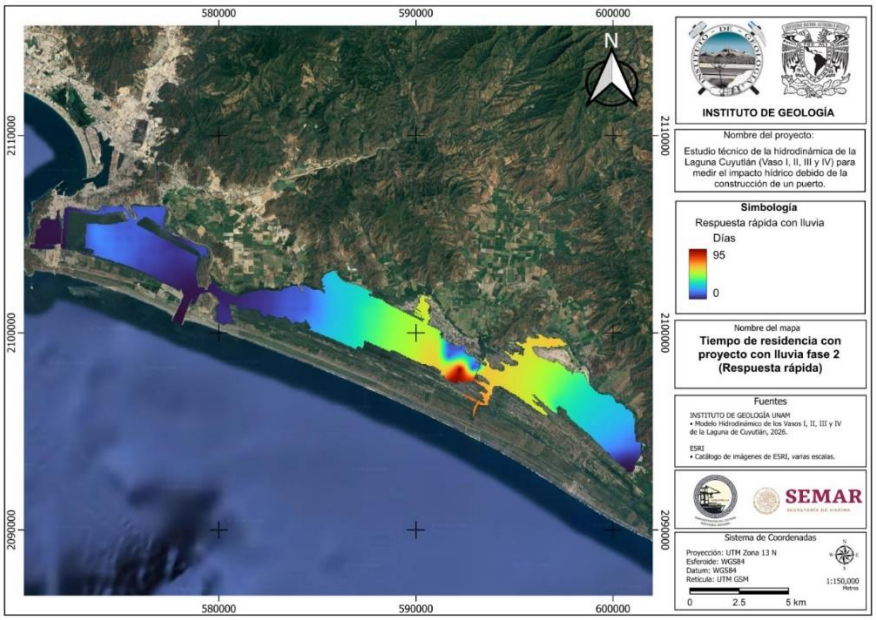


Figura 115. Tiempo para el inicio de mezcla. Fase 2.

Con base a los TR calculados se construyó una capa para identificar los cambios en los TR para cada una de las etapas. En la Figura 116 y Figura 117 se muestra un mapa tipo semáforo. En Rojo las zonas que modifican sus tiempos de residencia a tiempos mayores, en amarillo zonas que permanecen sin cambio y en verde zonas con menor tiempo. En particular, para la fase 1, los tiempos de residencia que se incrementan se localizar por detrás de la plataforma de la fase 1. Para la fase 2, los tiempos de residencia incrementan por detrás de ambas plataformas y al frente de la plataforma 2. Estos aumentos, como se describió anteriormente varían entre los 2 y 25 días (sin medidas de mitigación). Para el Vaso III y IV los TR mejoran marginalmente, debido al aumento en la velocidad y gasto en el canal Tepalcates, aunque el incremento es de a 1 a 2% respectivamente.

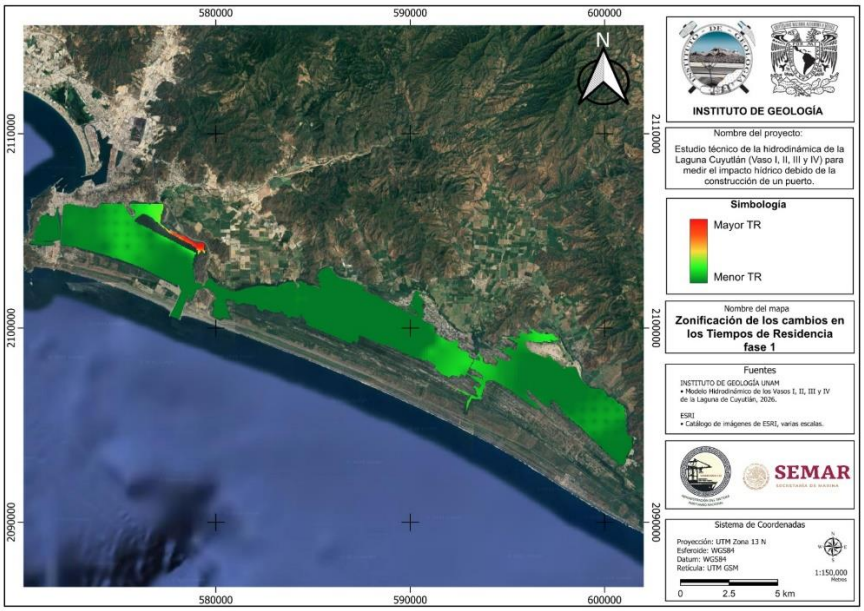


Figura 116. Cambios en los TR con Fase 1 del proyecto.

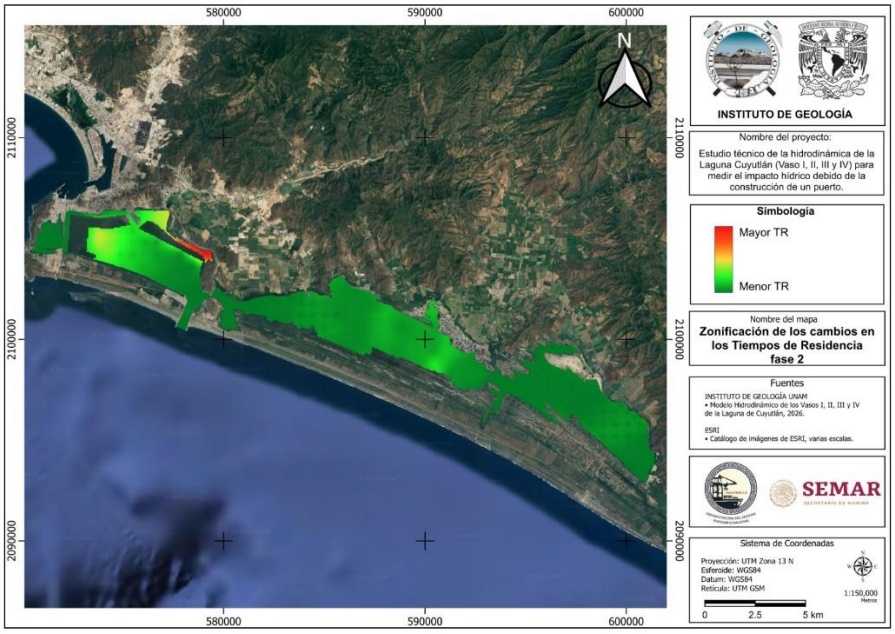


Figura 117. Cambios en los TR con Fase 2 del proyecto.

5.6 Construcción de drenes para recuperar el flujo del Vaso II y el Vaso I (Medida de Mitigación)

En sistemas de lagunas poco profundas como la Laguna de Cuyutlán, la conectividad hidrodinámica entre sus diferentes compartimentos es de gran importancia para controlar el flujo de agua, el movimiento de sedimentos, la distribución de salinidad y la calidad del agua. La construcción de la infraestructura portuaria, en particular plataformas, rellenos y terraplenes, puede alterar estos patrones de flujo, como se observó con la construcción de la Fase 1 y 2 y pueden causar una reducción en el intercambio hidráulico, un aumento en los tiempos de residencia y gradientes de presión elevados en el sistema, como suceden en al norte de la plataforma de la Fase 1.

De acuerdo con los resultados del modelo hidrodinámico presentados en secciones anteriores, la construcción de las fases 1 y 2 del proyecto genera una reducción en la conectividad entre el Vaso II y el Vaso I, provocando cambios en la hidrodinámica del Vaso I. Además, se observa la formación de gradientes hidráulicos elevados y acumulación de agua en zonas específicas, particularmente durante eventos de escurrimiento asociados al Arroyo Zacate.

En ausencia de medidas de mitigación, estas condiciones pueden derivar en:

- Incremento en niveles de agua (>2.0 m en eventos extremos por atrás de las plataformas)
- Reducción en la eficiencia de drenaje, como sucede en el caso de la planta de CFE.
- Generación de zonas de baja renovación, como ocurre por detrás de las plataformas.
- Concentración de flujos en secciones restringidas
- Potenciales procesos de erosión local y acumulación de sedimentos, como sucede en la zona de recirculación del Vaso II

En este contexto, los drenes o estructuras de paso hidráulico (alcantarillas o desagües) son un modelo común de mitigación, diseñado para restaurar la conexión hidrodinámica en sistemas costeros intervenidos. Tales estructuras ayudan a controlar el flujo de agua a través de plataformas, facilitando los flujos de agua de cuerpos de agua que anteriormente estaban conectados.

En ausencia de estas estructuras, las plataformas pueden actuar como una barrera hidráulica y dividir el sistema de lagunas y crear condiciones de confinamiento en los vasos internos. Esto puede causar mayor salinidad, menos oxígeno disuelto y cambios en la calidad del agua que tienen efectos directos en el ecosistema.

Por lo tanto, la inclusión de drenes en el diseño del proyecto es una medida de mitigación fundamental para asegurar que el desarrollo de infraestructura sea compatible con los procesos hidrodinámicos naturales del sistema de lagunas. Su ubicación, tamaño y operación deben estar respaldados por estudios hidrodinámicos como modelos numéricos que nos permitan evaluar su desempeño bajo diferentes condiciones de operación.

El diseño de drenes de paso hidráulico debe garantizar la continuidad del flujo hidrodinámico natural, minimizando las alteraciones generadas por la construcción de plataformas. Para ello, es necesario considerar

criterios hidráulicos, geométricos y ambientales que aseguren un adecuado intercambio de agua entre los diferentes vasos del sistema.

El parámetro fundamental es el caudal de intercambio (Q) que debe atravesar el dren.

Este puede estimarse a partir de:

- Resultados del modelo hidrodinámico
- La marea
- Las velocidades características en canales naturales

La relación básica es:

$$Q = A \cdot U$$

donde:

- Q= caudal (m^3/s)
- A= área hidráulica (m^2)
- U= velocidad media (m/s)

Para el caso de los drenes en las plataformas se requiere desfogar un evento de precipitación extraordinario como el analizado en el caso del Arroyo Zacate, partiendo de un gasto de 300 m^3/s producto de una avenida de 4 horas. El largo de la sección de la plataforma es de aproximadamente 2 km. Con una velocidad segura de diseño de no más de 1 m/s de velocidad en el desfogue para evitar erosión.

Se propone una instalación de 9 drenes separados aproximadamente 220 m con una sección de 20 metros de ancho con alturas de 2 metros de altura aproximadamente.

Quedando un caudal por dren aproximando de

$$Q_{dren}=300/9=33.33 m^3/s$$

Con una velocidad U en promedio de

$$U=Q/A=33.33/40$$

$$U\approx 0.83 m/s$$

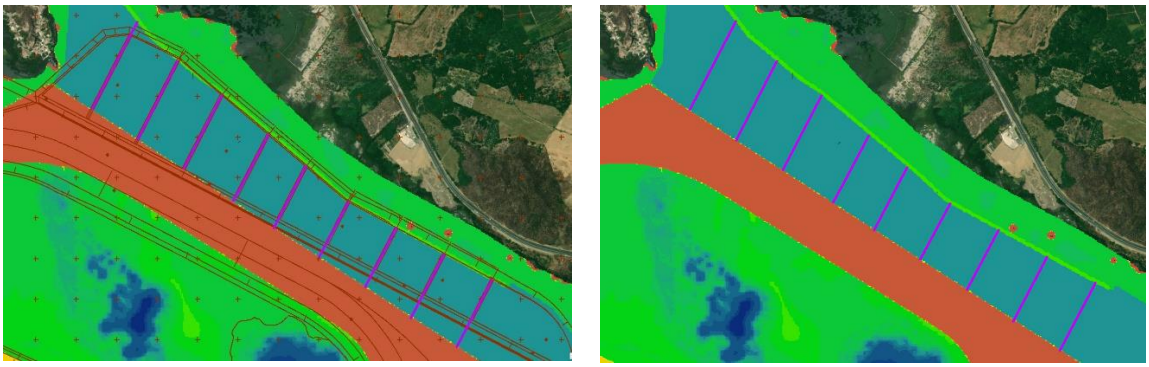
La velocidad de 0.83 m/s evita sedimentación (rango típico entre los 0.3 y 1 m/s) y genera una erosión mínima, aunque esto se revisará con los resultados del modelo hidrodinámico.

Estas condiciones resultan adecuadas en promedio para mantener la conectividad hidrodinámica del sistema, evitando tanto procesos de sedimentación como erosión, por lo que este arreglo se consideró para la modelacion.

El arreglo de 9 drenes permite distribuir el gasto total de 300 m³/s, reduciendo los gradientes hidráulicos y evitando concentraciones de flujo, como se confirma en los resultados del modelo

5.6.1 Implementación en el modelo hidrodinámico. Fase 1

Para la implementación de los drenes se utilizó el diseño arquitectónico de las plataformas (Figura 118a) y posteriormente se distribuyeron los nueve drenes a lo largo del trazo de la plataforma, con una orientación NE-SO, como en la Figura 118b



a) Configuración de los drenes en el diseño arquitectónico

b) Drenes sobre el modelo digital.

Figura 118. Ejemplo de implementación de los drenes en la fase 1.

Para la simulación de los drenes en el modelo hidrodinámico se utilizó la herramienta de Culvert/drenajes de Mike 21. A cada dren se le definió su coordenada de entrada y su coordenada de salida, para posteriormente definir su geometría de tipo rectangular de 20 metros de ancho con longitudes de aproximadamente 400 m, dependiendo de la ubicación de cada dren.

Una de las ventajas de la herramienta Culvert es que no se necesita modificar la malla de elementos triangulares y no se requiere la modificar ningún nodo de cálculo. Otra ventaja es que cada dren es independiente y unidireccional.

En la Figura 119 se muestra la configuración de los drenes dentro del software Mike 21 para la primera fase del proyecto y la su zona de desfogue dentro de la batimetría.

En la Figura 120 se muestra la configuración de los drenes dentro del software Mike 21 para la Fase 2 del proyecto. Para la segunda plataforma se utilizó un arreglo de 8 drenes. Tres drenes para la comunicación entre el Vaso I y el Vaso III y 5 más para compensar los escurrimientos provenientes de la zona norte y evitar zonas de azolvamiento.

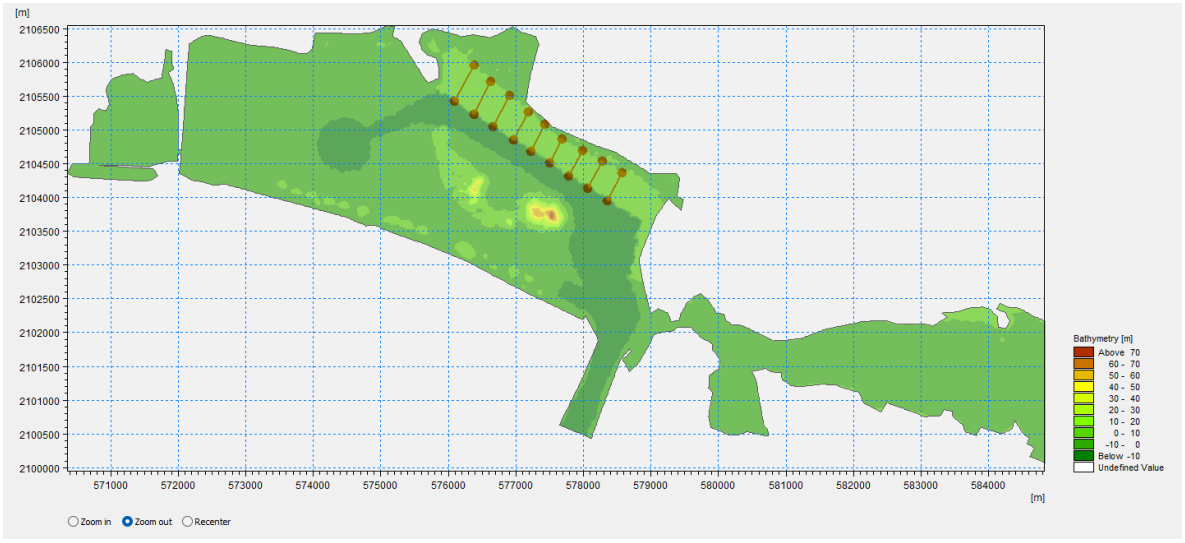


Figura 119. Configuración de drenes para la Fase 1.

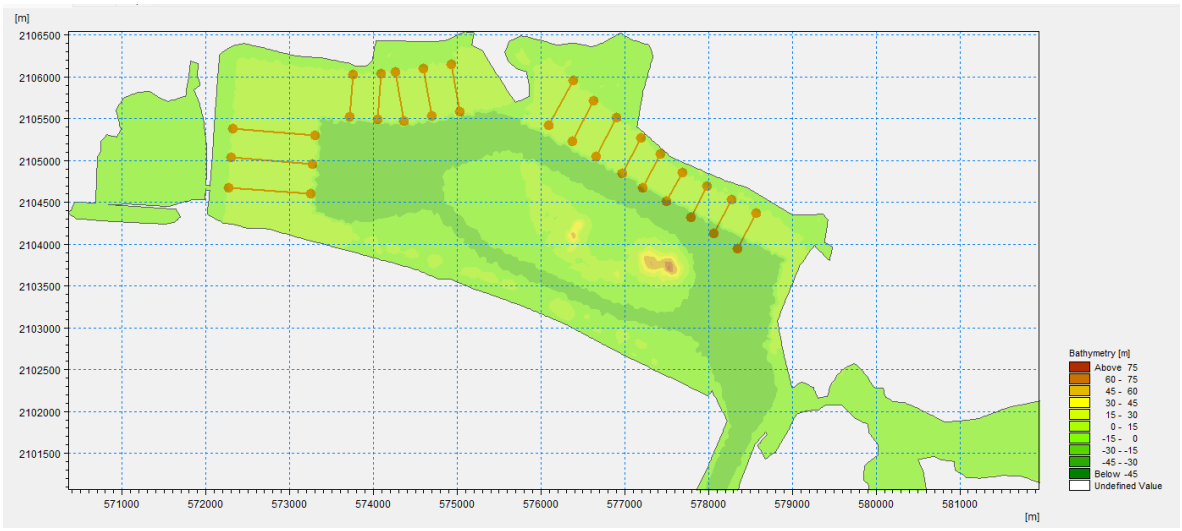


Figura 120. Configuración de drenes para la Fase 2.

Para probar la efectividad de los drenes se utilizó el escenario de lluvias con una descarga del rio Zacate de 300 m^3/s en 4 horas.

En la Figura 121 se ejemplifica la descarga de las principales cuencas y el efecto de los drenes en la concentración para el caso particular de los escurrimientos del arroyo Zacate. Se observa que los drenes con mayor influencia son los cuatro drenes centrales, ubicados en la parte central de la descarga del Arroyo. En

menor medida se observa el efecto de los drenes laterales donde la concentración de agua dulce es menos visible.

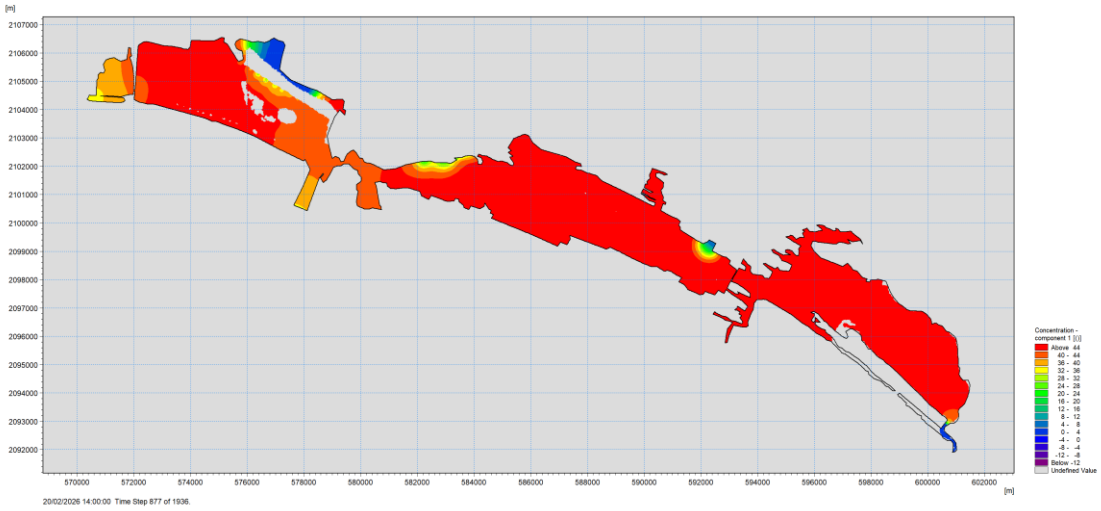


Figura 121. Funcionamiento de los drenes en la primera etapa del proyecto con base a la propagación de agua dulce.

En la Figura 122 se compara el nivel alcanzado después de la descarga del arroyo Zacate sin drenes y con drenes en la Fase 1 del proyecto. En la Figura 122a se observa que, debido a la descarga del arroyo, el nivel aumenta hasta los 2.25 metros en la zona norte de la plataforma, mientras que en la simulación con drenes solo aumenta entre los 0.6 a 0.75 m. En el escenario sin drenes se forma un fuerte gradiente (mayor a dos metros) en la sección que comunica el norte de la plataforma con el Vaso II debido a que toda el agua se acumula e intenta circular por esta única sección de comunicación. Para el caso de los drenes el gradiente es únicamente de 0.25 metros (Figura 122b) y con una duración de pocos minutos.



a) Variación de niveles en el Vaso I y II sin drenes.



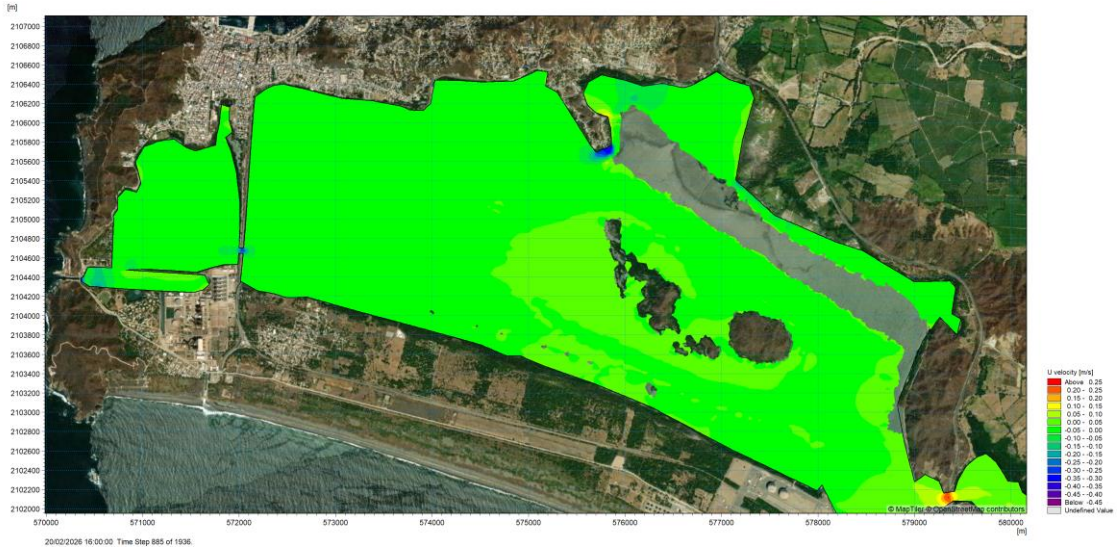
b) Variación de niveles en el Vaso I y II con drenes.

Figura 122. Comparación de niveles en el Vaso I y II.

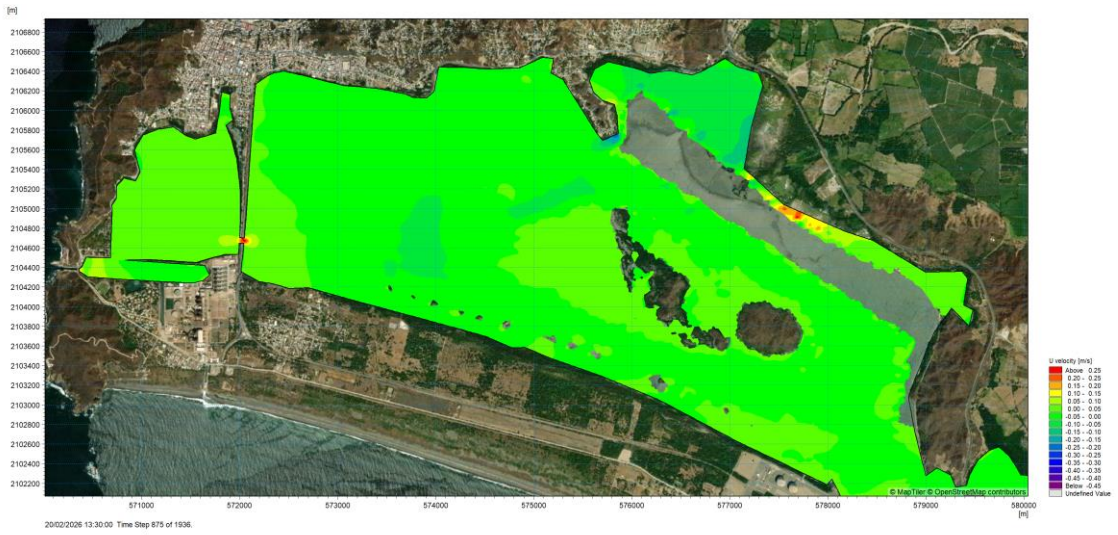
En general, los drenes eliminan el represamiento inducido por la plataforma de la fase una disminuyendo la altura del tirante de agua que se forma en caso de evento extraordinario.

5.6.1.1 Velocidad U

La velocidad longitudinal sin drenes (Figura 123) en la zona norte de la plataforma, y en la sección que se forma entre la plataforma y la península de punta grande es de aproximadamente de 0.45 m/s. Gracias a los drenes las velocidades disminuyen entre los 0.036 y 0.05 m/s, restaurándose la velocidad promedio dentro del vaso.



a) Variación de la velocidad U en el Vaso I y II sin drenes.

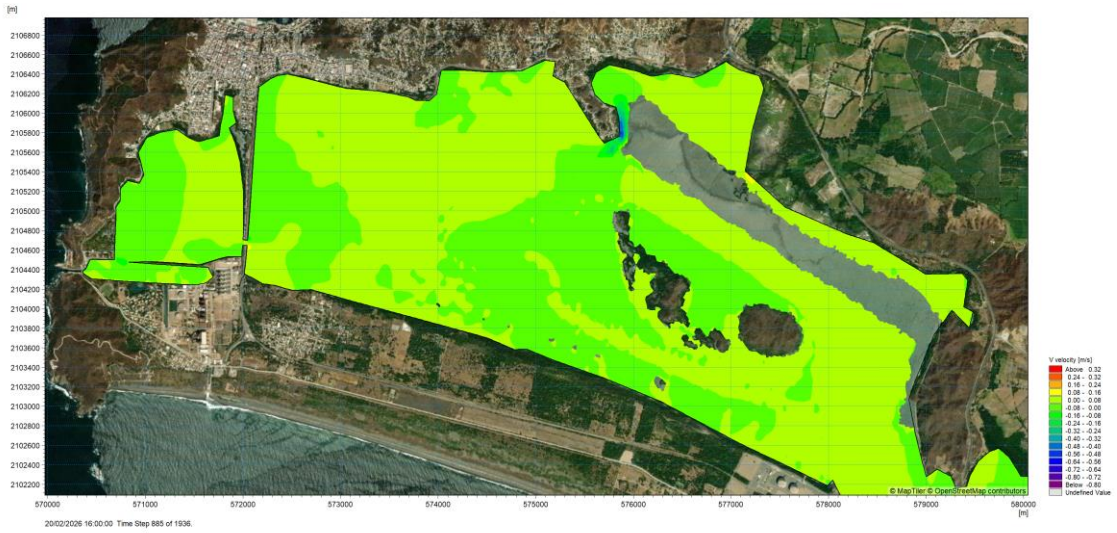


b) Variación de la velocidad U en el Vaso I y II con drenes.

Figura 123. Comparación de velocidades en el Vaso I y II.

5.6.1.2 Velocidad V

En el caso de la velocidad norte -sur (Figura 124), las variaciones son más evidentes, ya que el flujo en los drenes tienes una mayor componente en la dirección norte – Sur que en la Este – oeste. Las diferencias entre los casos son de hasta un orden de magnitud. Las velocidades observadas en el caso sin drenes son mayores a los 0.6 m/s mientras que con los drenes es de aproximadamente 0.02 m/s cerca de las zonas de descarga. Para los drenes, no se supera las condiciones de diseño ya que la sección que une el interior del Vaso II con la zona de descarga del arroyo Zacate actúa como un dren adicional con una mayor área de desfogue.



a) Variación de la velocidad V en el Vaso I y II sin drenes.



b) Variación de la velocidad V en el Vaso I y II con drenes.

Figura 124. Comparación de velocidades en el Vaso I y II.

5.6.1.3 Gastos

Los gastos con mayor intensidad cerca de la plataforma en el escenario sin drenes se forman en la sección de punta grande debido al gradiente que se forma es de más de dos metros. Alcanzando velocidades mayores a los 1.6 $m^3/s/m$ (Figura 125a), lo que supone un riesgo para embarcaciones pequeñas, formación de erosión. Con la construcción de los drenes estos gastos disminuyen considerablemente, hasta los 0.02 y 0.06 $m^3/s/m$ (Figura 125b).

El resto del dominio en el vaso II, I, III y IV se mantiene sin cambios.

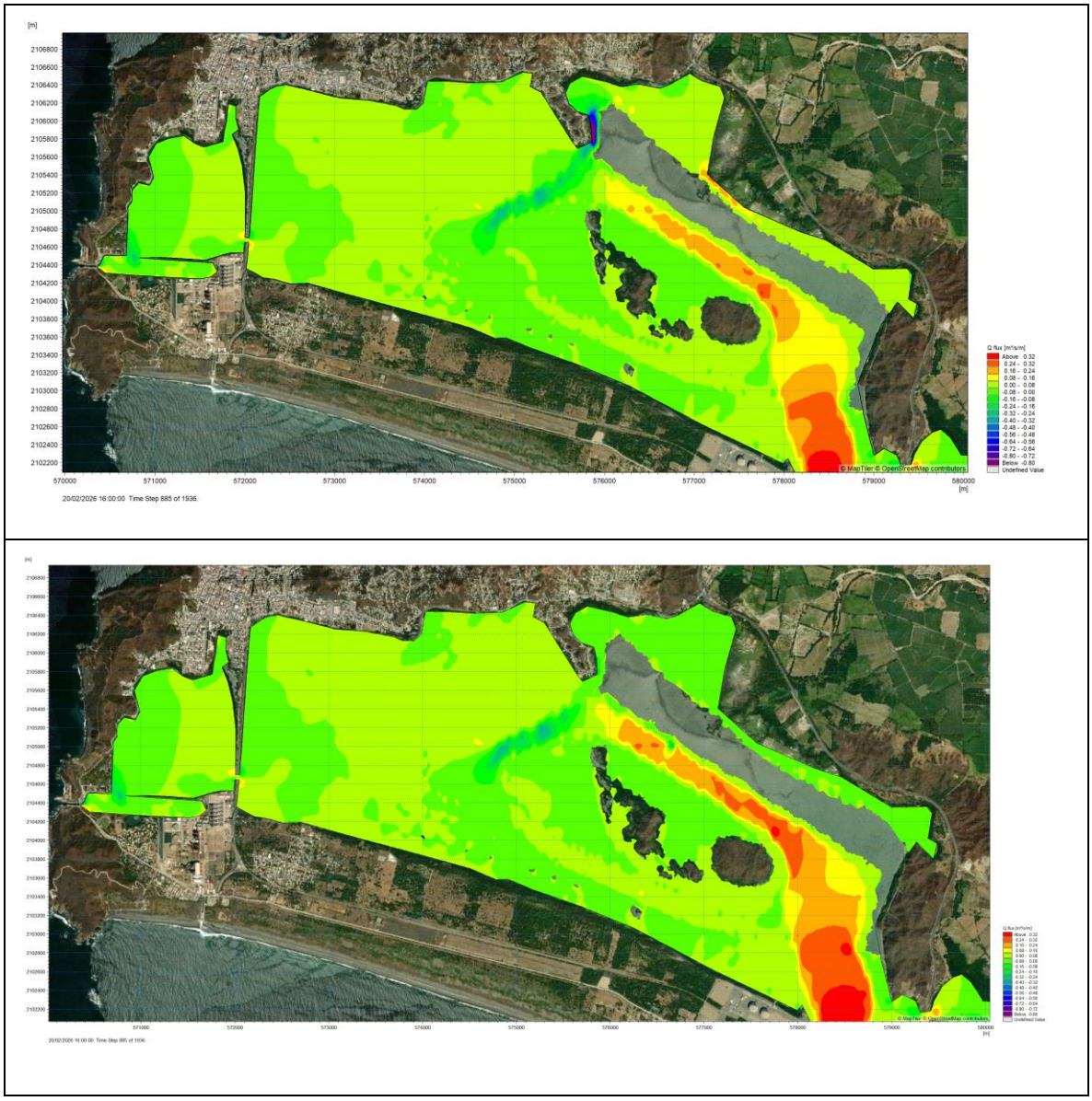


Figura 125. Comparación de los gastos en el Vaso I y II.

5.6.2 Implementación de los drenes con la Fase 2. Efecto de los drenes en el caso de la termoeléctrica de CFE

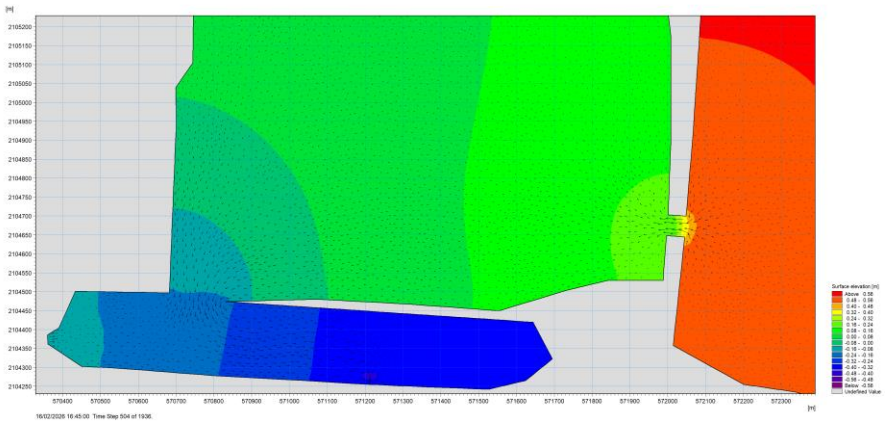
La colocación de los drenes por debajo de plataforma de la Fase 2 no solo contribuye a mantener la conexión hidráulica entre ambos vasos, también ayuda a disminuir diferentes procesos de erosión y una disminución paulatina del nivel del Vaso I producto del bombeo de la planta termoeléctrica.

En la Figura 126 se muestra una comparación del efecto que tiene el bombeo en el nivel de agua del vaso I en condiciones actuales y con los niveles observados con la construcción de la plataforma en de la fase 2 sin drenes y con drenes.

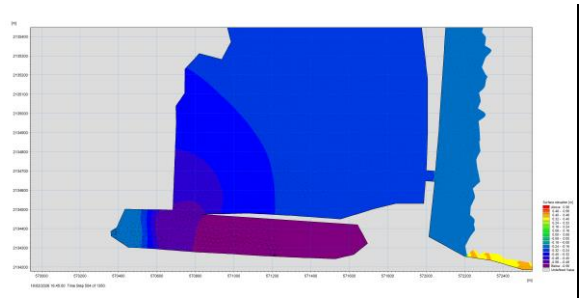
Como se comentó anteriormente, en condiciones de marea baja, el agua requerida por el bombeo es tomada principalmente del almacenamiento de

l Vaso I y su nivel es compensado con el flujo de agua proveniente del Vaso II, sin embargo, con la construcción de la plataforma sin drenes, el flujo se interrumpe y el flujo de bombeo no se compensa, por lo que el nivel en el Vaso I disminuye hasta 0.43 m sin que este sea recuperado.

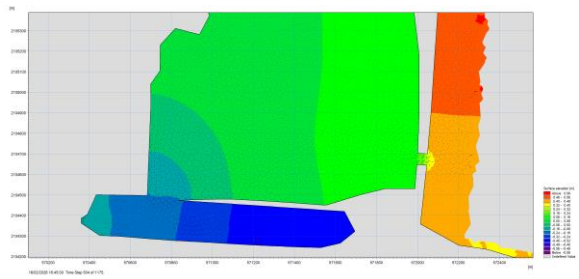
Con la construcción de los drenes, el flujo se recupera paulatinamente, aunque no es instantáneo, debido a que el flujo se ve segmentado por los drenes y el flujo ya no es directo proveniente del Vaso II, el retraso en es del orden de 45 minutos, sin embargo, el nivel se recupera en su totalidad.



a) Niveles con bombeo de CFE son proyecto.



b) Niveles con bombeo de CFE con proyecto sin drenes.

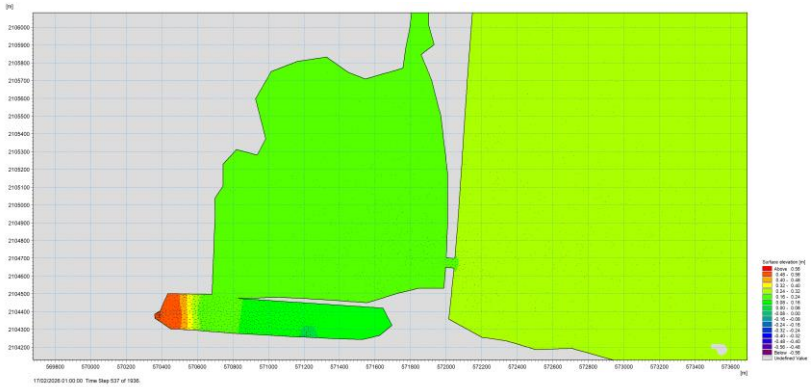


c) Niveles con bombeo de CFE con proyecto con drenes.

Figura 126. Variación de niveles con marea baja por el bombeo de la planta termoeléctrica de CFE en condiciones sin proyecto, con proyecto y con proyectos con drenes.

En condiciones de marea alta, el agua requerida por el bombeo es tomada principalmente del Canal Ventanas y existe una recuperación del nivel en el Vaso I con aportes también del Vaso II. Con la construcción de la plataforma sin drenes la recuperación del vaso I no es suficiente durante la etapa de marea alta, por lo que el nivel en el Vaso I se mantiene 0.2 m por debajo de su nivel habitual en condiciones sin proyecto.

Con la construcción de los drenes, el flujo se recupera ya que restauran los gastos de entrada por el vaso dos, aunque con mayor lentitud, debido a que el flujo por los drenes no es inmediato, sin embargo, el nivel se recupera en su totalidad.



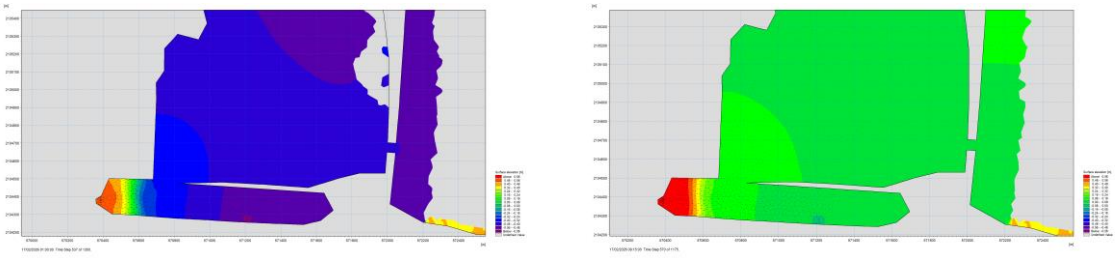


Figura 127. Variación de niveles con marea alta por el bombeo de la planta termoeléctrica de CFE en condiciones sin proyecto, con proyecto y con proyectos con drenes.

En la Figura 127 se muestran un segmento de las variaciones de gasto provenientes del Vaso II hacia el Vaso I. En azul, en condiciones normales (valores positivos son gastos hacia el Vaso I y valores negativos hacia el Vaso II), en naranja, en condiciones de proyecto fase 2 sin drenes y en azul en condiciones de proyecto con drenes.

Puede observarse que, sin drenes, la disminución del gasto proveniente del Vaso II es dramática, ya que el Vaso II deja tener aportes directos y el agua de bombeo proviene del almacenamiento del Vaso I y del Canal ventanas. Con drenes, las magnitudes del gasto se recuperan en condiciones de alta mar, pero cuando la marea baja, el bombeo de la planta se compensa principalmente del Canal Ventanas, como se muestra en la Figura 128 especialmente en condiciones de marea baja. Para el resto de las condiciones los gastos son equivalentes.

En la Figura 129 se muestran un segmento de las variaciones de gasto provenientes del Canal Ventanas hacia el Vaso I. Se aprecia que en el caso de la fase 2 sin los drenes, el canal Ventanas compensa más del 45 por ciento del gasto en condiciones de Baja mar y el resto el almacenamiento del Vaso I, lo que abate su nivel (Figura 128). En el caso de la colocación de los drenes los gastos se compensan, aunque existe un retraso en la recuperación del nivel debido a que el flujo no es inmediato desde el vaso II.

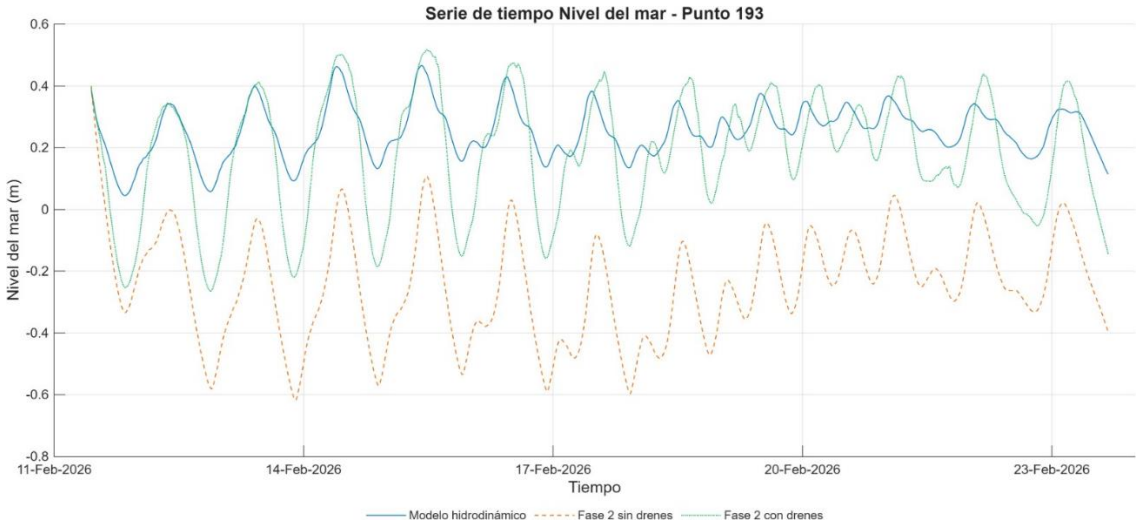


Figura 128. Comparación de gastos provenientes del Vaso II hacia el Vaso I.

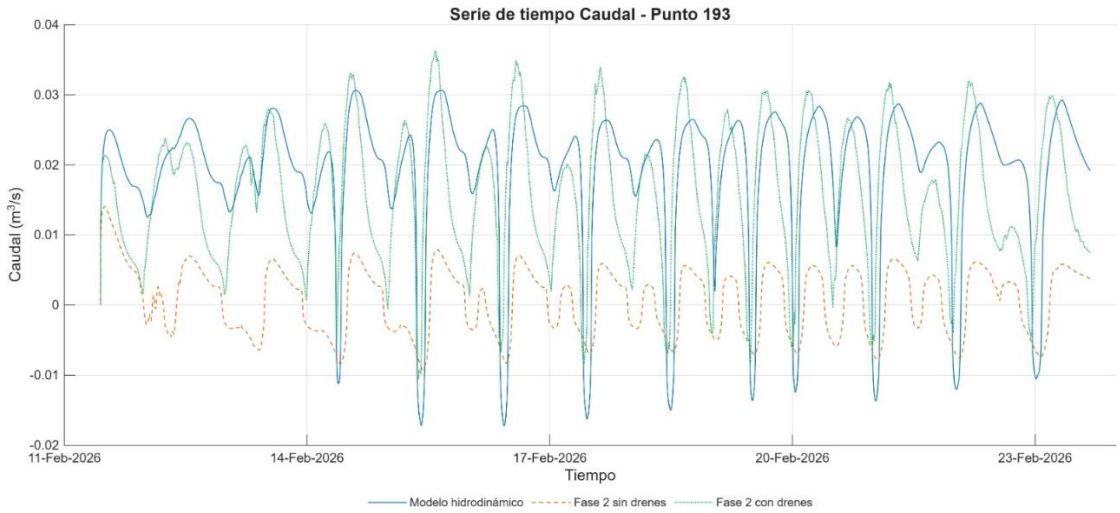


Figura 129. Comparación de gastos provenientes del Vaso II hacia el Vaso I.

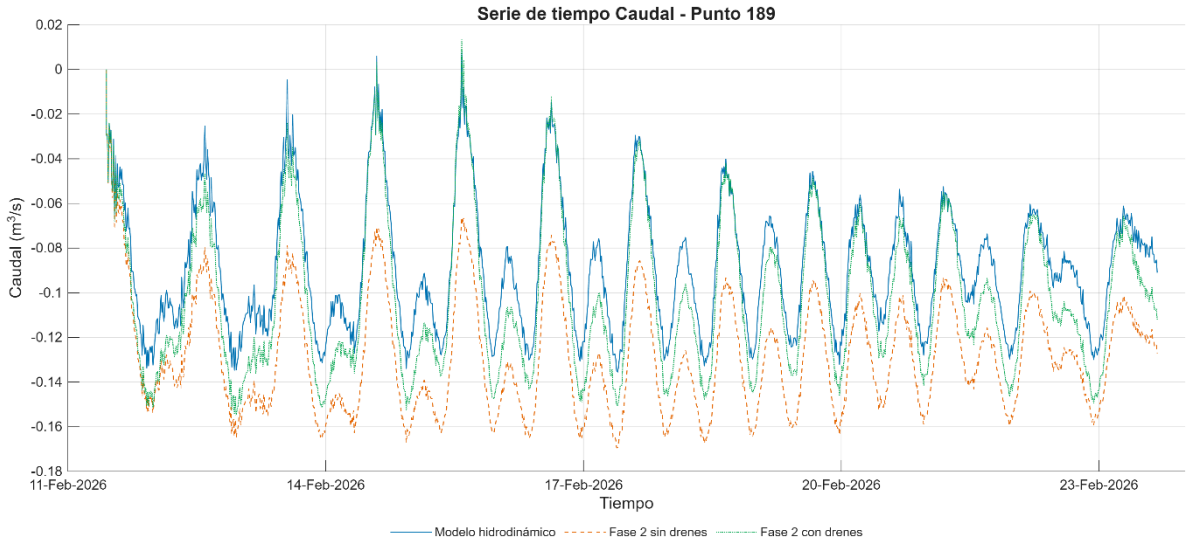


Figura 130. Comparación de gastos provenientes del canal Ventanas.

Los efectos anteriores tambien se refleja en la velocidad, donde la velocidad disminuye fuertemente con la construcción de la plataforma de la Fase 2, hasta un 75% en la zona de intercambio entre el Vaso I y II (Figura 131) y un aumento en la velocidad derivado de una mayor exigencia del gasto del canal ventanas (Figura 132).

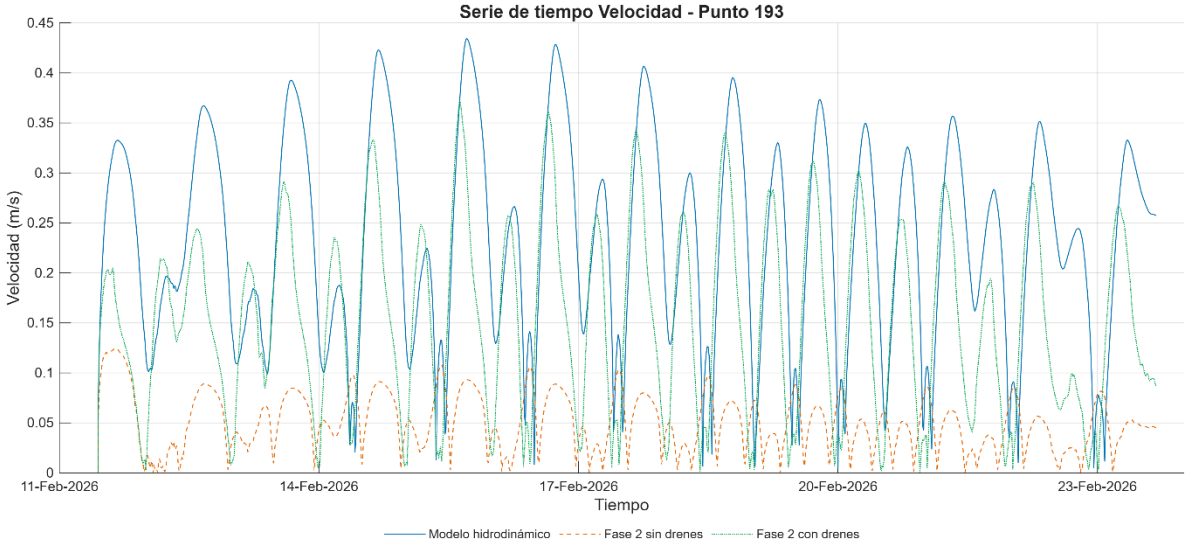


Figura 131. Comparación de la velocidad provenientes del Vaso II hacia el Vaso I.

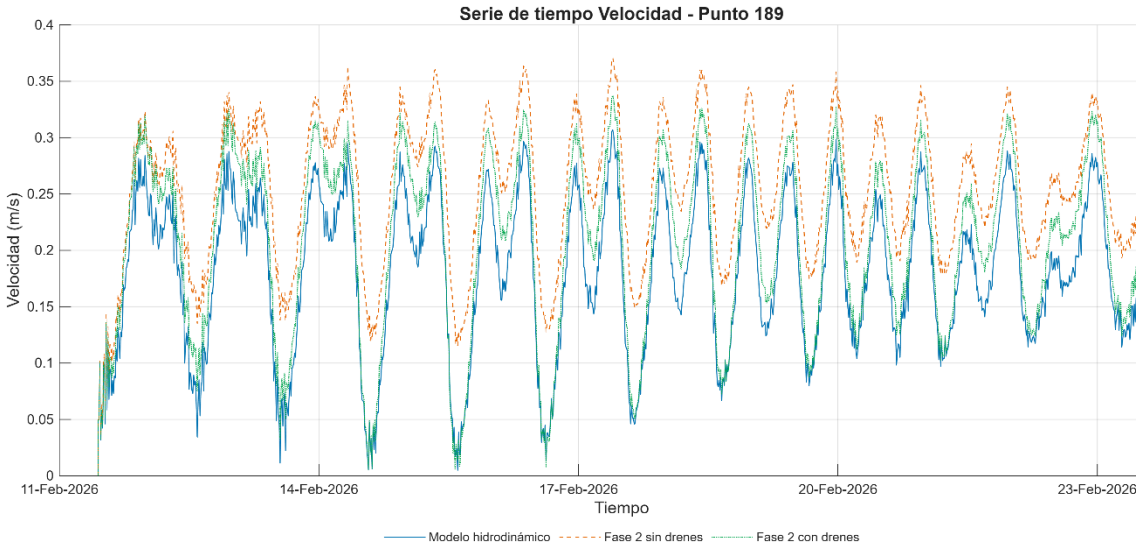


Figura 132. Comparación la velocidad proveniente del canal Ventanas.

Los drenes a lo largo de la plataforma permitieron eliminar los efectos de estrangulamiento hidráulico inducidos por la infraestructura de la fase 1, además de restablecer la conectividad entre el Vaso II y el Vaso I y garantizando la continuidad del flujo dentro del sistema lagunar.

Los resultados del modelo hidrodinámico demuestran que esta medida reduce de manera significativa los niveles máximos, las velocidades y los gradientes hidráulicos, mitigando las afectaciones identificadas en escenarios sin drenes, particularmente aquellas asociadas a los escurrimientos del Arroyo Zacate y al bombeo de la planta termoeléctrica.

Los drenes constituyen una medida de mitigación efectiva, suficiente y técnicamente viable, que permite mantener el sistema dentro de condiciones hidrodinámicas estables y compatibles con su funcionamiento natural. En adición, deberá monitorearse el comportamiento del Canal Ventanas y el abatimiento dentro de la zona reguladora para garantizar el funcionamiento de los drenes a largo plazo en especial durante la Fase 2 del proyecto. Para este último caso, se recomienda revisitar el proceso de modelación ya que la construcción de la Fase 2 está programada varios años después de la Fase 1, tiempo en el cual las condiciones hidrodinámicas que hoy se modelan pueden ser diferentes.

5.7 Evaluación de escenarios

5.7.1. Cambio Climático

El cambio climático es uno de los mayores problemas globales del siglo XXI y tiene importantes implicaciones para la naturaleza y los seres humanos. Según el Informe de Síntesis del Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2023), hay evidencia inequívoca de que las actividades humanas, principalmente a través de la emisión de gases de efecto invernadero, han llevado a un

calentamiento continuo del sistema climático. La temperatura media de la superficie global ha alcanzado alrededor de 1.1°C por encima de los niveles preindustriales en tiempos recientes (Figura 133), y ha aumentado a un ritmo sin precedentes en al menos los últimos dos milenios.

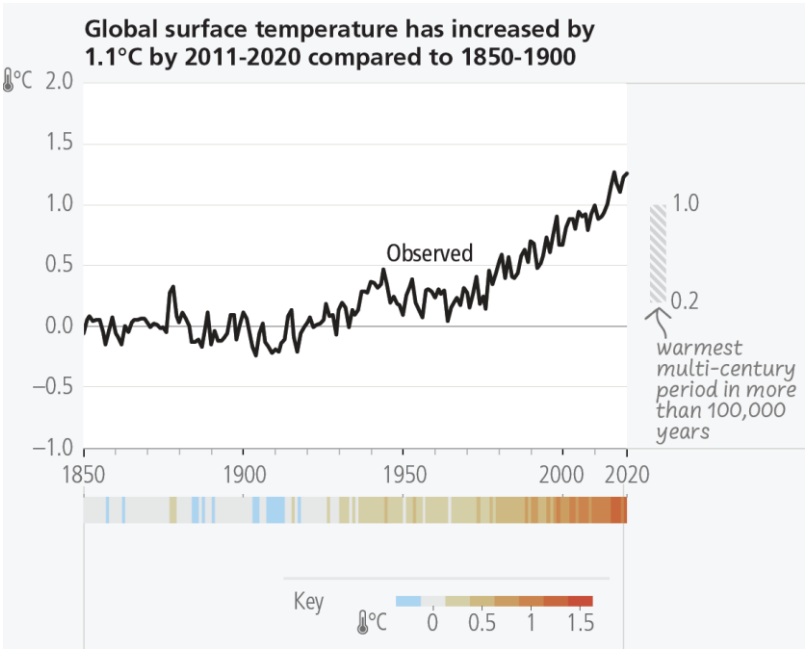


Figura 133. Aumento de la temperatura global durante el último siglo (IPCC, 2023)

Este calentamiento ha resultado en cambios dramáticos en la atmósfera, los océanos, la criosfera (conjunto de componentes de la Tierra donde el agua se encuentra en estado sólido) y los ecosistemas terrestres (por ejemplo, olas de calor, lluvias intensas, sequías, ciclones tropicales). Además, ha habido un aumento sostenido en el nivel medio del mar a medida que el océano se expande y los glaciares y las capas de hielo se derriten, y esta tendencia se ha intensificado en las últimas décadas.

En las áreas costeras, estos cambios son particularmente importantes ya que los sistemas son muy sensibles a los cambios en el nivel del mar, la energía de las olas, el viento y los aportes continentales. Los sistemas de lagunas costeras, como cuerpos de agua poco profundos con diferentes conexiones al océano, responden a estos aportes de diversas maneras (por ejemplo, patrones de circulación, tiempos de residencia y procesos de intercambio hidráulico) y, por lo tanto, son sensibles a ellos, en el océano y el entorno oceánico. El aumento del nivel del mar conduce a la intrusión marina, y el aumento de eventos extremos lleva a una mayor variabilidad hidrodinámica y niveles de energía más altos en el sistema.

El cambio climático también está asociado con cambios en los ciclos hidrológicos regionales, donde la intensidad y distribución de las precipitaciones también se vieron afectadas. Hay una creciente frecuencia de eventos de lluvias intensas, lo que resulta en mayores aportes de escorrentía superficial a los sistemas de lagunas y también afecta los gradientes de densidad, la estratificación y la renovación del agua. Estos cambios

pueden llevar a una mayor eficiencia de renovación en áreas cercanas a los aportes continentales y a un tiempo de residencia más prolongado en áreas de baja circulación.

El IPCC también dice que, aunque no hay evidencia clara de un aumento en la frecuencia total de ciclones tropicales, hay un aumento en el porcentaje de eventos de alta intensidad (categoría 3 a 5) acompañado de un aumento en los eventos de precipitación. Esto significa que los impactos hidrodinámicos en los sistemas costeros serán más severos y podrían afectar la estabilidad geomorfológica, el transporte de sedimentos y la calidad del agua.

En términos de impactos, el cambio climático ya ha causado grandes daños a los ecosistemas a través de la pérdida de biodiversidad, impactos en la seguridad hídrica y alimentaria, y daños a la infraestructura. En particular, las áreas costeras han presenciado una severa pérdida de humedales y ecosistemas naturales, que siguen siendo cruciales para la hidrodinámica y la protección contra eventos extremos. Los impactos no están distribuidos de manera uniforme, y las regiones más afectadas son aquellas con menor capacidad de adaptación y mayor exposición al riesgo climático.

En el contexto del cambio climático, las proyecciones desarrolladas por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mediante los escenarios RCP (Representative Concentration Pathways) y SSP (Shared Socioeconomic Pathways) basados en concentraciones de gases de efecto invernadero, permiten evaluar posibles trayectorias futuras del clima en función de distintos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para el modelo hidrodinámico, se analizan los escenarios SSP1-2.6 (bajas emisiones), SSP2-4.5 (intermedio) y SSP5-8.5 (altas emisiones), los cuales abarcan un rango representativo de condiciones futuras hacia los horizontes de 2050 y 2100.

Las proyecciones de temperatura para la región del Pacífico mexicano indican un incremento progresivo moderado en todos los escenarios. Para mediados de siglo (2041–2060), se estiman aumentos de entre 1.2 y 2.5 °C bajo escenarios intermedios, mientras que hacia finales del siglo (2081–2100), los incrementos podrían alcanzar entre 2.5 y 5.0 °C bajo escenarios de altas emisiones. Este aumento térmico tendrá implicaciones directas sobre la dinámica de la Laguna de Cuyutlán, particularmente en el incremento de la evaporación, y la modificación de la estratificación térmica del agua en el océano, afectando procesos biogeoquímicos y la productividad del sistema (IPCC, 2023).

En la Figura 134 se muestra la variación de la temperatura máxima en las 3 estaciones que se encuentran cerca de los 4 vasos de la Laguna Cuyutlán. Puede observarse un ligero incremento en las temperaturas máximas, en especial en la estación Cuyutlán, con valores registrados mayores a los 41° C los cuales no se presentaban antes de 2015.

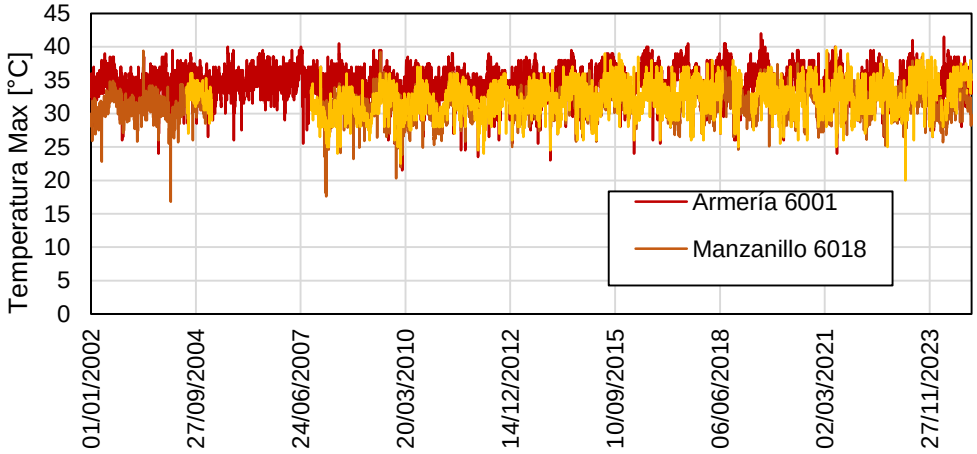


Figura 134. Variación de la temperatura máxima en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán.

En cuanto a la precipitación, los modelos climáticos globales (CMIP5 y CMIP6) coinciden en señalar una tendencia hacia una mayor variabilidad hidrológica en el occidente de México. Esto se traduce en una disminución de la precipitación media anual, estimada entre -10% y -20% bajo escenarios intermedios y altos, acompañada de un incremento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos de lluvia. Este patrón implica que, aunque los eventos de precipitación intensa podrían aumentar la escorrentía superficial de manera puntual, la recarga hídrica efectiva tendería a disminuir, reduciendo los aportes de agua dulce hacia el sistema lagunar y favoreciendo condiciones de mayor salinidad.

En la Figura 135, se muestran los valores de precipitación mensual en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán, en general, hay una gran variabilidad en los valores de precipitación, ya que existen tanto aumentos como disminuciones, sin embargo, de manera general, destaca un déficit de precipitación, primero, durante los años de 2015, 2016 y 2018 y posteriormente, se observa una caída desde el año 2021 al 2024.

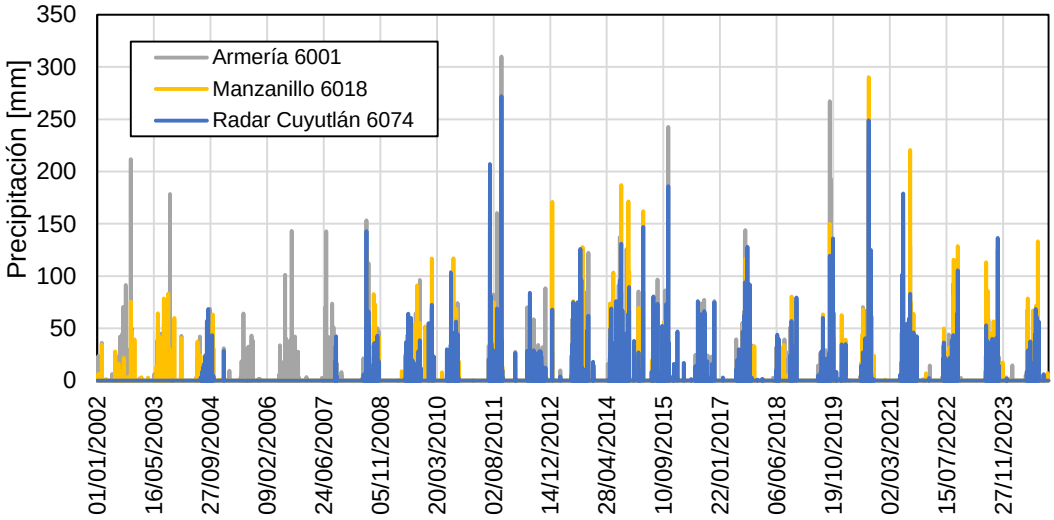


Figura 135. Precipitación mensual acumulada en las tres estaciones cercanas a la Laguna Cuyutlán.

Por otro lado, el ascenso del nivel medio del mar constituye uno de los factores de mayor relevancia para la zona de estudio. De acuerdo con el IPCC (2021), el nivel del mar podría incrementarse entre 0.20 y 0.35 m hacia 2050 bajo escenarios intermedios, y entre 0.45 y más de 1.0 m hacia 2100 bajo escenarios de altas emisiones (SSP5-8.5). En el Pacífico mexicano, registros mareográficos han evidenciado tendencias históricas de aumento del nivel del mar del orden de 2 a 3 mm/año, lo que sugiere una aceleración consistente con las proyecciones globales (CICESE, 2019). En este contexto, la Laguna de Cuyutlán, debido a su baja elevación y conexión con el Océano Pacífico, es altamente susceptible a procesos de inundación permanente, intrusión salina y modificación de su configuración geomorfológica.

Asimismo, el cambio climático está asociado con un incremento en la intensidad de los ciclones tropicales, particularmente en términos de precipitación extrema y marejadas ciclónicas. Si bien no existe consenso sobre un aumento en la frecuencia total de ciclones, sí se proyecta un incremento en la proporción de eventos de alta intensidad (categorías 4 y 5), lo cual representa un riesgo significativo para zonas costeras como Manzanillo, históricamente impactadas por huracanes del Pacífico oriental (Knutson et al., 2020).

Bajo estos escenarios, la Laguna de Cuyutlán experimentará una serie de transformaciones hidrológicas y ecológicas. En términos hidrogeoquímicos, se prevé un incremento en la salinidad debido a la combinación de mayor evaporación, reducción de aportes continentales y mayor intrusión marina. Esto favorecerá la evolución del sistema hacia condiciones hipersalinas, con predominancia de facies químicas tipo Na-Cl, lo cual puede ser evidenciado mediante diagramas hidrogeoquímicos como el de Piper. En términos hidrodinámicos, el aumento

del nivel del mar modificará los gradientes hidráulicos y los patrones de circulación, incrementando los tiempos de residencia y favoreciendo procesos de estratificación salina.

El análisis de escenarios permite identificar que, bajo condiciones de bajas emisiones (SSP1-2.6), los impactos serían moderados y potencialmente manejables mediante estrategias de adaptación basadas en ecosistemas. Sin embargo, bajo escenarios intermedios y altos (SSP2-4.5 y SSP5-8.5), la Laguna de Cuyutlán podría experimentar cambios estructurales significativos donde se tenga alteración de su funcionamiento hidrológico, con implicaciones directas para la biodiversidad y las actividades económicas de las comunidades locales.

Con base a esta información, se recalculó el balance hidrológico, en los tres diferentes escenarios de aumentos de temperatura para los periodos 2041–2060 y hacia finales del siglo (2081–2100).

El primer escenario, considera un aumento de 0.5°C, que englobaría el incremento bajo condiciones de bajas emisiones (SSP1-2.6) hacia 2041–2060.

El segundo y tercer escenario corresponden al aumento de 2°C y 4 °C respectivamente y correspondientes bajo escenarios intermedios y altos (SSP2-4.5 y SSP5-8.5)

El incremento de temperatura se introdujo en la ecuación general de Penman-Monteith para calcular la evapotranspiración potencial (ETp)

$$ETp = (0.408 * \Delta * (Rn - G) + \gamma * (900 / (\Delta \mathbf{T} + 273)) * u2 * (es - ea)) / (\Delta + \gamma * (1 + 0.34 * u2)) \quad (4)$$

Donde:

ΔT Es el gradiente de temperatura de cada escenario.

En la Tabla 4 y 5 se muestra el resultado del cálculo de la disminución de agua que puede apartar cada cuenca que rodea a la Laguna Cuyutlán debido al aumento de temperatura para tres diferentes escenarios (SSP1-2.6, SSP2-4.5 y SSP5-8.5) y con una disminución del 10% de la precipitación anual

Tabla 4 . Desarrollo del volumen perdido por cuenca hacia la Laguna de Cuyutlán en escenarios de cambio climático. Disminución del volumen por menos días con precipitación (10%).

Subcuenca		A. Zacate	A. ASB 1	A. ASB 2	A. ASB 3	A. Rosa Morada	A. Calera	A. Agua Blanca	A, Cuastecomates	A. El Zalate	A. Higuerillas	A. Michel
Área	[km²]	148	2.46	2.85	6.86	8.27	3.61	79.8	9.9	3.52	4	8.7
Vaso a la que drena		II	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
Volumen anual [hm3]		44.67	0.95	1.10	2.65	3.20	1.39	30.83	3.83	1.36	1.55	3.36
Pérdida por aumento de temperatura	Escenario 1	1.65	0.04	0.04	0.10	0.12	0.05	1.14	0.14	0.05	0.06	0.12

[hm3]	Escenario 2	4.14	0.09	0.10	0.25	0.30	0.13	2.86	0.35	0.13	0.14	0.31
	Escenario 3	7.45	0.16	0.18	0.44	0.53	0.23	5.14	0.64	0.23	0.26	0.56
Pérdida por precipitación	10%	4.47	0.10	0.11	0.27	0.32	0.14	3.08	0.38	0.14	0.15	0.34
Total por escenario [hm3]	Escenario 1	38.55	0.82	0.95	2.29	2.76	1.20	26.61	3.30	1.17	1.33	2.90
	Escenario 2	36.07	0.77	0.89	2.14	2.58	1.13	24.90	3.09	1.10	1.25	2.71
	Escenario 3	32.76	0.70	0.81	1.94	2.34	1.02	22.61	2.81	1.00	1.13	2.47

Tabla 5. Desarrollo del volumen perdido por cuenca hacia la Laguna de Cuyutlán en escenarios de cambio climático. Disminución del volumen por menos días con precipitación (20%)

Subcuenca		A. Zacate	A. ASB 1	A. ASB 2	A. ASB 3	A. Rosa Morada	A. Calera	A. Agua Blanca	A, Cuastecomates	A. El Zalate	A. Higuerillas	A. Michel
Área	[km²]	148	2.46	2.85	6.86	8.27	3.61	79.8	9.9	3.52	4	8.7
Vaso a la que drena		II	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV
Volumen anual [hm3]		44.67	0.95	1.10	2.65	3.20	1.39	30.83	3.83	1.36	1.55	3.36
Pérdida por aumento de temperatura [hm3]	Escenario 1	1.65	0.04	0.04	0.10	0.12	0.05	1.14	0.14	0.05	0.06	0.12
	Escenario 2	4.14	0.09	0.10	0.25	0.30	0.13	2.86	0.35	0.13	0.14	0.31
	Escenario 3	7.45	0.16	0.18	0.44	0.53	0.23	5.14	0.64	0.23	0.26	0.56
Pérdida por precipitación	20%	8.93	0.19	0.22	0.53	0.64	0.28	6.17	0.77	0.27	0.31	0.67
Total por escenario [hm3]	Escenario 1	34.08	0.73	0.84	2.02	2.44	1.06	23.53	2.92	1.04	1.18	2.56
	Escenario 2	31.60	0.67	0.78	1.88	2.26	0.99	21.81	2.71	0.96	1.09	2.38
	Escenario 3	28.29	0.60	0.70	1.68	2.02	0.88	19.53	2.42	0.86	0.98	2.13

Puede observarse que, en escenarios críticos, la pérdida de agua que potencialmente llega a la Laguna Cuyutlán (incluyendo las zonas de cultivo) puede ser de hasta del 36%. Para escenarios conservadores la pérdida es entre el 23% y 29%. Esto es de vital importancia ya que no solo es un valor representativo de un escenario futuro, si no una condición frecuente si las temporadas de secas se vuelven frecuentes y extendidas a través de periodos de varios años. Estos porcentajes se pueden agravar aún más con las pérdidas de vegetación, cambios de uso de suelo, una mayor intercepción del flujo por cultivo, construcción de viviendas e infraestructura.

5.7.2. Incremento del nivel de mar

Se consideró un aumento del nivel del mar de aproximadamente 0.25 m (SSP5-2.5) para escenarios a mediano plazo, de 0.50 m para un escenario medio (SSP5-8.5), de 1.0 metro para un escenario alto (SSP5-8.5) y de 1.5 como escenario extremo para finales de este siglo. Bajo el escenario SSP5-8.5, el sistema podría experimentar cambios importantes de impacto en su funcionamiento hidrológico (IPCC, 2021) por lo que a continuación se analizan a detalle y se comparan cada escenario a través del modelo hidrodinámico

5.7.2.1 Variación del Nivel

En la Figura 136 y Figura 137 se muestra el comparativo del nivel del mar a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2 respectivamente.

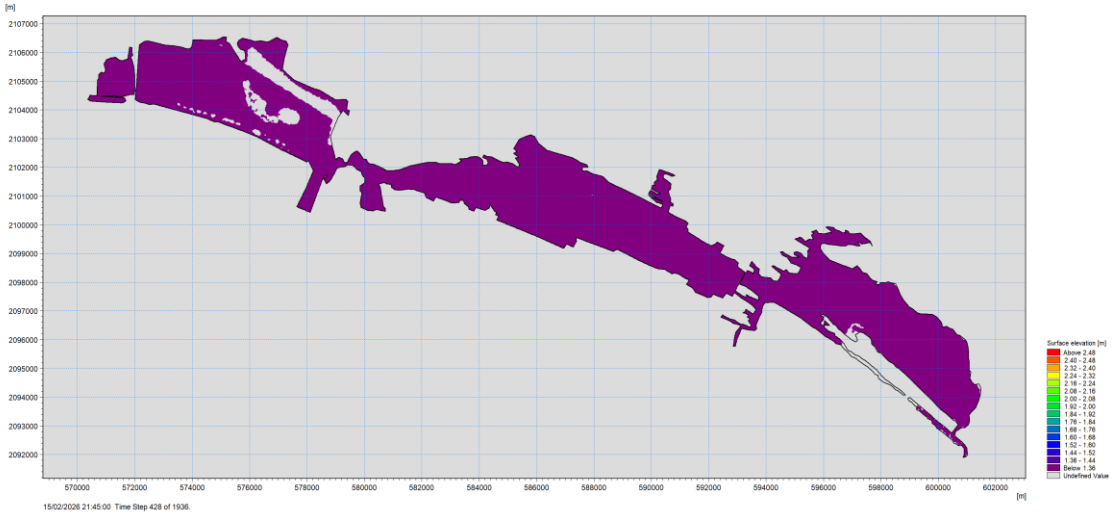
Bajo condiciones actuales y con incrementos de hasta +0.25 m, el sistema presenta un comportamiento amortiguado, caracterizado por un gradiente hidráulico bien definido y una disipación progresiva de la energía desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos. En el Vaso II los gradientes con el aumento de nivel de 0.25 se forma un gradiente al interior del orden de 0.08 y 0.12 m lo que incremente la movilidad, pero sin ser diferente a lo observado en el escenario base

Conforme se incrementa el nivel del mar, se observa una mayor propagación de la señal hidráulica hacia el interior del sistema, lo que se traduce en un incremento en la conectividad entre los vasos y una reducción en la capacidad de disipación de la energía. Este comportamiento se acentúa en escenarios intermedios (0.5 y 1 m), donde los vasos internos comienzan a responder de manera más directa a los forzantes oceánicos.

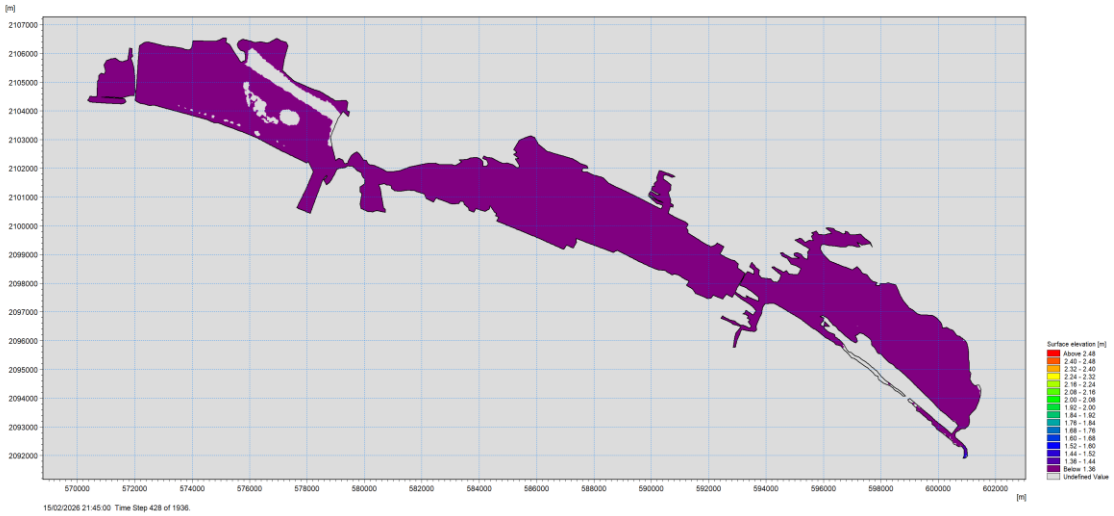
En el escenario extremo, se identifica una condición de alta conectividad hidráulica, en la cual gran parte del sistema responde de manera integrada al incremento del nivel del mar. Esta condición favorece la propagación de niveles elevados hacia zonas internas, incrementando la extensión de áreas potencialmente inundables y reduciendo la capacidad natural de amortiguamiento del sistema.

No obstante, incluso bajo estas condiciones, el sistema mantiene un gradiente hidráulico que permite la disipación de la energía, lo que evidencia que conserva parcialmente su capacidad de regulación frente a forzantes extremos tanto para la Fase 1 y la Fase 2.

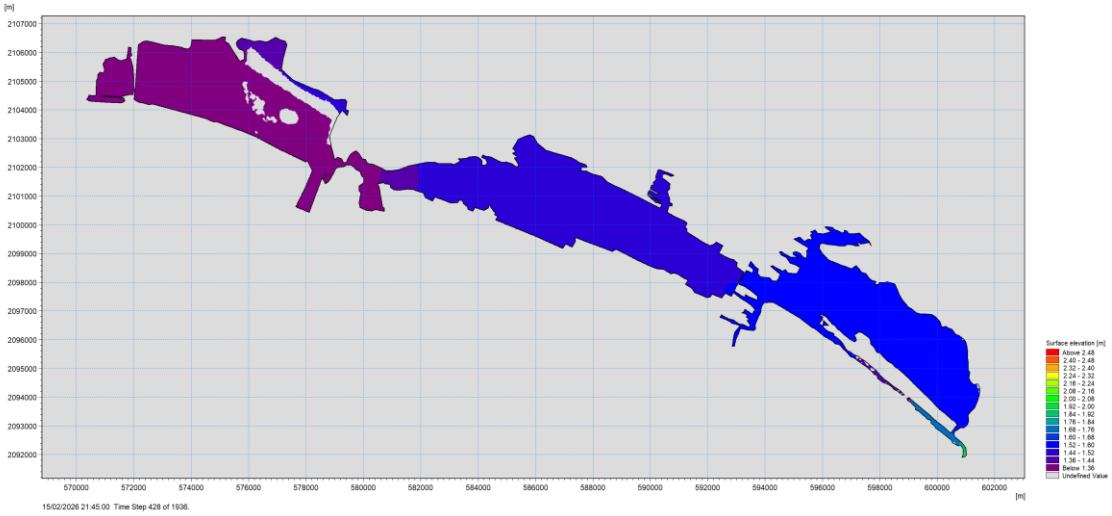
En conjunto, los resultados indican que la laguna presenta una sensibilidad creciente ante escenarios de incremento del nivel del mar, particularmente en términos de propagación hidráulica e inundación. Sin embargo, esta respuesta está controlada principalmente por la dinámica de intercambio marino, lo que refuerza el carácter dominante de los forzantes oceánicos en el comportamiento del sistema.



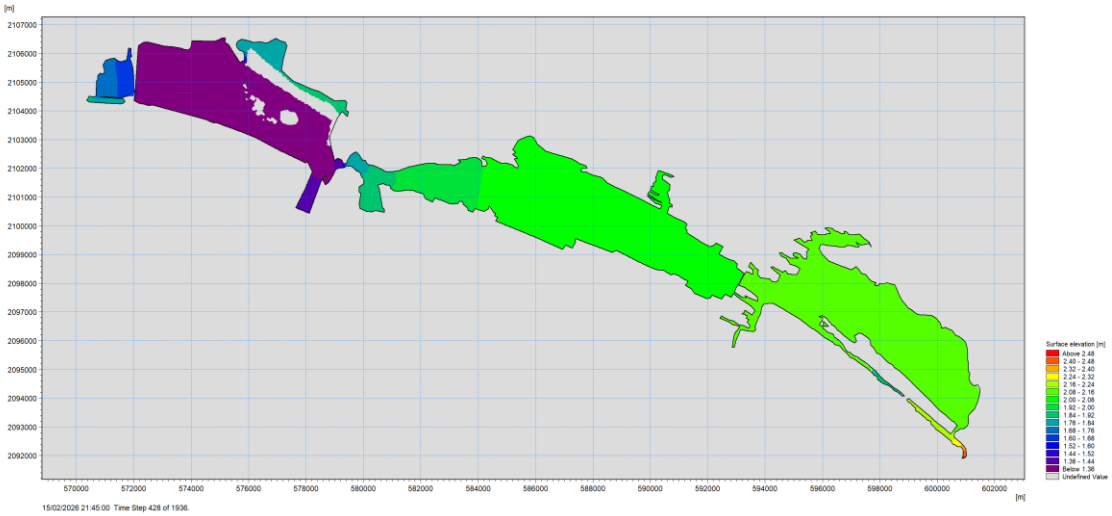
a) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.25 m. Fase 1.



b) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1.

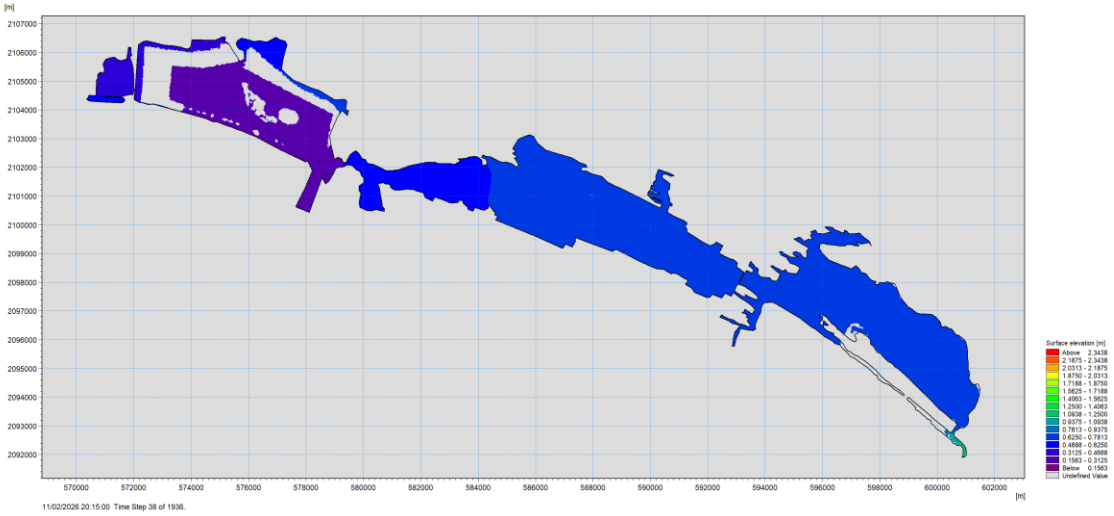


c) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1.

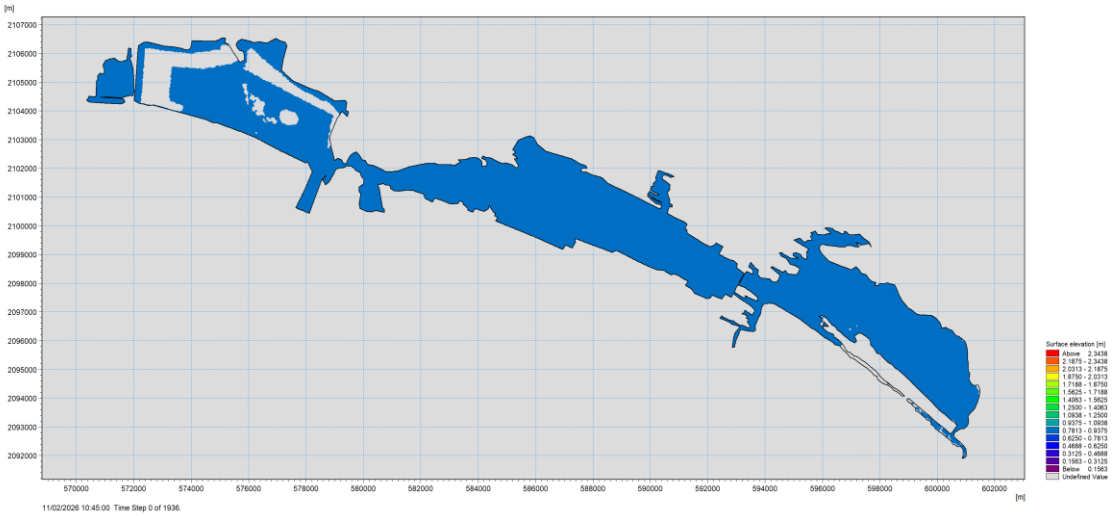


d) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1.

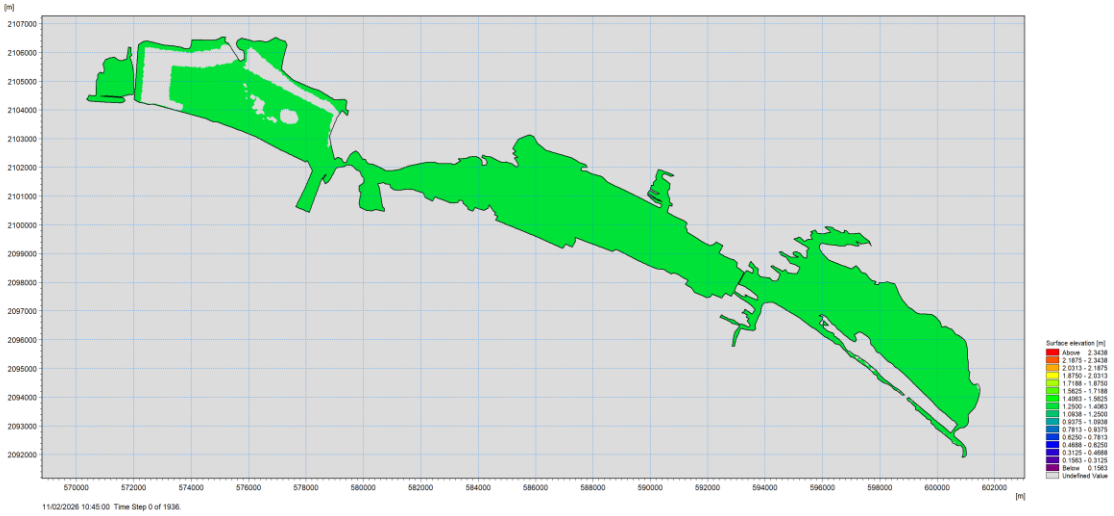
Figura 136. Comparación del nivel del mar con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.



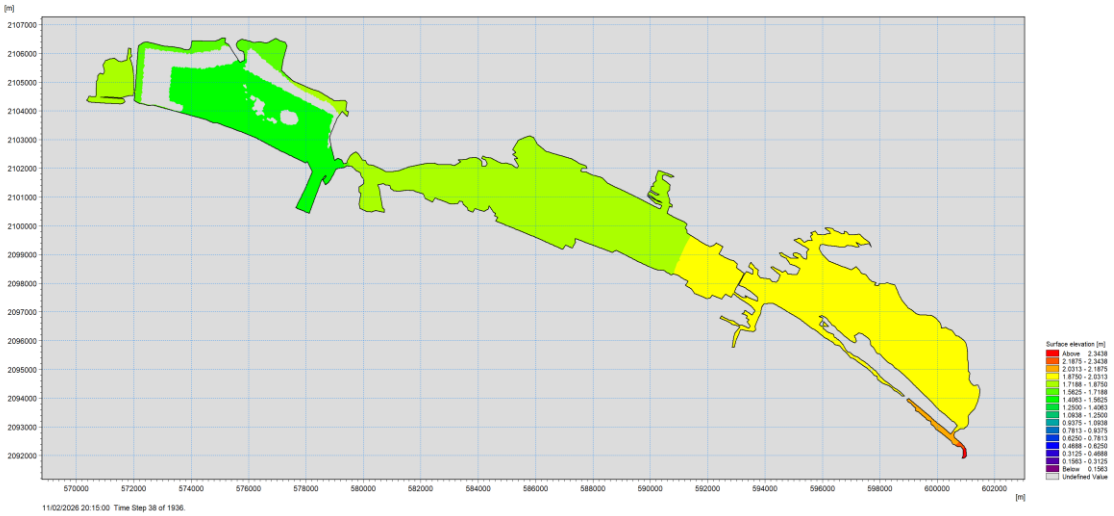
a) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2.



b) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2.



c) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2.



d) Variación del nivel con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2.

Figura 137. Comparación del nivel del mar con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

Para la Fase 2, se muestra la evolución de los niveles en serie de tiempo. Se observa que la componente de marea se mantiene, independientemente del incremento de nivel de mar, por tal motivo, el comportamiento marial hacia el interior en otras partes de la laguna se mantiene. Tampoco se observa un efecto acumulativo en los gradientes debido a la segunda plataforma, la diferencia radica en que no se fuerza el flujo hacia el vaso I

desde el Vaso II, si no que este se amortigua a atreves de los drenes, dando una condición más uniforme en ese extremo del Vaso II. Los resultados para puntos en el interior se presentan en el Anexo 2.

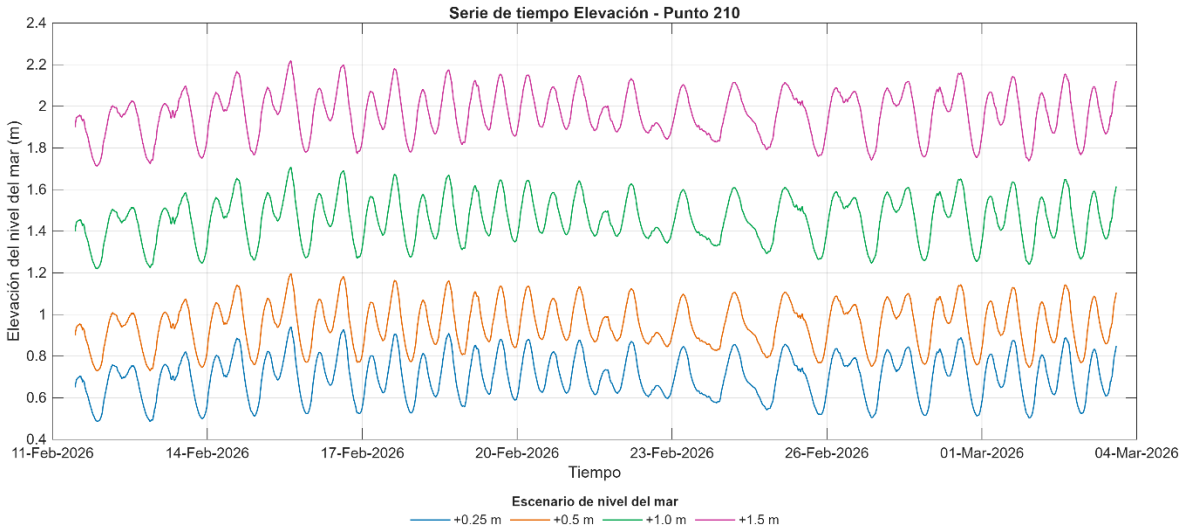


Figura 138. Variación temporal del nivel entre el Vaso II-III, Fase 2.

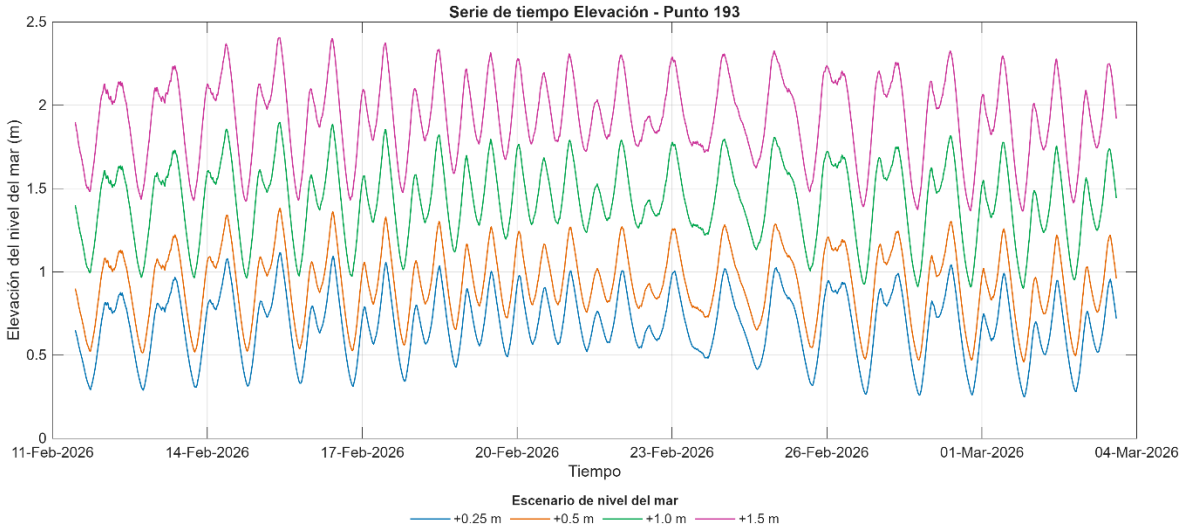


Figura 139. Variación temporal del nivel entre el Vaso I-II, Fase 2.

Con base a la información de la modelacion anterior, se realizó un mapa de zonas susceptibles por el incremento de nivel del mar. Se tomo en cuenta la altura de la marea más alta y el aumento debido a fenómenos de

tormenta. Si bien el nivel no representa un nivel permanente de espejo de agua, si representa las zonas donde es más probable que el agua alcance su nivel máximo en caso de fenómenos meteorológicos extremos. Como puede observar (Figura 140), con un incremento de 0.25 cm se ve afectada toda la zona salinera, y las zonas bajas del Vaso I y II, por lo que un aumento de nivel requerirá de nueva infraestructura hidráulica capas de drenar el agua, en especial en la zona económica del vaso III y IV. Para el vaso II, la zona inundable es la actual cuenca de desahogo de arroyo Zacate donde actualmente se encuentra una zona importante de depósito sedimentario.

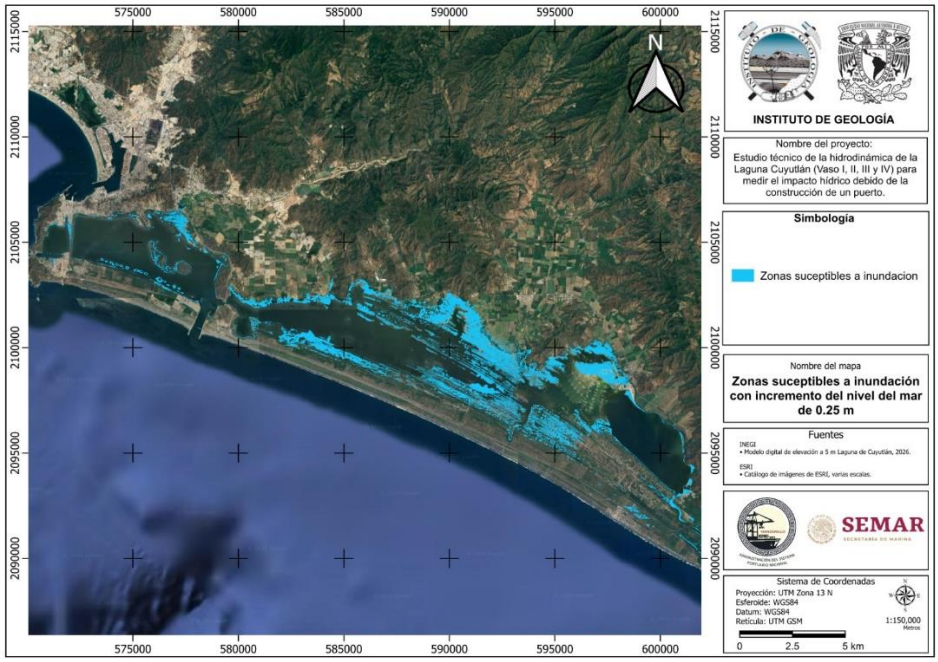


Figura 140. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.25 m.

En la Figura 141 se muestran las zonas susceptibles a un aumento de medio metro, puede observarse que las zonas susceptibles abarcan gran parte de la barra que separa la laguna con el mar, además de la zona norte de las salineras. En el vaso II se observan zonas de afectación al norte de donde se construirá la plataforma de la fase 1 y parte de la península de punta grande.

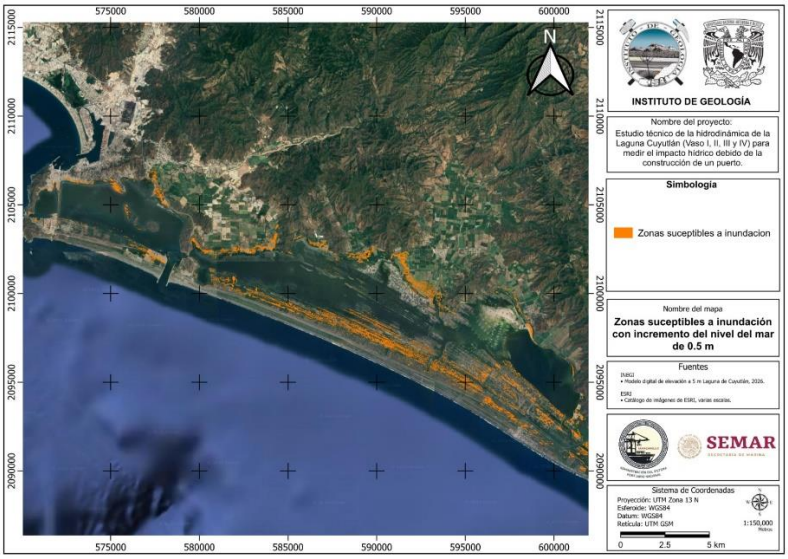


Figura 141. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +0.50 m.

En la Figura 142 se muestran las zonas susceptibles a un aumento de un metro correspondiente al SSP5-8.5 con un horizonte al 2100. La zona con mayor ganancia respecto al nivel de la laguna es la zona de la barra entre el Vaso III y IV y la línea de costa, y zonas de cultivo costa adentro en el vaso III y II, además de infraestructura actual como por ejemplo la terminal de gas de KMS.

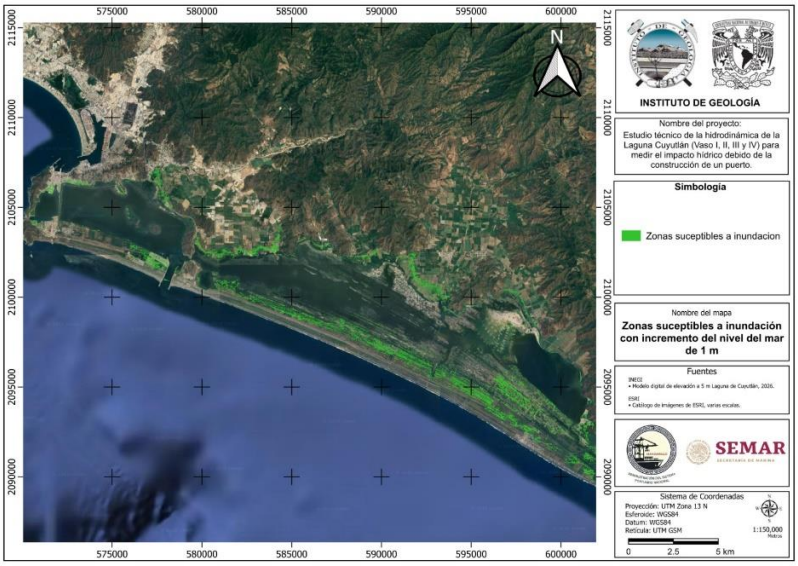


Figura 142. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.0 m.

En la Figura 143 se muestran un escenario extremo de 1.5 m. La zona con mayor ganancia respecto al nivel de la laguna es la zona de la barra entre el Vaso III y IV y zonas donde se encuentra infraestructura en el Vaso II. En el Anexo 3 se presenta un análisis más detallado de las zonas de inundación actuales y su respectiva metodología de cálculo.

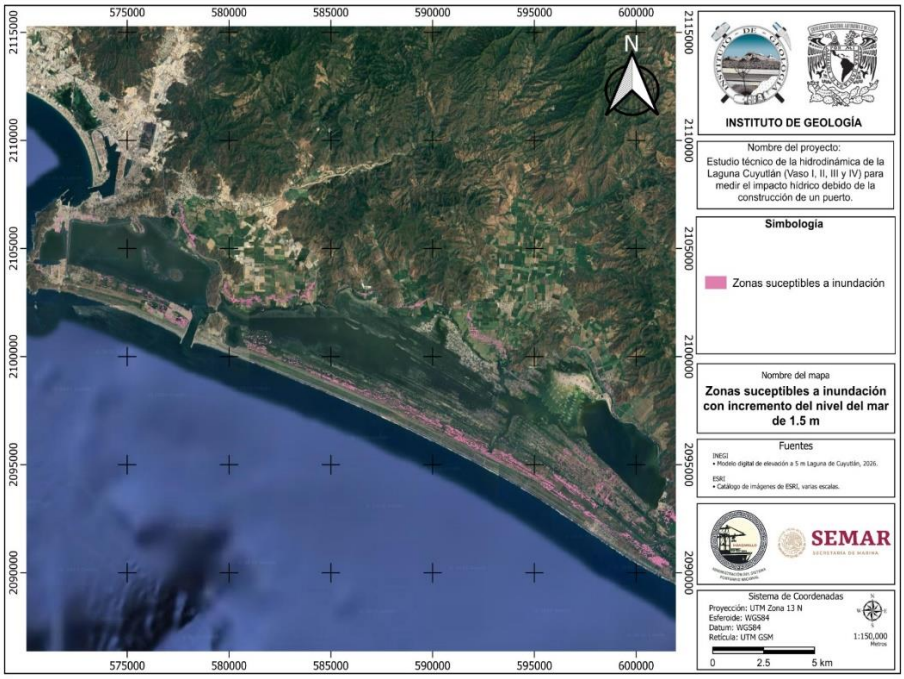


Figura 143. Zonas susceptibles a inundación con un incremento de nivel del mar de +1.5 m.

5.7.2.2 Variación de la velocidad

En la Figura 144 y Figura 145 se muestra el comparativo de la velocidad (U) a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2 respectivamente.

Para el escenario 1 en ambas fases, el sistema muestra un régimen de velocidad principalmente moderado como el caso actual, con valores en gran medida homogéneos principalmente en los vasos interiores, esto es debido a que los eventos de marea actuales se encuentran en el rango de los 0.25 m en eventos de marea alta. Sin embargo, se aprecia que las velocidades máximas que se encuentran en la región de conexión marina y en los estrechamientos hidráulicos aumentan pocos cm/s, lo que significa que el sistema tiene un gradiente bien definido, así como una disipación progresiva de energía, debido a la relación entre la profundidad en la longitud de los vasos.

Para el escenario 2, se observa un ligero aumento en las velocidades en los vasos internos, para ambas fases, asociada a un mayor forzamiento por el canal que conecta el Vaso II y III. Mientras que la zona de entrada marina también se observa velocidades más altas debido al gradiente que se forma por el aumento de nivel.

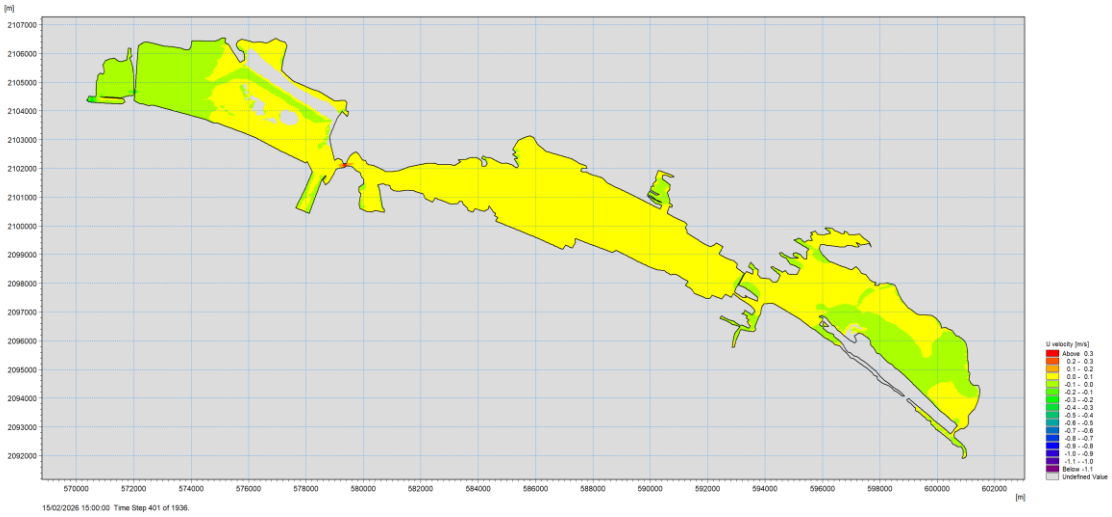
Los otros vasos se mueven hacia una disposición relativamente uniforme en todo el sistema, indicando una reorganización de la energía hidráulica alrededor del sistema y la disminución del contraste.

La tendencia se aumenta en el escenario 3 con aumentos de velocidad evidentes en las cuencas III y IV siendo más pronunciadas del orden de entre 0.025 a 0.05 m/s. La energía del sistema se concentra aún más en las zonas de conexión, y las zonas de entrada de agua de mar del Vaso II y I que se caracterizan por tener más dinamismo. Esto también sugiere que progresivamente se gana más en la capacidad de transporte de flujo del sistema, y se observa un aumento en la conectividad hidráulica y una disipación de energía menos localizada.

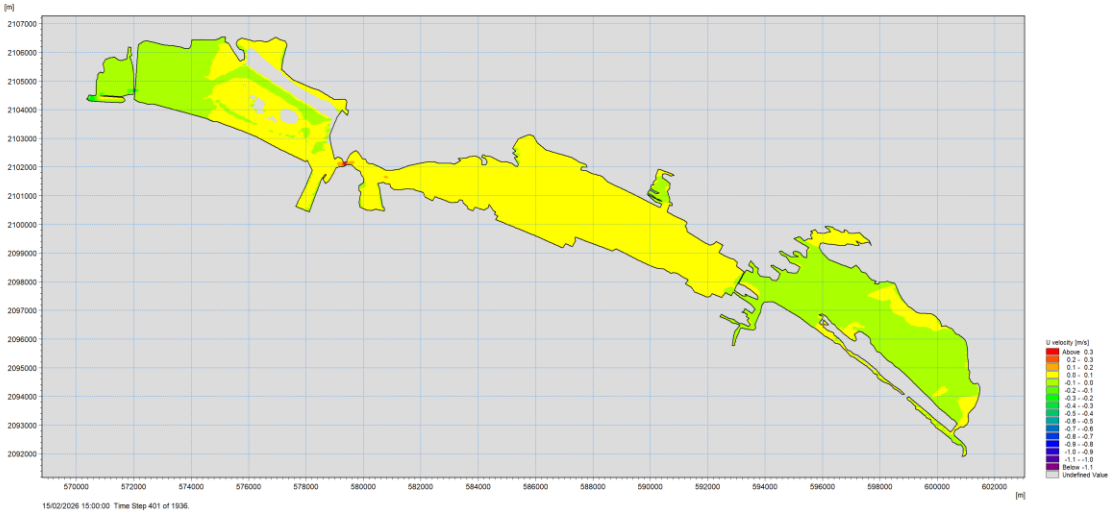
En el escenario 4, el cambio de comportamiento es mucho más pronunciado, por un aumento generalizado en la velocidad de todo el sistema. En esta perspectiva, las zonas de alta velocidad fluyen desde el área de conexión marina hacia los vasos centrales y reducen en gran medida las áreas de baja energía. Esta tendencia refleja una mayor intensidad de flujo y capacidad de transporte de energía a través del sistema lagunar. Los cuatro escenarios tienen una evolución no lineal de la dinámica de velocidad.

Mientras que los escenarios bajo e intermedio muestran una tendencia hacia la homogeneización y una buena distribución de las velocidades dentro de las zonas internas, en los casos extremos se muestra un aumento significativo en la energía hidráulica en todo el sistema.

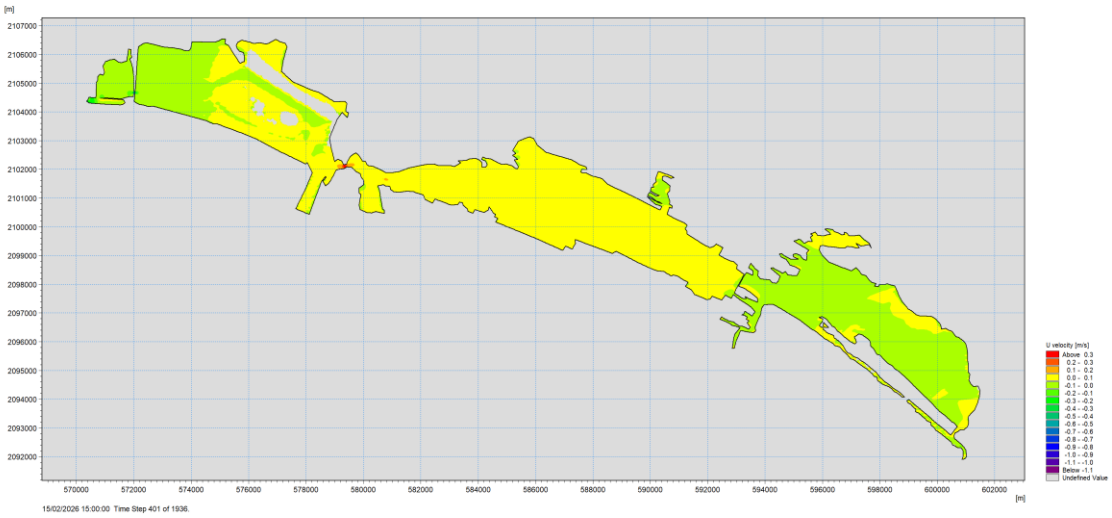
En comparación con las condiciones normales, esta característica es consistente con la respuesta del sistema lagunar a diferentes niveles de forzamiento (las condiciones normales favorecen una disipación gradual de energía, mientras que un evento extremo promueve una propagación de flujo más eficiente y un aumento en la intensidad de la corriente).



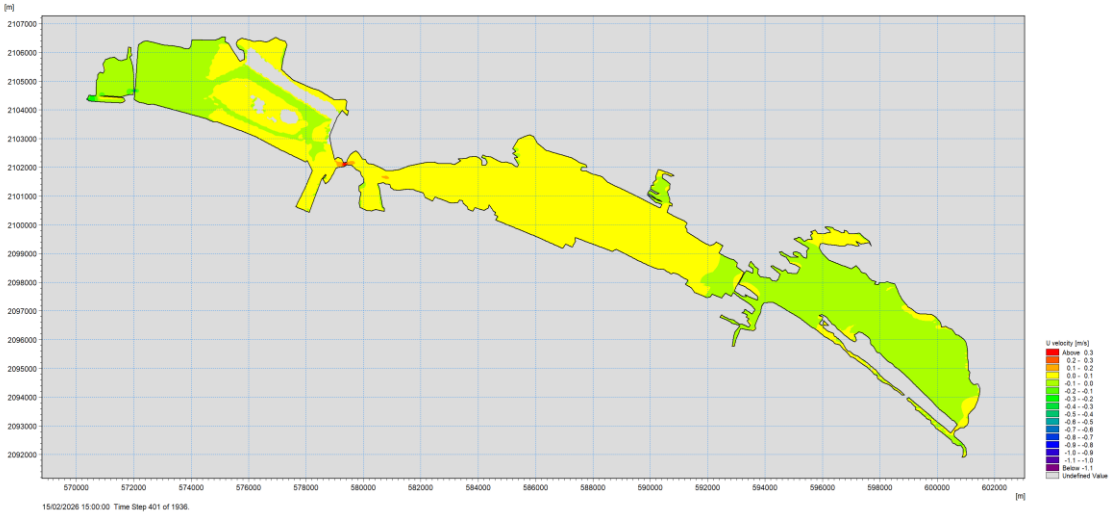
a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 1



b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1

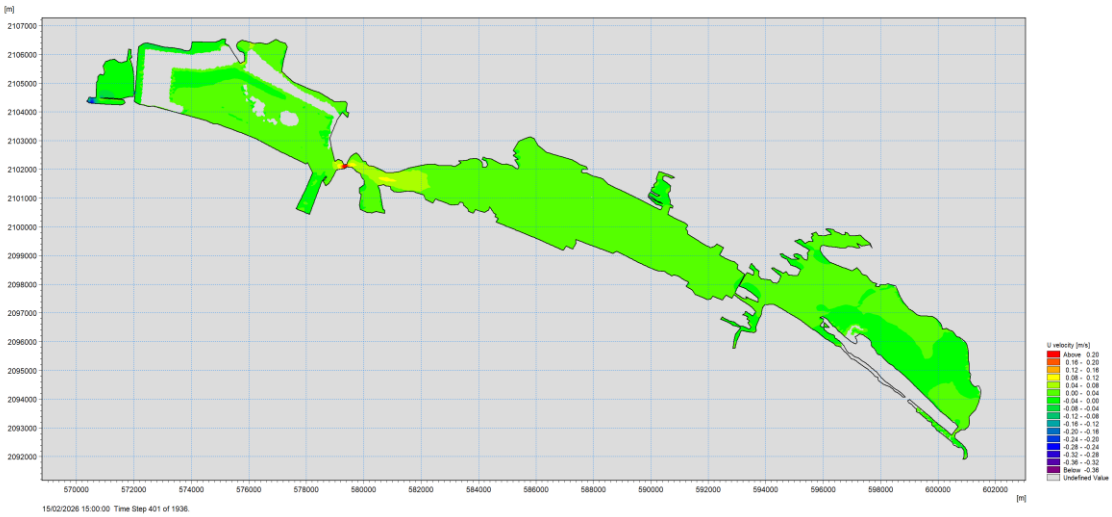


c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1

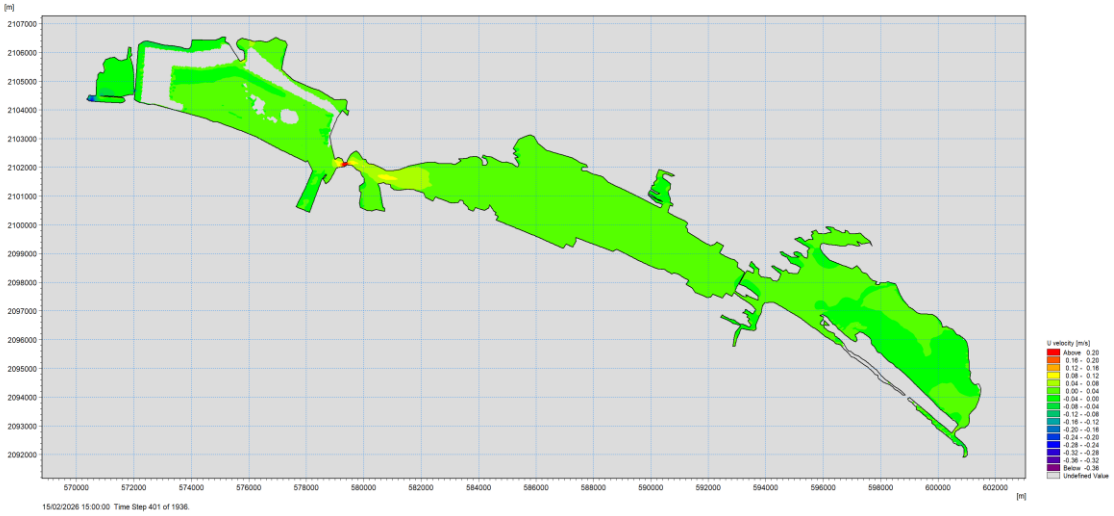


d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1

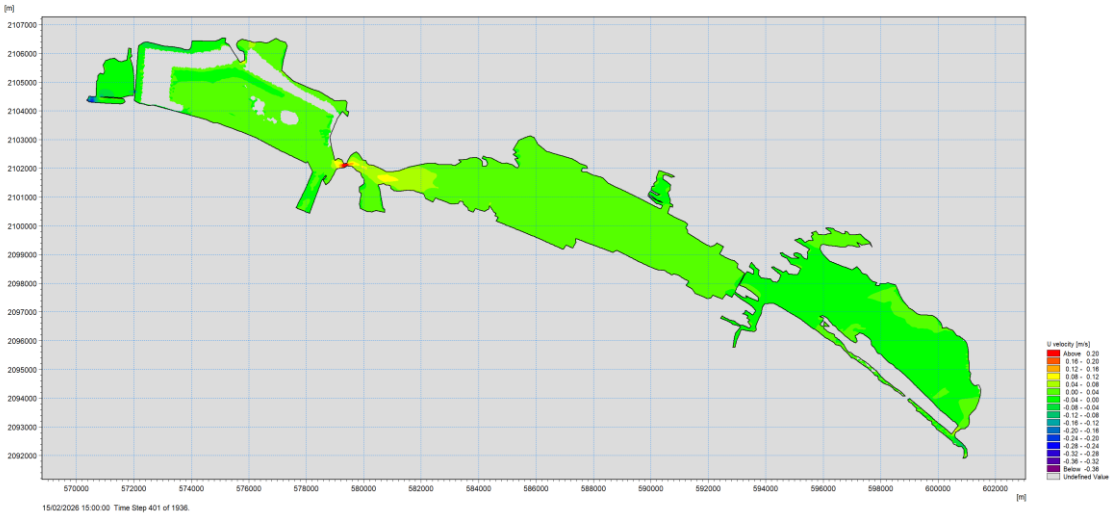
Figura 144. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.



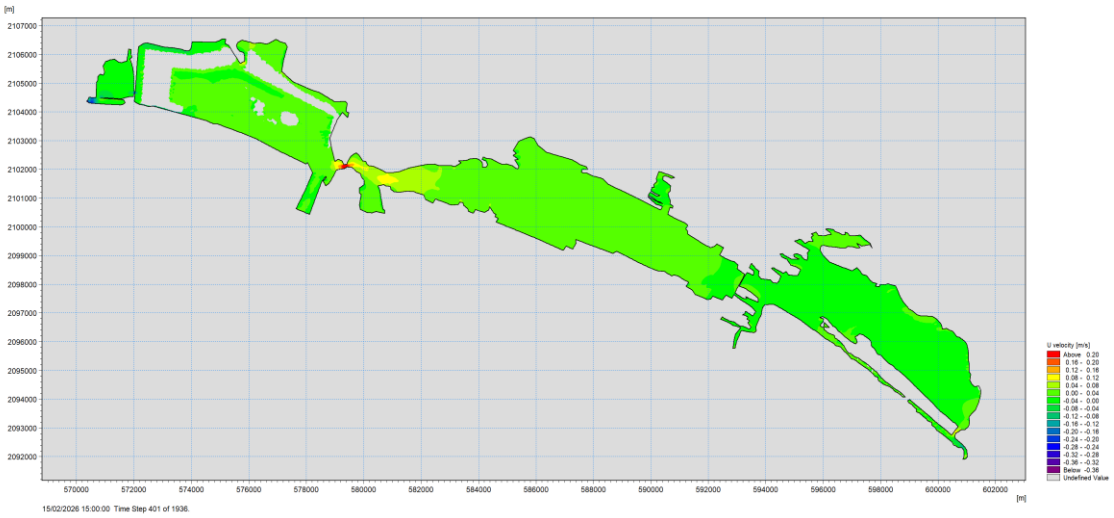
a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2



b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2



c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2



d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2

Figura 145. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

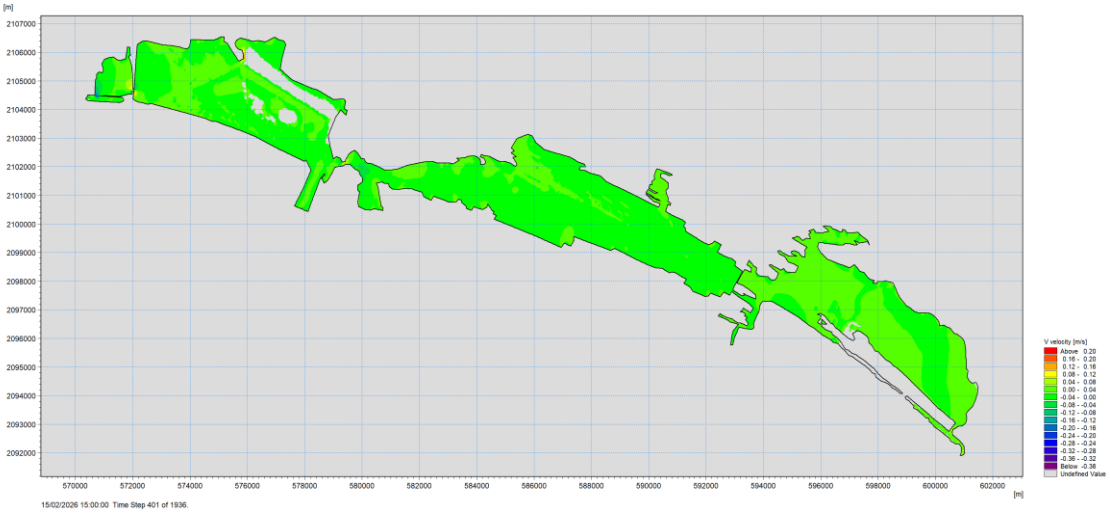
5.7.2.3 Variación de la velocidad V

En la Figura 146 y Figura 147 se muestra el comparativo de la velocidad (V) a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2 respectivamente.

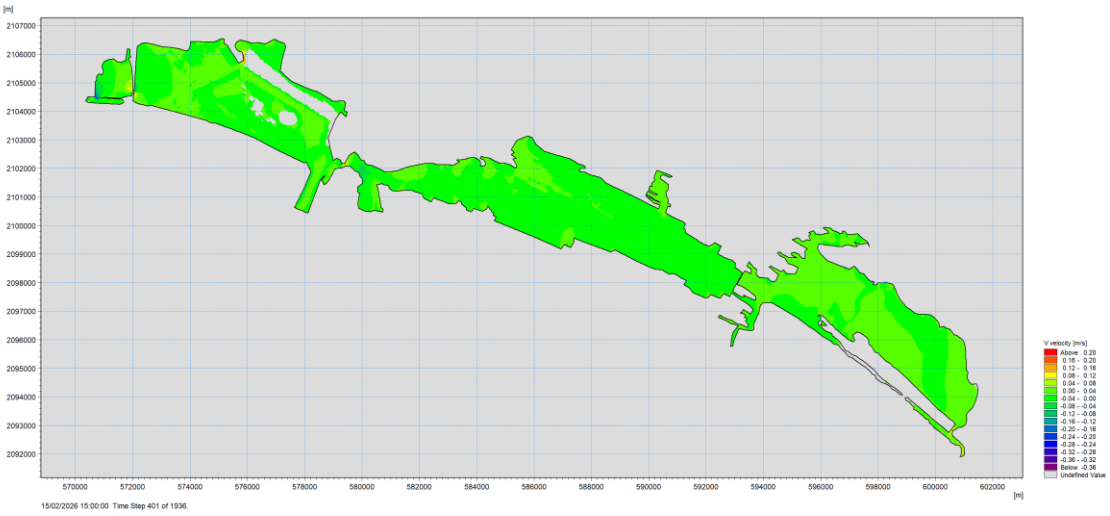
El análisis en los distintos escenarios evaluados se observa que el sistema lagunar mantiene valores predominantemente bajos al menos para los dos primeros dos escenarios y una distribución espacial homogénea, independientemente del nivel de forzamiento hasta los 0.5 m. En condiciones base, el flujo presenta una marcada dominancia longitudinal (U), con una contribución transversal limitada (V) y sin evidencia de patrones significativos de recirculación.

En escenarios intermedios, se observan ligeras variaciones locales en la componente transversal, principalmente en zonas de transición entre vasos y por detrás de la plataforma de la Fase 1; sin embargo, estas no modifican la dirección dominante del flujo ni generan estructuras de circulación lateral relevantes. En el escenario de mayor energía, correspondiente a condiciones extremas, se identifica un incremento en la intensidad del flujo, pero sin un cambio significativo en la componente transversal.

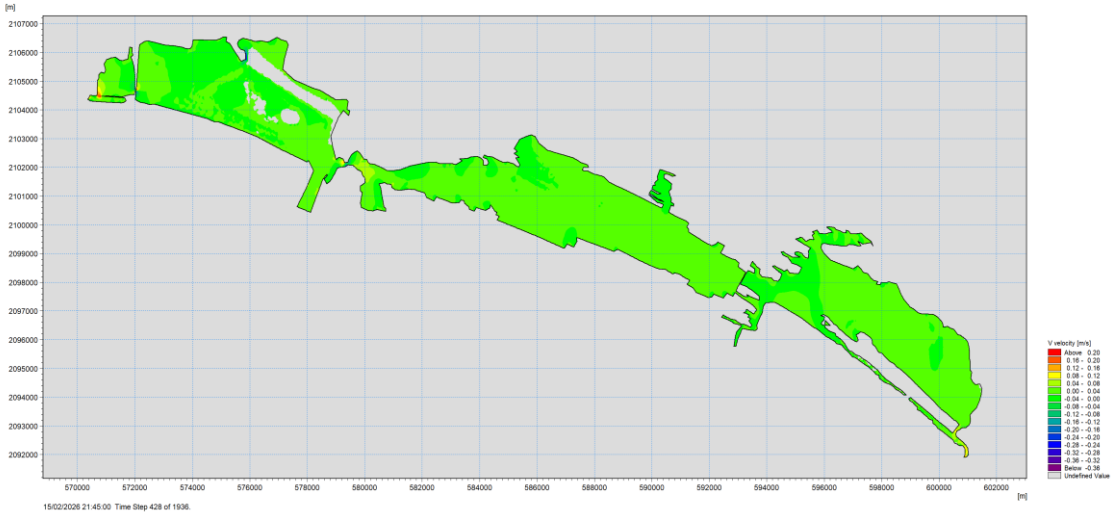
Los resultados indican que la dinámica del sistema está controlada principalmente por el flujo longitudinal, manteniéndose una baja influencia de la componente transversal incluso bajo condiciones de forzamiento elevado.



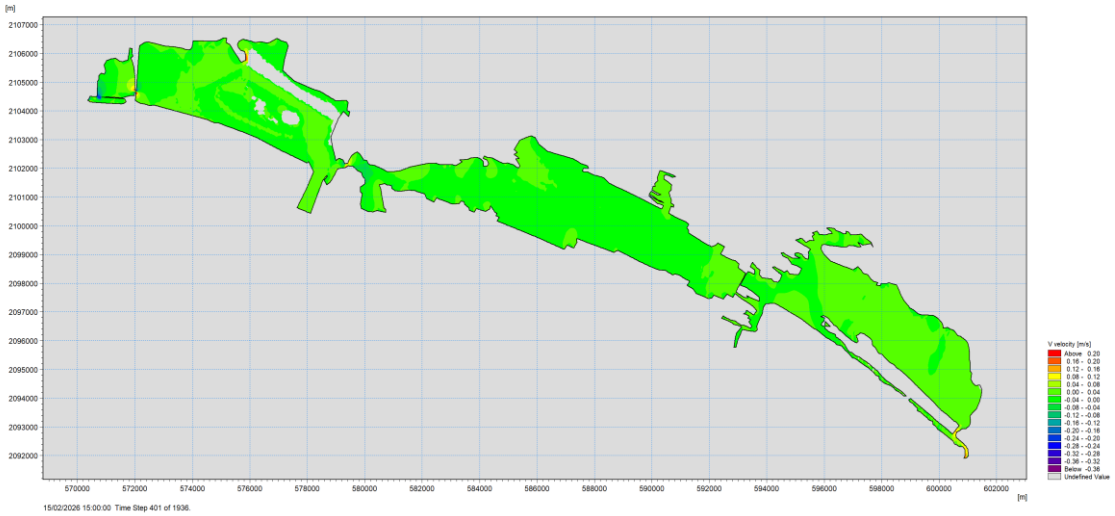
a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 1



b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1

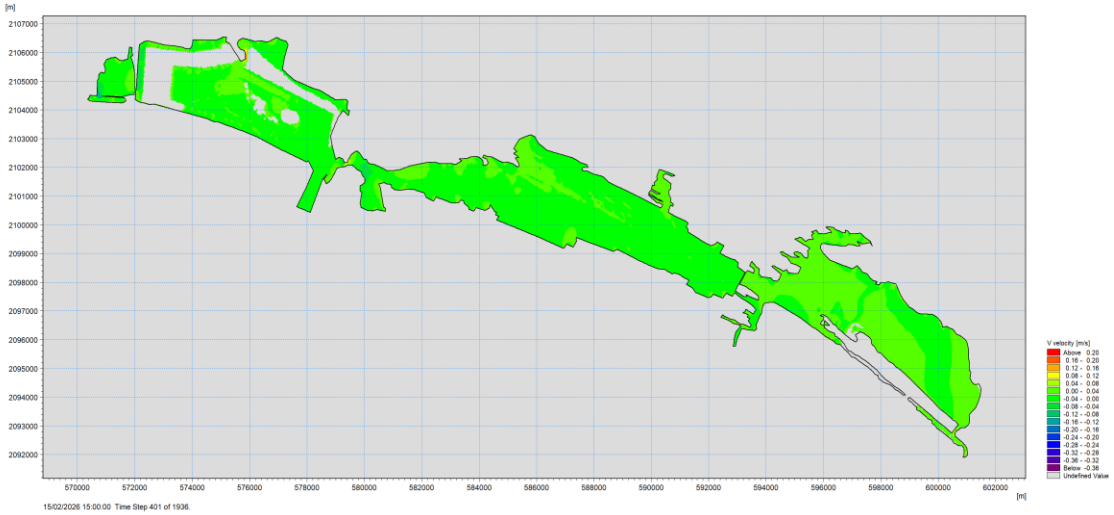


c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1

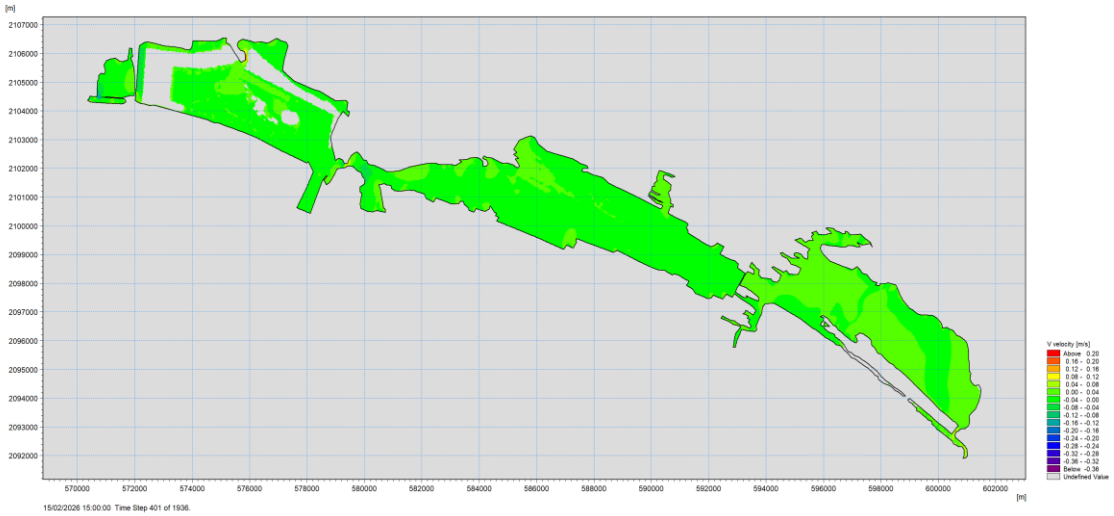


d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1

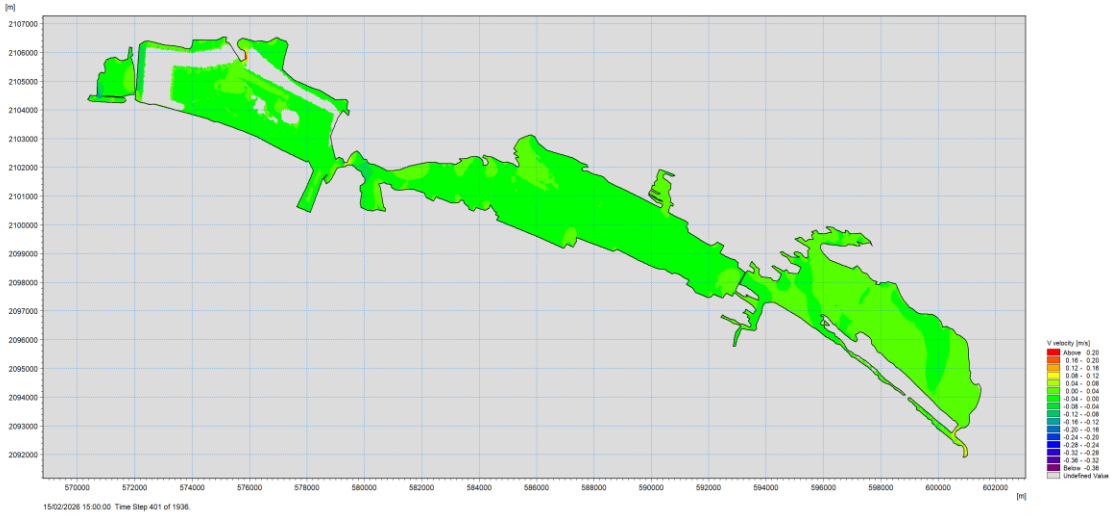
Figura 146. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.



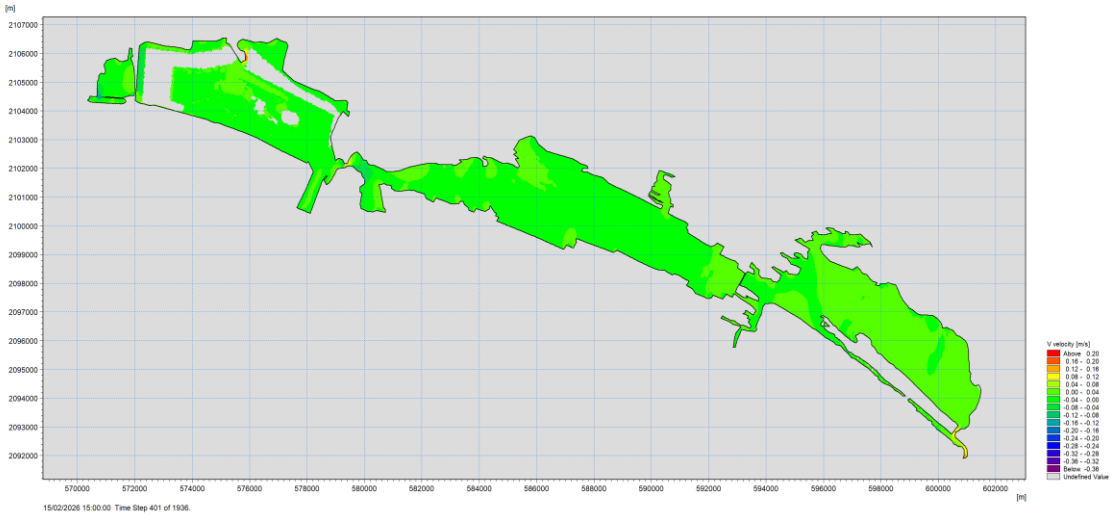
a) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2



b) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2



c) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2



d) Variación de la velocidad con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2

Figura 147. Comparación de la velocidad con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

En general, los resultados muestran que la dinámica del sistema está claramente dominada por la componente longitudinal (U), principalmente para los vasos interiores, la cual controla la magnitud de las velocidades y la distribución de la energía a lo largo del eje principal de la laguna. Por el contrario, la componente transversal (V) presenta valores significativamente menores y una variabilidad espacial limitada, solo en zonas particulares

como la zona de salida de drenes, el forzamiento en la zona de bombeo de CFE y en el Canal Tepalcates. lo que indica que, al aumentar el nivel del mar, es la componente longitudinal la que aumenta de forma constante.

En escenarios intermedios (escenarios 1 y 2), se observa un aumento progresivo de las velocidades en los vasos internos, acompañada de una mayor homogeneidad en la distribución del flujo, que puede analizarse con mayor claridad en la serie de tiempo genera, principalmente en las zonas de intercambio (Figura 148 y Figura 149). Este comportamiento sugiere una redistribución de la energía hidráulica por el aumento en los gradientes locales, sin que se presenten cambios significativos en la dirección dominante del flujo. La componente transversal, aunque muestra ligeras variaciones, no genera patrones de recirculación ni desviaciones laterales relevantes, manteniéndose subordinada a la dinámica longitudinal.

Para el escenario extremo el aumento en la velocidad es evidente, donde se alcanzan velocidades máximas de 0.15 m/s, generando un mayor gradiente y movilidad hacia el Vaso III. Para la interconexión del Vaso I y II, el aumento de la velocidad se ve amortiguado por la plataforma de la fase 2, donde los drenes atenúan las velocidades de intercambio. Los resultados para puntos en el interior se presentan en el Anexo 2.

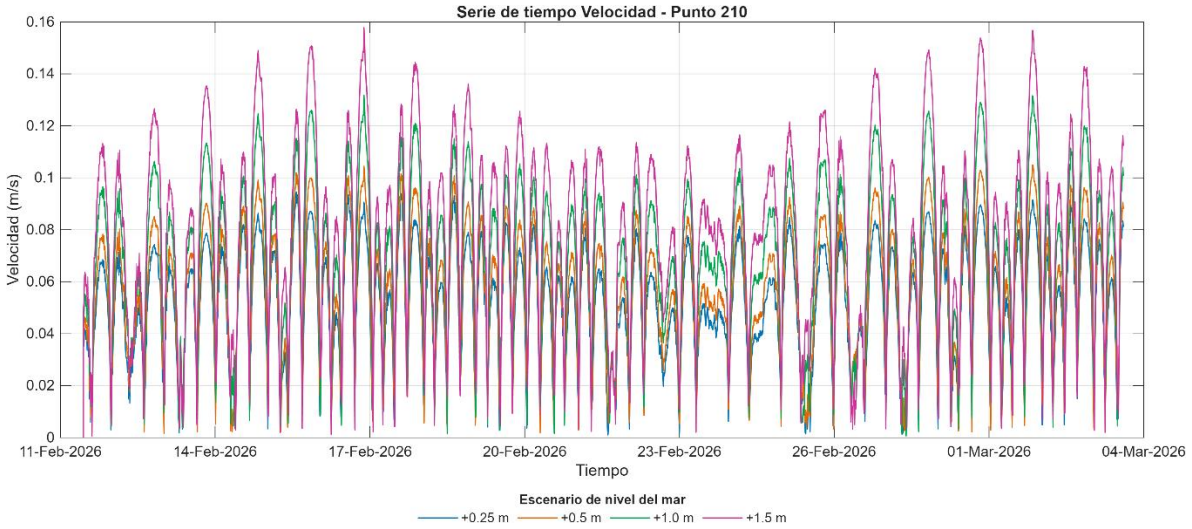


Figura 148. Variación temporal de la velocidad entre el Vaso II-III, Fase 2.

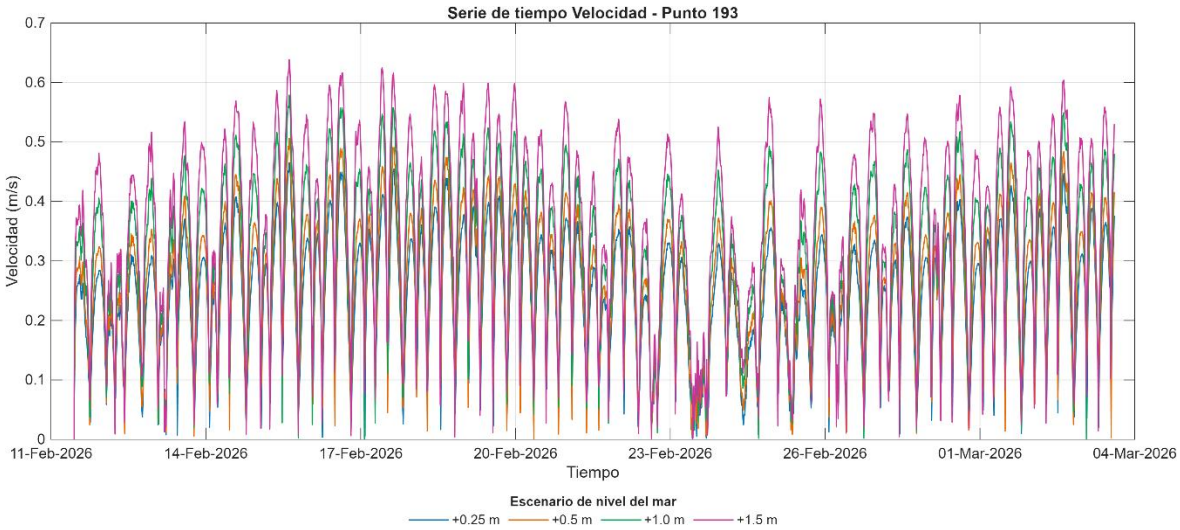


Figura 149. Variación temporal de la velocidad entre el Vaso I-II, Fase 2.

5.7.2.4 Variación del gasto

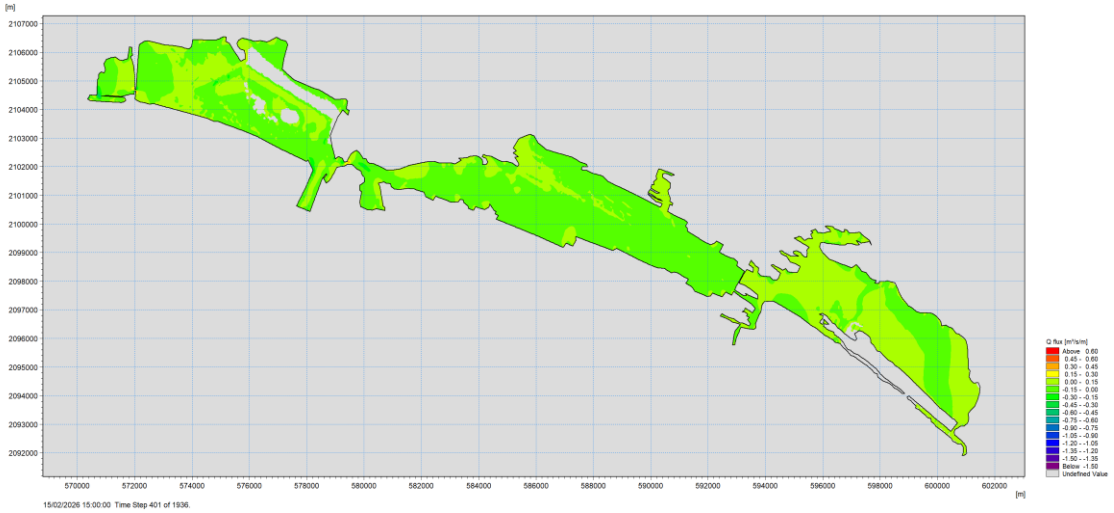
En la Figura 150 y Figura 151 se muestra el comparativo de los gastos o caudales dentro de la laguna a consecuencia del aumento del nivel del mar en los escenarios antes descritos para la fase 1 y 2.

En el escenario 1, el sistema presenta un flujo continuo con un gradiente hidráulico claramente definido desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos como en el escenario base, esto es debido que el sistema actualmente puede soportar estos incrementos a causa de mareas altas. Los mayores valores en tota la laguna, como es de esperarse, para ambas fases, se concentran en el canal de entrada y en las conexiones entre vasos, mientras que hacia los extremos del sistema se observa una disminución progresiva del flujo, lo que indica la disipación natural de la energía la cual ya se ha mencionado.

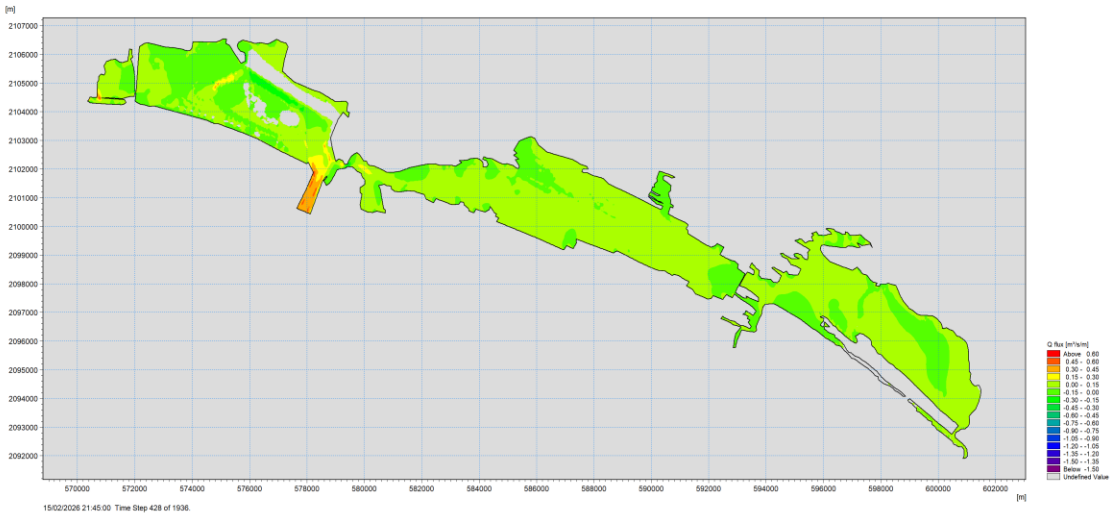
En el escenario 2, se observa un aumento gradual en el gasto, principalmente en la zona de conexión entre el vaso I y II para la fase 1, y del vaso II al III para ambas fases del proyecto. El un aumento es de aproximadamente 0.06 $m^3/s/m$ que representa un 17% más que el gasto base. El gradiente hidráulico se disipa al interior de los vasos interiores, permitiendo que el flujo se propague con mayor eficiencia. Aunque la zona de conexión marina continúa siendo el principal punto de control del sistema, los vasos III y IV comienzan a mostrar una mayor participación en la dinámica del flujo, reduciendo su grado de aislamiento.

En el escenario 3, la tendencia del aumento de gasto se maximiza, dando lugar a un sistema hidráulicamente más integrado. El gasto se distribuye de manera prácticamente homogénea en todo el sistema, con diferencias espaciales mínimas. Las conexiones entre vasos adquieren mayor relevancia por los conductos de intercambio, favoreciendo la continuidad del flujo y disminuyendo la compartimentación interna, especialmente hacia el Vaso III, ya que hacia el vaso IV la hidrodinámica sigue siendo regida por la sección de la represa. En este escenario, el sistema comienza a comportarse como una unidad más continua

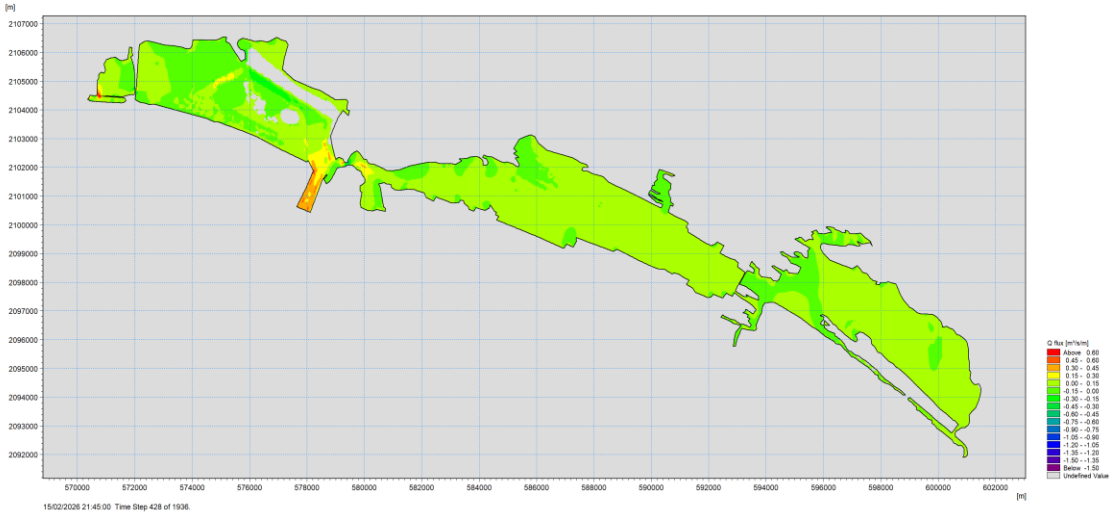
En el caso extremo, el sistema alcanza una máxima conectividad hidráulica, con gastos de intercambio de más del 40%. El gasto presenta un incremento generalizado, manteniendo una distribución altamente uniforme en todo el sistema. Las diferencias espaciales se reducen al mínimo y se forman zonas de tránsito con mayor frecuente ya que el flujo se transmite de manera más eficiente a lo largo de todos los vasos.



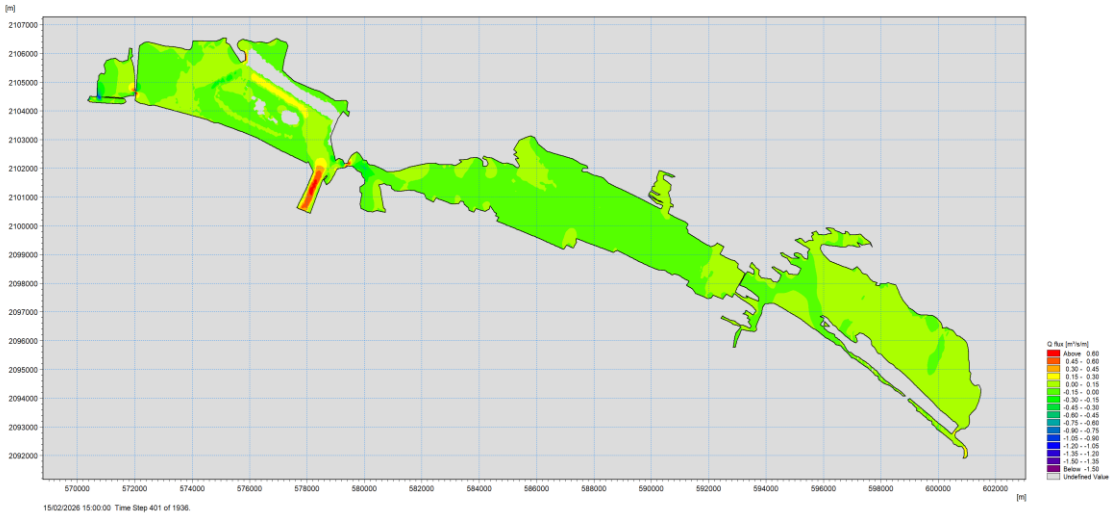
a) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 1



b) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 1

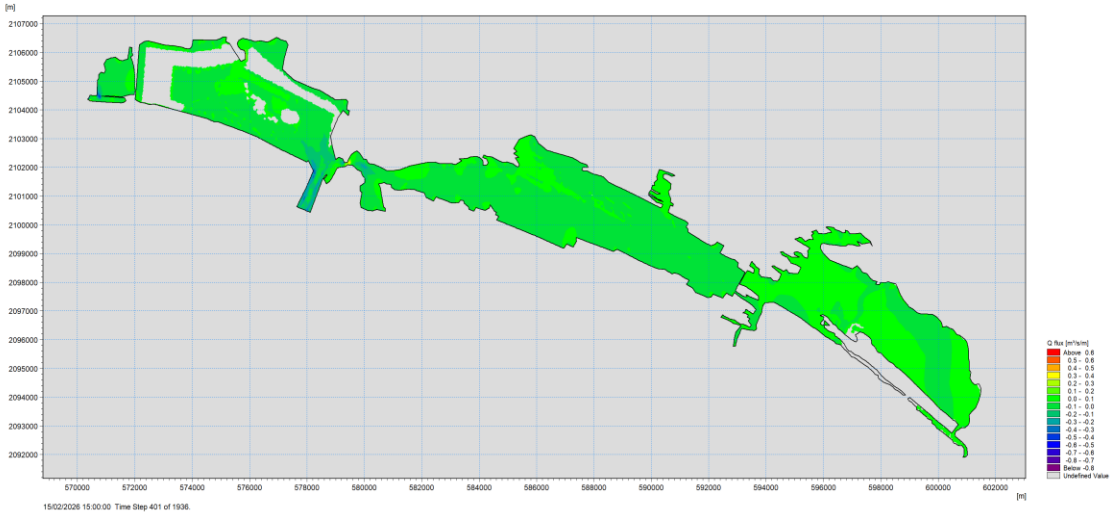


c) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 1

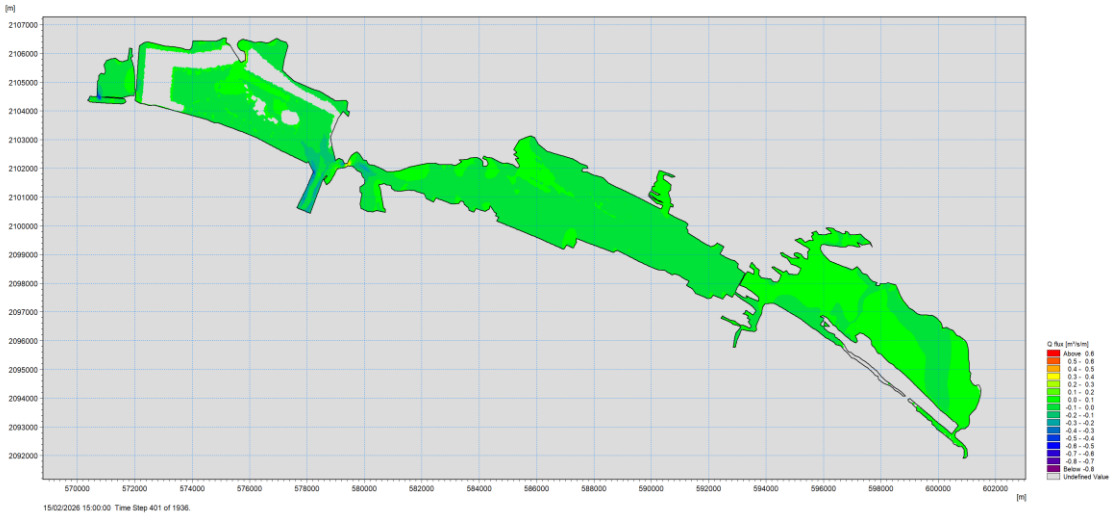


d) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 1

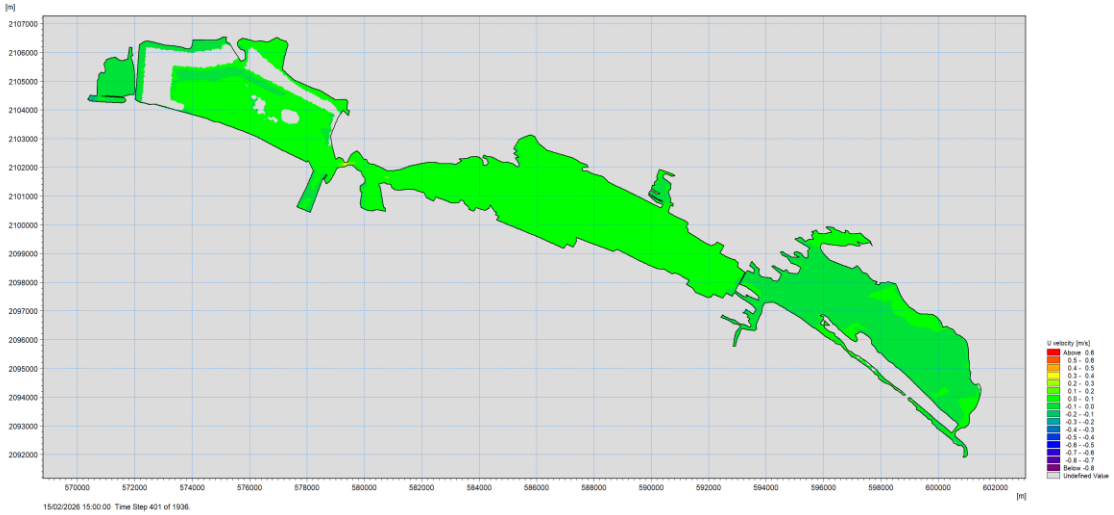
Figura 150. Comparación de los gastos con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 1.



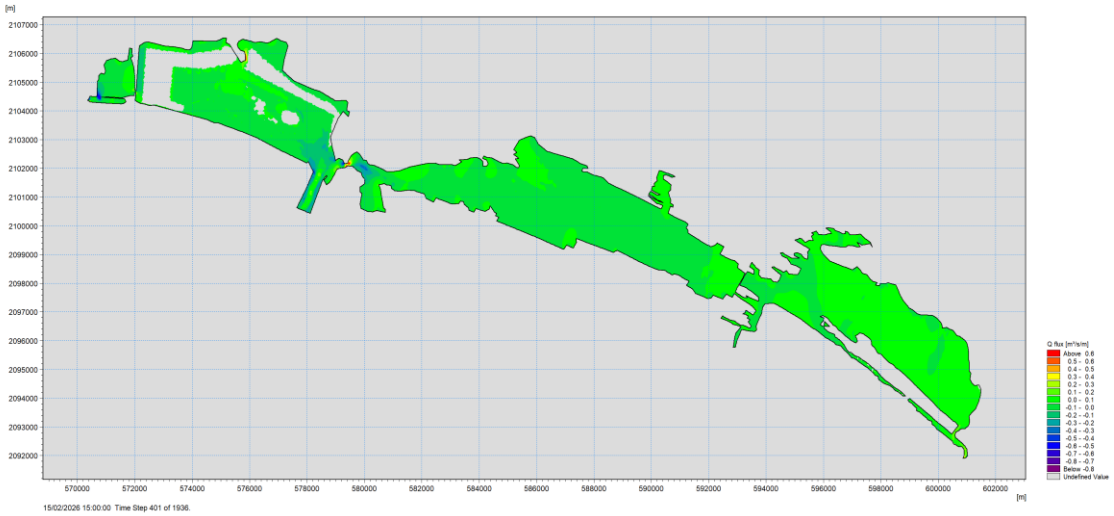
a) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +.25 m. Fase 2



b) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +0.5 m. Fase 2



c) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.0 m. Fase 2



d) Variación del gasto con un escenario de aumento del nivel de mar de +1.5m. Fase 2

Figura 151. Comparación de los gastos con los 4 escenarios de incremento de nivel del mar, Fase 2.

Las variaciones de gastos se observan de mejor manera en el comportamiento de series de tiempo. En la Figura 152 se muestra las variaciones de nivel en la zona de intercambio entre el Vaso II y el Vaso III para la fase 2. Se observa que el aumento en el nivel del mar tiene mayor relevancia en la cantidad de agua de intercambio que pueden tener los vasos interiores, mejorando el flujo y el intercambio y aminorando la sedimentación, sin

embargo, un aumento de nivel también genera una mayor probabilidad de inundación en las zonas bajas y en la rivera del manglar.

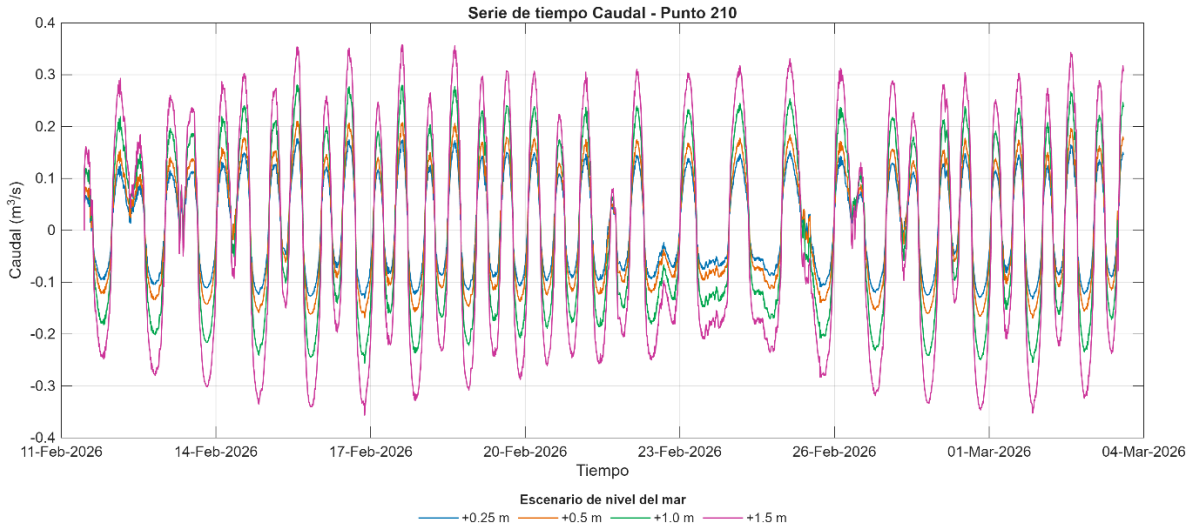


Figura 152. Variación temporal de los gastos entre el Vaso II-III, Fase 2.

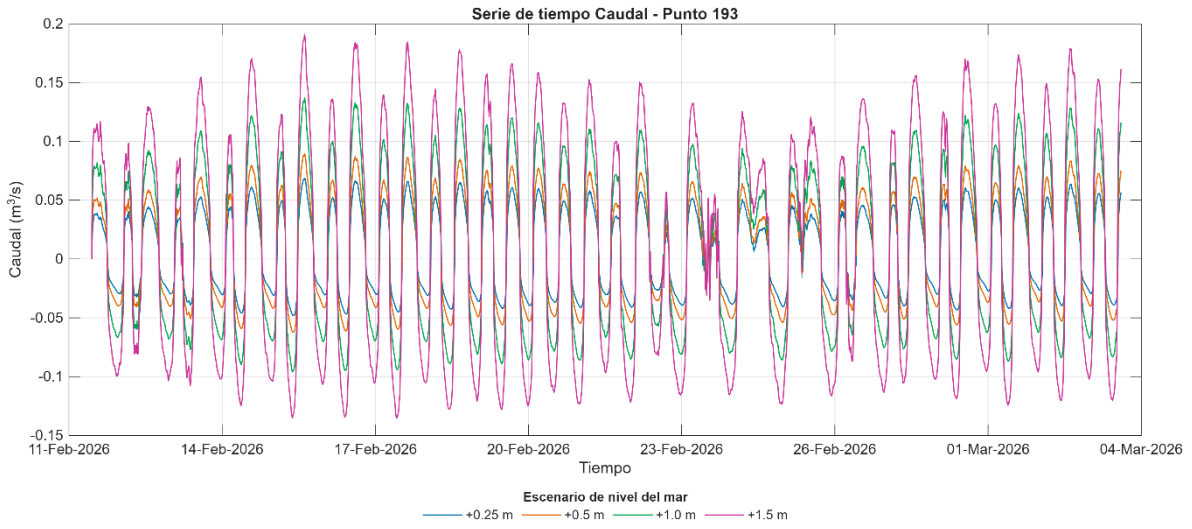


Figura 153. Comparación de los gastos entre del el Vaso I-II, Fase 2.

El análisis conjunto de la elevación de la superficie libre, las componentes de velocidad (U y V) y la distribución de los gastos hidráulicos permite establecer una interpretación integral del funcionamiento hidrodinámico del sistema lagunar de Cuyutlán bajo distintos escenarios de forzamiento.

En general, el sistema continúa con la dinámica dominada por el intercambio marino, el cual controla la propagación de niveles, la distribución de la energía hidráulica y la conectividad entre los distintos vasos. La respuesta del sistema ante incrementos en el nivel del mar muestra una evolución progresiva caracterizada por cambios en la magnitud de las variables hidrodinámicas, sin que se modifique la estructura fundamental del flujo.

Bajo condiciones base, el sistema se comporta como un sistema parcialmente compartimentado, donde existe un gradiente hidráulico bien definido desde la zona de conexión marina hacia los vasos internos. Este gradiente favorece la disipación progresiva de la energía, generando una diferenciación funcional entre zonas dinámicas (vasos I y II) y zonas de menor renovación (vasos III y IV). Las velocidades longitudinales presentan valores moderados, mientras que la componente transversal es limitada, lo que indica un flujo predominantemente canalizado y alineado con la geometría del sistema.

En escenarios intermedios de incremento del nivel del mar, se observa una reducción progresiva de los gradientes hidráulicos y una mayor propagación de la señal hidrodinámica hacia los vasos internos. Este comportamiento se refleja en una distribución más homogénea de los gastos y en una ligera disminución de las velocidades en las zonas internas, lo que indica una redistribución de la energía hidráulica. A pesar de estos cambios, la dirección dominante del flujo se mantiene, sin evidencia de recirculaciones o patrones complejos de circulación lateral, lo que confirma el control geométrico del sistema.

En el escenario de mayor forzamiento, el sistema alcanza una condición de máxima conectividad hidráulica, donde los distintos vasos responden de manera integrada al incremento del nivel del mar. Se observa un aumento significativo en las velocidades longitudinales y en los gastos, lo que indica una mayor capacidad de transporte de energía y masa a lo largo del sistema. Sin embargo, la componente transversal continúa siendo limitada, lo que implica que el flujo mantiene su carácter predominantemente longitudinal y no desarrolla estructuras hidráulicas complejas o inestables.

Desde el punto de vista hidro sedimentológico, esta dinámica implica que el sistema alterna entre condiciones deposicionales en escenarios normales e intermedios, donde predominan velocidades bajas en los vasos internos, y condiciones de transporte activo durante eventos extremos, donde el incremento de las velocidades favorece la resuspensión y redistribución de sedimentos. Este comportamiento es característico de sistemas lagunares costeros dominados por forzantes oceánicos, donde la variabilidad temporal regula el equilibrio entre erosión y sedimentación.

Los resultados indican que el sistema lagunar presenta un comportamiento hidrodinámico estable, en el cual los cambios inducidos por el incremento del nivel del mar se manifiestan principalmente como variaciones en la intensidad del flujo y en la conectividad hidráulica, sin generar modificaciones en la estructura fundamental del sistema. Sin embargo, desde el punto de vista topográfico, el incremento de nivel del mar inundaría diversas zonas bajas actualmente ocupadas por mangle y diversos tipos de vegetación que se verían afectados por el aumento de tiempo de inundación.

Se concluye que el sistema posee una capacidad natural de adaptación a variaciones en el nivel del mar, respondiendo mediante ajustes en la distribución del flujo y en los patrones de transporte, sin comprometer su integridad funcional. Este comportamiento sugiere que los cambios hidrodinámicos inducidos por el proyecto

se mantendrán dentro del rango de variabilidad natural del sistema, sin embargo, genera que las zonas bajas alrededor de cada vaso sean mayormente vulnerables.

5.7.3 Marea de Tormenta y Huracanes

Los sistemas como la Laguna de Cuyutlán experimentan fuerzas hidrodinámicas variables que pueden intensificarse significativamente durante eventos climáticos extremos como tormentas tropicales o huracanes.

Como resultado, el aumento del nivel del mar, el incremento de la velocidad del viento y las variaciones en la presión atmosférica contribuyen a lo que se llama una marea de tormenta durante esos eventos. Una marea de tormenta es un aumento anormal del nivel del agua en comparación con las condiciones normales de marea, lo que resulta en una mayor intrusión de agua de mar en los sistemas de lagunas.

Este fenómeno tiene el potencial de modificar en gran medida los patrones de circulación y el intercambio hidráulico entre diferentes vasos, aunque como se mostró anteriormente, el sistema lagunar es altamente adaptativo. El análisis, sirve para examinar la respuesta del sistema de lagunas a condiciones extremas como la marea de tormenta junto con las condiciones de viento, evaluando los medios propuestos de mitigación como los drenes hidráulicos.

Para la simulación de datos de tormenta se utilizó la información disponible del huracán Jova (Figura 154), que se desarrolló a partir de una perturbación tropical que se formó inicialmente el 5 de octubre. La perturbación se convirtió en una depresión tropical a primeras horas del 6 de octubre, para posteriormente fortalecerse hasta convertirse en la tormenta tropical Jova más tarde ese mismo día. Si bien Jova se convirtió en huracán categoría 3, en las costas de Jalisco, las características del Huracán en las costas de Manzanillo fueron de tormenta, alcanzado un aumento de nivel del mar por arriba de los 50 cm respecto al nivel promedio del mar en la región del pacífico y con vientos máximos de 50 m/s en la zona de manzanillo.

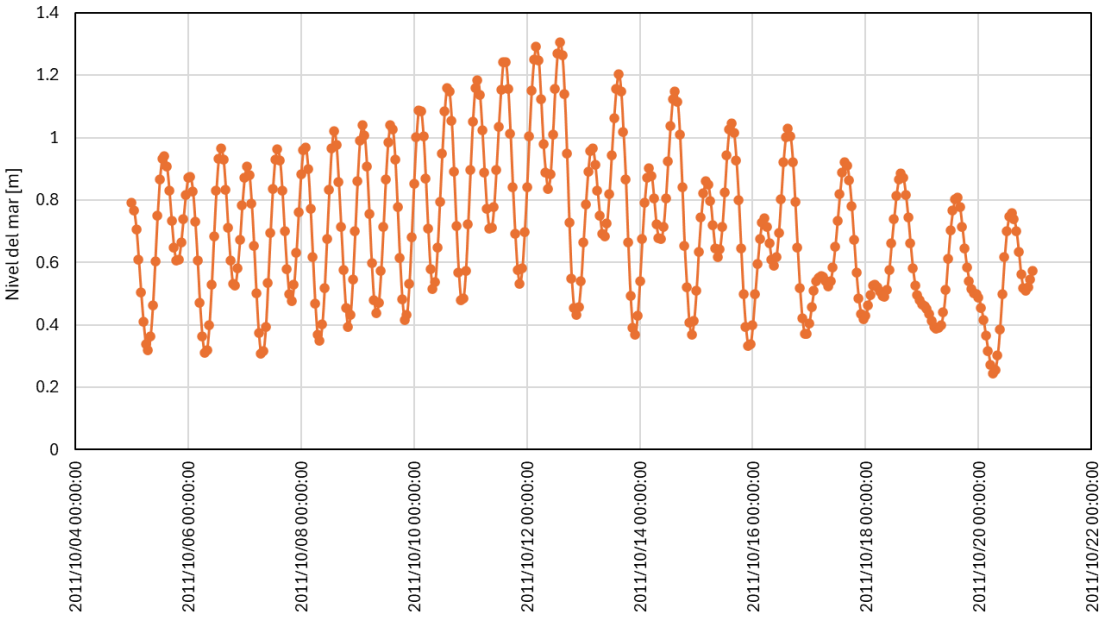


Figura 154. Serie de tiempo del nivel del mar durante el huracán Jova utilizado para la simulación

Respecto a las direcciones del viento durante este huracán Jova predominan entre los 64° hasta los 90° norte, de entre los 29° hasta los 40° noreste y del 290° hasta los 320° sureste aproximadamente (Figura 155).

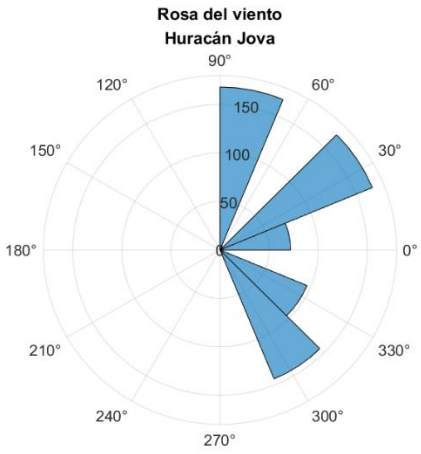


Figura 155. Rosa de viento del Huracán Jova.

Con respecto a la velocidad del viento, se cuentan con los datos de la caracterización de este, en donde la velocidad va aumentando gradualmente hasta que llega el 10 de octubre, donde llega a una velocidad máxima de 55 m/s (en la zona de manzanillo), posteriormente comienza a disminuir, pero el registro se corta hasta los 12 de octubre (Figura 156).

La dirección del viento como perfil tiene un comportamiento escalonado, comenzando alrededor de los 300°, posterior al 8 de octubre no hay registro y para el día siguiente y hasta el 12 de octubre las direcciones se encuentran por debajo de los 100° (Figura 156).

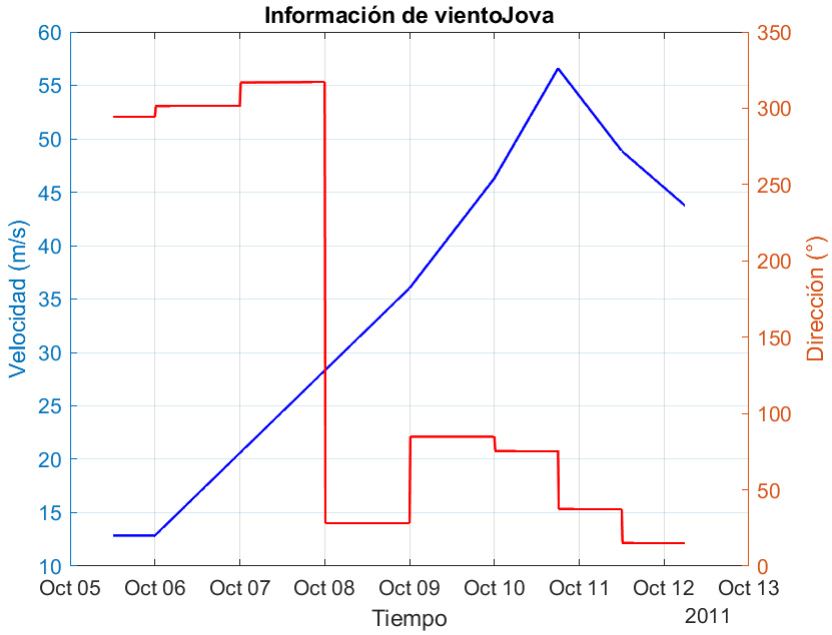


Figura 156. Información de viento del Huracán Jova.

5.7.3.1. Variación del nivel

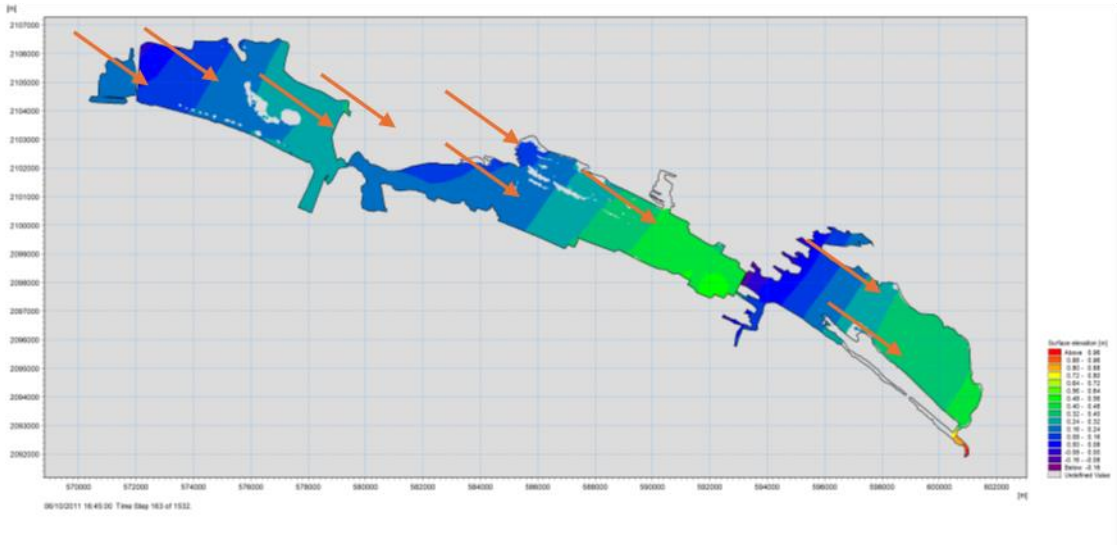
Bajo condiciones de marea y viento de tormenta, el sistema lagunar presenta una distribución independiente para cada vaso (Figura 157), ya que las conexiones se restringen por la geometría de cada una. Este comportamiento indica que, además del forzamiento mareal, el viento induce una redistribución del agua que genera gradientes hidráulicos perpendiculares la dirección del viento provocando acumulaciones locales para cada vaso. La propagación del nivel no es completamente uniforme, lo que evidencia la influencia de la geometría del sistema y la existencia de cierto grado de compartimentación hidráulica. La elevación de la superficie libre presenta un rango aproximado de 0.60 a 1.40 m debido a la marea de tormenta y el empuje del viento, con valores predominantes entre 0.80 y 1.20 m en alrededor del 65–75% del área del sistema. Se identifican zonas con elevaciones superiores a 1.20 m (≈15–20% del área), principalmente en el Vaso IV y sectores centrales, lo que indica acumulaciones inducidas por el viento, debido a que el sistema ene l Vaso IV se encuentra más confinado que el resto de los vasos. Las zonas con valores menores a 0.80 m representan

aproximadamente 10–15% del área, localizadas hacia la zona de conexión marina, ya que esta zona se encuentra encajonada por las obras de los canales.

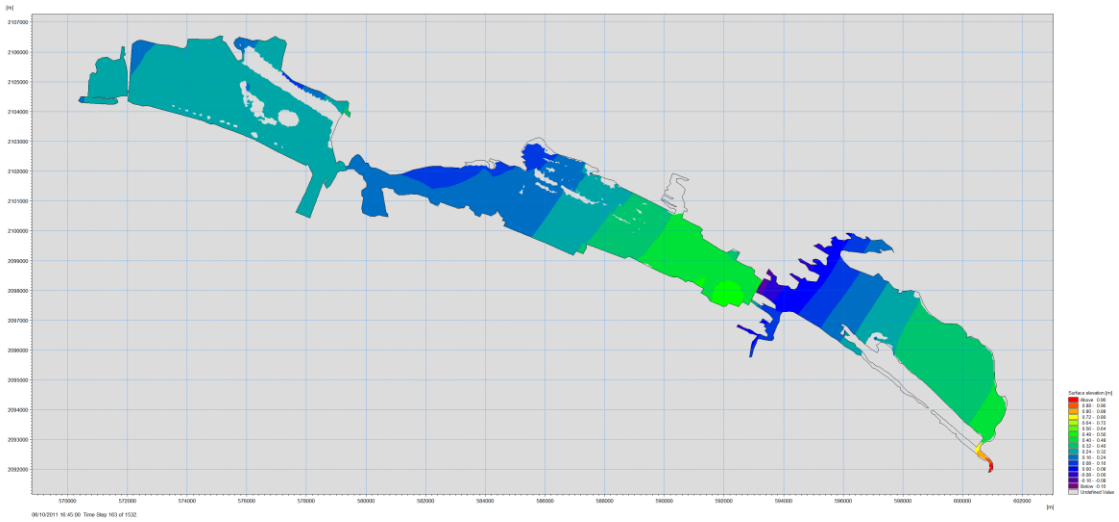
El proyecto en su fase 1 (Figura 157b) genera una modificación en la distribución espacial de la elevación de la superficie libre en el Vaso II, caracterizada por una menor continuidad hidráulica y aumentando en la presencia de acumulaciones localizadas, especialmente al norte de la plataforma. En comparación con la condición base, se observa una propagación más uniforme en el vaso II, debido a la ocupación de la plataforma, manteniendo las condiciones de los demás vasos como la condición base, lo que sugiere un forzamiento en el confinamiento hidráulico independiente de cada vaso. Aunque las zonas de mayor elevación se mantienen, estas presentan una menor intensidad relativa, indicando una atenuación de los picos locales. Este comportamiento sugiere que el proyecto no afecta la redistribución del flujo en los vasos interiores, únicamente en la variación de nivel dentro del vaso II debido a la disminución de área, en consecuencia, de limitar el área por la construcción de la plataforma. El rango de elevaciones se mantiene en 0.70 a 1.30 m (ligero aumento de 0.1 m), con una mayor concentración en el intervalo de 0.90 a 1.10 m (≈70–80% del área). Las zonas con valores superiores a 1.20 m disminuyen a aproximadamente 10–15% del área, mientras que la variabilidad espacial se reduce en aproximadamente 20–30% respecto a la condición base debido a la ocupación de la superficie de la fase 1.

En la fase 2 (Figura 157c), esta tendencia se acentúa, alcanzándose una condición de menor integración hidráulica en la que el sistema responde con un ligero aumento de gradiente (0.08 m) debido al forzamiento de tormenta. La elevación se distribuye principalmente en el rango de 0.90 a 1.10 m en más del 80–85% del sistema, con valores extremos (>1.20 m) restringidos a menos del 10% del área. La diferencia espacial máxima entre zonas se reduce a aproximadamente 0.20–0.30 m, lo que indica una disminución del gradiente hidráulico del orden de 30–40% respecto a la condición base.

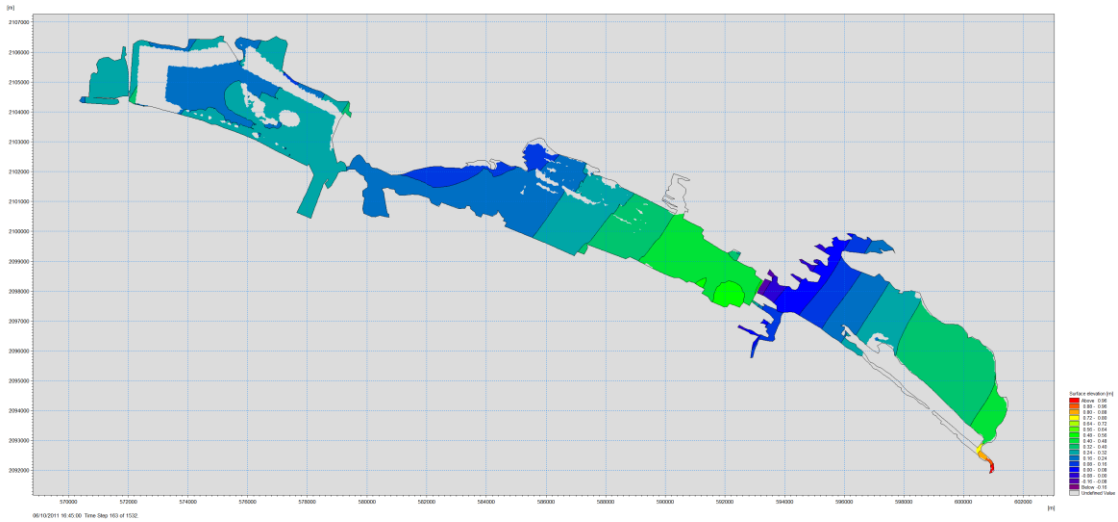
En conjunto, los resultados indican que el proyecto no incrementa el riesgo hidráulico del sistema en los vasos interiores y tampoco en el vaso I bajo condiciones de tormenta, sino únicamente ve afectado su redistribución en el mismo y aislando algunas zonas que se reconectan con los drenajes.



a) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova.



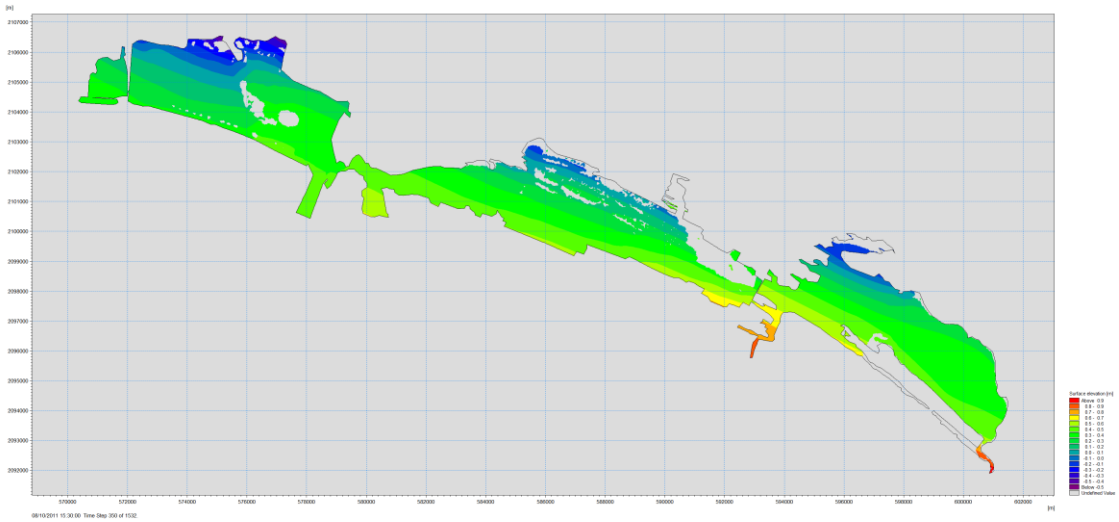
b) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova. Fase 1



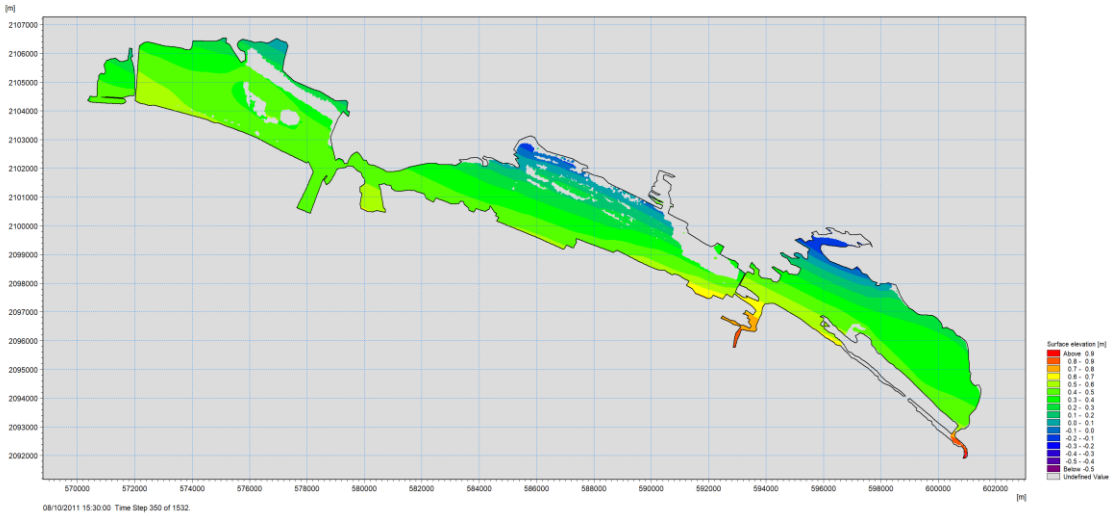
c) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova. Fase 2

Figura 157. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

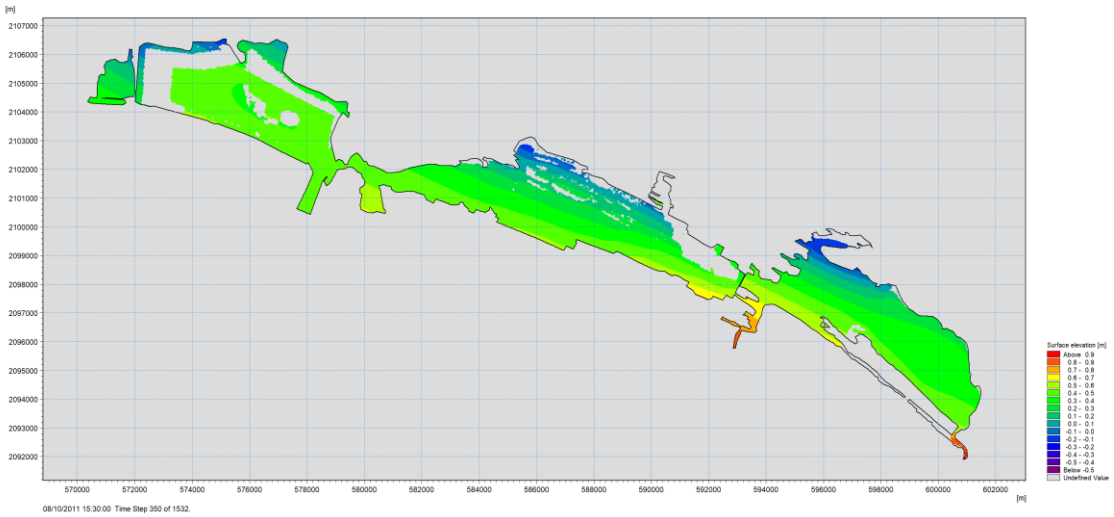
La respuesta del sistema tambien dependerá fuertemente de la dirección del viento, su intensidad y la duración de la condición. En la Figura 158 se muestra una configuración distinta debido a un cambio de dirección del viento. Un caso de un viento perpendicular a la línea de costa como el que se muestra en la imagen se detallara en la siguiente sección.



a) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova con viento en dirección contraria.



b) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova con viento en dirección contraria. Fase 1



c) Comportamiento de nivel bajo condiciones de tormenta del huracán Jova con viento en dirección contraria. Fase 2

Figura 158. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

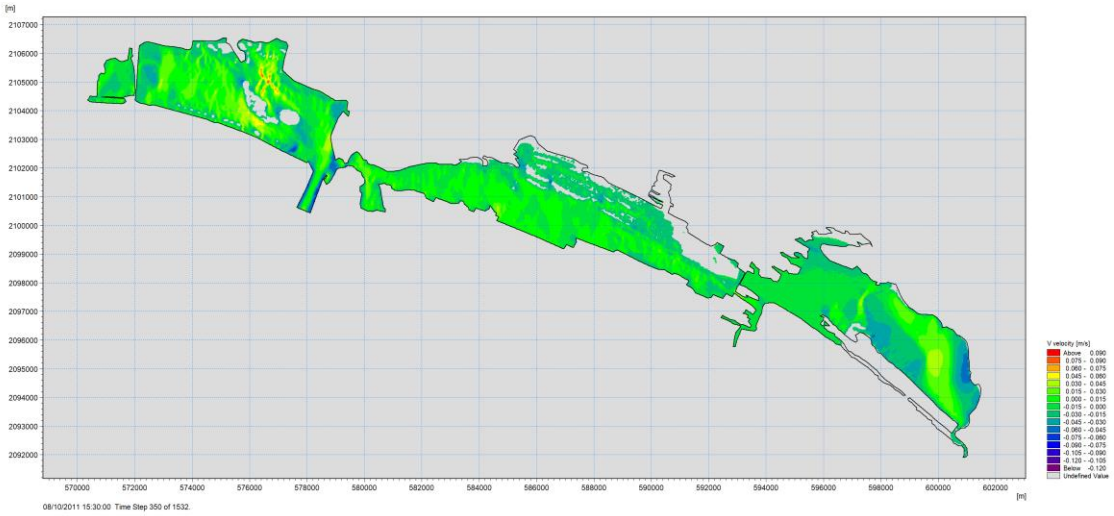
5.7.3.2. Velocidad V

Bajo condiciones de tormenta, la componente transversal de la velocidad (V) presenta un incremento significativo en su variabilidad espacial (debido principalmente a la dirección del viento), evidenciando la influencia del viento en la dinámica del sistema lagunar. La componente presenta valores en el rango de ±0.05 a ±0.20 m/s, con zonas localizadas donde se alcanzan valores de hasta ±0.25 m/s en aproximadamente 20–30% del área, reflejando la influencia del viento. A diferencia de condiciones normales de flujo, se identifican zonas con flujo lateral activo, debido al viento, así como áreas de convergencia y divergencia que generan redistribuciones locales del agua, como se puede ver en el vaso II (Figura 159). Estas condiciones favorecen la acumulación en zonas específicas del sistema, contribuyendo a la formación de gradientes hidráulicos irregulares (estas irregularidades pueden ser las causantes de los bancos o isletas formados en los vasos interiores). Este comportamiento refleja una respuesta compleja del sistema ante forzamientos extremos, donde la componente transversal adquiere un papel relevante en la distribución del flujo (si y solo si el flujo es como el mostrado en este caso de estudio).

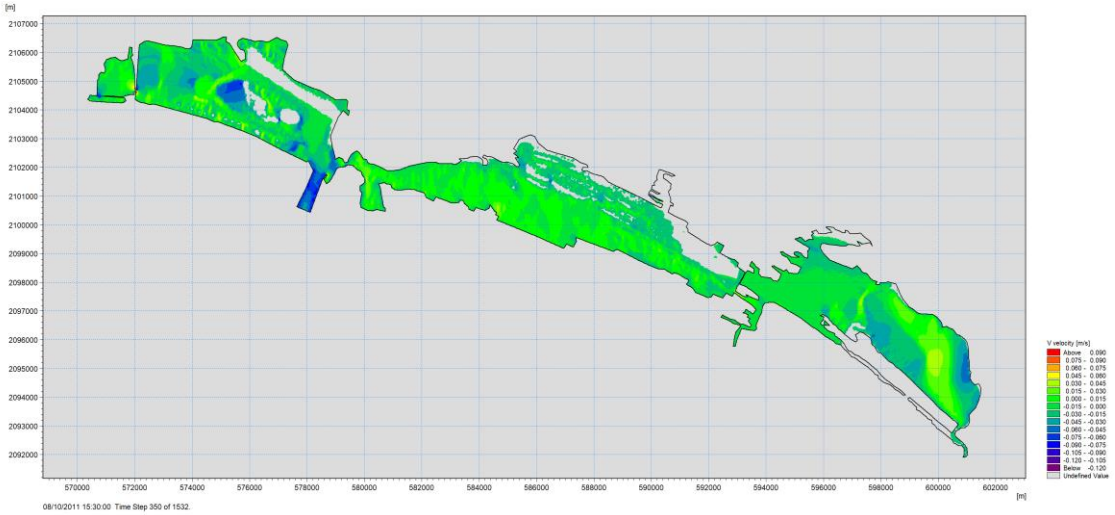
En el escenario correspondiente a la fase 1 del proyecto (Figura 159b) el rango se mantiene en ±0.05 a ±0.20 m/s, pero la extensión de zonas con valores >±0.20 m/s se reduce a aproximadamente 15–20% del área, lo que indica una disminución en la variabilidad lateral del orden de 15–25%., lo que muestra una redistribución más estructurada en el vaso II en comparación con la condición base, debido a la ocupación de la plataforma frente a las islas cocodrilo. Aunque el flujo lateral inducido por el viento se mantiene, se observa una reducción en la dispersión irregular y una mayor concentración del flujo en zonas específicas, particularmente en los

canales de conexión, esto debido a la geometría y disposición de los Canales con respecto a la dirección del viento. Este comportamiento indica una canalización parcial del flujo, lo que favorece una disminución en la extensión de las zonas de convergencia y, por ende, en la formación de acumulaciones localizadas. En conjunto, el sistema presenta una respuesta más ordenada frente al forzamiento de tormenta.

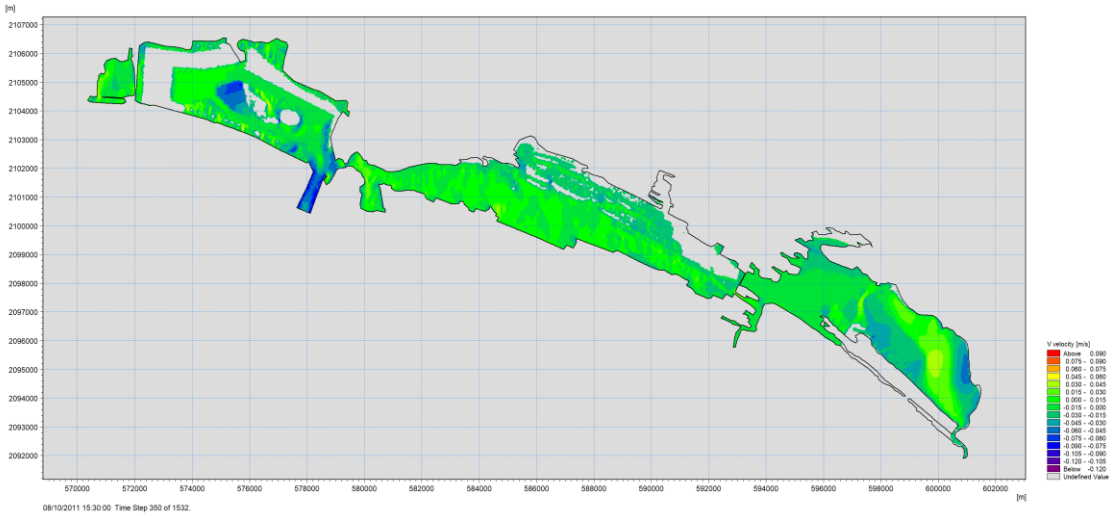
En el escenario correspondiente a la fase 2 (Figura 159c), muestra una organización más definida en comparación con los escenarios previos en el vaso II y es debido a la construcción de la segunda plataforma. Lo que evita que el flujo sea menos turbulento, aunque el flujo lateral inducido por el viento continúa presente. El flujo tiende a concentrarse en las zonas de conexión y canales debido al forzamiento del viento a las zonas de conexión, lo que favorece una canalización más eficiente y una disminución en la dispersión lateral. Esta condición reduce la extensión de las zonas de convergencia y contribuye a una mejor redistribución del agua en el sistema lagunar. En la fase 2, los valores se concentran mayormente en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en alrededor del 70–80% del sistema, mientras que las zonas con valores extremos (>±0.20 m/s) se reducen a menos del 10–15% del área, evidenciando una disminución de la variabilidad lateral del orden de 30–40% respecto a la condición base.



a) Variación de la velocidad V para la tormenta Jova.



b) Variación de la velocidad V para la tormenta Jova. Fase 1



c) Variación de la velocidad V para la tormenta Jova. Fase 2

Figura 159. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

Se presenta valores en un rango aproximado de ±0.05 a ±0.20 m/s, con zonas localizadas donde se alcanzan valores cercanos a ±0.25 m/s, principalmente en regiones de transición. Estas zonas representan aproximadamente el 20–30% del área total, indicando una influencia significativa del viento en la redistribución lateral.

En la fase 1, el rango de velocidades se mantiene similar (±0.05 a ±0.20 m/s), pero la extensión de zonas con valores extremos se reduce a aproximadamente 15–20% del área, lo que indica una disminución en la dispersión lateral.

En la fase 2, los valores se concentran mayormente en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s, con una reducción adicional de zonas con valores altos (<10–15% del área), lo que evidencia una disminución en la variabilidad lateral y una mayor organización del flujo.

5.7.3.3. Velocidad U

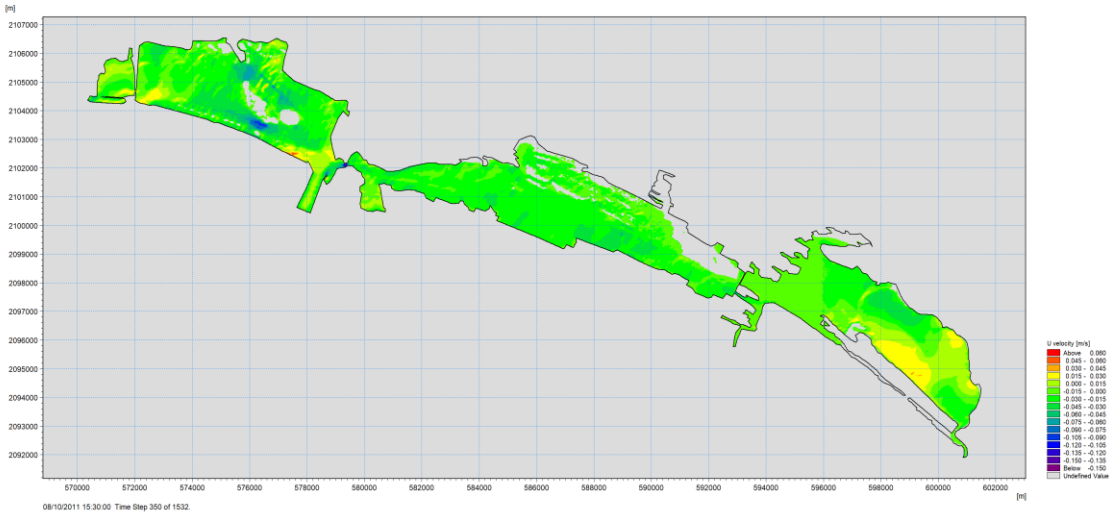
Bajo condiciones de tormenta, la componente longitudinal de la velocidad (U) presenta valores moderados a lo largo del sistema lagunar, debido al ángulo del viento, con incrementos localizados en zonas de conexión y estrechamientos hidráulicos. No se identifican concentraciones extensas de alta velocidad, lo que indica que la energía del sistema se distribuye de manera progresiva. En los vasos internos, las velocidades disminuyen, favoreciendo condiciones de menor dinamismo. Este comportamiento sugiere que, aun bajo forzamientos extremos, el sistema mantiene una estructura hidráulica estable en términos longitudinales, sin evidencias de incremento crítico en la intensidad del flujo. Se presentan valores predominantemente en el rango aproximado de 0.10 a 0.30 m/s en la mayor parte del sistema lagunar (>70% del área), con incrementos localizados en zonas de conexión hidráulica donde los valores pueden alcanzar aproximadamente 0.30–0.40 m/s. En los vasos internos (III y IV), se identifican áreas con velocidades menores a 0.10–0.15 m/s, lo que indica condiciones de menor dinamismo.

En el escenario correspondiente a la fase 1, la componente longitudinal muestra un incremento generalizado en comparación con la condición base, acompañado de una distribución más homogénea en todo el sistema lagunar. Este comportamiento indica una mayor propagación de la energía hidráulica y una reducción en las zonas de baja velocidad, particularmente en los vasos internos. A pesar del incremento en la intensidad del flujo, no se identifican concentraciones críticas de alta velocidad, lo que sugiere que el aumento es controlado y no implica un riesgo significativo de erosión a escala regional (no con esta dirección de viento ya que favorece las estructuras lagunares en vasos interiores). Se observa un incremento generalizado de las velocidades, con valores predominantes en el rango de 0.20 a 0.40 m/s en aproximadamente el 80% del sistema. Las zonas de baja velocidad (<0.15 m/s) se reducen significativamente en extensión (<15% del área total), indicando una mayor activación hidráulica de los vasos internos. Las zonas de mayor velocidad (>0.40 m/s) permanecen limitadas a menos del 5% del área, concentradas en conexiones y estrechamientos

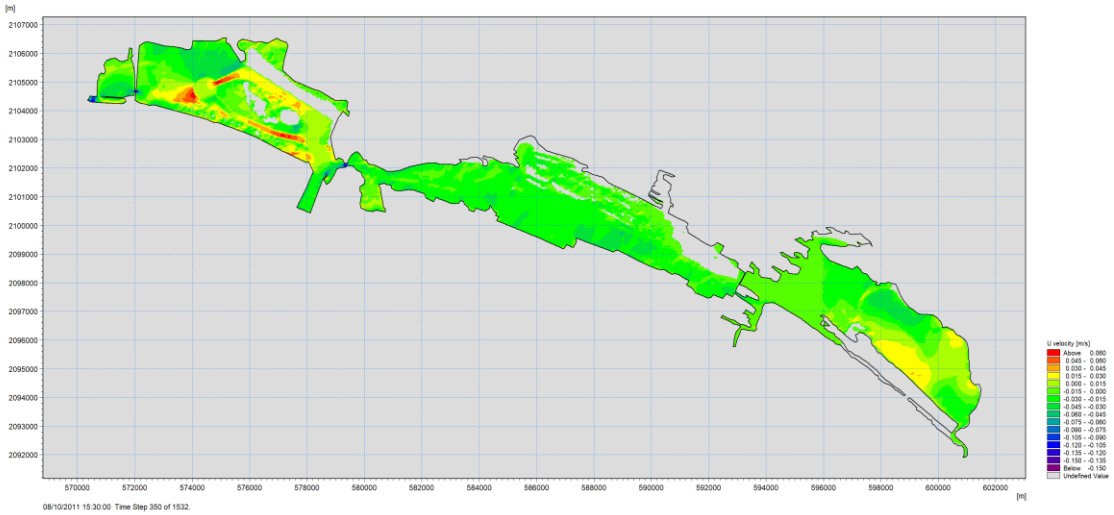
En el escenario correspondiente a la fase 2, la velocidad presenta una distribución uniforme en todo el sistema lagunar, con valores moderados que reflejan una propagación eficiente de la energía hidráulica. En comparación con los escenarios previos, se observa una reducción en la variabilidad espacial y una disminución de las zonas de baja velocidad, lo que indica una mayor integración del sistema. A pesar del incremento en la intensidad del flujo, no se identifican concentraciones críticas de alta velocidad, lo que sugiere que el sistema mantiene condiciones estables sin riesgo significativo de erosión.

En la fase 2, las velocidades se estabilizan en un rango predominante de 0.25 a 0.45 m/s, con una distribución más uniforme en todo el sistema. Las zonas de baja velocidad (<0.15 m/s) prácticamente desaparecen (<5%

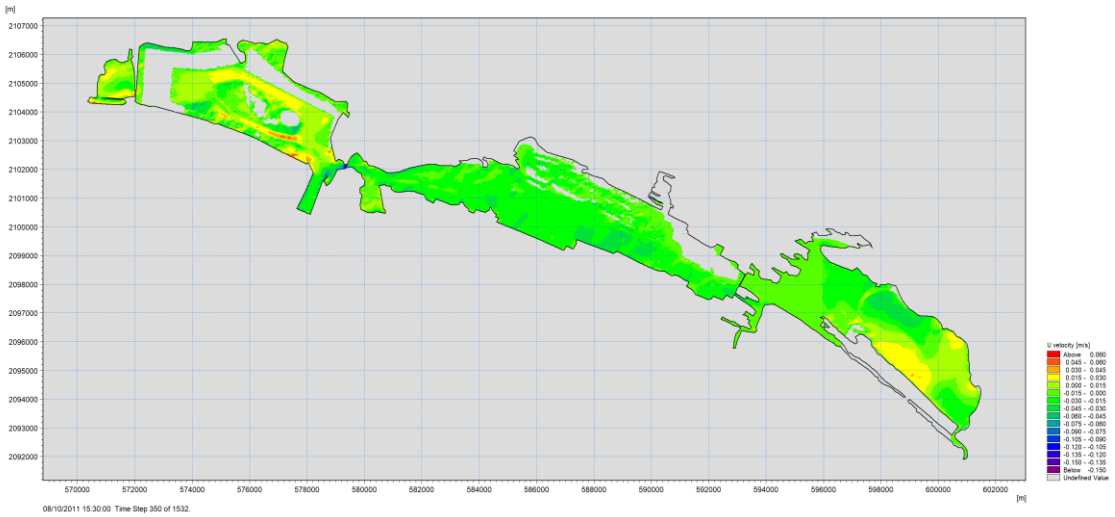
del área), mientras que las velocidades mayores a 0.50 m/s siguen siendo puntuales y restringidas a zonas de control hidráulico (<5%). Esto indica que el incremento de la velocidad es generalizado, pero no concentrado.



a) Variación de la velocidad U para la tormenta Jova.



b) Variación de la velocidad U para la tormenta Jova. Fase 1



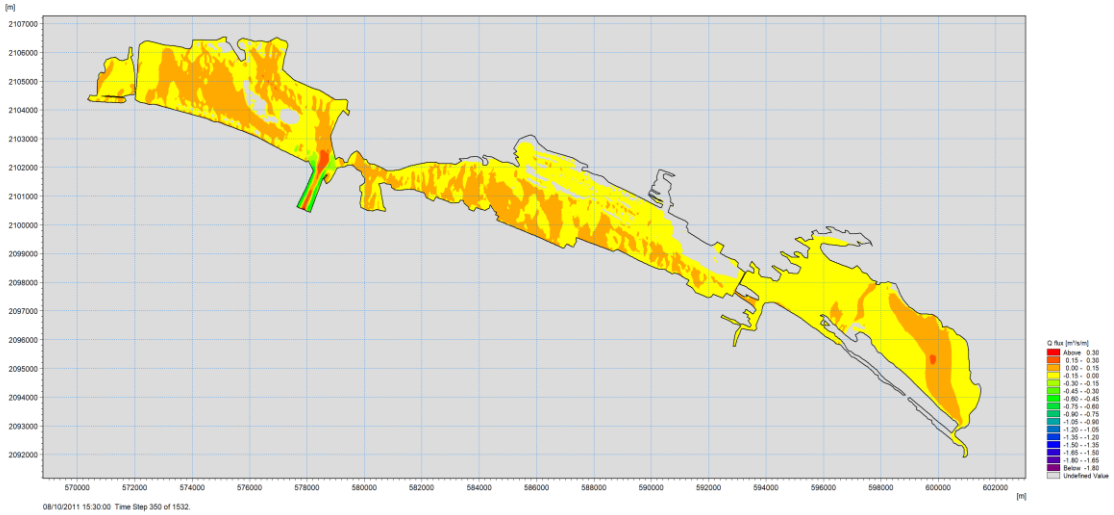
c) Variación de la velocidad U para la tormenta Jova. Fase 2

Figura 160. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

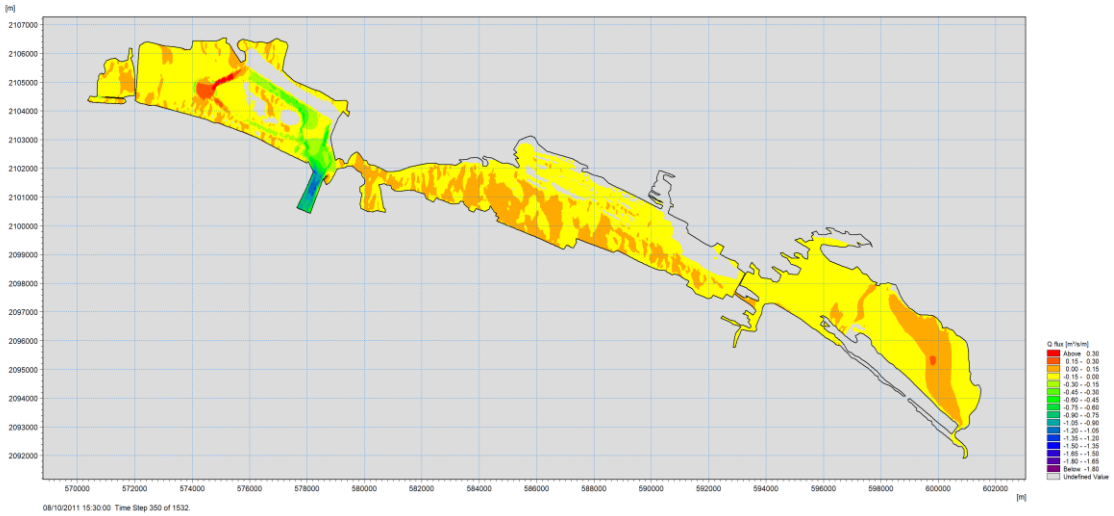
El proyecto incrementa y redistribuye la energía hidráulica del sistema bajo condiciones de tormenta, mejorando su eficiencia sin generar concentraciones críticas de velocidad ni condiciones de inestabilidad.

5.7.3.4. Gasto

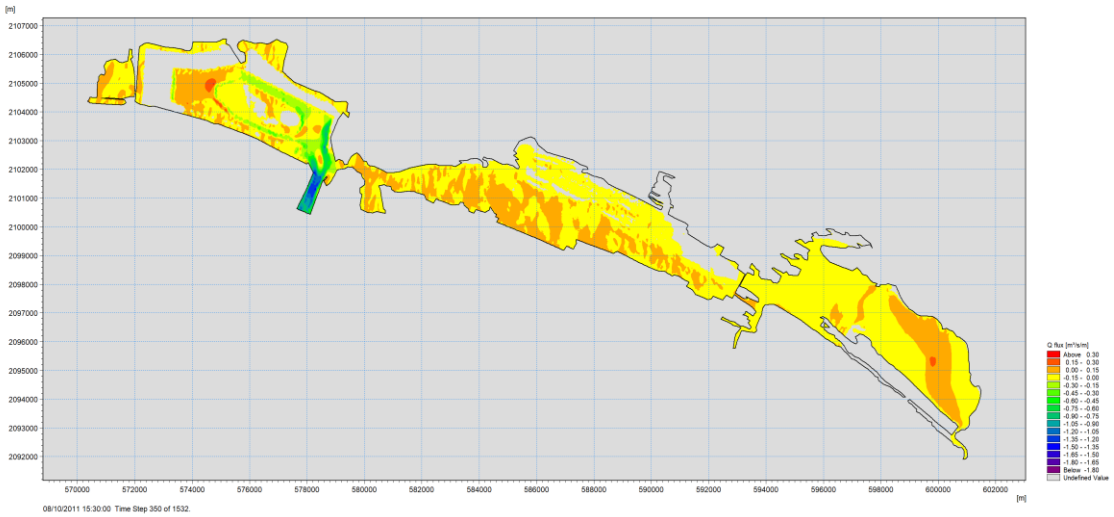
El gasto presenta una menor variabilidad, ya que por balance el sistema recibe parcialmente la misma cantidad de agua, solo la variabilidad por el aumento del nivel del mar que se estudió con anterioridad.



a) Variación de los gastos para la tormenta Jova.



b) Variación de los gastos para la tormenta Jova. Fase 1



c) Variación de los gastos para la tormenta Jova. Fase 2

Figura 161. Comparación de la variación del nivel de la laguna Cuyutlán en condiciones de tormenta.

Para la simulación de datos de Huracán se utilizó la información disponible del huracán Kenna del 2002. Para el huracán Kenna las mareas rondaron desde los -0.4 m.s.n.m. hasta los 0.4 m.s.n.m. De manera similar que, con Jova, los registros de ambas entradas de mar a los vasos son bastante similares, siendo nuevamente la entrada al vaso dos la que presenta elevaciones ligeramente superiores ().

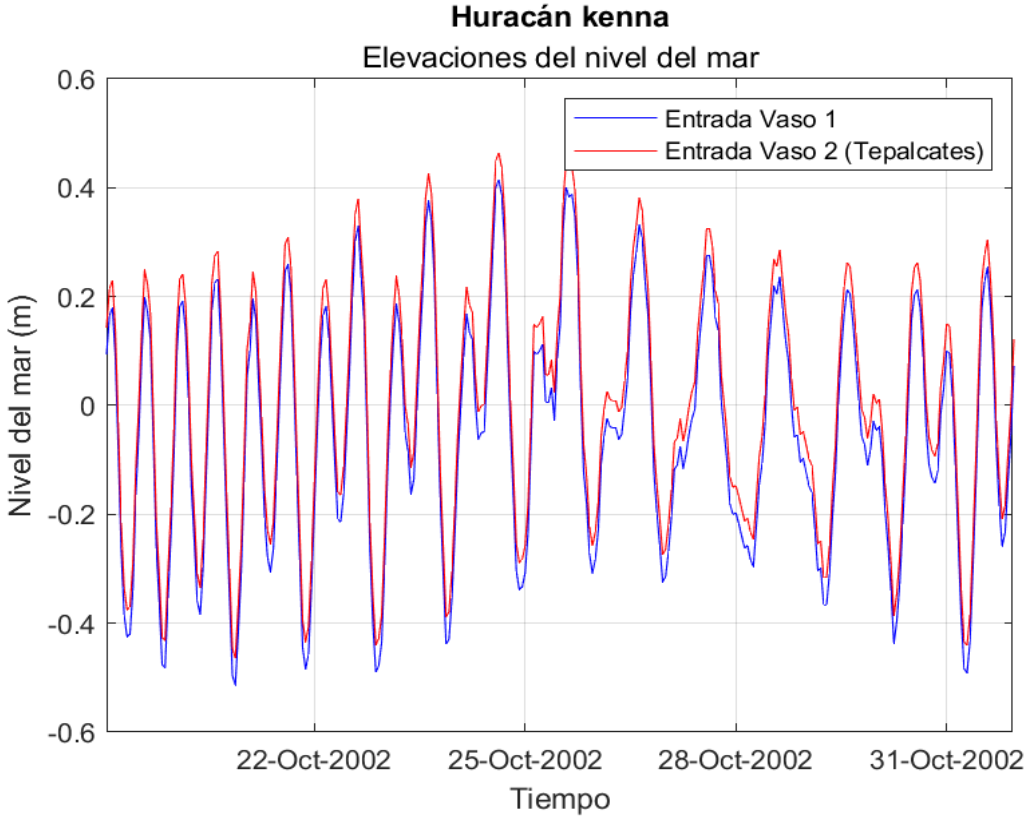


Figura 162. Serie de tiempo de marea durante el huracán Kenna

Respecto a las direcciones del viento, la que más dominó fue entre los 290° y 320° sureste, posteriormente la dirección entre los 20° y 33° noreste y como tercera dominante se encuentran los grados entre 270° y 290° sureste (Figura 5).

La velocidad del viento durante el huracán Kenna tiene un pico menos claro que el de Juliette, ya que del 19 al 22 de octubre se formó un pequeño aumento de la velocidad que llega a los 20 m/s, posteriormente la velocidad sigue aumentando rápidamente hasta alcanzar el máximo de 75 m/s el día 25 de octubre. Posteriormente, la velocidad disminuye rápidamente hasta llegar a los cero m/s para el 26 de octubre (Figura 163).

La dirección vista de manera planar se mantiene oscilando entre los 300° durante todo el periodo del huracán, alcanzando los 350° y 240° aproximadamente (Figura 164).

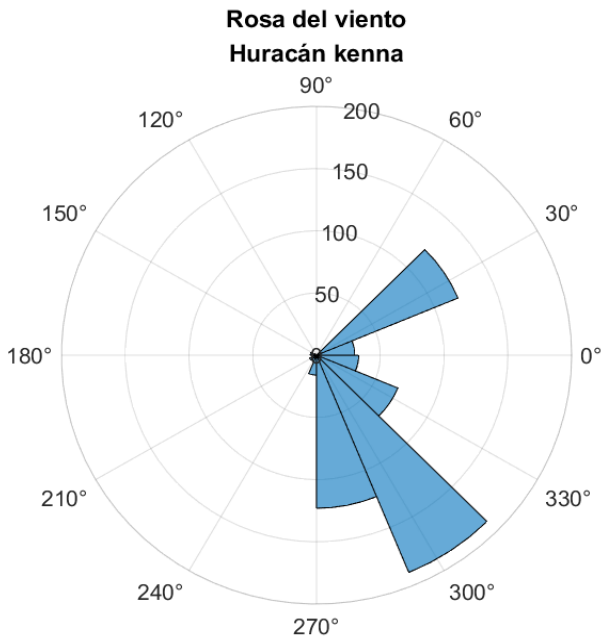


Figura 163. Rosa de viento del huracán Kenna

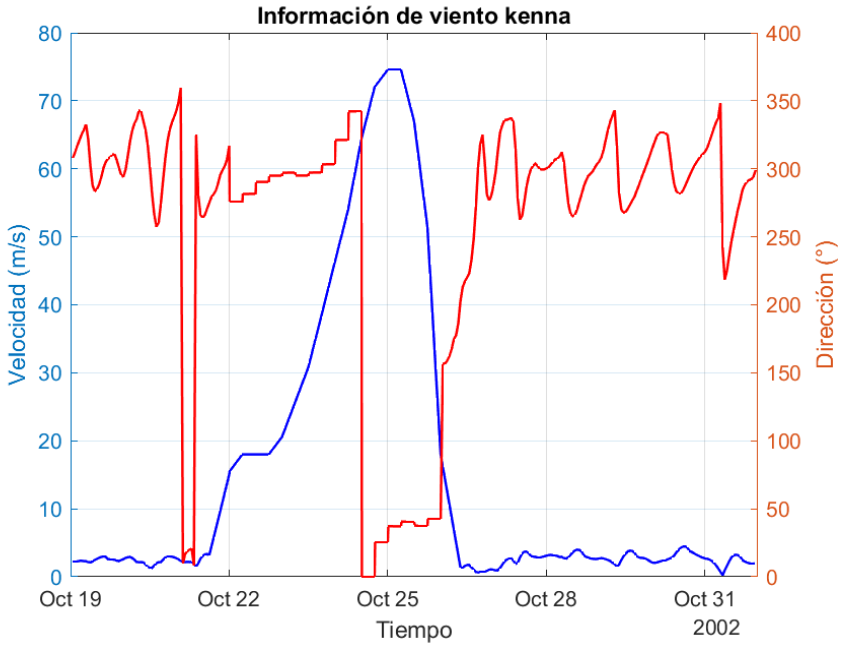


Figura 164. Información de viento del Huracán Kenna.

Para observar un comportamiento con mayor impacto, también se simuló un intervalo con las rachas de viento de 85 Km/h en dirección perpendicular a la línea de costa, con el objetivo de analizar las velocidades y alturas máximas en la zona de muelles.

5.7.3.4. Variación del nivel. Huracán Kena

En el escenario correspondiente a un evento de tormenta con una dirección de viento perpendicular a la línea de costa, la distribución de la elevación de la superficie libre muestra un cambio significativo en el patrón espacial respecto al escenario previamente analizado. Los niveles máximos se localizan en la zona occidental del sistema lagunar, alcanzando valores del orden de 1.30 a 1.50 m, mientras que hacia la zona oriental se observan valores menores, en el rango de 0.80 a 1.00 m. Este comportamiento genera un gradiente hidráulico más pronunciado, del orden de 0.40 a 0.60 m, indicando un forzamiento direccional más intenso. En la zona profunda del vaso II se alcanzan los 1.35 m de altura.

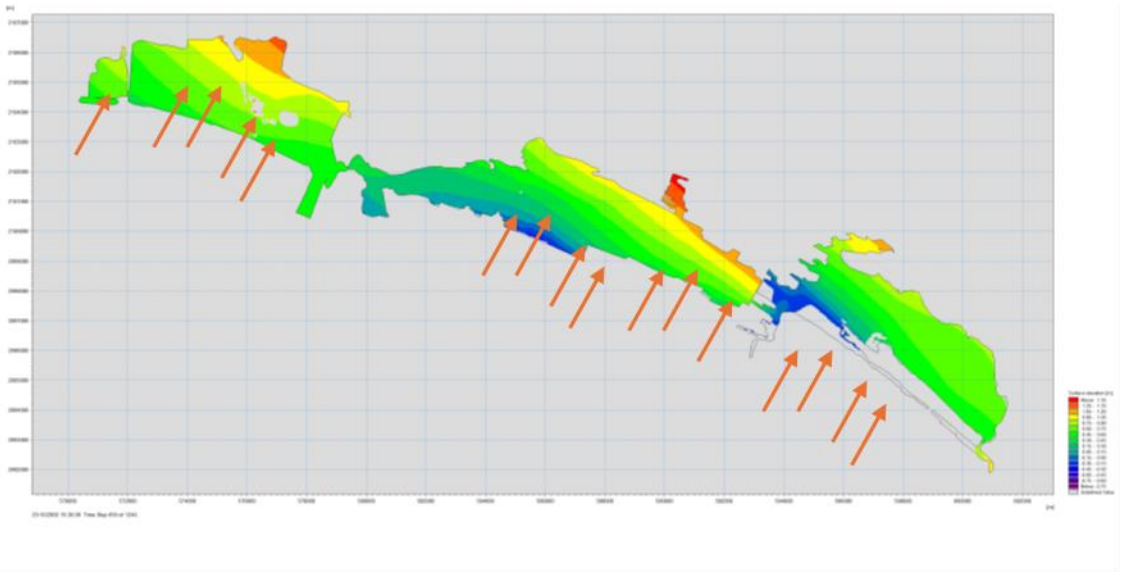
La redistribución de las zonas de acumulación evidencia que la respuesta del sistema depende de la dirección del viento y de su magnitud, ya que el oleaje desplaza el agua a las áreas de mayor elevación de un extremo del sistema a otro. Este comportamiento confirma la naturaleza dinámica del sistema, en el que la localización de las zonas críticas no es fija, sino que depende de las condiciones de forzamiento.

En el escenario correspondiente a la fase 1, se observa una reducción en los valores máximos de elevación del nivel del agua en el Vaso II, por la pérdida de superficie libre, pasando de aproximadamente 1.30–1.50 m en la condición base a valores del orden de 1.20–1.40 m. Asimismo, la distribución espacial en los demás vasos es

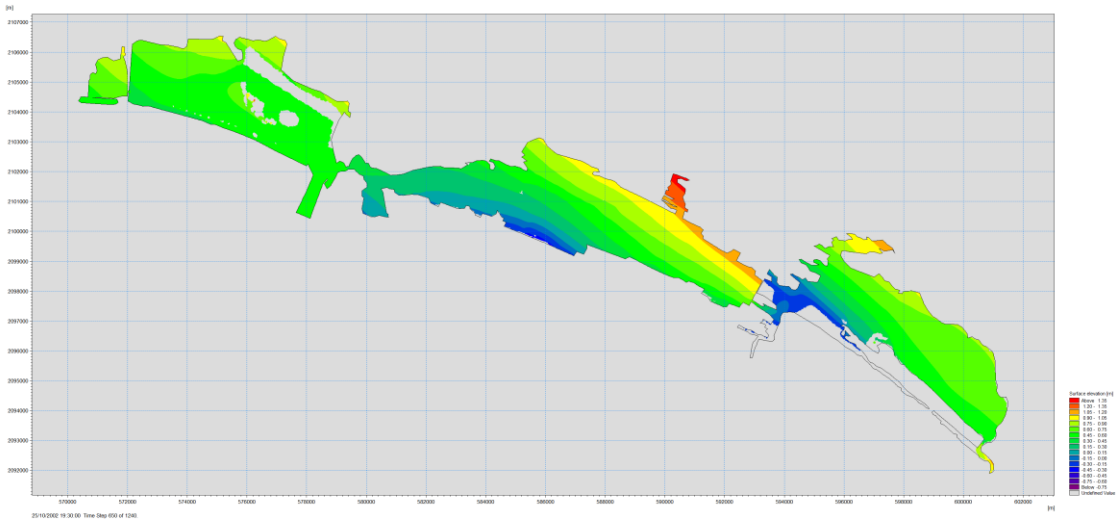
uniforme, con un predominio de niveles entre 1.00 y 1.20 m en cerca del 75–80% del sistema, correspondientes a los vasos interiores.

El gradiente hidráulico se reduce en aproximadamente 15–25% en el vaso II por la reducción de la plataforma, lo que indica una menor acumulación localizada y una mayor propagación del nivel hacia las zonas previamente deprimidas. Este comportamiento evidencia que el proyecto favorece la redistribución del flujo por tener menos superficie que permita la propagación y amplitud de las ondas, incluso bajo condiciones de forzamiento con dirección franca hacia tierra adentro, contribuyendo a una mayor estabilidad del sistema.

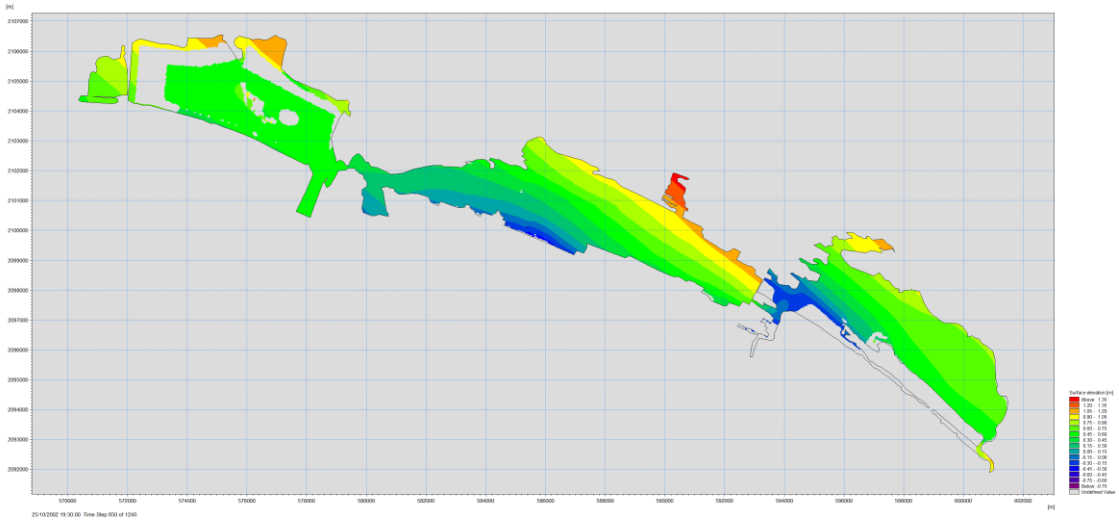
En el escenario correspondiente a la fase 2, se observa una reducción adicional en los valores máximos de elevación del nivel del agua, alcanzando rangos de aproximadamente 1.15 a 1.35 m, en comparación con valores de hasta 1.50 m en la condición base. La distribución espacial en vasos interiores continua en la misma magnitud predominando alturas entre 1.00 y 1.20 m lo que representa cerca del 80–85% del sistema.



a) Comportamiento de nivel bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.



b) Comportamiento de nivel bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento de nivel bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura 165. Información de viento del Huracán Kenna.

En los tiempos de simulación se observa que las zonas de acumulación no son permanentes, sino que dependen de la dirección del viento, lo que indica un sistema dinámico y adaptable, especialmente en las zonas

bajas, además, el proyecto muestra un comportamiento consistente bajo distintas direcciones de viento, reduciendo acumulaciones y homogenizando el nivel del agua en el vaso II.

Los resultados obtenidos para distintos escenarios de tormenta y huracán con direcciones de viento contrastantes demuestran que el sistema lagunar responde de mediante la redistribución del nivel del agua, reduciendo gradientes y acumulaciones locales.

5.7.3.5. Velocidad V. Huracán Kena

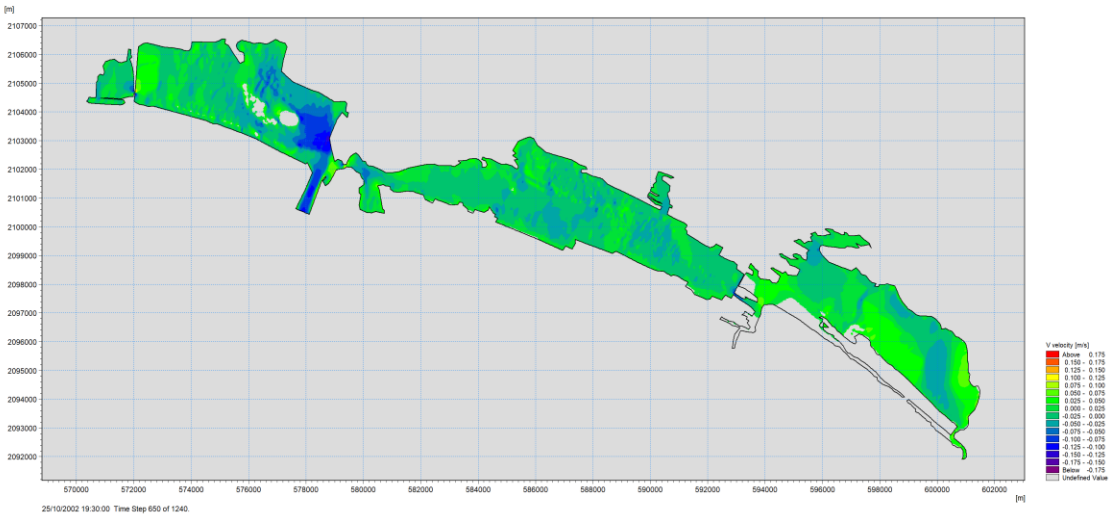
Bajo el escenario de huracán, la componente de velocidad (V) presenta valores predominantes en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en aproximadamente el 60–70% del sistema (aumentando considerablemente a condiciones normales), con zonas donde se alcanzan valores de hasta ±0.25 m/s en cerca del 20–30% del área, especialmente en el Vaso II y III. En comparación con el escenario previamente analizado, la distribución espacial de la velocidad lateral es más uniforme y menos concentrada debido a la dirección del viento, lo que indica una menor formación de zonas de convergencia intensa. Este comportamiento sugiere que, aunque el flujo lateral inducido por el viento se mantiene, su impacto en la generación de acumulaciones locales es menor debido a su dispersión espacial. Sin embargo, esta dirección favorece zonas de inundación costa dentro, donde se encuentra la zona de cultivo y salineras.

Para la fase 1, la velocidad (V) muestra una reducción en la extensión de zonas con valores elevados del Vaso II debido a la construcción de la plataforma. Los valores predominantes se sitúan en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en aproximadamente el 70–75%, mientras que las zonas con valores superiores a ±0.20 m/s se reducen a menos del 10–15% del área y estas se localizan en las zonas bajas del Vaso III y IV, lo que representa una disminución del orden de 30–40% respecto a la condición base, ya que en el vaso II las velocidades disminuyen.

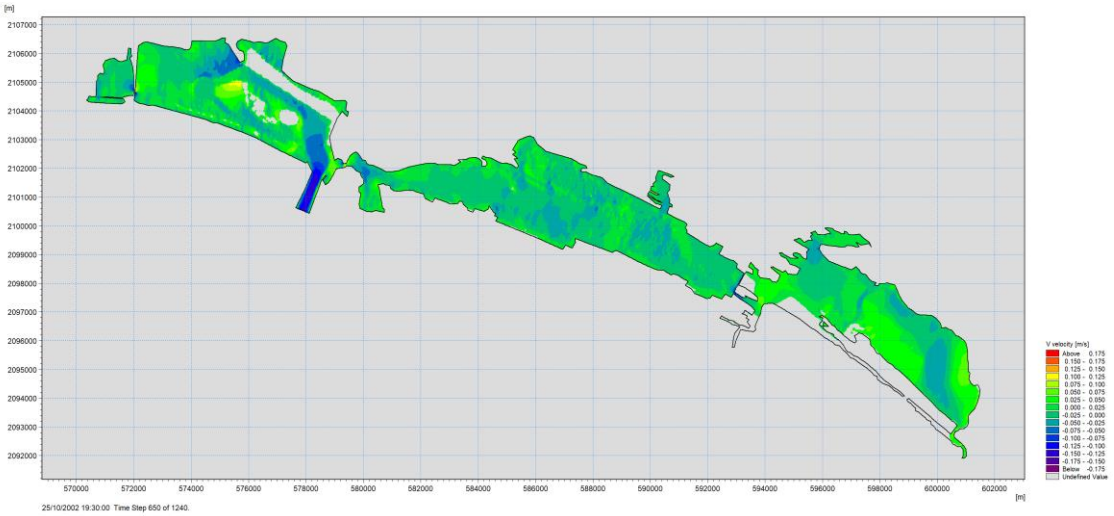
Este comportamiento indica una mayor organización del flujo lateral y una disminución en la dispersión espacial en el vaso, producto de la construcción de la plataforma.

En el escenario de la fase 2 la velocidad (V) muestra una reducción significativa en la extensión de zonas con valores elevados por detrás de la plataforma de la fase 1 y al noreste de la plataforma de la fase 2. Los valores predominantes de velocidad se sitúan en el rango de ±0.05 a ±0.15 m/s en aproximadamente el 75–80% del sistema, debido a lo homogéneas de las velocidades en los vasos III y IV,

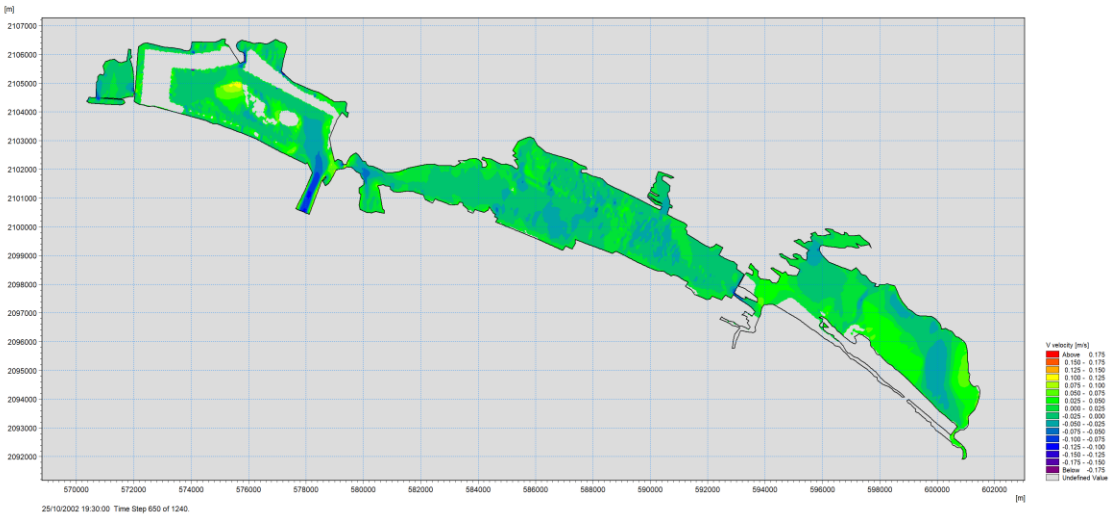
En comparación con la condición base, se observa una reducción total de la variabilidad lateral del orden de 50–60%en el Vaso II debido a la pérdida de superficie libre por la construcción de las dos plataformas, lo que indica una disminución significativa en la dispersión del flujo y en la formación de zonas de convergencia



a) Comportamiento de la velocidad V bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.



b) Comportamiento de la velocidad V bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento de la velocidad V bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura 166. Información de viento del Huracán Kenna.

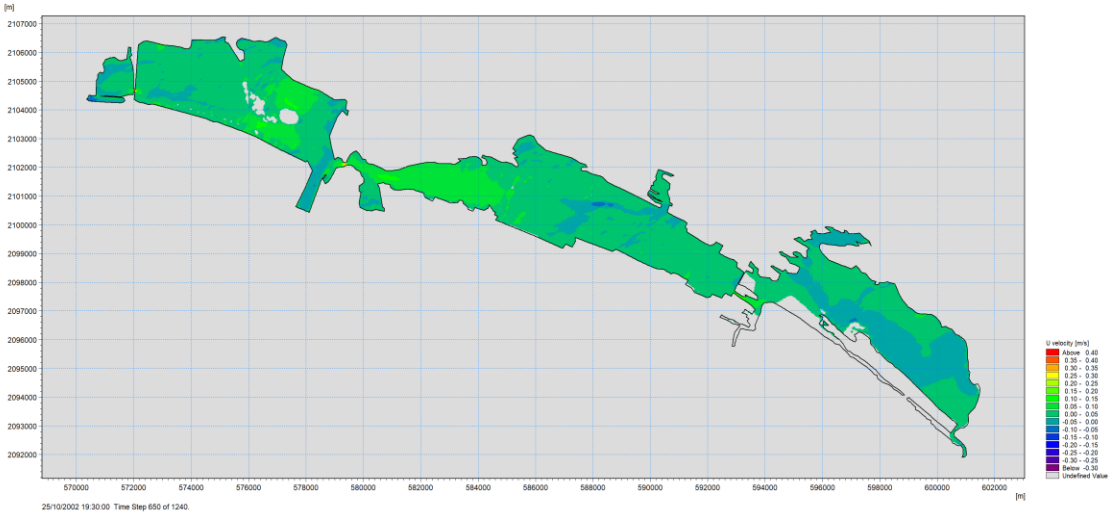
5.7.3.6. Velocidad U. Huracán Kena

En el escenario de huracán Kenna, la componente longitudinal de la velocidad (U) presenta valores predominantemente en el rango de 0.15 a 0.30 m/s en aproximadamente el 75–85% del sistema, con zonas donde se alcanzan valores de hasta 0.30–0.40 m/s en cerca del 10–15% del área, que corresponde a la línea de costa en dirección al continente. Las velocidades superiores a 0.40 m/s se restringen a menos del 5% del sistema, sin formar concentraciones extensas, ya que se forman en las zonas de canalización como en la zona norte de las salineras del Vaso IV.

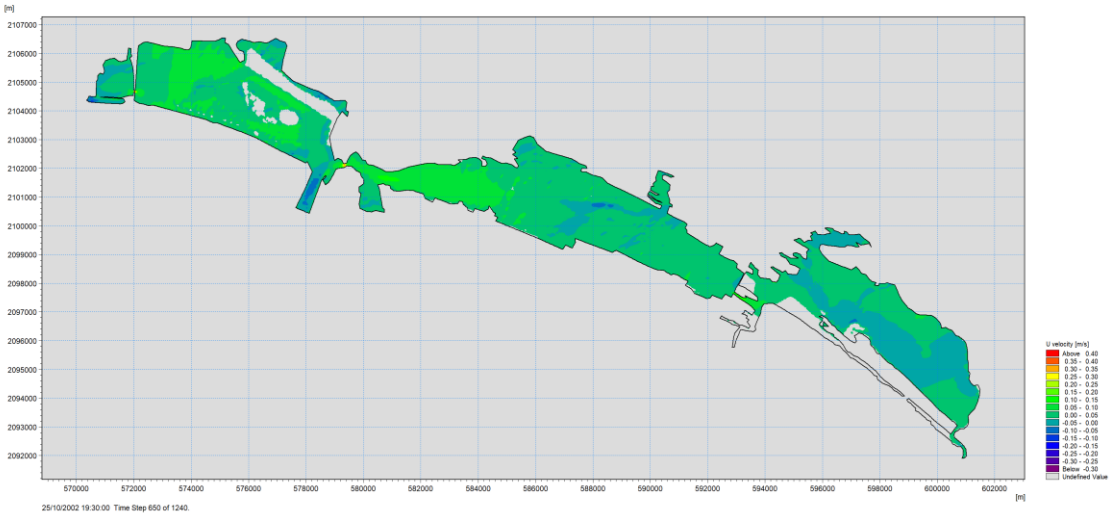
En comparación con el escenario previamente analizado, se observa una menor variabilidad espacial y una distribución más uniforme del flujo, lo que indica una menor intensidad del forzamiento longitudinal y una mayor estabilidad hidráulica en la laguna, pero es consecuencia de la dirección de simulación.

Con la Fase 1, la velocidad (U) presenta valores predominantemente en el rango de 0.15 a 0.30 m/s en aproximadamente el 75–85% del sistema (Vaso I, III y secciones del Vaso II), con zonas donde se alcanzan valores de hasta 0.30–0.40 m/s en cerca del 10–15% del área, que ya no se localizan en el vaso II. Las velocidades superiores a 0.40 m/s se restringen a menos del 5% del sistema como en el caso anterior.

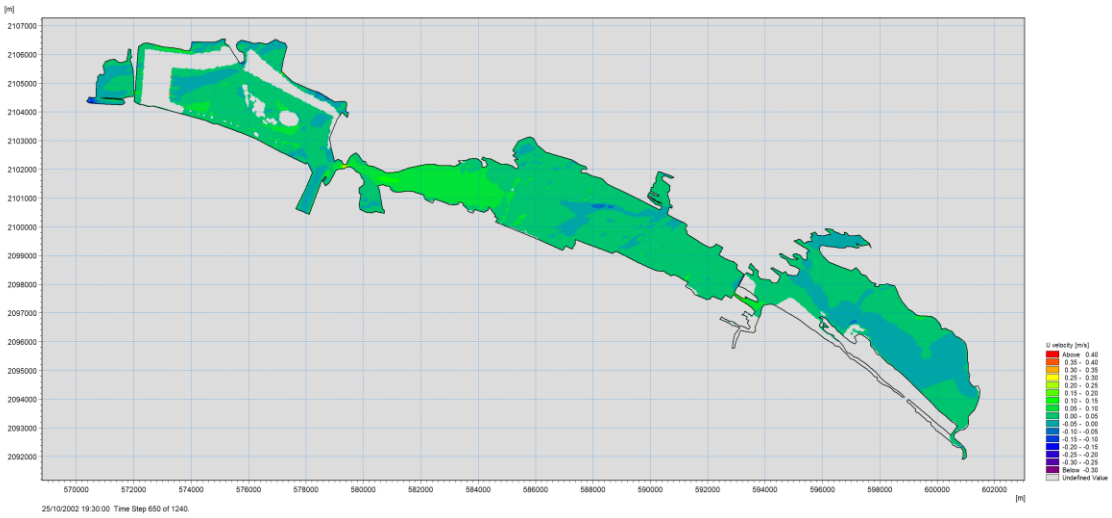
En la fase 2 la componente longitudinal (U) presenta valores predominantes en el rango de 0.25 a 0.45 m/s en aproximadamente el 80–90% del sistema, siendo más altos que en el escenario anterior, debido a la pérdida de flujo hacia el vaso I. El resto del sistema se comporta de manera similar que a las etapas anteriores.



a) Comportamiento de la velocidad U bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.



b) Comportamiento de la velocidad U bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento de la velocidad U bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura 167. Información de viento del Huracán Kenna.

En general, el incremento de la velocidad longitudinal por el huracán con vientos perpendiculares a la laguna se mantiene dentro de rangos controlados (<0.55 m/s en más del 95% del sistema), sin generar condiciones de erosión significativa."

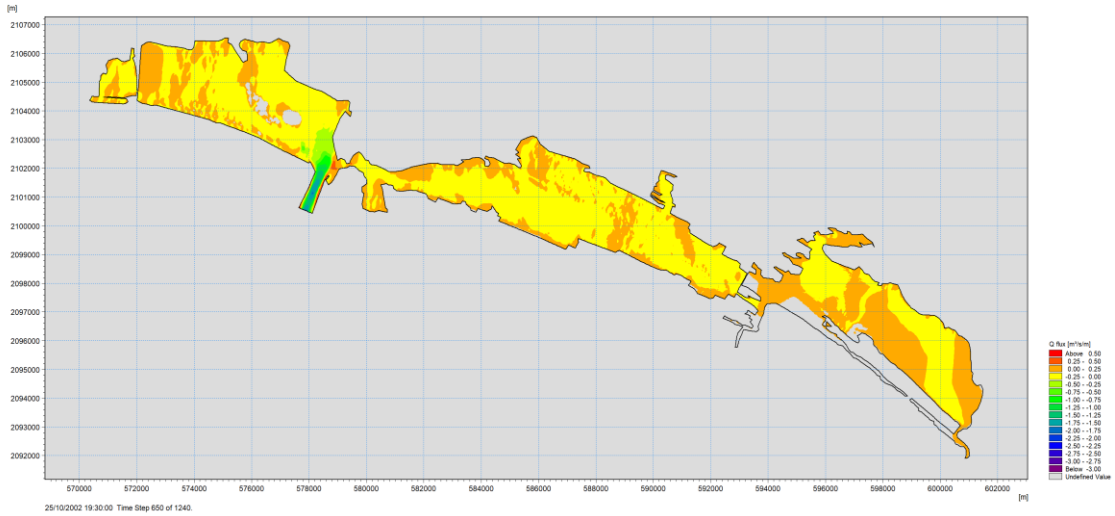
5.7.3.7. Gastos. Huracán Kena

Bajo el escenario de Huracán, el gasto o caudal presenta valores predominantemente en el rango de 0.20 a 0.50 m³/s en aproximadamente el 70–80% del área de la laguna con excepción de la zona de canales y en la zona de dragado por la profundidad, con incrementos localizados de hasta 0.50–0.60 m³/s/m en zonas de conexión hidráulica. Las zonas con valores menores a 0.20 m³/s representan cerca del 10–15% del área, principalmente en regiones internas en el vaso III y vaso IV.

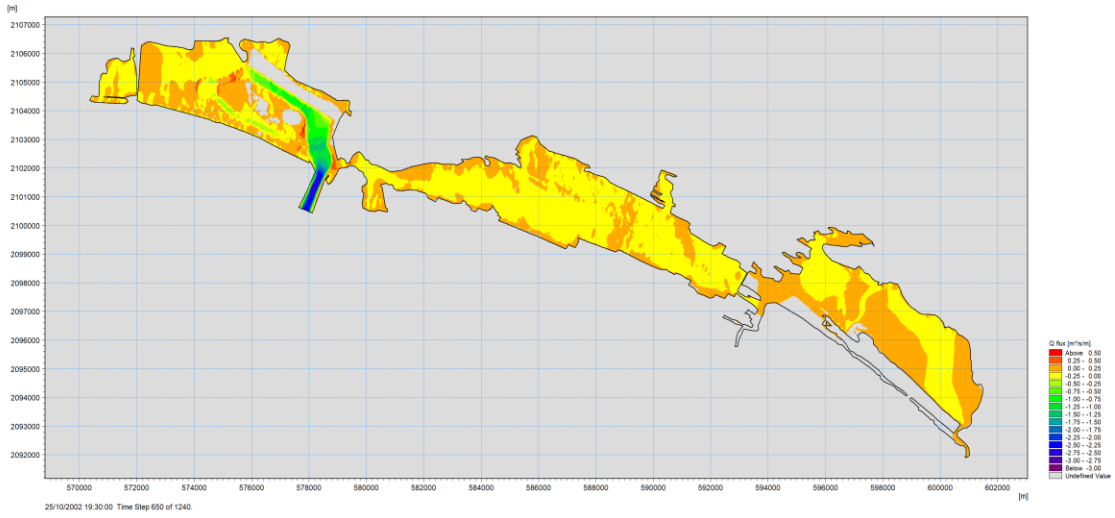
El gradiente espacial del gasto es relativamente bajo, del orden de 0.20–0.40 m³/s/m, lo que indica una buena conectividad del sistema y una distribución uniforme del flujo en la mayoría de los vasos. No se identifican concentraciones extensas de gasto elevado, lo que sugiere la ausencia de flujos dominantes o canalizaciones intensas.

Para la fase 1, el gasto hidráulico presenta valores predominantemente en el rango de 0.20 a 0.50 m³/s en aproximadamente el 70–80% (como en la fase sin proyecto), debido a que en condiciones de huracán el balance volumétrico del sistema de entrada y salida se mantiene igual en todas las fases.

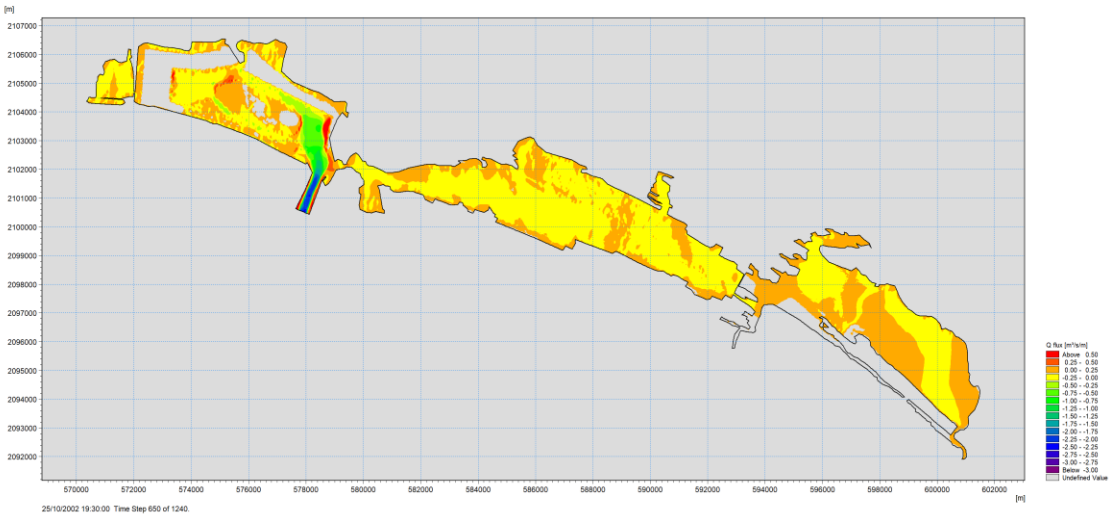
Esta condición se mantiene en la fase 2 del proyecto, aunque el gasto se presenta un poco más distribución y más uniforme en el vaso II en comparación con la fase 1, con valores predominantes en el rango de 0.30 a 0.60 m³/s en aproximadamente el 80–90%.



a) Comportamiento del gasto bajo condiciones de huracán. Caso Kenna.



b) Comportamiento del gasto bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 1



c) Comportamiento del gasto bajo condiciones de huracán. Caso Kenna. Fase 2

Figura 168. Información de viento del Huracán Kenna.

Los resultados muestran que, bajo condiciones futuras y cambio climático, el sistema de lagunas exhibe una respuesta hidrodinámica consistente principalmente debido a la influencia marina. Hay una posible reducción de hasta un 36% en las contribuciones continentales en escenarios críticos, desde una perspectiva hidrológica, lo que lleva a una mayor evapotranspiración y menos precipitación. Esto sugiere un aumento en la salinidad y una posterior disminución de la recarga de agua para los sistemas, pero solo en términos de cambio hidrodinámico, no por efectos causados por el proyecto sino más bien por procesos regionales derivados del cambio climático.

En cuanto al aumento del nivel del mar, los resultados de la modelación hidrodinámica demuestran que el sistema reacciona con una mejor conexión hidráulica y redistribución de energía para preservar su estructura operativa. Incluso en el extremo, cuando el nivel del mar sube alrededor de 1.5 m, la laguna mantiene su gradiente hidráulico, lo que permite la disipación de energía sin establecer condiciones de inestabilidad y no excede las capacidades de diseño actuales, aunque se debe evaluar la frecuencia de eventos extremos (velocidad del viento >70 km/h).

El sistema se caracteriza por un aumento progresivo de la energía a medida que aumentan los niveles del mar, lo que promueve el intercambio hidráulico entre las cuencas en términos de componentes de velocidad y flujos. Sin embargo, tales aumentos no ocurren por encima de los rangos óptimos típicos de la dinámica del sistema y, por lo tanto, no se traducen en concentraciones de flujo críticas o factores de riesgo.

De manera similar, para tormentas y huracanes, el sistema exhibe una respuesta dinámica importante pero estable, que es impulsada por la reorganización del agua tanto por las características del viento como por la dirección del viento y no por acumulaciones permanentes o cambios en la capacidad de disipación hidráulica de la superficie del agua causada por el proyecto.

Desde este punto de vista, la instalación del proyecto no añade riesgo de exposición del sistema a escenarios de cambio climático. En cambio, la adición de un diseño de mitigación como drenajes hidráulicos asegura la conectividad entre la cuenca del Arroyo Zacate hacia el vaso II. Por lo tanto, se asume que la Laguna de Cuyutlán tiene una capacidad inherente para responder a un cambio climático esperado y el proyecto propuesto se mantiene dentro de los límites regionales para la variabilidad hidrodinámica del sistema; que no generará efectos negativos acumulativos o sinérgicos sobre su estabilidad.

Como tal, el enfoque del proyecto es compatible con escenarios de cambio climático en el futuro, no aumenta el riesgo hidrodinámico o ambiental del sistema y preserva la funcionalidad y flexibilidad del ecosistema de la laguna. La respuesta del sistema bajo diferentes condiciones (hidrodinámica, escurrimientos, eventos extremos y cambio climático) es consistente y no muestra interacción entre impactos que amplifique sus efectos. En este sentido, no se identifican impactos acumulativos ni sinérgicos que comprometan la estabilidad del sistema lagunar

5.8 Transporte de sedimentos y erosión

Los sistemas de lagunas costeras presentan un mecanismo sedimentario complejo, dictado por fuerzas hidrodinámicas (mareas, oleaje y viento), aportes externos de sedimentos (a causa de escurrimientos costa dentro o actividades antropogénicas) y las propiedades propias del sedimento. La respuesta sedimentaria a las interacciones entre los procesos hidrodinámicos está gobernada por las características físicas de los sedimentos, que se clasifican principalmente en dos grupos: sedimentos no cohesivos (arenas) y sedimentos cohesivos (limos y arcillas). Cada uno de estos grupos responde de manera diferente a las condiciones de flujo (velocidad y características mecánicas del oleaje y marea), que gobiernan los patrones de transporte, deposición y resuspensión dentro del sistema

Los sedimentos no cohesivos, como las arenas, se movilizan principalmente como carga de fondo o en suspensión bajo condiciones de alta energía hidráulica o gradiente, dependiendo directamente de la magnitud de las velocidades del flujo y del esfuerzo cortante en el lecho. En general, estos materiales requieren velocidades relativamente elevadas para su movilización, típicamente mayores a 0.30–0.50 m/s (Sternberg, 1967, 1971), por lo que su transporte se asocia a zonas de conexión, canales o eventos de alta energía. Los sedimentos finos (limos y arcillas), presentan un comportamiento cohesivo que les permite mantenerse en suspensión bajo velocidades relativamente bajas (0.050–0.30 m/s), siendo altamente sensibles a la turbulencia y a la presencia de flujos laterales. Estos materiales tienden a depositarse en zonas de baja energía hidráulica, mientras que pueden ser resuspendidos fácilmente ante incrementos moderados en la velocidad.

Debido a sus características inherentes, los sedimentos finos están altamente correlacionada con la energía de los entornos hidrodinámicos y la baja velocidad del flujo. Por ejemplo, en entornos de lagunas poco profundas como la de Cuyutlán, los sedimentos finos se depositan en localidades de baja energía hidráulica (áreas

internas, protegidas o regiones de convergencia de flujo). En contraste, cuando las velocidades de flujo superan niveles críticos específicos, estos sedimentos pueden ser resuspendidos y reintegrados en la columna de agua, aumentando la concentración de sólidos en suspensión (SSC, por sus siglas en inglés). Por lo tanto, la dinámica de los sedimentos finos está dictada por el equilibrio entre los procesos de deposición y resuspensión, que pueden alterarse debido a cambios hidrodinámicos, naturales (como tormentas o cambios en la dirección del viento) o debido a acciones antropogénicas, como obras hidráulicas y alteración de la conectividad del sistema.

Asimismo, demasiado sedimento en el fondo podría cambiar la forma del sistema, reducir la profundidad efectiva e interferir con la circulación. Por lo tanto, la evaluación de los sedimentos finos debe preocuparse por la amalgama de la hidrodinámica con la respuesta dinámica de las características del flujo (velocidades, niveles y descarga) a los procesos sedimentarios.

La interacción de esta relación se determina en el estudio actual a través de la modelización numérica, que permite la representación espacial y temporal de la distribución y la correlación de los sedimentos en suspensión con el entorno hidráulico del sistema.

El módulo de sedimentos cohesivos del modelo hidrodinámico MIKE 21 fue adoptado en este estudio para simular el transporte de sedimentos en concentración en suspensión (SSC), y del proceso de deposición y resuspensión basado en esfuerzos cortantes y las propiedades de los materiales.

Esta estructura establece la medición del comportamiento del sistema bajo diferentes entornos, donde las condiciones de referencia y la implementación del proyecto ocurrieron en diferentes fases del proyecto. Además, se consideraron diferentes vientos durante los escenarios de tormenta para evaluar la sensibilidad del sistema sedimentario a los cambios en la forzante hidrodinámica.

Esto permite establecer si las zonas de deposición y resuspensión son zonas estacionarias, persistentes o dinámicas que responden a las condiciones ambientales. Con este propósito, esta sección intenta estudiar la naturaleza del sedimento del sistema a través del transporte, deposición y resuspensión de sedimentos, y también determina el impacto inducido por la implementación del proyecto.

Se espera que el análisis ayude a determinar si el proyecto induce alteraciones a gran escala en la dinámica sedimentaria y, por lo tanto, si tales alteraciones son indicativas de un evento ambiental neto.

La dinámica de sedimentos fue evaluada mediante el módulo de transporte de sedimentos cohesivos y no cohesivos del modelo hidrodinámico MIKE 21, el cual permite simular de manera acoplada los procesos de advección, dispersión, deposición y resuspensión de sedimentos en suspensión.

El modelo resuelve la ecuación de transporte de sedimentos, considerando la interacción entre el campo de velocidades (U y V), el nivel del agua y las propiedades del sedimento. La concentración de sedimentos en suspensión (SSC, por sus siglas en inglés) se calcula como una variable dependiente del tiempo y el espacio, expresada en unidades de masa por volumen (kg/m³).

El transporte de sedimentos se representa mediante dos procesos principales:

- Advección, asociada al movimiento del flujo, controlado por las velocidades hidrodinámicas.

- Difusión turbulenta, que representa la dispersión del sedimento debido a la turbulencia del mismo flujo.

Adicionalmente, el modelo incorpora procesos de intercambio con el lecho, definidos por:

- Deposición, que ocurre cuando las velocidades y el esfuerzo cortante disminuyen por debajo de un valor crítico, permitiendo que las partículas se asienten en el fondo.
- Resuspensión, que ocurre cuando el esfuerzo cortante del flujo supera un umbral crítico, provocando que el sedimento depositado se reincorpore a la columna de agua.

En el caso de sedimentos cohesivos (limos y arcillas), el modelo considera propiedades específicas como la cohesión del material y la velocidad de caída de las partículas, lo que permite representar procesos como la floculación y la sedimentación diferencial.

El modelo fue ejecutado bajo las mismas condiciones hidrodinámicas previamente analizadas, y se modelo un intervalo de periodo de secas y una temporada de lluvias, considerando los forzamientos de marea y viento considerando las distintas fases del proyecto (condición base, fase 1 y fase 2), lo que permitió evaluar de manera consistente la respuesta sedimentaria del sistema ante cambios en la energía hidráulica y la conectividad.

5.8.1. Concentración de sedimentos en suspensión (SSC)

La concentración de sedimentos suspendidos (SSC) indica la cantidad de material en la columna de agua expresada en kg/m³, representando los procesos de transporte, deposición y resuspensión dentro del sistema. Un valor más bajo de SSC corresponde a la ocurrencia de condiciones de deposición con baja energía hidráulica; mientras que, un valor más alto indica procesos activos de resuspensión debido a aumentos en la velocidad del flujo y el esfuerzo cortante.

En sistemas lagunares someros, valores intermedios de SSC (0.5–2.0 kg/m³) son comunes y reflejan un equilibrio dinámico entre deposición y transporte. Por el contrario, concentraciones elevadas (>2–3 kg/m³) pueden asociarse a zonas de mayor energía hidráulica o a procesos de convergencia del flujo, particularmente en presencia de componentes laterales significativas o canalización. Sin embargo, al no conocer la distribución exacta de SSC en toda la laguna y con el objetivo de simular la dispersión real de los sedimentos, a causa de las entradas en temporada de lluvias y la interacción con los canales, se inició con una cantidad de fracción sobre estimada, como se muestra en la Figura 169.

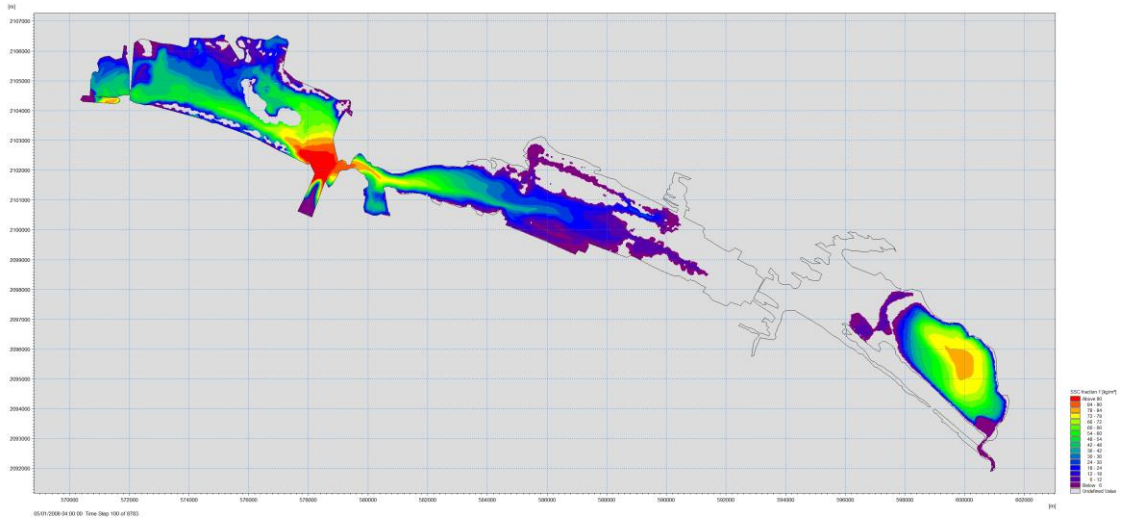


Figura 169. Condiciones iniciales para la concentración de sedimentos en suspensión.

En la Figura 170 se presenta la distribución de sedimentos en suspensión en la condición base. Se observa un patrón espacial diferenciado, con predominio de concentraciones bajas en la mayor parte de la laguna, especialmente en el Vaso III y IV debido a las bajas velocidades. Aproximadamente el 60–70% del área presenta valores de 0.1 a 0.5 kg/m³, lo que indica condiciones favorables para la deposición de sedimentos finos, como ocurre lejos de las áreas no influenciadas por la entrada de los canales Ventanas y Tepalcates y como se puede observar en condiciones de campo.

Al interior del Vaso I y II, se identifican SSC intermedios del orden de 0.5 a 0.9 kg/m³, asociadas a procesos activos de transporte (por la influencia de los canales). En la zona de interconexión entre el Vaso I al II y del Vaso II y III se presentan SSC cercanas a 1.0 kg/m³, lo que indica procesos localizados de resuspensión asociados a niveles de energía hidráulica variables.

Por lo tanto, en el vaso I y II el comportamiento refleja un sistema con un gradiente sedimentario bien definido, donde coexisten zonas de deposición, transporte y resuspensión, en función de las condiciones hidrodinámicas.

En otras palabras, el fondo de cada vaso predomina la deposición (colores fríos), al centro, se encuentran zonas de transporte (color verde), como ocurre en las zonas de conexión y cerca de las bocas de los canales se localizas zonas de suspensión (gradiente de colores).

En el vaso III y el Vaso IV presentan condiciones propicias para la acumulación de sedimentos debido a la falta de flujo continuo y velocidades bajas. Al fondo del Vaso IV, se observan los valores máximos debido a que el sedimento no tiene salida hacia el mar y se acumula en la zona de mayor profundidad. Esta acumulación tambien genera que exista azolvamiento entre canales y hacia el estero Palo Verde.

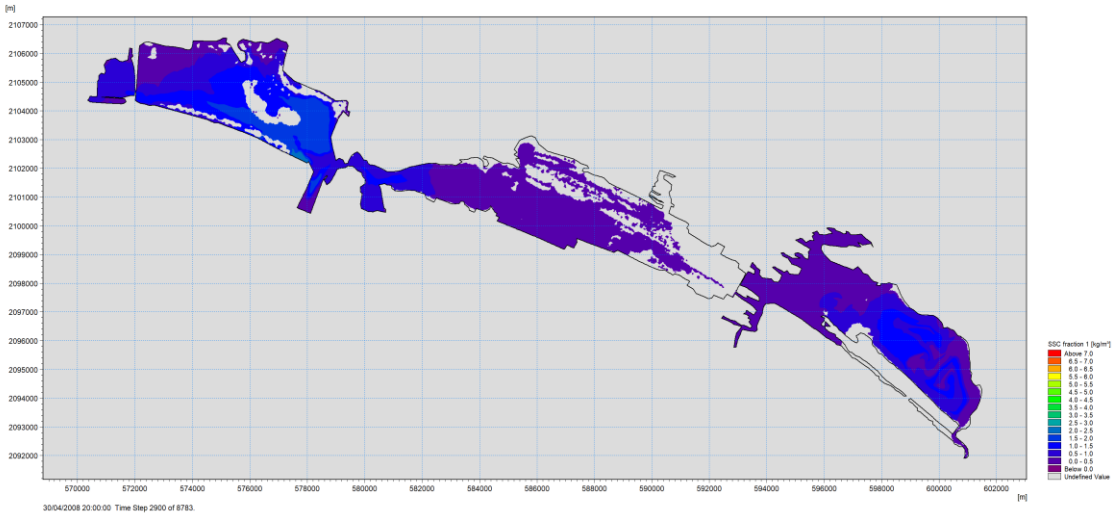


Figura 170. Valores de SSC para la etapa sin proyecto.

Con la Fase 1 del proyecto se muestra un claro aumento en los sedimentos en suspensión en los canales de navegación y es debido a su profundidad y la lejanía del Canal tepalcates (Figura 171). Los procesos de pleamar y bajamar generan una zona de recirculación, atrapando el sedimento en el extremo más oriente de los canales. Esta acumulación de sedimentos propicia que se forme toda una zona de resuspeción al fondo del vaso II, tambien aumentando la sedimentación en el Vaso I que en condiciones de bombeo por parte de la planta de CFE incrementara la tasa de sedimentación en la parte reguladora del Vaso I.

Tambien se observa una zona de acumulación de sedimentos en la parte norte de la plataforma de la Fase 1, debido a la disminución de flujo. Esta zona deberá monitorearse ya que, los aportes y tasa de sedimentos dependerá de la carga de sedimentos finos provenientes del Arroyo Zacate (los cuales son variables dependiendo de los eventos de escurrimiento) y no de los depósitos finos dentro del Vaso II.

Hacia los vasos interiores, las condiciones se mantienen y dependen más de los aportes sedimentarios de la parte continental que del ingreso de sedimentos por la zona de interconexión.

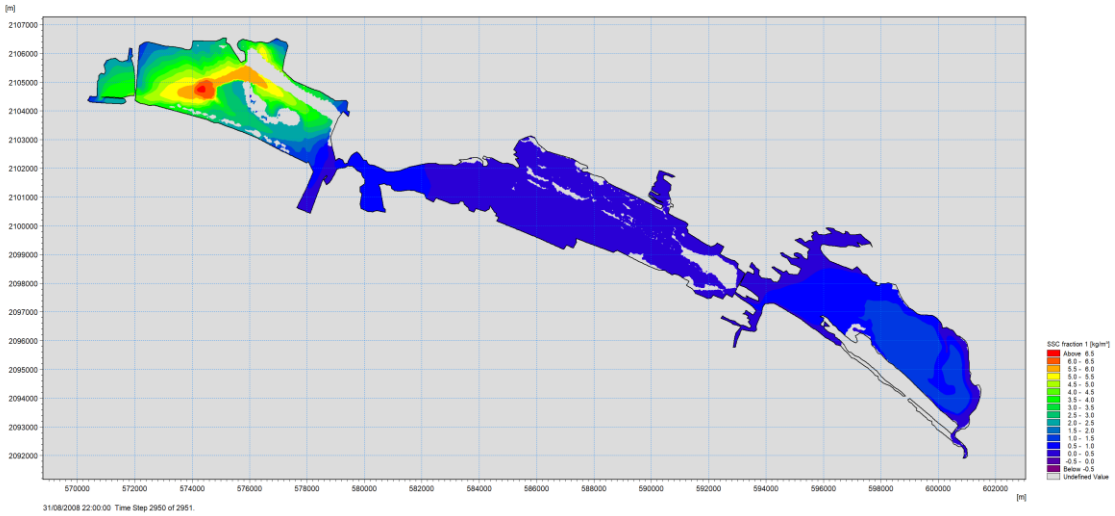


Figura 171. Valores de SSC para la etapa con proyecto Fase 1.

Para la Fase 2 del proyecto se observa que el SSC incrementa en la zona de canales de navegación por la disminución del flujo directo entre el Vaso I y II, por la profundidad propia de los canales y por la construcción de la plataforma poniente. Aunque la simulación ser realizó con los drenes, se observa una clara recirculación a causa de los canales ya que los drenes únicamente conectan el flujo a la profundidad del Vaso I y no a la profundidad de los canales de navegación por lo que el sedimento no se moviliza por completo a otras áreas una vez que se encuentra dentro de los canales. Con respecto a los vasos interiores, no se observan modificaciones en los patrones de suspensión ni aumento en el transporte a causa de la construcción de las plataformas.

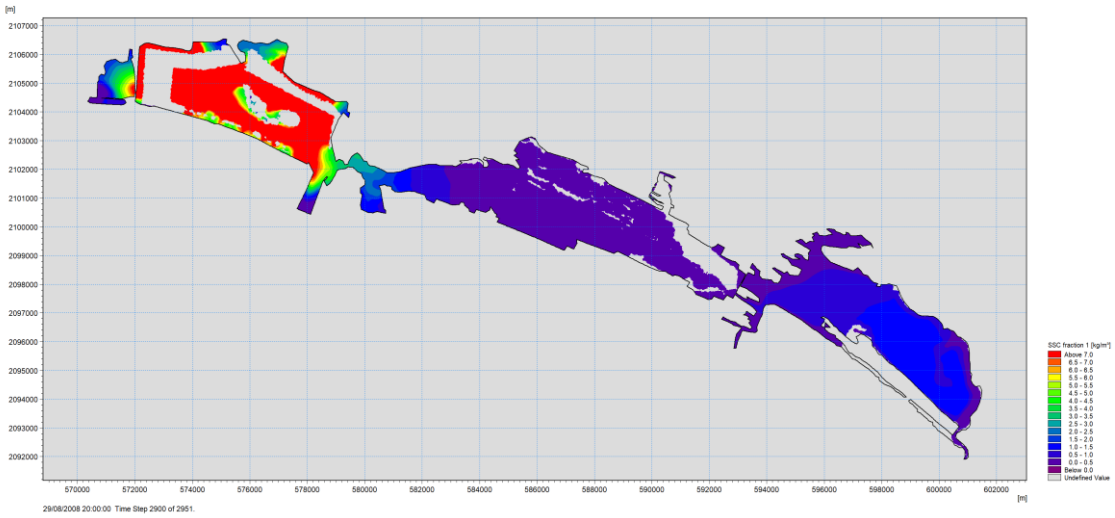


Figura 172. Información de viento del Huracán Kenna.

5.8.2. Acumulación de sedimentos

La distribución del espesor de sedimentos en la condición base muestra un patrón heterogéneo, con predominio de acumulación en el Vaso III, de aproximadamente 0.05 m en los 8 meses que duro la simulación (incluyendo la temporada de lluvias), indicando condiciones de baja energía y de retransporte dominante.

En el Vaso I, se identifican espesores intermedios del orden de 0.05 a 0.20 m, asociados a procesos de deposición moderada, producto de los sedimentos continentales. En el Vaso II se observan depósitos entre los 0.05 a los 0.40 m. Es la Zona más diferenciada debido a la influencia del Canal Tepalcates.

Este comportamiento indica la presencia de una zona de deposición preferencial, en los márgenes y en donde se encuentra el canal de navegación existente lo que se asociada a el transporte de sedimentos debido al canal y a la influencia del Arroyo Zacate.

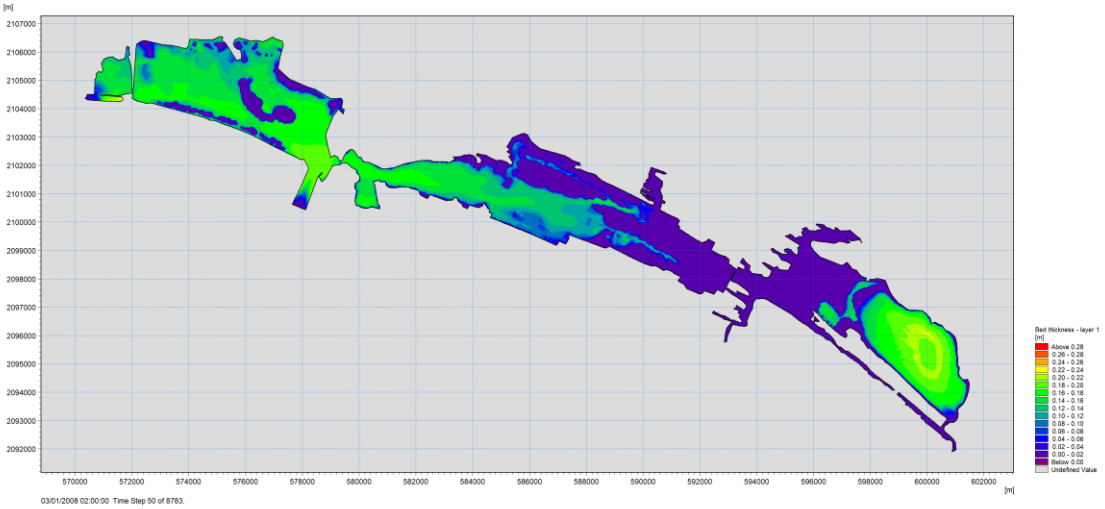


Figura 173. Acumulación de los sedimentos

Actualmente la laguna ya presenta una zona activa de azolvamiento en condición base que corresponde al fondo del Vaso III y el Vaso IV y está asociada a limitaciones en la conectividad hidráulica.

En el escenario correspondiente a la Fase 1 del proyecto, la distribución del espesor de sedimentos muestra una redistribución espacial en el Vaso II, aumentando la tasa de sedimentación delante de la plataforma en el orden de unos centímetros (entre 5 y 10) en comparación con la condición base. La sedimentación al interior de los vasos III y IV no se ven afectadas.

La zona de mayor acumulación se presenta en los canales de Navegación en el Vaso II, debido a loa profundidad de los canales y a la interrupción de flujos continentales, lo que indica una reorganización de los

sedimentos de manera local. Por otro lado, se observa un incremento moderado en el espesor de sedimentos en el Vaso I, asociado a una redistribución del material fino derivada de cambios en la dinámica del flujo.

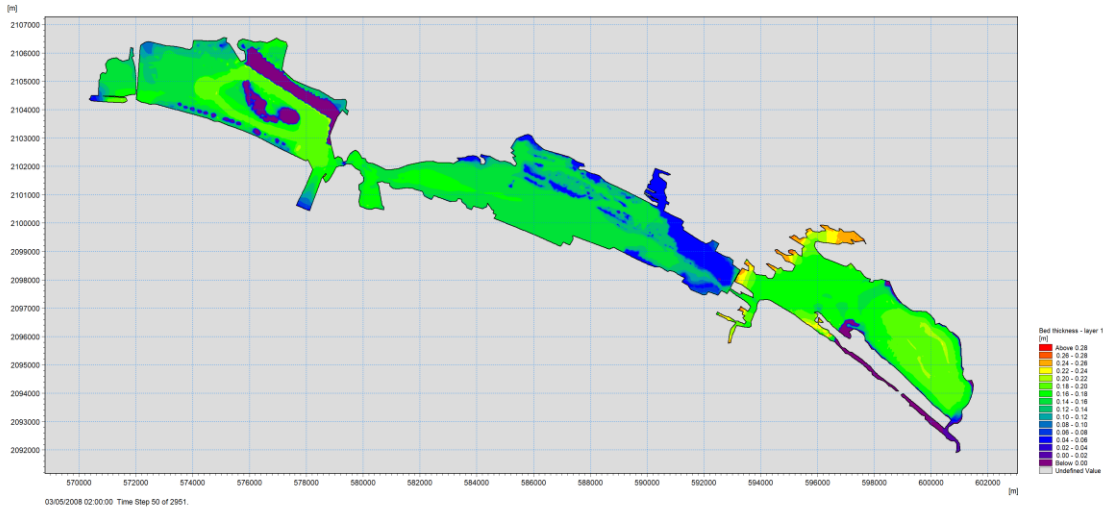


Figura 174. Información de viento del Huracán Kenna.

En el escenario correspondiente a la fase 2 del proyecto, la distribución del espesor de sedimentos en el Vaso II debido a la interrupción del flujo hacia el Vaso I, con acumulaciones entre los 0.2 y 0.4 m de acumulación. En el Vaso III y IV se continúan observando espesores de 0.05 m, lo que indica una dominancia de condiciones de retransporte.

Se observa, además, que, aunque los drenes se encuentran activos para permitir el flujo entre el Vaso I y el Vaso II hay una acumulación de sedimentos en el Vaso I debido a que no existe un recambio continúo debido a la plataforma de la Fase II y el bombeo continuo de la planta de CFE. Este punto deberá monitorearse pues la simulación de las condiciones iniciales al momento de construir la fase 2 del proyecto no serán equivalentes a las actuales.

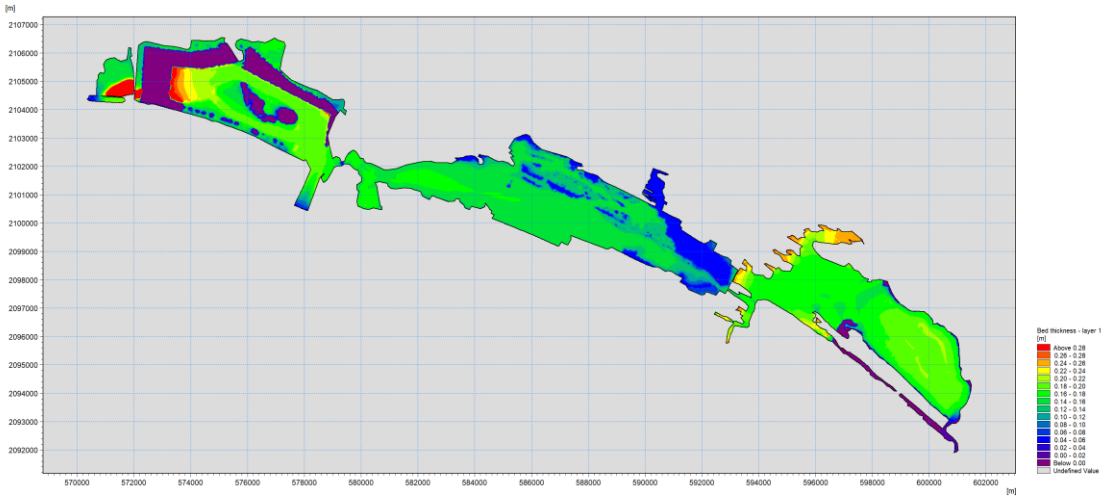


Figura 175. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.

La construcción del proyecto genera modificaciones en la distribución de sedimentos, concentradas principalmente en el Vaso II. En la Fase 1, los cambios son localizados y asociados a recirculaciones y disminución de velocidades, provocados por la plataforma, en especial al norte de esta, donde existe una interrupción del flujo de la zona de depósito del Arroyo Zacate y el Vaso III, mientras que en la Fase 2 se observa una mayor retención de sedimentos finos debido a la reducción de la conectividad hidráulica hacia el Vaso I y la profundidad de los canales de navegación.

La implementación de drenes hidráulicos ayuda a restablecer la conectividad del sistema, mejorar la distribución del flujo y reducir la acumulación localizada de sedimentos, sin embargo, no compensa la tasa de sedimentación en los canales de navegación donde la velocidad estima de sedimentación se encuentra entre los 0.4 cm y los 4 cm anuales, dependiendo directamente de los aportes que puedan llegar del Arroyo Zacate en temporada de lluvias. Para realizar la planeación se recomienda una tasa de azolve promedio (observada en el vaso II) de 15 cm anuales, valor que deberá sobre estimarse en caso de presentarse un año con lluvias extraordinarias que causen un flujo de sedimentos mayor proveniente del arroyo Zacate.

5.8.3. Erosión

La cantidad de erosión en los sistemas de lagunas poco profundas está directamente relacionada con la interacción de las velocidades de flujo, el esfuerzo cortante del lecho y las propiedades del sedimento. Especialmente, los sedimentos finos (limos y arcillas) presentan umbrales de resuspensión crítica relativamente bajos, por lo que pequeños aumentos en la energía hidráulica pueden promover mecanismos de movilización de material.

Los procesos hidrodinámicos que pueden generar erosión en la Laguna de Cuyutlán estan más influenciados por la estructura geométrica del sistema que por la velocidad de flujo, ya que el bajo nivel y la amplia superficie

de los vasos amortigua la velocidad del agua. Esto resulta en regiones o secciones concentradas de mayor energía que corresponden a zonas de conexión hidráulica, canales de navegación y caminos de flujo preferenciales donde es posible generar erosión.

Bajo condiciones base, las velocidades de flujo son generalmente menores a 0.1 m/s, reflejando condiciones de estabilidad del lecho en la mayor parte del sistema. Velocidades más altas corresponden a las velocidades alcanzadas en las zonas de conexión y en canales Ventanas y Tepalcates. En las zonas de intercambio de agua de mar se observan procesos de resuspensión localizados, pero tales procesos no resultan en una erosión continua sino en un equilibrio dinámico entre deposición y transporte. En particular los canales se encuentran en zonas donde la erosión está controlada, debido que ambos canales de entrada de agua de mar se encuentran protegidos por infraestructura para el control de oleaje. En el caso de la conexión entre el Vaso II y Vaso III, la zona de intercambio se encuentra localizada sobre el macizo rocoso, lo que genera poca erosión sobre el lecho permitiendo que el aumento de velocidades no socave el fondo de la conexión. Hacia el interior del vaso III, los sedimentos y la corriente si han generado un incremento en la profundidad debido a la erosión, que se puede observar en la batimetría, sin embargo, la energía de la corriente es rápidamente disipada por la geometría del vaso III.

En la Figura 176 se muestra el mapa de velocidades máximas alcanzadas en condiciones estables sin proyecto de pleamar y bajamar. Se observa que las velocidades máximas se alcanzan en las zonas de ingreso y salida de agua de mar y en las conexiones, seguido de las zonas de transición entre las zonas de conexión y los canales. Para el resto de los vasos las velocidades son estables y se interpreta como un sistema en equilibrio hidrodinámico.

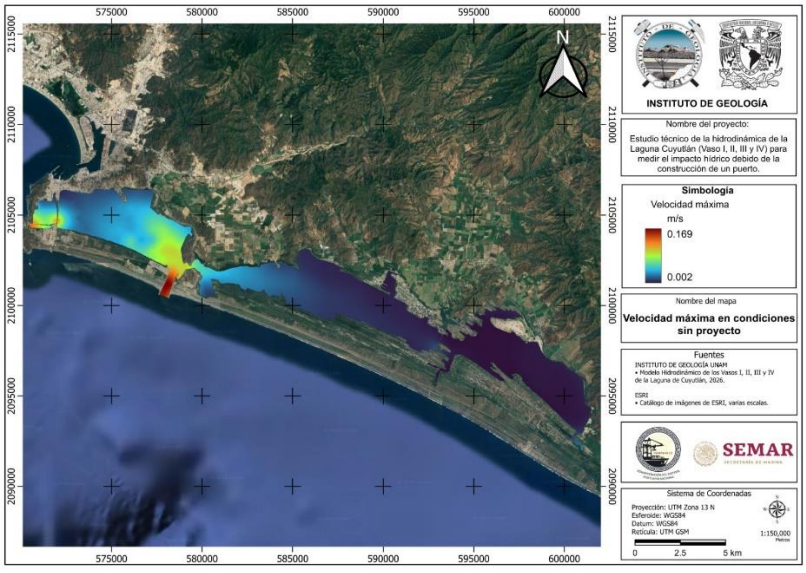


Figura 176. Velocidades máximas en condiciones base.

Para la Fase 1 del proyecto, las velocidades máximas se alcanzan, al igual que en la condición base, en las zonas de canales y de conexión, pasando de 0.169 m/s a 0.195 m/s en el caso del Canal Tepalcates. La presencia de la plataforma redistribuye el flujo generando que al interior del vaso las velocidades se desaceleren a la entra del vaso I y II

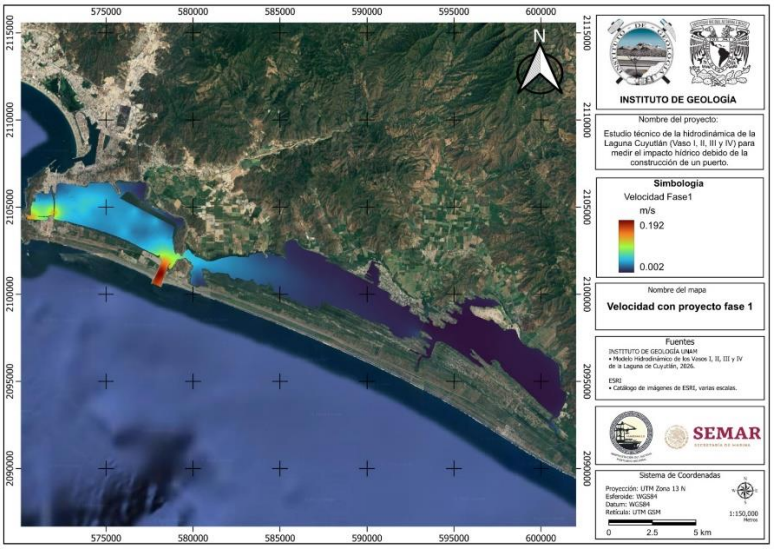


Figura 177. Velocidades máximas en condición de la fase 1

Para identificar zonas de erosión, se realizó la diferencia entre las velocidades máximas de la condición sin proyecto y las velocidades máximas en la Fase 1, obteniéndose un mapa de diferencias que indican las zonas donde se incrementa o disminuye la velocidad. En Rojo, los valores negativos, indican un aumento de la velocidad a causa del proyecto, lo que genera zonas propensas a la de erosión, aunque las velocidades no rebasan los 0.4 m/s. El incremento de velocidades se centra en la salida del canal tepalcates y el fondo del vaso II, en ambos sitios, las velocidades máximas se alcanzan cuando el mar se repliega debido a la perdida de almacenamiento el agua que acelera la velocidad dentro del vaso cuando el agua de mar se retira. En color verde se muestran las velocidades menores, en este caso, la principal zona que se ralentiza es la zona de ingreso de agua de mar debido a la construcción de la plataforma. También por detrás de la plataforma se favorece la deposición de sedimentos provenientes del continente, debido a que se disminuye del flujo. Hacia la península punta grande tambien se observa un aumento de velocidades que puede agravarse en episodios de lluvia intenso como se mostró en la sección de circulación. En valores amarillos y naranja se presenta las zonas sin cambios sustanciales en la velocidad máxima.

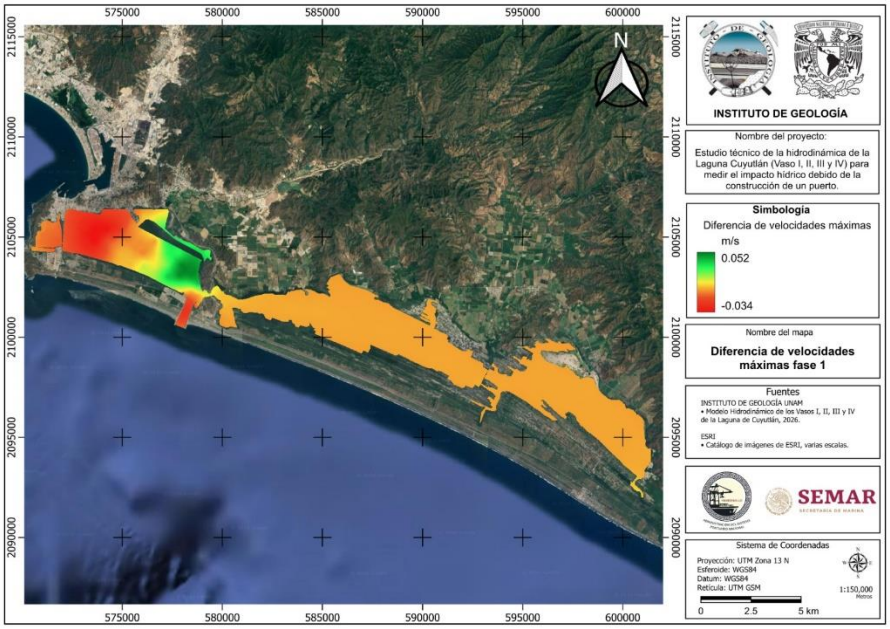


Figura 178. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 1 del proyecto.

En la Fase 2, la reorganización del flujo es mayor, resultando en zonas que exhiben un patrón dual, incluyendo zonas que favorecen flujos más rápidos y espacios de baja y alta energía detrás de las infraestructuras. En las primeras, la erosión es más probable debido a la resuspensión local, y en las segundas, es más probable la acumulación de sedimentos. Este patrón sugiere que el sistema se compensa mediante la transferencia interna de sedimentos, sin erosión a gran escala ni deterioro del lecho. La mayoría de los valores máximos de velocidad observados en el rango de flujo para el sistema estaban dentro de rangos moderados (<0.05–0.06 m/s en la mayoría de los casos) que limitan la capacidad del flujo para lograr una erosión mayor de sedimentos cohesivos.

Los procesos erosivos son, por lo tanto, localizados, efímeros y regulados por la hidrodinámica. Así, en eventos de escorrentía, en el contexto principalmente del Arroyo Zacate específicamente, un aumento a corto plazo de la energía del sistema puede resultar en resuspensión en la descarga y caminos de flujo. No obstante, estos procesos son de corta duración y no causan cambios permanentes en la morfología del lecho.

En la Figura 179 se muestra que las zonas de velocidad máxima para la Fase 2.

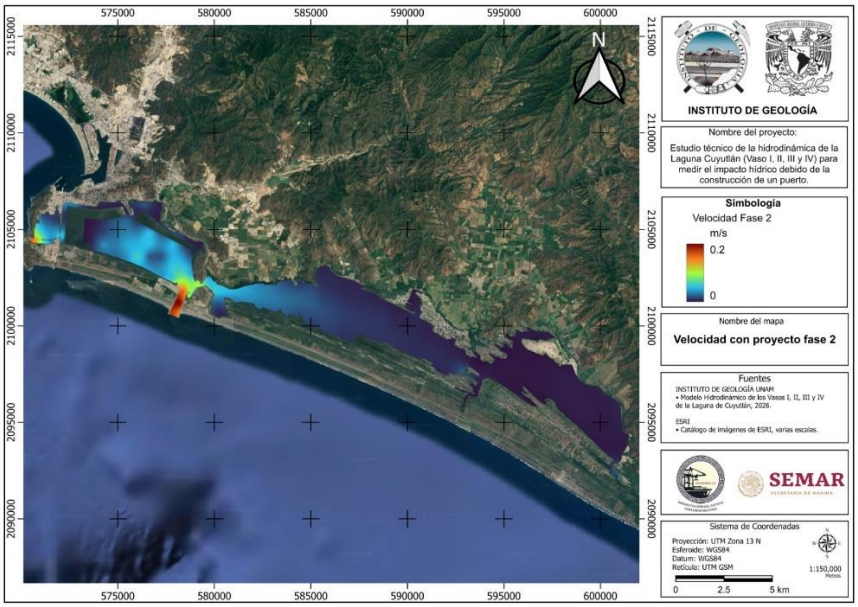


Figura 179. Velocidades máximas en condición de la fase 2.

Para identificar las zonas propensas a la erosión, en la Figura 180 se muestra la diferencia entre las velocidades máximas de la condición base y la Fase 2 del proyecto. Derivado de la construcción de la plataforma de la fase 2, se observa que, por detrás de ella, se incrementa la velocidad debido a la canalización de la zona., sin embargo, no se observan velocidades mayores a los 0.03 m/s. Otra zona donde se incrementa la velocidad es la zona de canales, principalmente en procesos de bajamar, debido a la pérdida de almacenamiento del vaso 2.

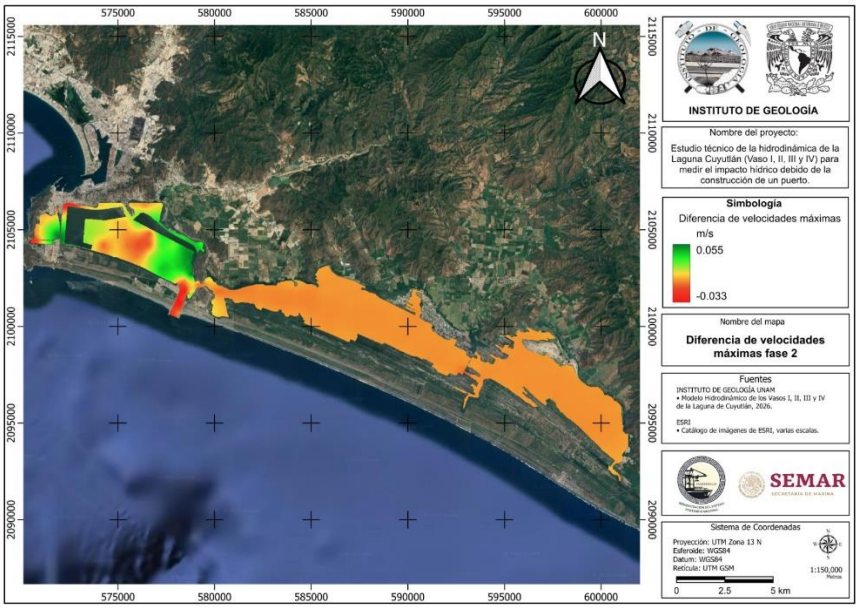


Figura 180. Diferencia de velocidades máximas entre la condición base y la Fase 2 del proyecto.

Finalmente, en la Figura 181 se muestra el mapa de velocidades que se observan durante el aumento de velocidad del viendo durante un huracán. Como se mostró anteriormente, la acumulación y el flujo de agua dependerá directamente de la dirección del viento que produzca la tormenta o el huracán. Sin embargo, es posible predecir el patrón debido a que, las zonas más profundas, como canales y vías de navegación son menos susceptibles a la movilidad de agua en la superficie que las zonas con un tirante menor a un metro. En el caso ilustrado se muestra que el Vaso III y IV son los vasos con mayor susceptibilidad a la erosión en caso de vientos fuertes. La zona de acumulación de sedimentos dependerá de la dirección del viento, sin embargo, es claro que durante condiciones de tormenta los vasos III i IV sufren importantes procesos de resuspención y acomodo de sedimentos, que dan forma a los islotes y pequeñas islas que identifican algunas zonas de estos vasos.

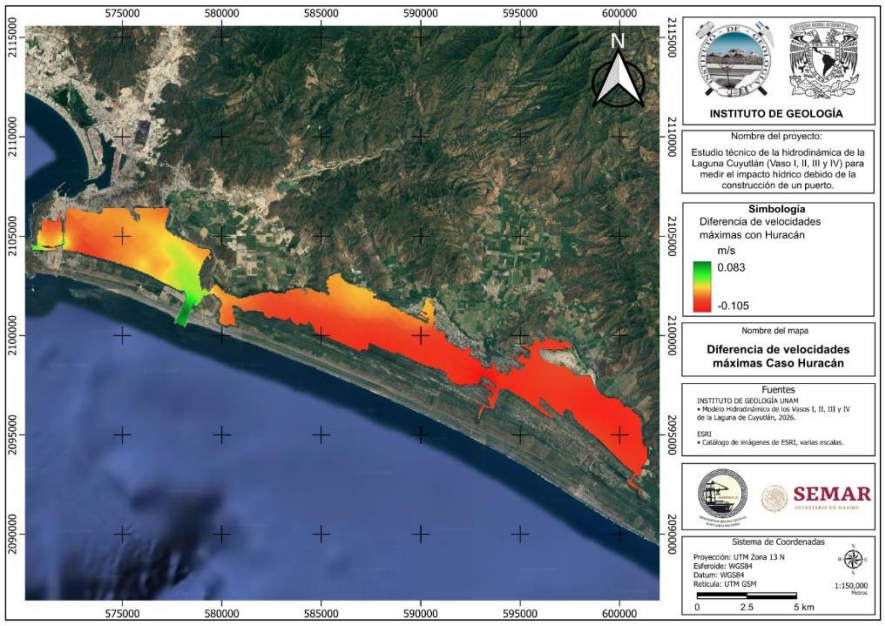


Figura 181. Acumulación de sedimentos con la Fase 2 del proyecto.

El análisis de la acumulación de sedimentos indica que el sistema presenta zonas naturales de deposición, principalmente en los vasos interiores. Los cambios inducidos por el proyecto se limitan al Vaso II, donde se identifica una mayor retención de sedimentos finos; sin embargo, estos efectos son de carácter local y no representan un proceso de azolvamiento progresivo del sistema general y sólo se debe monitorear la acumulación de sedimentos dentro de los canales de navegación. La implementación de drenes mejora la conectividad hidráulica y reduce la acumulación localizada, evitando la generación de condiciones de azolvamiento a escala regional.

6 Discusión y conclusiones

El análisis de los patrones de circulación de la laguna indica que el sistema exhibe una dinámica dominada por la fuerza de las mareas, con un comportamiento bidireccional fuerte y una conectividad hidráulica suficiente en la condición base, en los Vasos I, II y III. Actualmente, hay intervención antropogénica en la conexión del Vaso IV con el Vaso III lo que provoca que la conexión no sea completamente natural y constante en el tiempo, sin embargo, el vaso IV conserva la dependencia mareal ya que los gastos del Estero Palo Verde no compensan la pérdida volumétrica por evaporación.

En el caso sin proyecto (caso base), el flujo se desplaza gradualmente desde las zonas de conexión hacia los vasos internos, donde se presenta una disipación natural de energía y no hay restricciones significativas de transporte. En la Fase 1 del proyecto, se producen modificaciones localizadas de la estructura del flujo, principalmente en el Vaso II, donde se observan canalizaciones y recirculaciones internas, que se atribuyen a la modificación geométrica por los canales de navegación y la orientación de la plataforma. Sin embargo, estas modificaciones no alteran la dinámica global de la laguna ni la conectividad hacia los vasos internos, y, en consecuencia, el comportamiento hidrodinámico general se mantiene conservado.

Durante la Fase 2, se detectan cambios en la dinámica del flujo del Vaso II, debido a procesos de estrangulamiento hidráulico por detrás de cada una de las plataformas, lo que resulta en la concentración de rutas de flujo preferenciales. Esta modificación resulta en una dispersión lateral reducida, formando zonas de baja energía detrás de las plataformas y disminuyendo la eficiencia del intercambio hidráulico local, especialmente para la conexión entre el Vaso I y el Vaso II. No obstante, pese a este cambio de configuración en el Vaso II el sistema en los vasos interiores (III y IV) exhibe hidrodinámicas similares, sin cambios notables en los patrones de circulación, velocidades o descargas, confirmando que la contribución del proyecto es espacialmente limitada.

En el análisis de la escorrentía del Arroyo Zacate, el sistema en condición base puede disipar bien el flujo, sin resultar en la formación de grandes acumulaciones y/o impacto hidráulico sustancial en ausencia del proyecto. Sin embargo, con la implementación del proyecto, en la Fase 1, se observa una reducción en la eficiencia de drenaje para el Vaso II, resultando en la aparición de zonas de inundación detrás de la plataforma que no pueden ser drenadas inmediatamente.

En la Fase 2, también hay una reducción en la eficiencia de drenaje en el Vaso II debido a la modificación de la conectividad hidráulica y las barreras físicas que restringen el flujo e impiden el movimiento del agua hacia el Vaso I; con aumentos significativos en los niveles de agua que superan los 1.5 y 2.4 m en áreas localizadas, así como la persistencia del agua después del evento de escorrentía extremo, indicando que la capacidad de drenaje del sistema está siendo limitada.

Hasta la construcción de las plataformas sin medidas de mitigación, los impactos se restringen espacialmente en el Vaso II y el Vaso I, pero no se extienden a los vasos internos, por lo tanto, los impactos son locales (Vaso II y I) y no interfieren con la dinámica global hacia el Este de la laguna. En el caso del nivel del Vaso I, este disminuye considerablemente en condiciones de marea baja debido a la construcción de la plataforma de la

fase 2 y el requerimiento de gasto de la planta de CFE. Como resultado, el proyecto induce una reorganización del flujo a escala del Vaso I y II.

En el análisis de los tiempos de residencia los resultados muestran que el sistema presenta un comportamiento único para cada vaso, con un gradiente bien definido desde las zonas de alta conectividad hidráulica hacia los vasos interiores.

En la condición sin proyecto, los tiempos de residencia en los canales de comunicación con el mar son menores a 0.3 días, lo que refleja una renovación continúa asociada al forzamiento mareal. Esta dinámica se propaga hacia el interior del sistema, donde el Vaso I presenta tiempos del orden de 1 a 4 días y el Vaso II entre 1 y 20 días, dependiendo de la distancia a las zonas de intercambio. En los vasos interiores, particularmente en los vasos III y IV, se registran tiempos de residencia elevados, que pueden superar los 100 días en zonas confinadas, condición que responde a características geomorfológicas naturales del sistema y a restricciones inducidas, como los espacios salineros.

Bajo este escenario, el sistema mantiene un comportamiento hidrodinámico funcional, lo que permite considerar que los procesos de renovación del agua se desarrollan dentro de rangos naturales de variabilidad, aunque el Vaso IV es una excepción debido a la operación de la compuerta entre el Vaso III y IV.

Con la implementación de la Fase 1 del proyecto, se observan modificaciones localizadas en los tiempos de residencia, principalmente en el Vaso II. Estas modificaciones se manifiestan como incrementos en los tiempos de arribo y mezcla en zonas específicas ubicadas detrás de la infraestructura, donde se alcanzan valores de hasta 25 días en el arribo y entre 21 y 29 días en los procesos de mezcla. Dichos incrementos están asociados a la presencia física de la plataforma, que genera trayectorias de flujo más largas. No obstante, estos efectos se mantienen espacialmente confinados y no alteran la conectividad hidráulica general del sistema, ya que el Vaso I conserva sus tiempos de residencia y los vasos III y IV presentan únicamente incrementos marginales. En este sentido, las modificaciones inducidas en esta fase se consideran de carácter local y dentro de la variabilidad natural de la laguna.

En la Fase 2 del proyecto, se identifican cambios más notorios en la dinámica de renovación, particularmente en el Vaso II, donde la expansión de la infraestructura genera una reducción en la conectividad hidráulica con el Vaso I. Esta condición se traduce en incrementos en los tiempos de residencia en zonas específicas, especialmente delante y detrás de la plataforma, con aumentos del orden de 5 a 6 días, dentro del cuerpo del Vaso II. De manera complementaria, el Vaso I presenta una disminución en sus tiempos de residencia, debido a que su dinámica pasa a estar controlada principalmente por el Canal Ventanas y por las descargas asociadas a la planta termoeléctrica.

Si bien estos resultados indican una reorganización del flujo y una modificación en los patrones de renovación a escala local, es importante destacar que dichas alteraciones no se extienden hacia los vasos III y IV, donde los tiempos de residencia se mantienen dentro de rangos comparables a la condición sin proyecto. En este

sentido, el sistema conserva su funcionalidad hidrodinámica a escala regional, sin evidencia de afectaciones generalizadas en la capacidad de renovación.

Durante la temporada de lluvias, los escurrimientos superficiales introducen un forzamiento adicional que modifica los tiempos de residencia, favoreciendo la reducción de estos valores en zonas cercanas a las descargas. En la condición sin proyecto, este efecto se traduce en una mejora en la renovación del agua, particularmente en el Vaso III, donde los tiempos de arribo de agua dulce disminuyen, por el ingreso de agua en la cuenca Venustiano Carranza.

En la Fase 1, los escurrimientos, en particular los asociados al Arroyo Zacate generan una disminución temporal de los tiempos de residencia en la zona de descarga, lo que indica un comportamiento consistente con un proceso de renovación hidráulico. Sin embargo, este efecto es transitorio y se estabiliza rápidamente, manteniéndose condiciones similares a las observadas en la condición base en la mayor parte del sistema.

En la Fase 2, la presencia de la infraestructura limita parcialmente la dispersión del flujo proveniente de los escurrimientos, lo que genera incrementos en los tiempos de residencia en zonas específicas del Vaso II, particularmente en aquellas ubicadas delante de la plataforma.

En el caso específico del Arroyo Zacate, se observa que, en condiciones naturales, los escurrimientos contribuyen a la reducción de los tiempos de residencia y a la renovación del sistema. Bajo condiciones con proyecto, especialmente en la Fase 2, se identifican zonas donde la permanencia del agua se incrementa debido a la modificación en las trayectorias de flujo.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la implementación del proyecto induce modificaciones en los tiempos de residencia a escala local, principalmente en el Vaso II, asociadas a cambios en la conectividad hidráulica. Sin embargo, dichas modificaciones se mantienen dentro de rangos controlados, no generan afectaciones regionales y no comprometen la capacidad de renovación del sistema lagunar. Por lo tanto, el comportamiento hidrodinámico global se mantiene dentro de su variabilidad natural, y los efectos identificados son mitigables mediante medidas de diseño adecuadas.

Con los resultados anteriores se muestra que la incorporación de drenes en las plataformas elimina los efectos de restricción hidráulica inducidos por el proyecto, restableciendo la conectividad funcional entre el Vaso II y el Vaso I y permitiendo la redistribución eficiente del flujo dentro del sistema lagunar.

En particular, la medida logra reducir de forma significativa los niveles máximos generados durante eventos de escurrimiento del Arroyo Zacate, de valores superiores a 2.0 m a rangos menores a 0.75 m—, así como disminuir los gradientes hidráulicos y las velocidades asociadas a flujos concentrados, eliminando condiciones de represamiento, erosión potencial y acumulación localizada de agua.

Adicionalmente, se verifica la recuperación de los patrones de intercambio hidráulico entre vasos, incluyendo la restitución del flujo necesario para compensar el bombeo de la planta termoeléctrica, lo que confirma la estabilidad operativa del sistema bajo condiciones críticas de marea y escurrimiento.

La respuesta del sistema con drenes muestra un comportamiento hidrodinámico equivalente al de la condición natural, sin evidencia de zonas de aislamiento, incremento significativo en tiempos de residencia o afectaciones en la capacidad de renovación del agua.

En este sentido, la medida de mitigación no solo compensa los impactos identificados, sino que restituye las condiciones hidráulicas del sistema, manteniendo su funcionamiento dentro de rangos naturales de variabilidad y asegurando la continuidad de los procesos físicos que regulan la dinámica lagunar.

Se puede concluir que la implementación de los drenes constituye una solución técnicamente robusta, suficiente y verificable, que mitiga de manera efectiva las afectaciones al flujo dentro de los vasos II y I inducidas por las plataformas del proyecto, garantizando la estabilidad hidrodinámica.

Para el análisis de los escenarios de cambio climático que incluyó el aumento de temperatura, la disminución de la precipitación total anual, el aumento del nivel del mar y los escenarios de eventos extremos revela que el sistema tiene una respuesta hidrodinámica estable, ya que el sistema de cuatro vasos está predominantemente impulsado por la fuerza marina y el aumento de nivel del mar ayuda a la movilidad dentro de cada vaso.

Sin embargo, desde una perspectiva hidrológica, las disminuciones previstas en las contribuciones continentales (que pueden alcanzar hasta una reducción de hasta un 36% de los escurrimientos) como consecuencia del aumento de la evapotranspiración junto con una reducción de la precipitación, generaran una condición más salina que la actual y un aumento en los tiempos de residencia en los vasos interiores, sin embargo estos efectos no son causados por el proyecto, ya que esta tendencia está asociada con procesos regionales relacionados con el cambio climático y no con el proyecto.

En cuanto al aumento del nivel del mar, con el modelo hidrodinámico, se observa que el sistema en sí responde con una mayor conectividad hidráulica y redistribución de energía ya que la laguna tiene un gradiente hidráulico que le permite disipar energía incluso en las peores condiciones (+1.5 m) y muestra una capacidad inherente para adaptarse a la fuerza oceánica, sin embargo, en condiciones de marea alta y eventos extraordinarios los niveles pueden alcanzar zonas que actualmente no se consideran de riesgo de inundaciones, sin embargo, el proyecto no afecta de manera acumulativa los niveles en los que los escenarios de cambio climático abren nuevas áreas de inundación.

En cuanto a las velocidades y flujos, el sistema muestra un aumento gradual de energía con el aumento del nivel del mar, fomentando un intercambio creciente entre los vasos. Esas velocidades no muestran concentraciones críticas de flujo o condiciones de inestabilidad, sino a niveles más dentro de la dinámica natural del sistema lagunar.

Si el sistema es dinámico, aunque estable bajo condiciones de tormenta y huracán, el agua se desplazaría en el sistema en todas direcciones y cambiaría su intensidad energética según la dirección del viento. Los resultados experimentales indican que, incluso en el peor de los casos, no hay acumulaciones permanentes o

concentraciones críticas de velocidad presentes y la disipación hidráulica del sistema aún se conserva. Aunque se debe observar de cerca la tasa de sedimentos debido a las descargas del Arroyo Zacate, que pueden ser variables en el tiempo.

La implementación de este proyecto, dentro de este contexto, no aumenta la vulnerabilidad del sistema a escenarios asociados con el cambio climático. El uso de medidas de mitigación como los drenajes hidráulicos preserva la conexión entre los Vasos, y eso facilita la redistribución del flujo y minimiza las acumulaciones locales, especialmente en vaso II.

Más en general, se afirma que la Laguna de Cuyutlán tiene una capacidad natural para ajustarse a medida que el clima cambia y que el proyecto está dentro de los rangos de variabilidad hidrodinámica del sistema que no resultarán en impactos acumulativos o sinérgicos que socaven su estabilidad. Por lo tanto, el desarrollo del proyecto está en concordia con los futuros escenarios de cambio climático, ya que las plataformas proyectadas en este informe no aumentan el riesgo hidrodinámico.

El análisis de la dinámica de sedimentos de la Laguna, que considera la concentración de sedimentos suspendidos (SSC), la acumulación en el lecho (espesor del lecho) y las actividades de erosión y resuspensión de los cuerpos de agua, demostró que el comportamiento del sistema es predominantemente el resultado de las condiciones hidrodinámicas y la conectividad entre los diferentes vasos y el continente. En el estado de referencia, el sistema muestra un claro equilibrio de sedimentos desde dos lados, zonas de sedimentación y transporte/resuspensión que están alineadas debido al gradiente de energía hidráulica. Las zonas de baja energía son donde se acumulan sedimentos muy finos y existen naturalmente en los vasos III y IV, mientras que las zonas de transición intermedia para los vasos I y II, que contienen un estado de transporte activo con resuspensión moderada, tienen una mayor acumulación de sedimentos en las riberas. Esta distribución está en línea con los procesos de lagunas poco profundas y está asociada con modos de operación naturales. Durante el proyecto, se han observado cambios en la dinámica de sedimentos, particularmente en el Vaso II, donde la alteración de la conexión hidráulica y la reconfiguración del patrón de flujo implican cambios en el movimiento de sedimentos.

En la Fase 1, tales modificaciones se reflejan en una concentración y acumulación de sedimentos relativamente aislada en las áreas circundantes que están relacionadas con el establecimiento de recirculación y reducción de la velocidad de flujo del área. Pero estos efectos son localizados y no producen cambios en la dinámica de sedimentos en el sistema circundante.

Las diferencias observadas se vuelven más pronunciadas en la Fase 2, donde se tiene una mayor homogeneización de la acumulación de sedimentos y un aumento en la retención de materiales finos (el proceso de retención de materiales finos también es resultado de la reducción de la eficiencia de transporte hacia la el Vaso I), lo que se correlaciona directamente con el aumento de los tiempos de residencia (la duración media del tiempo para la captura de sedimentos) y la disminución de la propagación del flujo lateral.

En general se tiene una tasa de sedimentación en época de secas de 4- 6 cm en el Vaso II y I, los cuales pueden ser resuspendidos en temporada de lluvias, por lo que su acumulación es variable. En los vasos III y IV la tasa es más constante y alcanza los 4 mm por temporada de secas.

Para los procesos de erosión, se encontró que son relativamente pequeños y localizados, controlados por la distribución espacial de la velocidad del flujo. El entorno actual en el sistema resulta en un régimen de deposición preferencial frente a la erosión, consistente con el aspecto poco profundo y débilmente energético de la laguna. No se han identificado áreas con potencial a escala regional para procesos de erosión a gran escala o degradación del lecho. En canales y áreas de caminos de flujo preferenciales, se muestra mayor velocidad, sin ser cambios drásticos ya que la velocidad no puede generar una erosión mayor o inestabilidad del lecho.

Durante eventos de escorrentía—principalmente relacionados con el Arroyo Zacate—las áreas cercanas a la descarga experimentaron un aumento temporal en la resuspensión de sedimentos y concentraciones de SSC. Sin embargo, estos impactos se desvanecerán rápidamente y están determinados por la capacidad de flujo del sistema. La disminución resultante en la conexión hidráulica en escenarios del proyecto, particularmente en la Fase 2, podría favorecer la acumulación local de sedimentos en el Vaso II que podría tener un impacto en los canales de navegación, pero de naturaleza espacialmente limitada. Estos efectos no afectarían la dinámica general de sedimentos de todo el sistema, ya que se acumularían preferencialmente dentro de los canales.

En particular, la introducción de medidas de mitigación como los drenajes hidráulicos, puede restaurar la conectividad entre los Vasos II y Vaso I, ya que mejora el flujo entre ambos y reduce los sedimentos acumulados localmente y la consiguiente resuspensión. El diseño final de los drenes para la fase 2 deberá revisitarse al tiempo de su construcción, ya que las condiciones hidrodinámicas del sistema no serán las mismas, que las actuales.

Los hallazgos del modelo muestran que el sistema recupera propiedades sedimentarias similares a la condición de referencia bajo estas condiciones. Los resultados sugieren que la dinámica de sedimentos del sistema lagunar está generalmente en línea con los regímenes de variabilidad natural y que las intervenciones creadas por el proyecto son locales, controladas y aliviadas. No se reportan impactos mayores a escala regional ni efectos que alteren la estabilidad o integridad funcional del sistema. En la Tabla se presenta una síntesis de afectaciones por Vaso derivado de la construcción de las plataformas.

Vaso	Hidrodinámica	Sedimentos	Erosión	Tiempo de residencia	Influencias externas	Evaluación
Vaso I	Alta influencia mareal por Canal Ventanas. En Fase 2 media reducción de intercambio con Vaso II (depende del bombeo y	Incremento ligero de deposición fina por redistribución del flujo (Fase 2)	No significativa	Ligera variación, sin cambios estructurales	Influencia del bombeo CFE y marea	**Impacto bajo, local, con Fase 1.** **Medio con Fase 2**

	diseño de drenes)					
Vaso II	Zona más afectada. Reducción de conectividad, formación de recirculaciones y canalización del flujo	Incremento de SSC y acumulación (0.2–0.4 m). Retención de sedimentos finos	Resuspensión localizada en canales	Incremento de tiempos de residencia	Influencia directa de Arroyo Zacate y marea	**Impacto moderado, local y mitigable.**
Vaso III	Sistema restringido con baja energía. Sin cambios relevantes	Sedimentación natural (~0.05 m). Dominio deposicional	Nula	Altos tiempos de residencia (condición natural)	Influencia limitada, dominado por evaporación	**Impacto muy bajo, conserva condición natural**
Vaso IV	Sistema altamente confinado, controlado por compuertas	Alta acumulación natural de sales y sedimentos	Nula	Muy alto tiempo de residencia (natural)	Influencia del estero Palo Verde	**Impacto nulo – conserva condición natural**
Estero	Sistema de flujo natural independiente a la Laguna	Acumulación natural de sedimentos derivado de la falta de conexión del Vaso IV con los demás vasos	Nula	Tiempos de residencia cortos	Influencia del Vaso IV	**Impacto nulo – condición natural**

Finalmente, el análisis por Vasos de la laguna indica que las afectaciones inducidas por el proyecto se concentran principalmente en el Vaso II, donde se identifican modificaciones en la conectividad hidráulica, incrementos en los tiempos de residencia y cambios en la dinámica sedimentaria. No obstante, estos efectos

se mantienen espacialmente confinados y no se propagan hacia los vasos interiores (Vaso III y IV), los cuales conservan condiciones hidrodinámicas y sedimentarias naturales. En este sentido, el sistema mantiene su funcionalidad general, y los impactos identificados son de carácter local, controlado y mitigable mediante la implementación de medidas de conectividad hidráulica, como los drenes propuestos.

Referencias

Alongi, D.M. (2015). *The impact of climate change on mangrove forests*. Current Climate Change Reports.

CONABIO (2020). *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*.

CICESE (2019). *Tendencias del nivel del mar en costas mexicanas*.

Hernández Juárez, R. A., Martínez Rivera, L. M., Peñuela-Arévalo, L. A., & Rivera-Reyes, S. (2019). Gestión del agua subterránea en los acuíferos de la cuenca del río Ayuquila-Armería en Jalisco y Colima, México. región Y Sociedad, 31, e1093. https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1093

INECC (2018). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático*.

IPCC (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.

Knutson, T. et al. (2020). *Tropical cyclones and climate change assessment*. Bulletin of the American Meteorological Society.

Mellink, E., & Riojas-López, M., (2007). Modificaciones estructurales artificiales de Laguna Cuyutlán, Colima, México. Revista Geográfica, (142), 131-142.

Ramírez-Ayala et al., (2021). Heavy metals in sediment and fish from two coastal lagoons of the Mexican Central Pacific. Latin american journal of aquatic research, 49(5), 818-827. https://dx.doi.org/10.3856/vol49-issue5-fulltext-2628

Salas-Maldonado et al., (2021). Size selectivity and optimal soaking time of hoops and traps targeting the blue swimming crab Callinectes arcuatus in Cuyutlan Lagoon, Mexico. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 56. 42. 10.22370/rbmo.2021.56.1.2797.

Torres & Quintanilla-Montoya, (2014). Alteraciones antrópicas: historia de la Laguna de Cuyutlán, Colima. Recuperado de: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34570976/Torres_y_Quintanilla_2014_Alteraciones_antropicas_Laguna_Cuyutlan-libre.pdf?140

Wu, M., Xu, G., Zhang, Y., Lin, L., & Sun, Q. (2024). Tracer movement and residence time distribution simulation: An initiative to improve the wetland water environment in the Helan Mountain impact plain. Ecological Informatics, 82, 102682.Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Sixth Assessment Report (AR6), Working Group I*. Cambridge University Press.

Anexo 1

En esta sección se analizan las características del viento en la zona de costa alrededor de la laguna de Cuyutlán. Los datos provienen de datos satelitales (con una altura de 2 m, https://power.larc.nasa.gov) con un registro histórico que cubre desde 2001 hasta el ocho de marzo de 2026. En las secciones se abordan las características del viento.

El boxplot histórico mensual de la velocidad del viento parece tener una media muy similar a lo largo del año, la cual es cercana a los 2 m/s. Los meses con mayor variación son de marzo a junio y septiembre. Los mese con mayores puntos extremos son agosto y octubre, le siguen noviembre y julio. Caso contrario ocurre en abril y mayo, los meses con menores valores extremos (Figura A 1). Los valores extremos alcanzan velocidades de hasta 16 m/s.

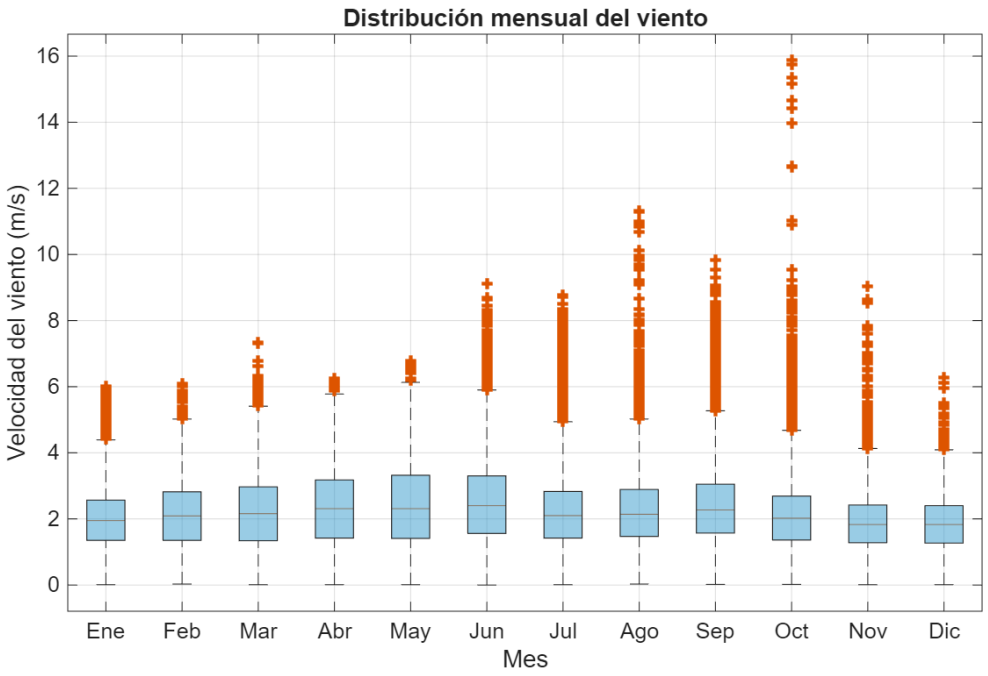


Figura A 1. Boxplot histórico por mes de la velocidad del viento para el sitio 1.

Cuando se analiza el comportamiento anual de la velocidad promedio del viento, se observa que, aunque la variación anual no es muy grande, ya que la velocidad promedio más alta es de 2.5 m/s para el mes de junio y la menor es de 1.85 m/s para los meses de noviembre y diciembre (Figura A 2).

A partir de enero la velocidad comienza a aumentar aparentemente un decimal cada mes hasta llegar a su máximo en junio, paso por una disminución de casi tres decimales para julio y regreso a su aumento de un decimal para los meses de agosto y septiembre. Para octubre vuelve a presentarse una disminución de tres

decimales y el descenso continua hasta diciembre, pero es menos drástico de noviembre a diciembre (Figura A 2)

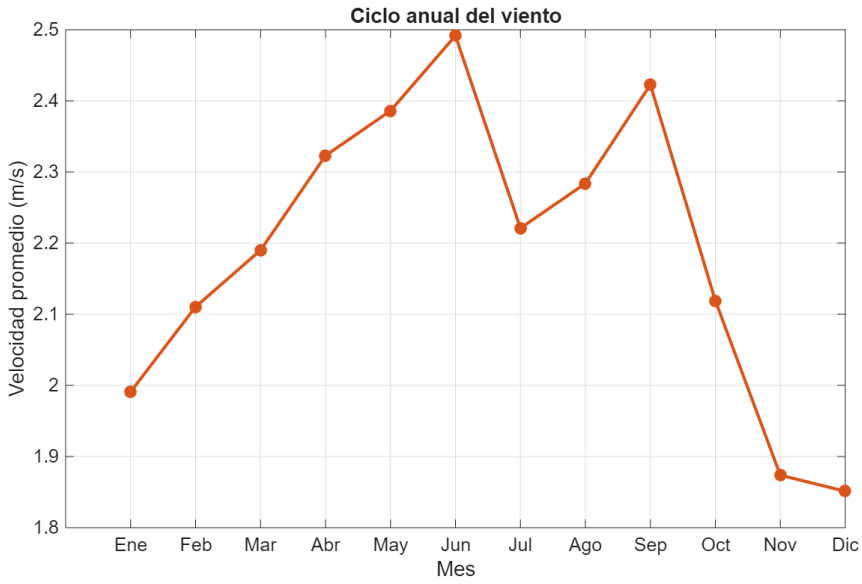


Figura A 2. Ciclo anual de la velocidad promedio del viento en el punto 1.

El ciclo horario de la velocidad del viento, indica menores velocidades en la madrugada de 12 am hasta las 5 am cuando el aumento de la velocidad comienza a ser notorio y pasa de los 1.6 m/s hasta su pico a las 14 hrs de 3.2 m/s (Figura A 3).

Después de las 14 hrs comienza a disminuir la velocidad del viento con mayor rapidez durante las primeras 3 hrs (Figura A 3).



Figura A 3. Ciclo diario del viento para el punto 1.

Posteriormente, de las 18 hrs la disminución es más lenta de aproximadamente una décima hasta llegar a 1.9 m/s aproximadamente (Figura A 3).

La tendencia en el comportamiento horario de la velocidad del viento se mantiene a lo largo del año, aunque con ligeras modificaciones (Figura A 4), parece ir disminuyendo para los meses de julio a diciembre con velocidades menores a los 3 m/s. Mientras, para los meses de febrero a junio las velocidades son mayores y pueden alcanzar los 4 m/s para mayo (Figura A 4Figura A 5). En resumen, el comportamiento horario cambia respecto al eje 'y' dependiendo del mes.

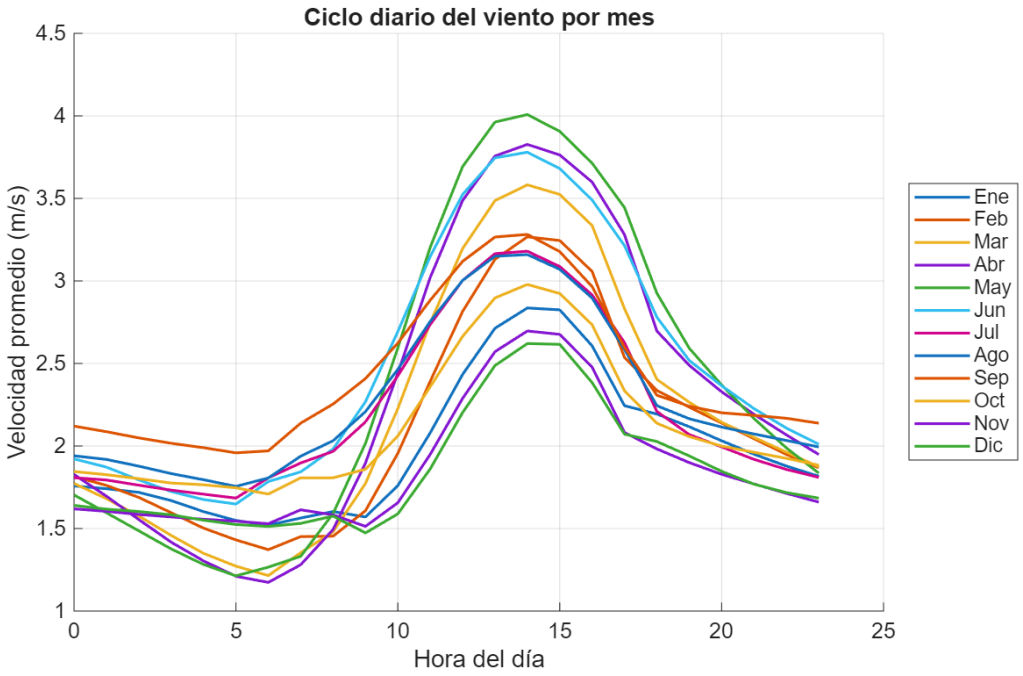


Figura A 4. Ciclo diario del viento por mes en el punto 1.

El mapa de calor respecto a la velocidad del viento nos muestra que para las primeras nueve horas del día las velocidades son bajas en todos los meses, siendo menores a 1.8 m/s, excepto para el periodo de junio a octubre donde hay un ligero aumento de velocidad del rango de 1.9 m/s hasta los 2.5 m/s para el mes de septiembre, disminuyendo el contraste con las tres horas siguientes del día que tienen valores de los 2.6 m/s hasta los 3.2 m/s aproximadamente, de igual manera, en las horas de mayor velocidad el rango es menor al visto en los meses de marzo y junio rondando los 3.5 m/s para septiembre (Figura A 5).

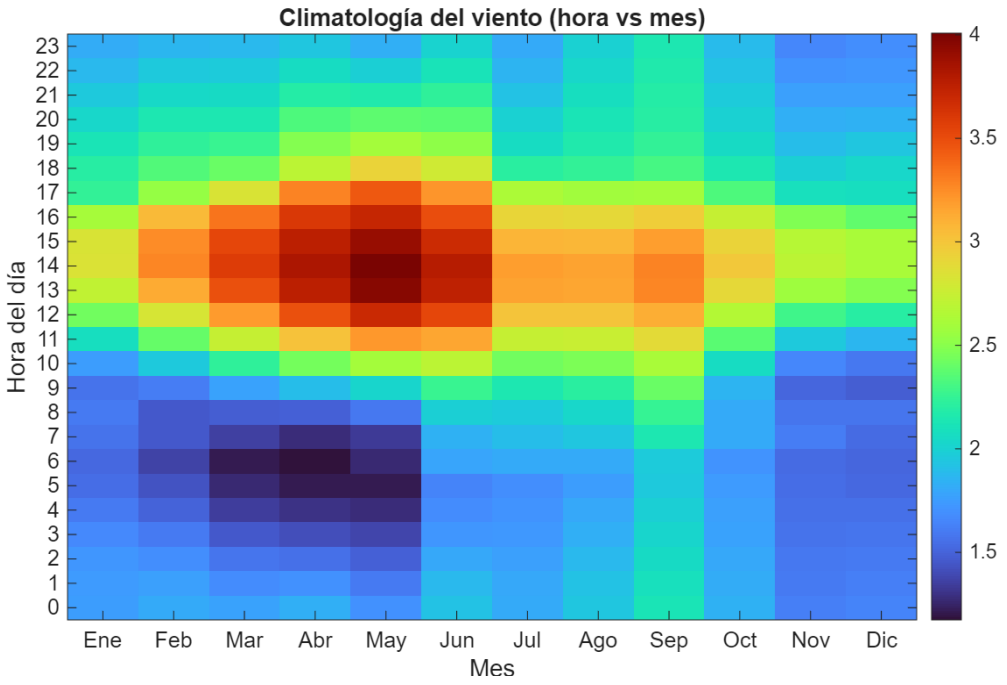


Figura A 5. Mapa de calor del viento para el punto 1.

Para los meses de marzo a junio es bastante contrastante la velocidad en el transcurso del día, ya que de las 12 hasta las 18 hrs se concentran las velocidades más altas. En los meses de noviembre a enero las horas de mayor velocidad se reducen, así como el rango de velocidad, siendo desde las 13 hrs hasta las 16 hrs las de mayor velocidad rondando los 2.8 m/s (Figura A 5). Las velocidades mínimas se concentran en los meses de marzo a mayo para las horas de 5 am a 6 am, siendo inferiores a 1.5 m/s.

La distribución de la frecuencia de las velocidades para la zona de estudio parece adaptarse a una logarítmica normal donde la mayoría de los datos se encuentran de lado izquierdo y la cola de datos con menores frecuencias se encuentra a la derecha (Figura A 6). Las velocidades más frecuentes son las de 2 m/s y 2.5 m/s (Figura A 6).

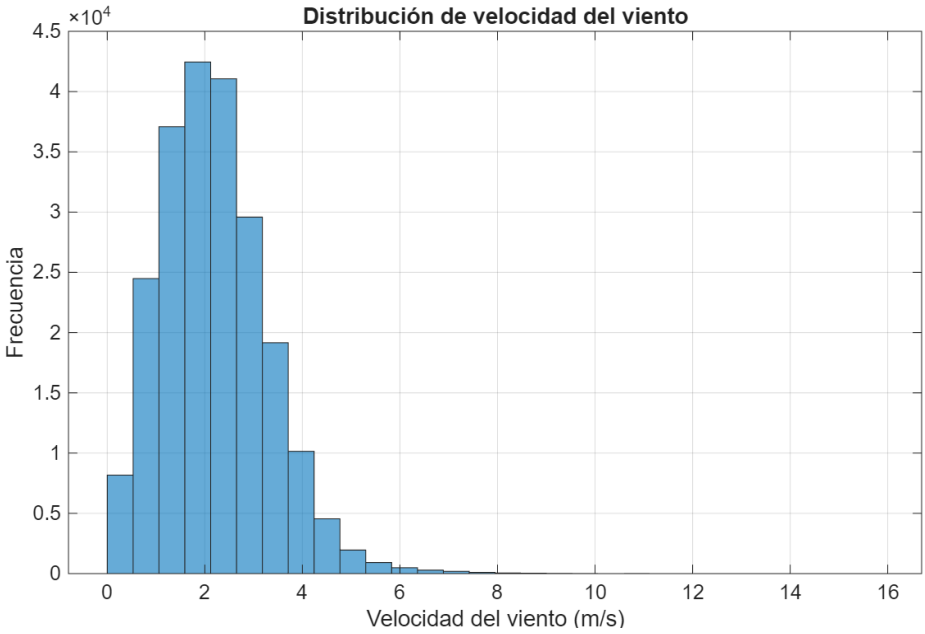


Figura A 6. Distribución de la velocidad del viento para el punto 1.

El rango de velocidades y dirección más frecuente es alrededor de los 2.5 m/s y los 300°, le siguen en el mismo rango de velocidad las direcciones de 250°, 325° y 225° (Figura A 7).

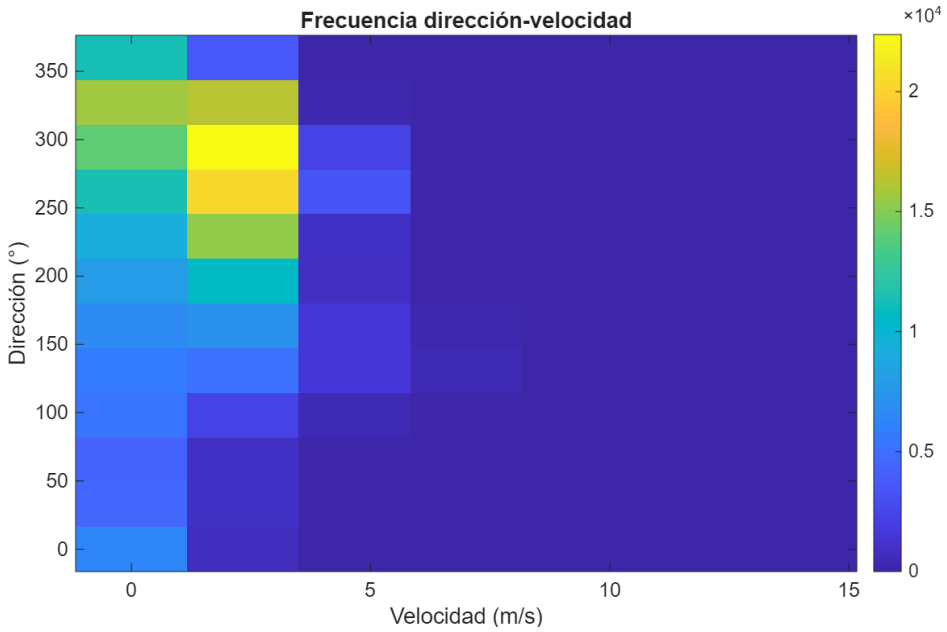


Figura A 7. Mapa sobre frecuencia de la dirección y velocidad del viento en el punto 1.

Posteriormente, del rango entre los 0 a los 2.5 m/s las direcciones más frecuentes son las de 325°, 300°, 350° y 250°. Velocidades superiores a los 5 m/s no son frecuentes (Figura A 7).

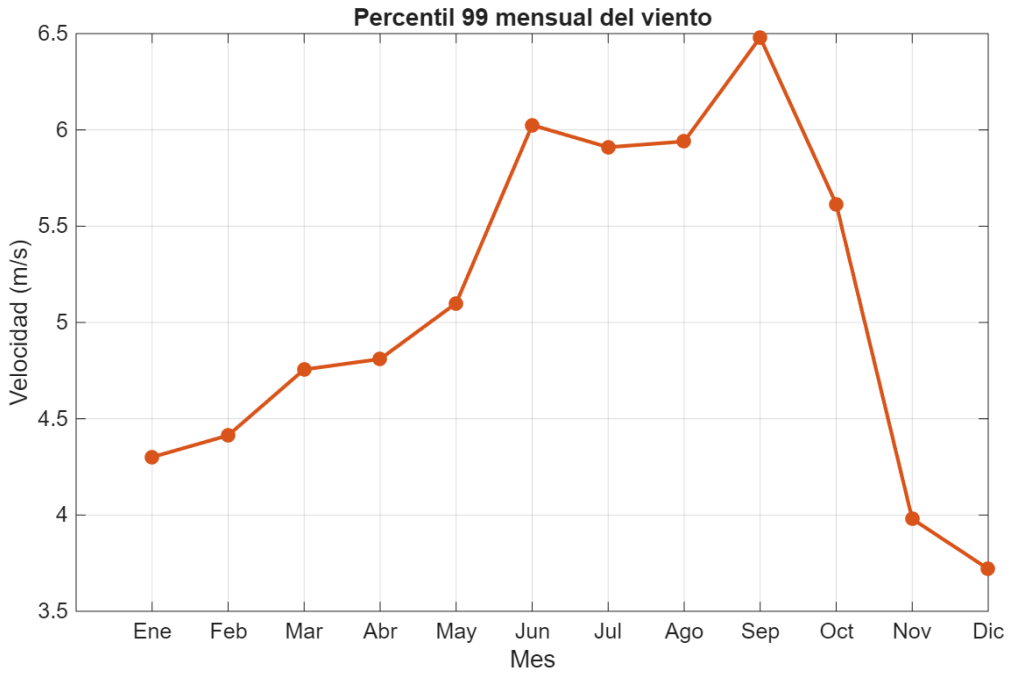


Figura A 8. Percentil 99 de la velocidad del viento de manera mensual para el punto 1.

Considerando el percentil 99 de la velocidad del viento en el punto 1 los datos para enero están por debajo de los 4.4 m/s y van aumentando hasta junio donde las velocidades están por debajo de los 6 m/s, la cual se mantiene casi similar hasta agosto, para septiembre aumenta a los 6.5 m/s y disminuye drásticamente hasta noviembre hasta 4 m/s y en diciembre por debajo de los 3.6 m/s (Figura A 8).

A continuación, se analizan varias rosas del viento, dependiendo del mes, la época del año y una de manera general de todo el registro disponible para el punto uno. En esa rosa del viento histórica se aprecia que las direcciones más dominantes se encuentran de lado oeste, entre los 210° y los 315° (Figura A 9).

Las direcciones menos concurrentes de todo el registro para el punto 1 son hacia el este, principalmente del noreste, desde los 0° hasta los 130° (Figura A 9).

Respecto a la rosa del viento histórica para el invierno, tenemos como direcciones dominantes el noroeste desde los 270 ° hasta los 340° aproximadamente (Figura A 10). En menor medida las direcciones del suroeste desde los 180° hasta los 270° (Figura A 10).

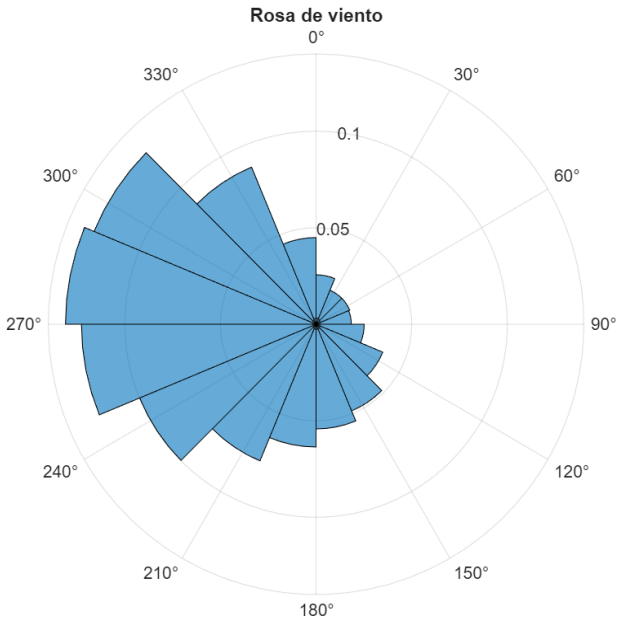


Figura A 9. Rosa del viento histórica para el punto 1.

Las direcciones menos ocurridas son hacia el este desde los 0° hasta los 180° (Figura A 10). Para el otoño las direcciones se amplían un poco hacia el sureste, a partir de los 120° u hasta los 180 ° se encuentran direcciones medianamente dominantes del viento (Figura A 11). Le siguen en proporciones similares las del suroeste a partir de los 180° y hasta los 220° aproximadamente. Posteriormente, con mayor frecuencia se encuentran las direcciones de de los 220° a los 245° y de los 295° hasta los 315° (Figura A 11) Siendo las direcciones dominantes para esta época del año las de los 245° hasta los 295° (Figura A 11).

Para la primavera el abanico de direcciones dominantes se acorta bastante comparado con las épocas de otoño y verano (Figura A 11, Figura A 12 y Figura A 13). Para esta época las direcciones del viento se concentran entre los 220° y los 320° (Figura A 12). En menor medida están las direcciones de 325° aproximadamente hasta los 335° y de los 200° hasta los 220° (Figura A 12).

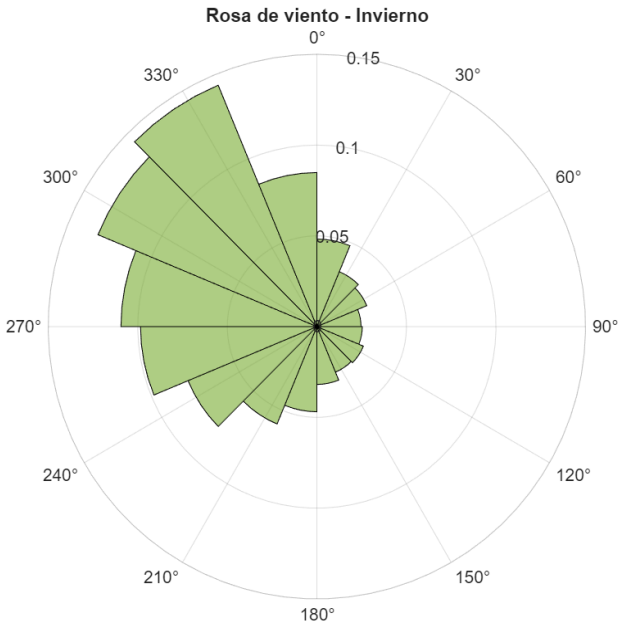


Figura A 10. Rosa del viento para el invierno del punto 1.

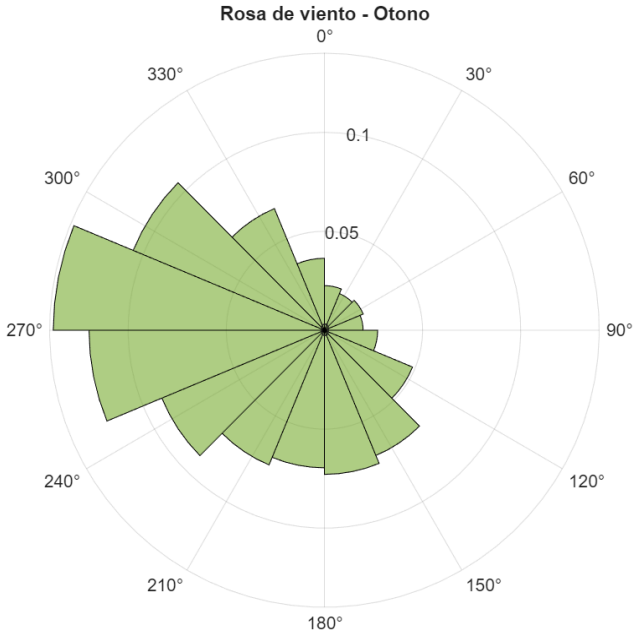


Figura A 11. Rosa del viento para el otoño del punto 1.

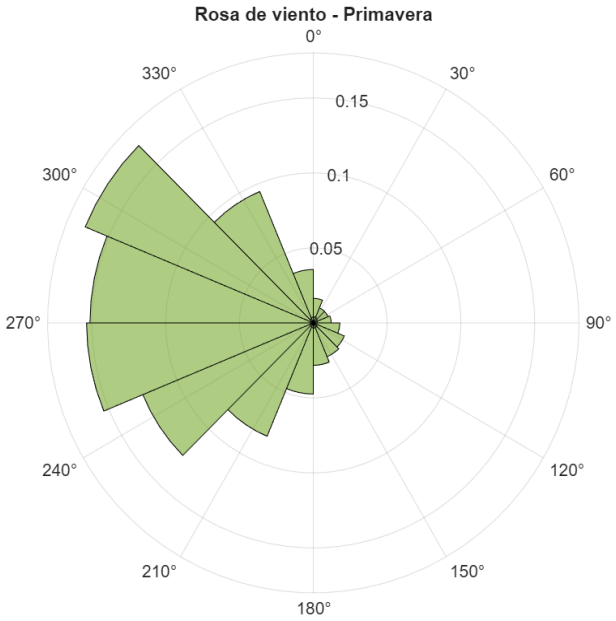


Figura A 12. Rosa del viento para la primavera del punto 1.

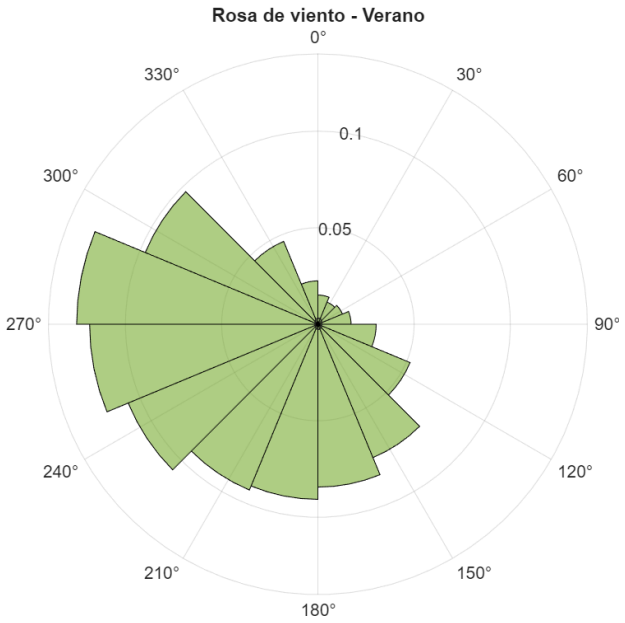


Figura A 13. Rosa del viento para el verano del punto 1.

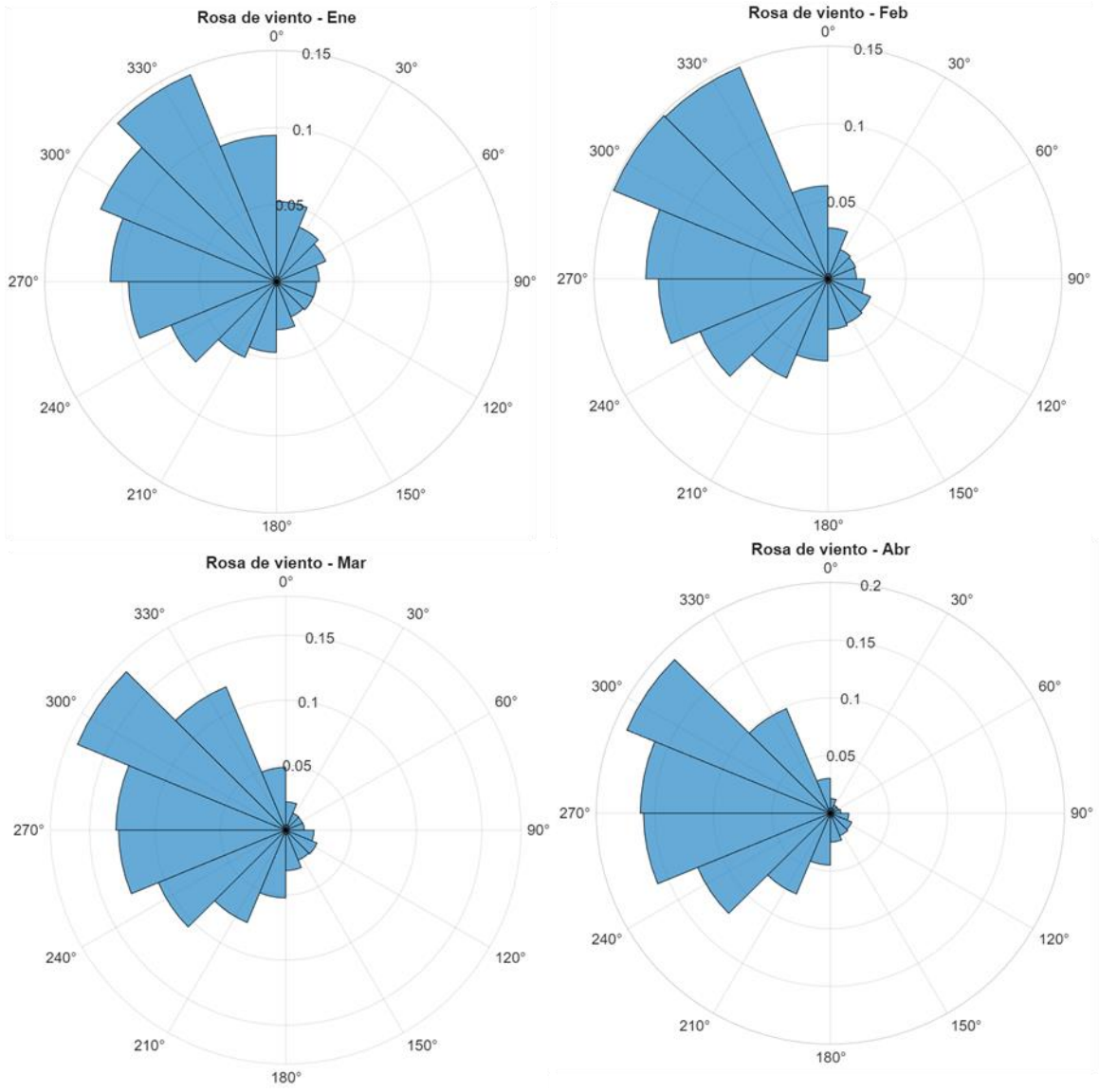


Figura A 14. Rosas del viento históricas para los meses de enero a abril.

Para el verano el abanico de direcciones se expande hacia la zona sur mayormente hacia el oeste, aunque del este las direcciones tienen una frecuencia considerable desde los 120° hasta los 180°. Posteriormente del suroeste las direcciones se extienden desde los 180° hasta los 270° y con mayor frecuencia en las direcciones noroeste se encuentra el rango a partir de los 270° hasta los 295° y con menor frecuencia de los 295° hasta los 320° (Figura A 14).

Para los primeros cuatro meses del año el comportamiento de las rosas de viento es primordialmente hacia las direcciones del noroeste, entre los rangos de 290°a los 340° para enero y febrero, aunque para febrero se intensifica la frecuencia de estas dos direcciones (Figura A 15). El comportamiento en estos dos meses es muy similar, la diferencia es que en febrero las direcciones se intensifican.

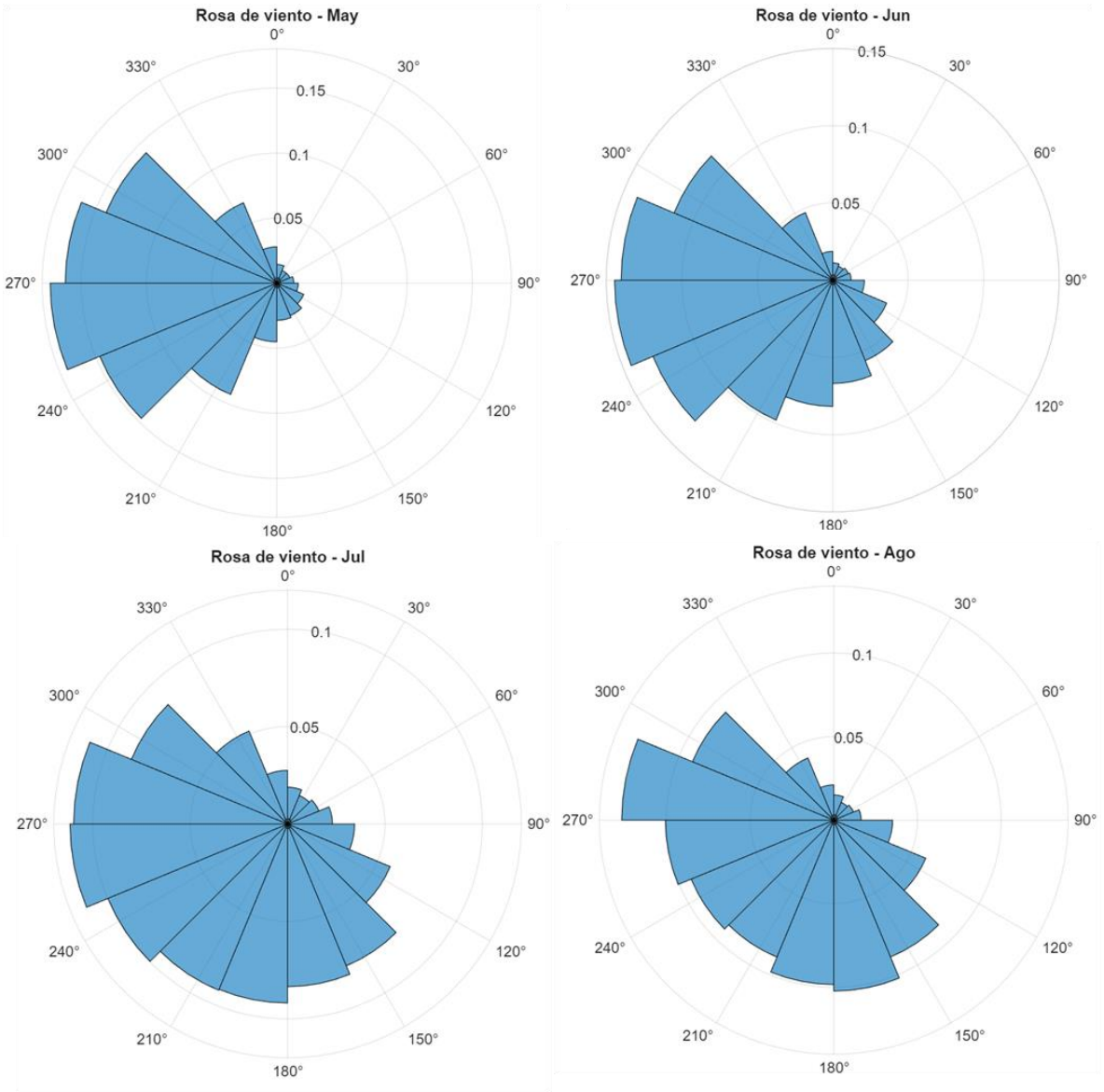


Figura A 15. Rosas del viento históricas para los meses de mayo a agosto.

Para marzo el abanico cambia disminuyendo la frecuencia de la mayoría de las direcciones del viento vistas en los meses anteriores, a excepción del rango de los 290° a los 315° la cual disminuye mínimamente (Figura A 15). En abril esa dirección se sigue manteniendo, la diferencia es que los rangos entre los 245° y los 290° aumentan un poco su frecuencia y la disminuye en comparación con el mes anterior de los 315° a los 335° (Figura A 15).

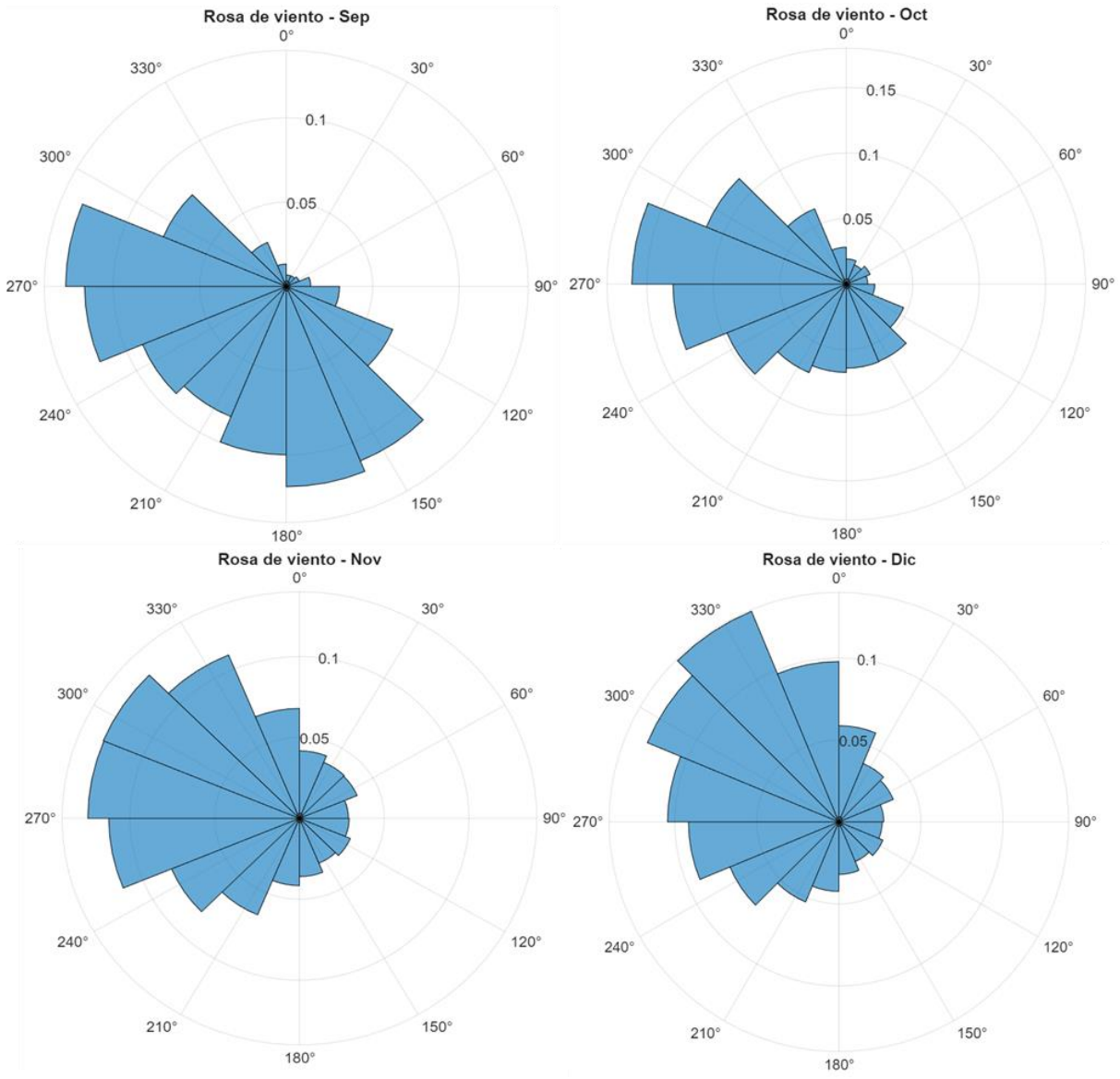


Figura A 16. Rosas del viento históricas para los meses de septiembre a diciembre.

Para mayo el abanico se desplaza un poco hacia el suroeste, centrándose el rango de direcciones más frecuentes entre los 220° hasta los 315° (Figura A 16). Para junio el abanico vuelve a bajar un poco más hacia el sur, ampliándose hasta el lado sureste además todas las direcciones de viento se intensifican, es decir, aumentan su frecuencia. Para julio el abanico de dirección del viento se extiende desde los 335° noroestes hasta los 118° del sureste como las más frecuentes, siendo el noreste y noroeste las direcciones menos recurrentes (Figura A 16). Para agosto el rango de direcciones del viento se mantiene, pero disminuye la frecuencia para la mayoría y se conservan para los 270° y los 290° noroeste (Figura A 16). A esta dirección, le siguen los rangos de 155° a 180° sureste y de 180° hasta los 205° suroeste (Figura A 16).

Para septiembre el rango de direcciones sigue siendo el mismo que los meses anteriores, pero se diversifica un poco más la frecuencia de algunas direcciones, volviéndose dominantes las de los rangos 155° a 180° sureste, de los 270° a los 290° noroeste, a estas le siguen en frecuencia de los 245° a los 270° suroeste y de los 130° hasta los 155° sureste (Figura A 17). Para octubre el abanico disminuye bastante en cuanto a amplitud y frecuencias y sobresalen direcciones al noroeste de los 270° hasta los 290° y de los 290° hasta los 310°, así como del suroeste entre los 245° y 270° (Figura A 17).

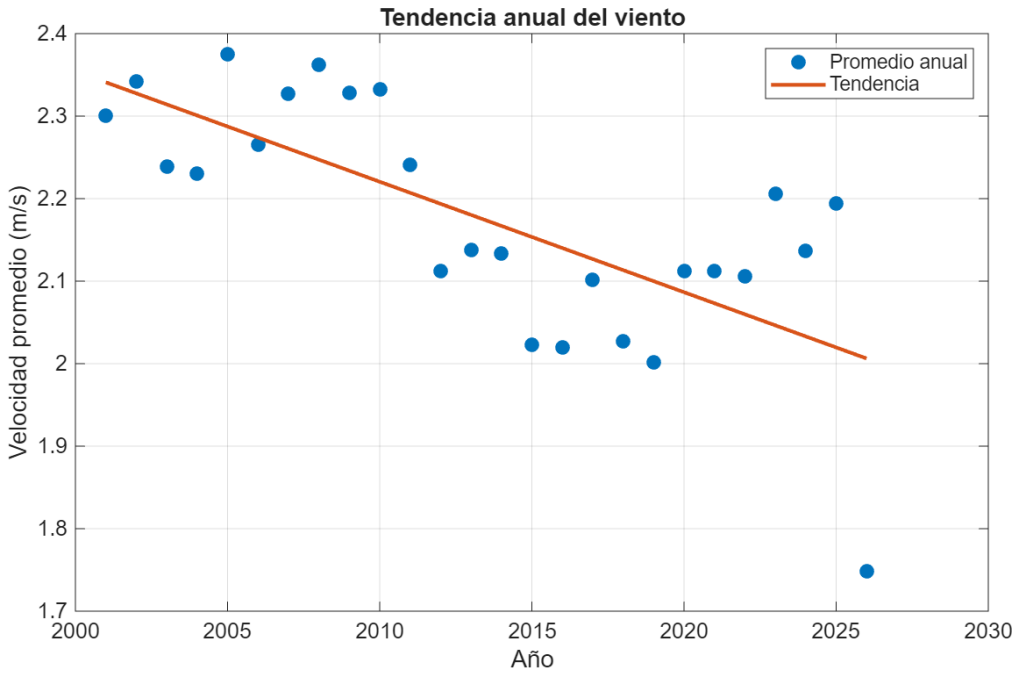


Figura A 17. Promedios y tendencia anual de la velocidad del viento.

Para noviembre el abanico se amplía un poco tanto hacia el noroeste y al suroeste, pero se mantiene la baja presencia de direcciones hacia el este, lo mismo que ocurre en diciembre donde aumentan las frecuencias en las direcciones del noroeste, principalmente entre los 315° y 335°, le siguen 290° y 315° (Figura A 17).

En cuanto al comportamiento de los promedios anuales de la velocidad del viento, se observa un comportamiento un tanto sinusoidal comenzando alrededor de los 2.3 m/s para los 2000 de donde sigue un ciclo de disminución y aumento hasta el 2010, año en que la disminución es marcada y se extiende hasta el 2020, donde a partir de ese año comienza a existir un aumento que alcanza los 2.2 m/s en el 2025 (Figura A 18).

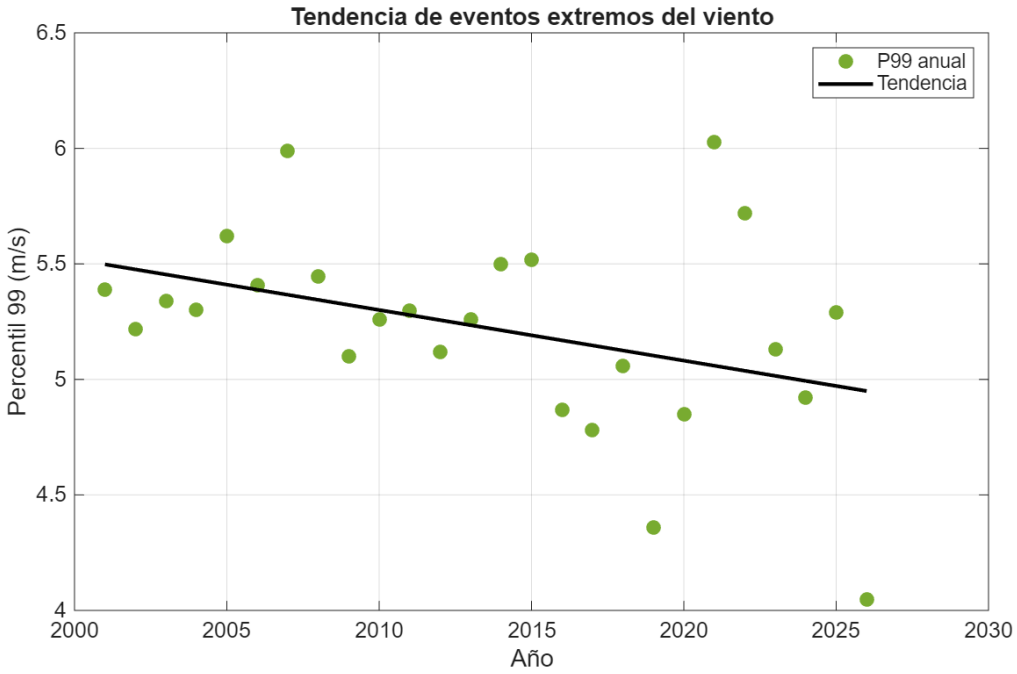


Figura A 18. Percentil 99 y tendencia anules de la velocidad del viento.

En cuanto al comportamiento de los valores del percentil 99 anual, este es más variable entre disminuciones y aumentos más cortos comparados con la gráfica anterior (Figura A 18), aunque parece existir una tendencia global de disminución similar a la gráfica anterior sobre los promedios de velocidad, por ello se ajusta una ecuación lineal con pendiente negativa (Figura A 18). Los valores del percentil 99 se ajustan entre los 6 m/s y los 4.4 m/s (Figura A 18).

A continuación, se presentan las tablas principales de las que se realizaron las gráficas anteriores, en la Tabla A 1 se muestran las velocidades promedio por hora considerando todo el registro disponible para el punto uno. En la Tabla A 2 se muestran el valor promedio mensual y el histórico general, mientras en la Tabla A 3 se muestra el valor promedio anual junto a los percentiles 95 y 99 también anuales. Finalmente, en la Tabla A 4 se muestran los valores promedio por mes y hora para todo el registro.

Tabla A 1. Velocidad del viento por hora.

hora	*velocidad del viento (m/s)*
0	1.81
1	1.76
2	1.70
3	1.64
4	1.58
5	1.54
6	1.55
7	1.64
8	1.73
9	1.89
10	2.20
11	2.59
12	2.94
13	3.19
14	3.26
15	3.20
16	3.01
17	2.65
18	2.35
19	2.21
20	2.11
21	2.02
22	1.94
23	1.87

Tabla A 2. Velocidad histórica del viento por mes.

mes	*Media (m/s)*	*Mediana (m/s)*	*Percentil 90*	*Percentil 99*	*Máximo (m/s)*
1	1.99	1.95	3.12	4.30	6.01

mes	Media (m/s)	Mediana (m/s)	Percentil 90	Percentil 99	Máximo (m/s)
2	2.11	2.09	3.41	4.41	6.09
3	2.19	2.16	3.59	4.76	7.35
4	2.32	2.31	3.84	4.81	6.25
5	2.39	2.31	4.02	5.10	6.77
6	2.49	2.40	4.06	6.03	9.12
7	2.22	2.10	3.62	5.91	8.78
8	2.28	2.14	3.72	5.94	11.31
9	2.42	2.27	3.92	6.48	9.83
10	2.12	2.02	3.39	5.62	15.87
11	1.87	1.83	2.94	3.98	9.03
12	1.85	1.83	2.87	3.72	6.27
Total histórico	2.18	2.09	3.59	5.27	15.87

Tabla A 3. Promedio y percentiles 95 y 99 anuales de la velocidad del viento.

años	velocidad viento (m/s)	Percentil 95	Percentil 99
2001	2.30	4.18	5.39
2002	2.34	4.25	5.22
2003	2.24	4.17	5.34
2004	2.23	4.14	5.30
2005	2.37	4.355	5.62
2006	2.27	4.25	5.41
2007	2.33	4.295	5.99
2008	2.36	4.35	5.45

años	*velocidad viento (m/s)*	*Percentil 95*	*Percentil 99*
2009	2.33	4.2	5.10
2010	2.33	4.285	5.26
2011	2.24	4.19	5.30
2012	2.11	4	5.12
2013	2.14	4.02	5.26
2014	2.13	4.03	5.50
2015	2.02	3.84	5.52
2016	2.02	3.763	4.87
2017	2.10	3.88	4.78
2018	2.03	3.86	5.06
2019	2.00	3.66	4.36
2020	2.11	3.85	4.85
2021	2.11	4.02	6.03
2022	2.11	4.02	5.72
2023	2.21	4.02	5.13
2024	2.14	3.88	4.92
2025	2.19	4.02	5.29
2026	1.75	3.15	4.05

Tabla A 4. Velocidad histórica del viento por mes y hora.

hora	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dic*
0	1.76	1.82	1.77	1.83	1.70	1.92	1.81	1.94	2.12	1.85	1.62	1.64
1	1.74	1.76	1.68	1.70	1.60	1.87	1.79	1.92	2.09	1.83	1.60	1.62
2	1.72	1.69	1.58	1.55	1.49	1.79	1.76	1.88	2.05	1.80	1.59	1.60

hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3	1.67	1.60	1.46	1.42	1.38	1.72	1.73	1.83	2.02	1.78	1.57	1.58
4	1.60	1.50	1.35	1.30	1.28	1.68	1.71	1.80	1.99	1.77	1.56	1.55
5	1.55	1.43	1.27	1.21	1.21	1.65	1.68	1.76	1.96	1.75	1.54	1.52
6	1.52	1.37	1.22	1.17	1.27	1.78	1.81	1.81	1.97	1.71	1.53	1.51
7	1.56	1.45	1.35	1.28	1.33	1.84	1.90	1.94	2.14	1.81	1.61	1.53
8	1.60	1.45	1.48	1.49	1.59	1.98	1.97	2.03	2.25	1.81	1.58	1.58
9	1.57	1.61	1.77	1.90	2.02	2.27	2.15	2.21	2.41	1.86	1.51	1.47
10	1.76	1.96	2.23	2.44	2.59	2.69	2.43	2.46	2.62	2.06	1.66	1.59
11	2.08	2.39	2.75	3.02	3.20	3.15	2.74	2.75	2.88	2.36	1.95	1.86
12	2.43	2.82	3.20	3.49	3.69	3.52	3.00	3.00	3.12	2.66	2.29	2.20
13	2.71	3.13	3.49	3.76	3.96	3.75	3.17	3.15	3.27	2.90	2.57	2.49
14	2.84	3.27	3.58	3.83	4.01	3.78	3.18	3.16	3.28	2.98	2.70	2.62
15	2.83	3.24	3.52	3.76	3.91	3.68	3.09	3.07	3.18	2.92	2.68	2.62
16	2.61	3.06	3.34	3.60	3.71	3.49	2.91	2.90	2.97	2.73	2.48	2.38
17	2.24	2.54	2.83	3.28	3.44	3.21	2.63	2.58	2.60	2.33	2.08	2.07
18	2.19	2.34	2.40	2.70	2.93	2.78	2.21	2.24	2.31	2.14	1.98	2.03
19	2.12	2.24	2.26	2.49	2.59	2.52	2.07	2.17	2.24	2.06	1.90	1.94
20	2.03	2.14	2.14	2.33	2.37	2.36	1.99	2.11	2.20	2.00	1.83	1.85
21	1.95	2.04	2.05	2.19	2.17	2.23	1.92	2.07	2.19	1.96	1.77	1.77

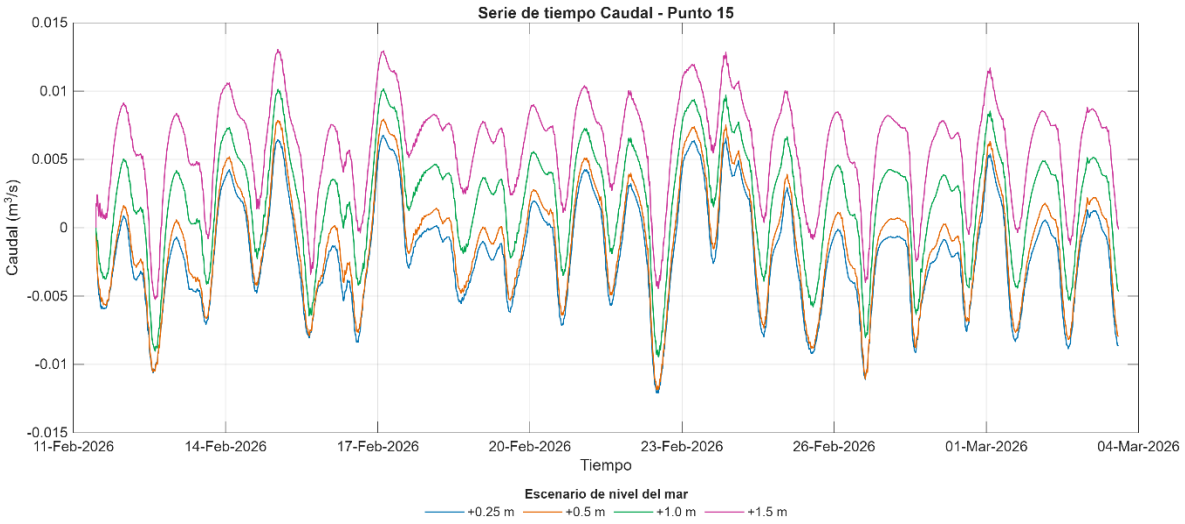
hora	*Ene*	*Feb*	*Mar*	*Abr*	*May*	*Jun*	*Jul*	*Ago*	*Sep*	*Oct*	*Nov*	*Dic*
22	1.88	1.95	1.96	2.07	1.99	2.11	1.86	2.03	2.17	1.93	1.71	1.72
23	1.82	1.87	1.87	1.95	1.84	2.01	1.81	1.99	2.14	1.88	1.66	1.68

Anexo 2

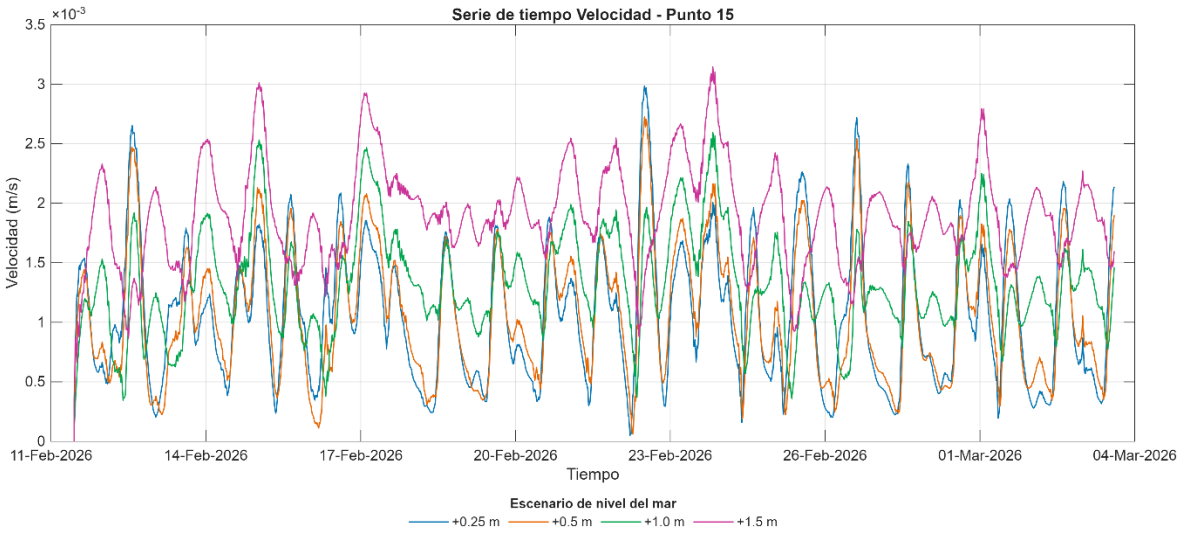
Series de tiempo en puntos seleccionados para la comparación de escenarios.



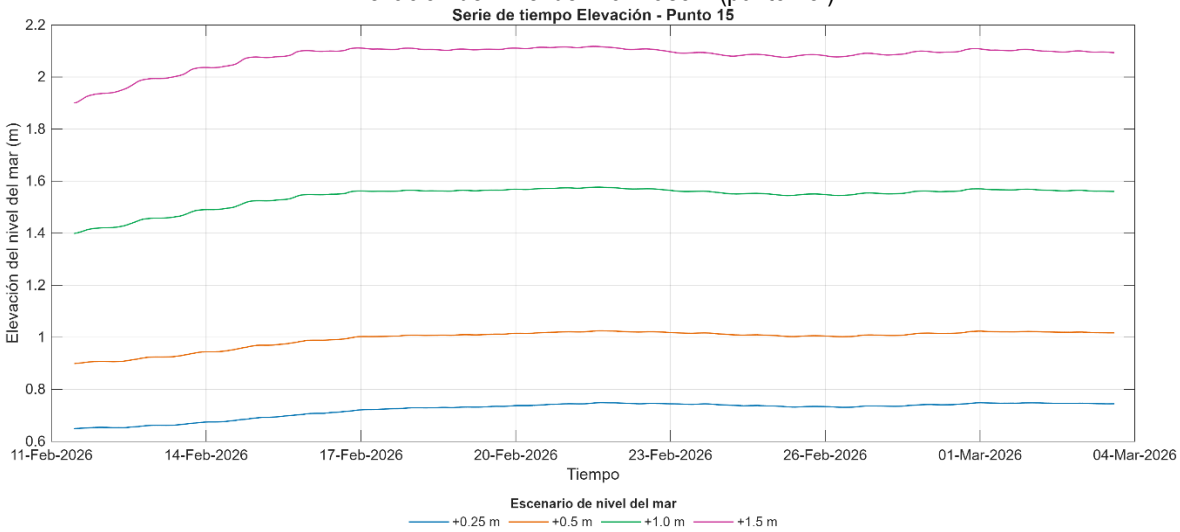
Caudal Vaso 4 (punto 15)



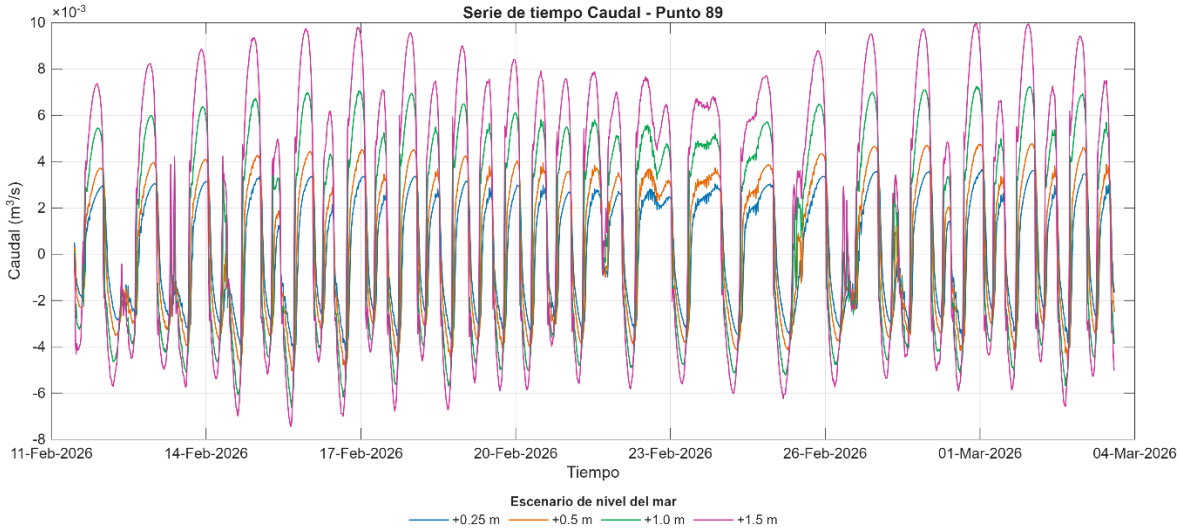
Velocidad Vaso 4 (punto 15)



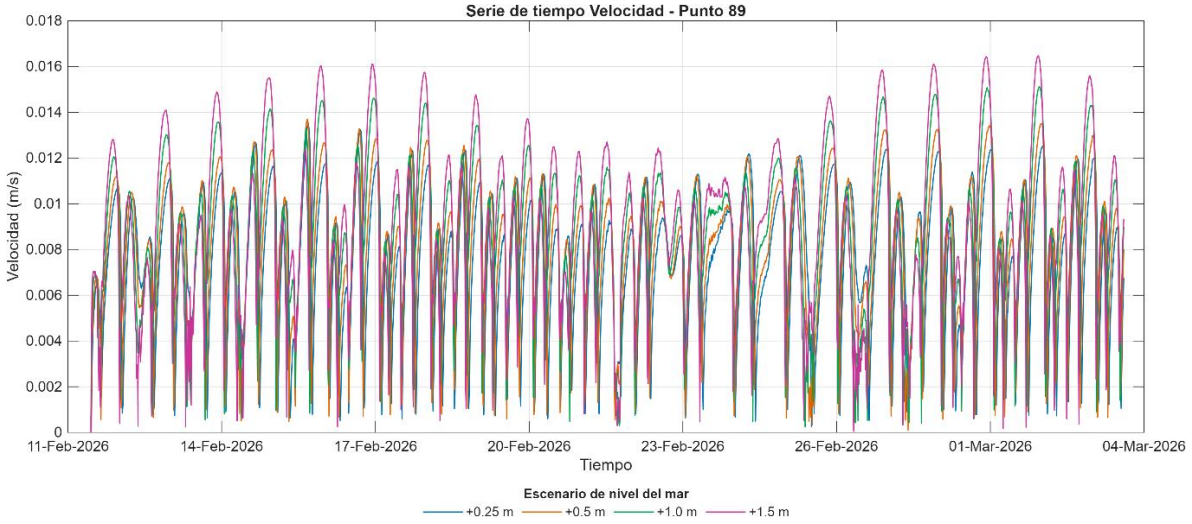
Elevación del nivel del mar Vaso 4 (punto 15)



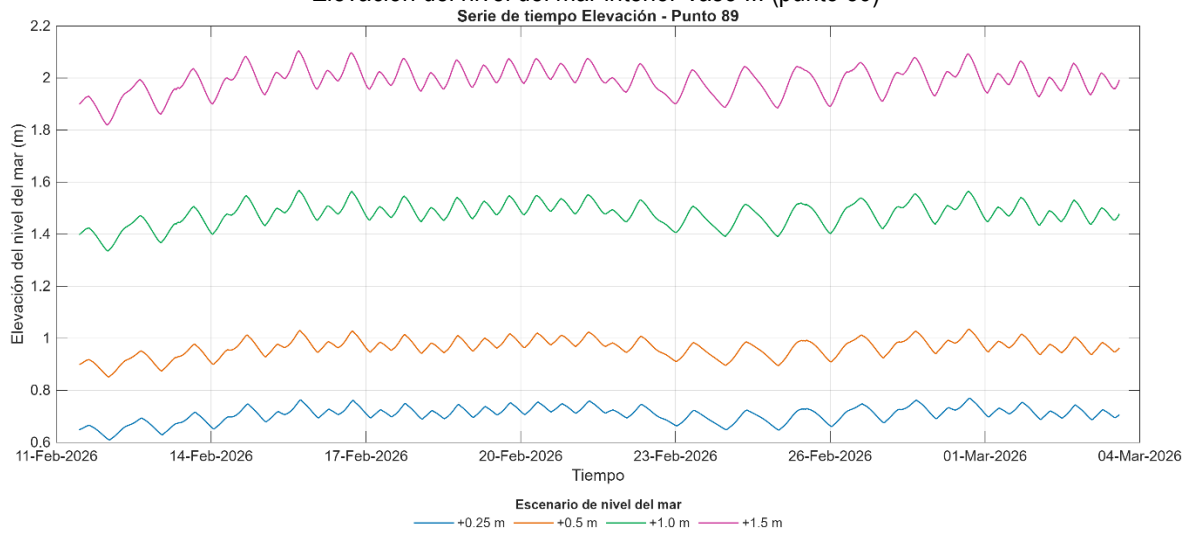
Cauda interior Vaso III (punto 89)



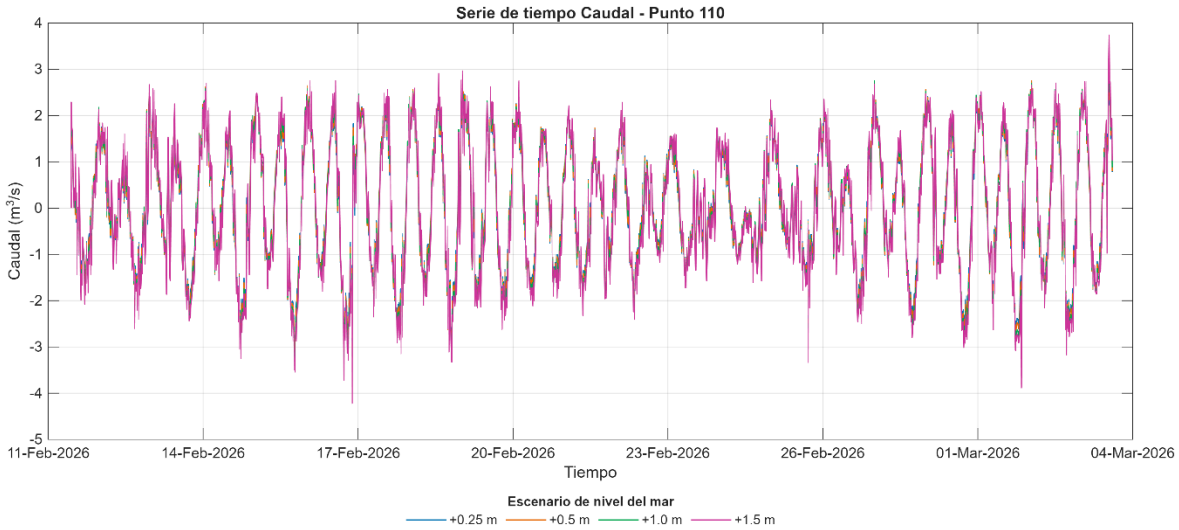
Velocidad interior Vaso III (punto 89)



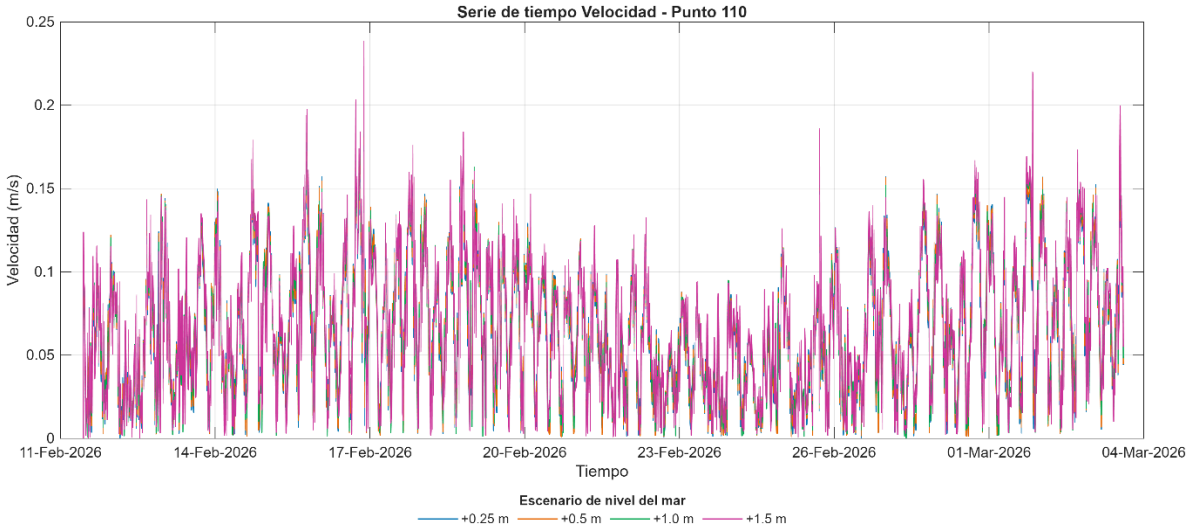
Elevación del nivel del mar interior Vaso III (punto 89)



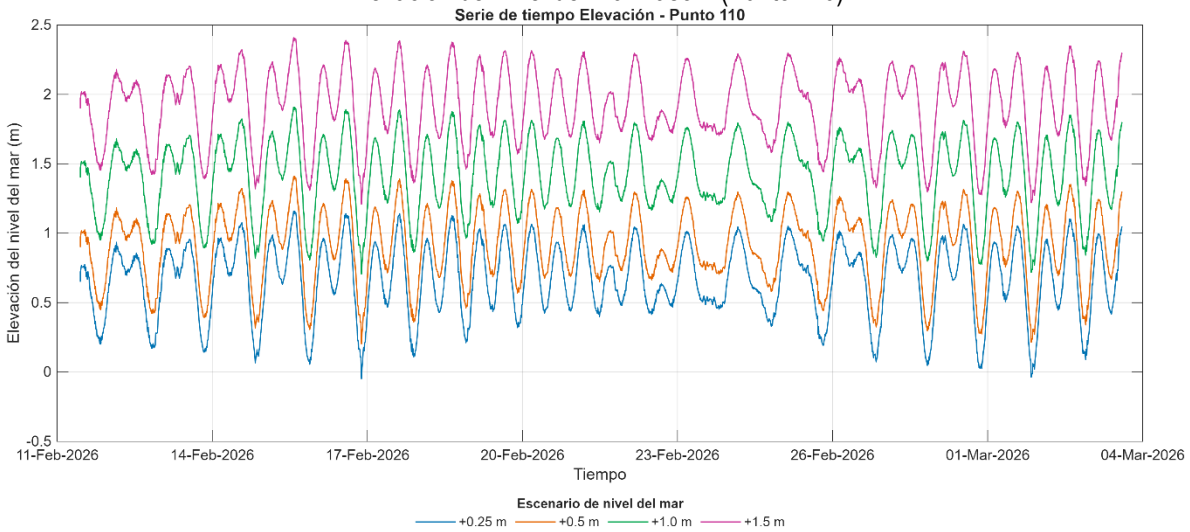
Caudal Vaso II (Punto 110)



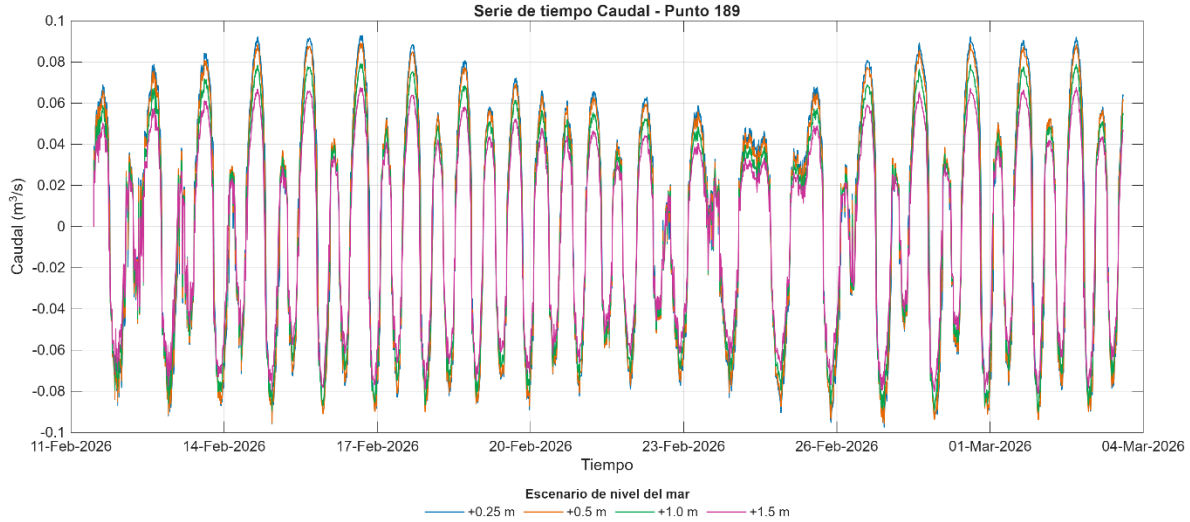
Velocidad Vaso II (Punto 110)



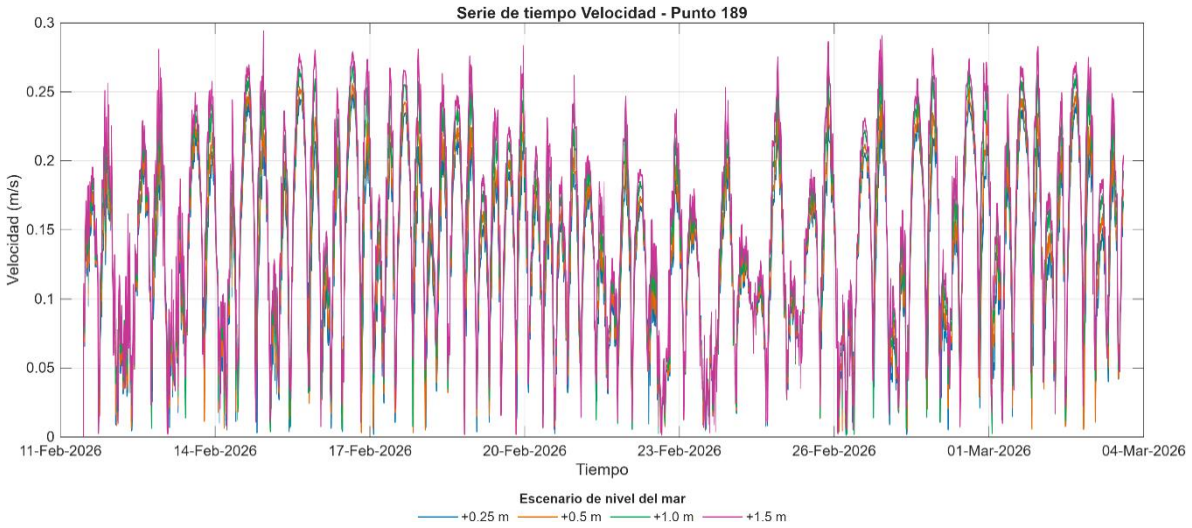
Elevacion del nivel del mar Vaso II (Punto 110)



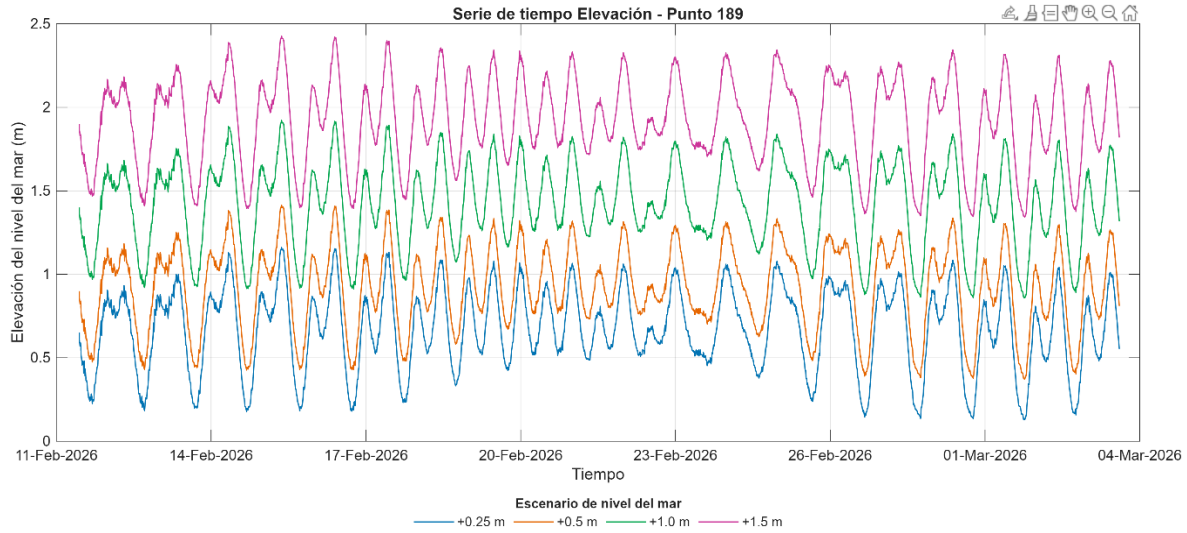
Caudal entrada Vaso I (Punto 189)



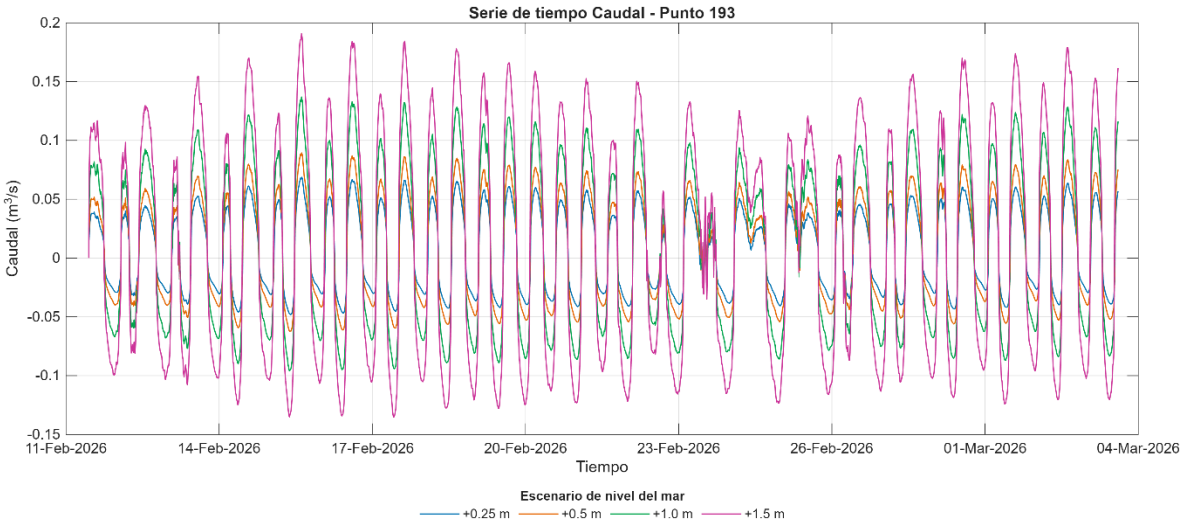
Velocidad entrada Vaso I (Punto 189)



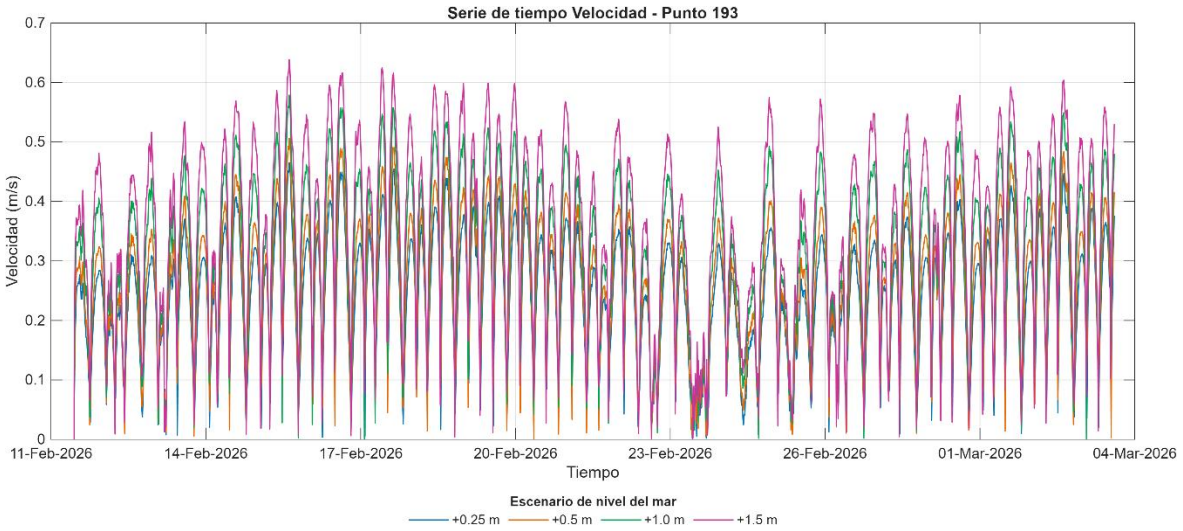
Elevación del nivel del mar Vaso I (Punto 189)



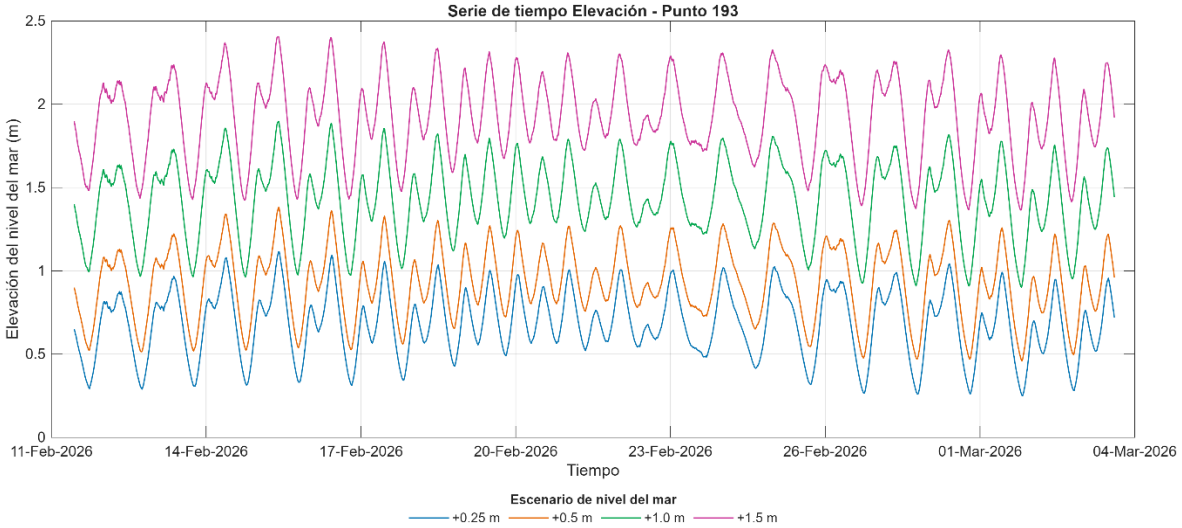
Caudal conexión Vaso I y Vaso II (Punto 193)



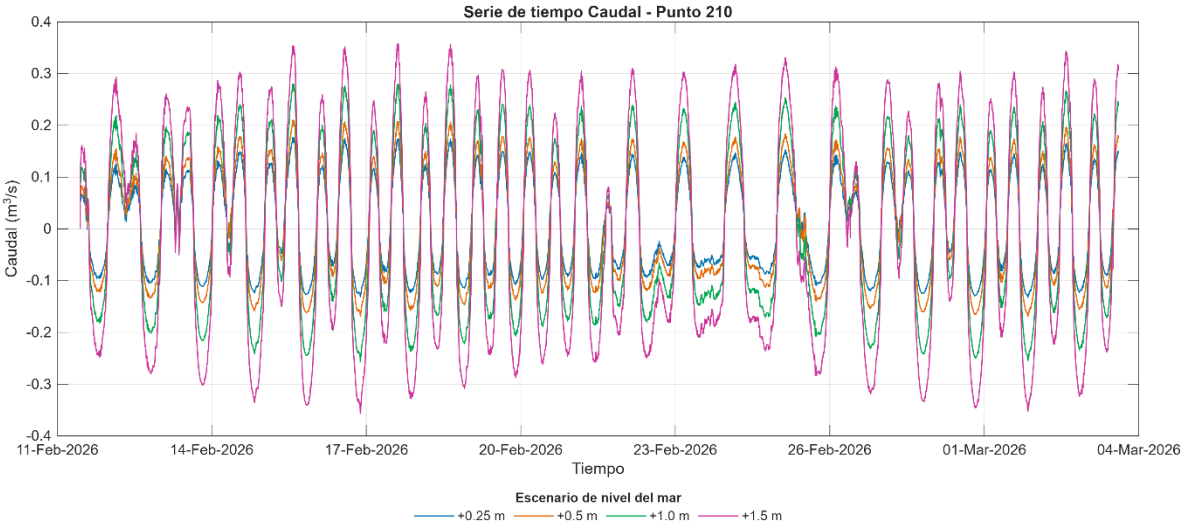
Velocidad conexión Vaso I y Vaso II (Punto 193)



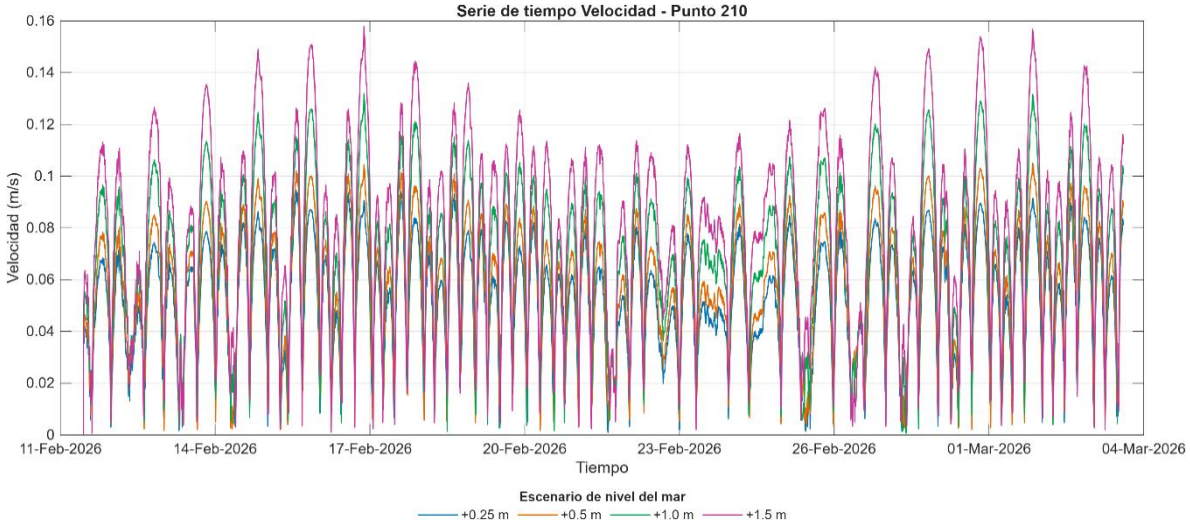
Elevación del nivel del mar conexión Vaso I y Vaso II (Punto 193)



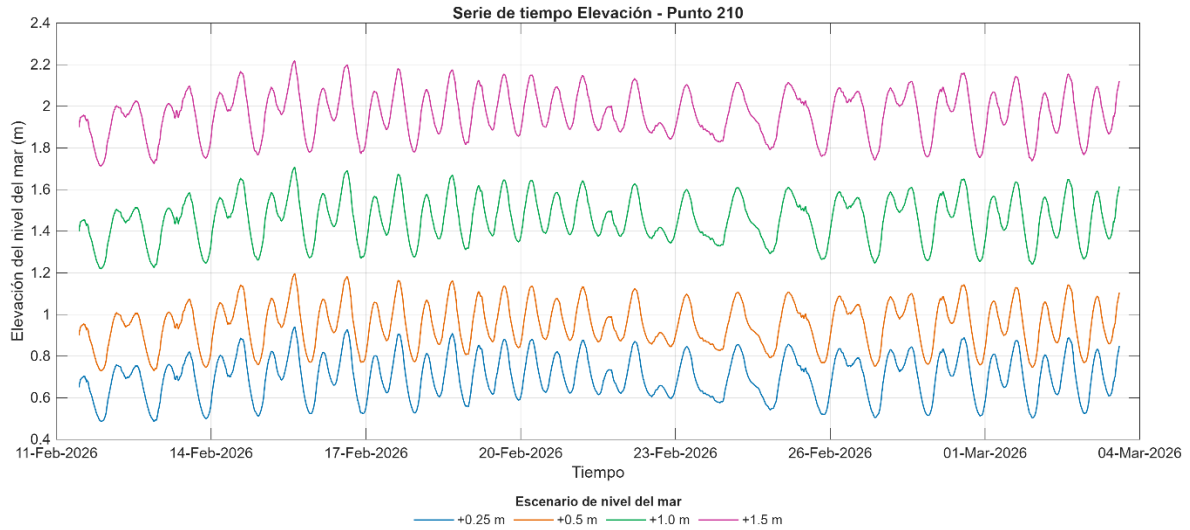
Caudal Entrada Vaso III (Punto 210)



Velocidad Entrada Vaso III (Punto 210)



Elevación del nivel del mar Vaso III (Punto 210)



Anexo 3

El conjunto de datos Global Surface Water proporciona información espacial y temporal sobre la presencia de agua superficial a escala global a partir de imágenes satelitales del programa Landsat, con un registro continuo desde 1984 hasta 2021.

A partir de este archivo de observaciones satelitales se han generado distintos productos que permiten analizar la distribución, frecuencia, estacionalidad y cambios en la presencia de agua superficial a lo largo del tiempo. Entre ellos se encuentran Water Occurrence, Occurrence Change Intensity, Seasonality, Recurrence, Transitions y Maximum Water Extent.

En este anexo se describen el significado y el método de cálculo de estos productos, y se presentan sus resultados para el área de Cuyutlán, Colima.

Ocurrencia de agua (Water ocurrence SWO)

Información:

Indica dónde se ha encontrado agua superficial y con qué frecuencia apareció durante los 38 años de registro (1984-2021).

Interpretación:

Se expresa como un porcentaje. El morado intenso (100%) indica agua permanente, mientras que los tonos azules claros representan áreas donde el agua aparece de forma ocasional (baja ocurrencia).

Como se obtiene:

El cálculo se hace a partir de imágenes Landsat. Para cada imagen, cada píxel se clasifica en una de las siguientes categorías.

- Agua → el algoritmo detecta agua
- No agua → superficie terrestre
- No observación → no se puede clasificar (nieve, hielo, nubes o problemas relacionados al sensor)

En el cálculo del producto se utilizan dos variables:

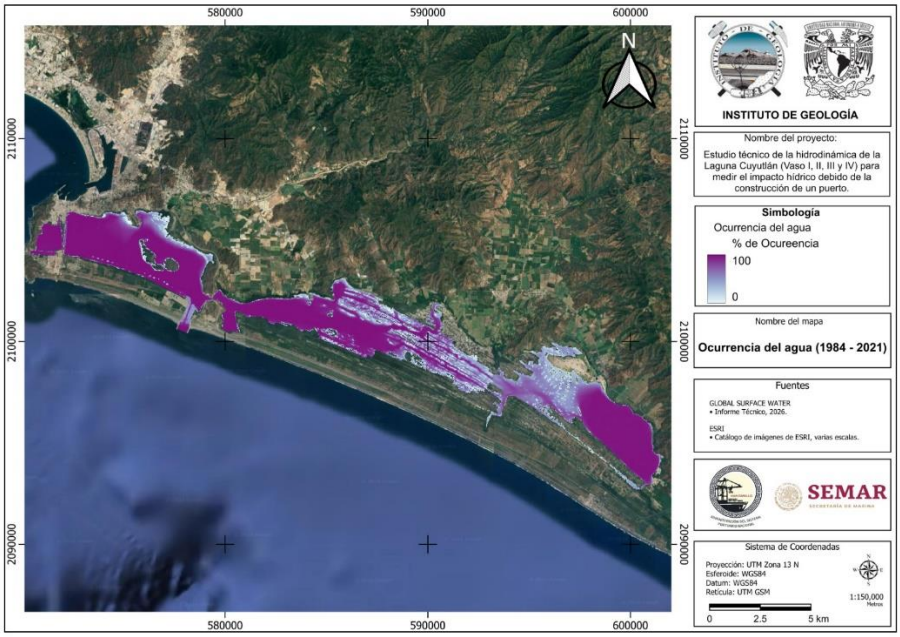
- WD (Water Detections) = número de veces que el píxel fue clasificado como agua
- VO (Valid observations) =número de observaciones válidas, es decir, aquellas en las que el píxel pudo clasificarse como agua o no agua (excluyendo nubes u observaciones inválidas)

Cálculo de la ocurrencia de agua:

Para evitar sesgos asociados a la estacionalidad o a la menor disponibilidad de imágenes en periodos nublados, el cálculo se realiza primero a escala mensual. Para cada mes se suman todas las detecciones de agua y todas las observaciones válidas correspondiente a ese mismo mes a lo largo de todo el periodo 1984-2021:

$$SWO_{mes} = \frac{\sum WD_{mes}}{\sum VO_{mes}}$$

Finalmente, la ocurrencia de agua durante el periodo se obtiene promediando los resultados de los 12 meses del año. El resultado es un valor entre 0% (el píxel nunca presentó agua) y 100% (agua permanente durante todo el periodo analizado).



A3.1. Producto water ocurrence para el área de Manzanillo en Colima mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Vaso 2

En la Figura A3.2 se muestran la frecuencia de ocurrencia de agua superficial en el área del Vaso 2 durante el periodo 1984–2021. Los tonos azul oscuro indican zonas donde el agua ha estado presente la mayor parte del tiempo (alta ocurrencia, cercana al 100 %), lo que corresponde a cuerpos lagunares permanentes. Hacia las zonas de transición entre el agua y la tierra se observan tonos más claros o difusos, los cuales representan áreas donde el agua ha estado presente solo en ciertos momentos del periodo analizado, indicando variabilidad temporal en la extensión del agua. En general, el patrón espacial evidencia alta estabilidad en los cuerpos de agua principales y mayor variabilidad en los márgenes del sistema lagunar, particularmente hacia el sector norte.

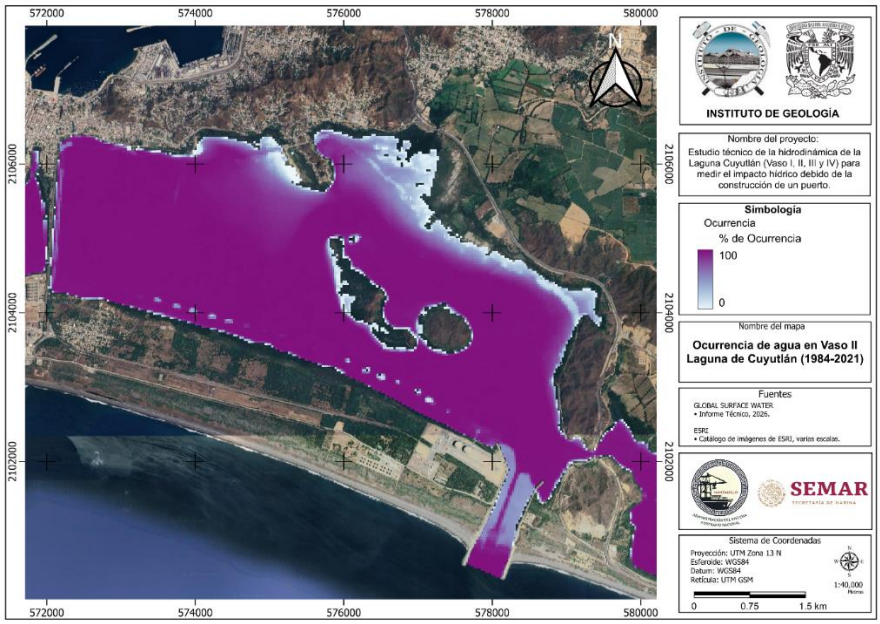


Figura A3.2 Producto wáter ocurrence para el vaso 1 mostrado sobre una imagen satelital como base cartográfica.

Intensidad de cambio de ocurrencia del agua (Water ocurrence change intensity)

Información:

Muestra dónde la ocurrencia de agua superficial aumentó, disminuyó o permaneció sin cambios entre dos periodos de tiempo: 1984–1999 y 2000–2021. El producto indica tanto la dirección del cambio (aumento o disminución) como su intensidad.

Interpretación:

Los resultados se expresan como porcentaje de cambio en la ocurrencia de agua.

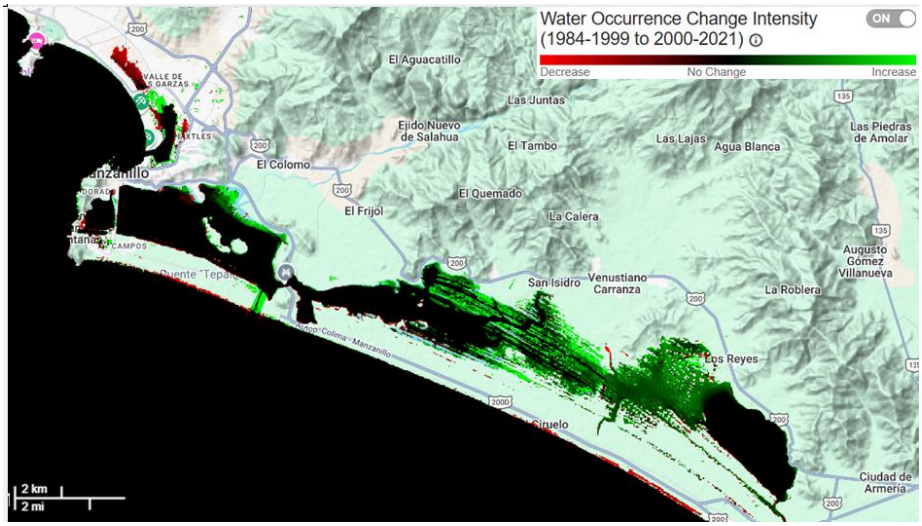
- Verde: aumento en la ocurrencia de agua
- Rojo: disminución en la ocurrencia de agua
- Negro: sin cambios significativos

La intensidad del color indica la magnitud del cambio. Por ejemplo, rojo intenso representa una mayor pérdida de agua que un rojo claro.

Como se obtiene:

El cálculo se basa en el producto de ocurrencia de agua (SWO) obtenido a partir de imágenes Landsat. Se separa la serie temporal en dos intervalos: 16 de marzo 1984 – 31 diciembre 1999 y 1 enero 2000 – 31 diciembre 2021. Para cada época se calcula la ocurrencia de agua mensual.

Para evitar sesgos por estacionalidad, la comparación se hace entre los mismos meses, de ambas épocas, a lo cual se les llama pares de meses homólogos. Para cada mes se calcula la diferencia. Las diferencias calculadas para todos los meses disponibles se promedian para obtener el cambio final en la ocurrencia de agua. Este valor representa la intensidad del cambio en la ocurrencia de agua para cada píxel.



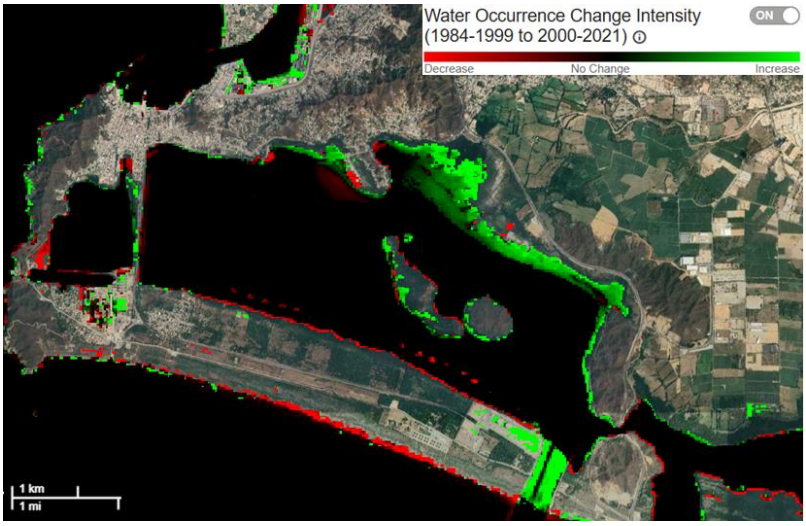
A3.3. Producto water ocurrence change intensity para el área de Manzanillo en Colima mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Vaso II

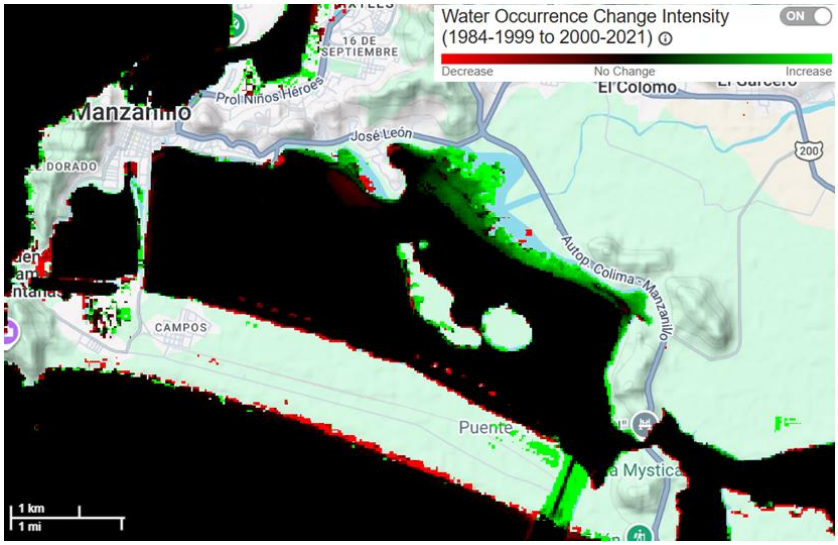
Las Figuras A3.4 y A3.4 se muestran la intensidad de cambio en la ocurrencia de agua superficial entre los periodos 1984–1999 y 2000–2021 en el área del vaso 2. Gran parte del cuerpo lagunar aparece en color negro, indicando ausencia de cambio en la ocurrencia de agua. En el cuerpo de agua central se observa un contraste espacial: hacia el sector norte predominan áreas en color verde, las cuales se intensifican hacia las zonas cercanas a tierra, indicando un mayor incremento en el cambio. En contraste, hacia el sector sur se presentan zonas en color rojo intenso, asociadas a una disminución en la ocurrencia de agua. Estos colores se distribuyen principalmente a lo largo de los márgenes y zonas de transición entre agua y tierra.

Vaso III y IV

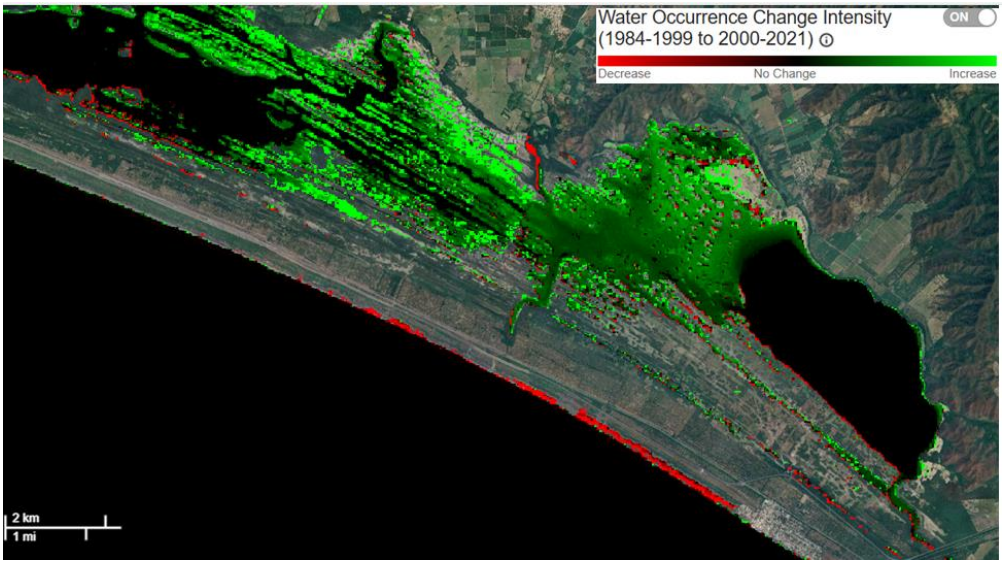
En las figuras A3.6 y A3.7 se muestra el cuerpo de agua ubicado en el extremo sureste aparece dominado por color negro, lo que indica ausencia de cambio en la ocurrencia de agua. Hacia la parte noroeste se observan patrones dispersos en color verde, los cuales indican un aumento en la intensidad del cambio en la ocurrencia de agua superficial en el periodo de comparación.



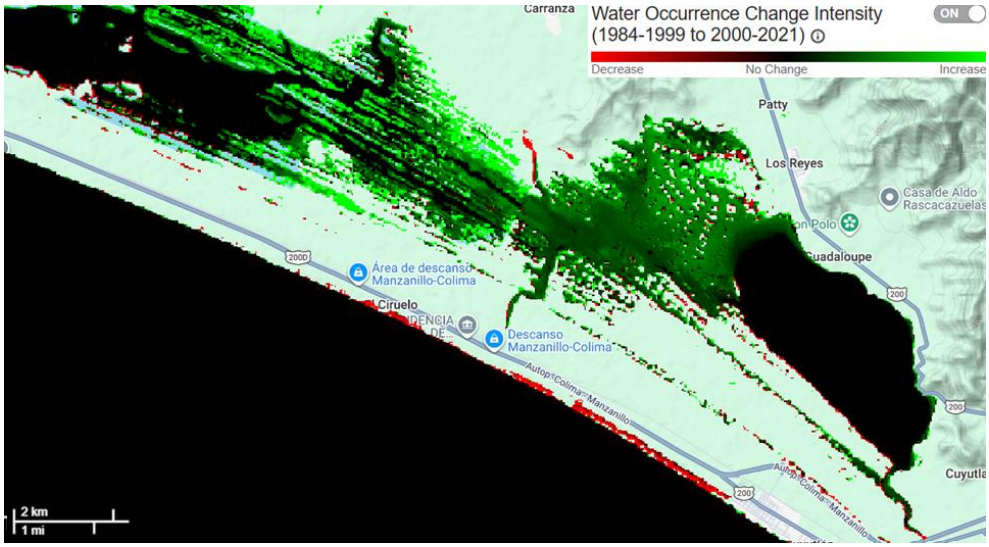
A3.4. Producto wáter ocurrence change intensity para el área 1 mostrado sobre una imagen satelital como base cartográfica



A3.5. Producto water ocurrence change intensity para el vaso 2 mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.



A3.6. Producto wáter ocurrence change intensity para el vaso III y IV mostrado sobre una imagen satelital como base cartográfica



A3.7. Producto water ocurrence change intensity para el Vaso III y IV 2 mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Estacionalidad del agua (Water seasonality 2021)

Información:

El mapa de estacionalidad muestra el comportamiento intra-anual de las superficies de agua durante un año específico (2021). Indica si el agua es permanente o estacional y cuántos meses del año estuvo presente en cada píxel.

Interpretación:

El producto indica el número de meses con presencia de agua durante el año analizado.

- Azul oscuro: agua permanente (presente todo el periodo observado del año).
- Azul claro: agua estacional (presente solo algunos meses).

En términos generales:

- 12 meses con agua → agua permanente
- menos de 12 meses → agua estacional

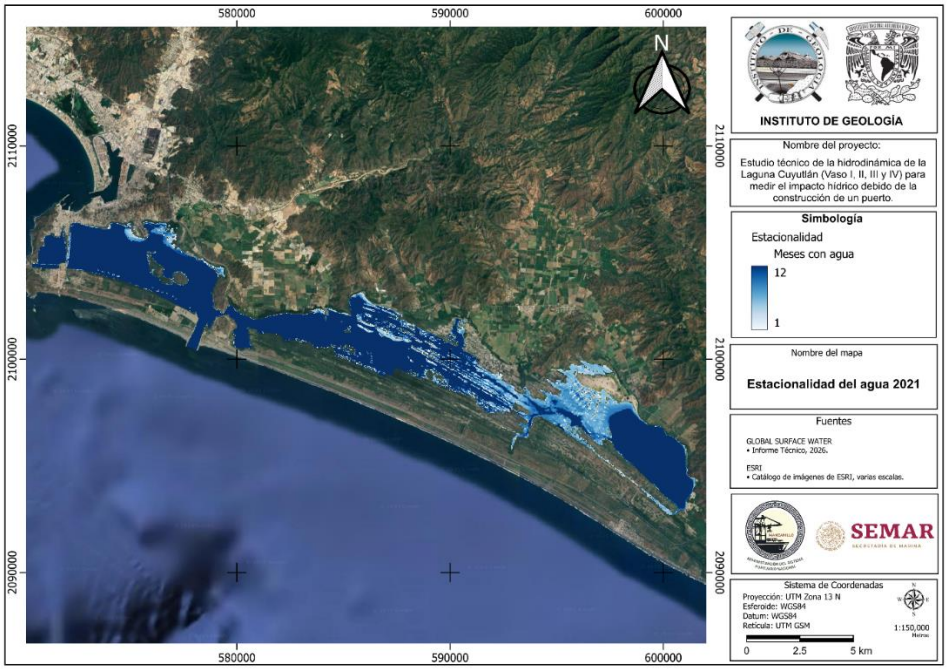
Como se obtiene:

El análisis se basa en imágenes Landsat y utiliza el mismo sistema de clasificación de píxeles empleado para los productos de ocurrencia de agua.

Para cada imagen satelital, cada píxel se clasifica como:

- Agua → el algoritmo detecta presencia de agua
- No agua → superficie terrestre
- Sin observación → el píxel no puede clasificarse (nubes, hielo, nieve o problemas del sensor)

Para cada píxel se identifican los meses de 2021 en los que el algoritmo detectó agua. El mapa de estacionalidad asigna a cada píxel el número de meses en que hubo agua durante el año analizado.



A3.8. Producto water seasonality para el área de Manzanillo en Colima mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Vaso 2

Las Figuras A3.9 muestran la estacionalidad del agua superficial en el área del Vaso 2. Se observan tonos de azul oscuro en el cuerpo de agua principal, los cuales indican presencia de agua durante la mayor parte del año. Hacia el sector norte se presentan tonalidades más claras y patrones dispersos, lo que refleja áreas donde la presencia de agua ocurre durante un menor número de meses. A partir de la revisión del ráster, se observó que hacia las zonas cercanas a tierra la presencia de agua se registra entre 4 y 5 meses, aumentando gradualmente hacia el interior del cuerpo de agua.

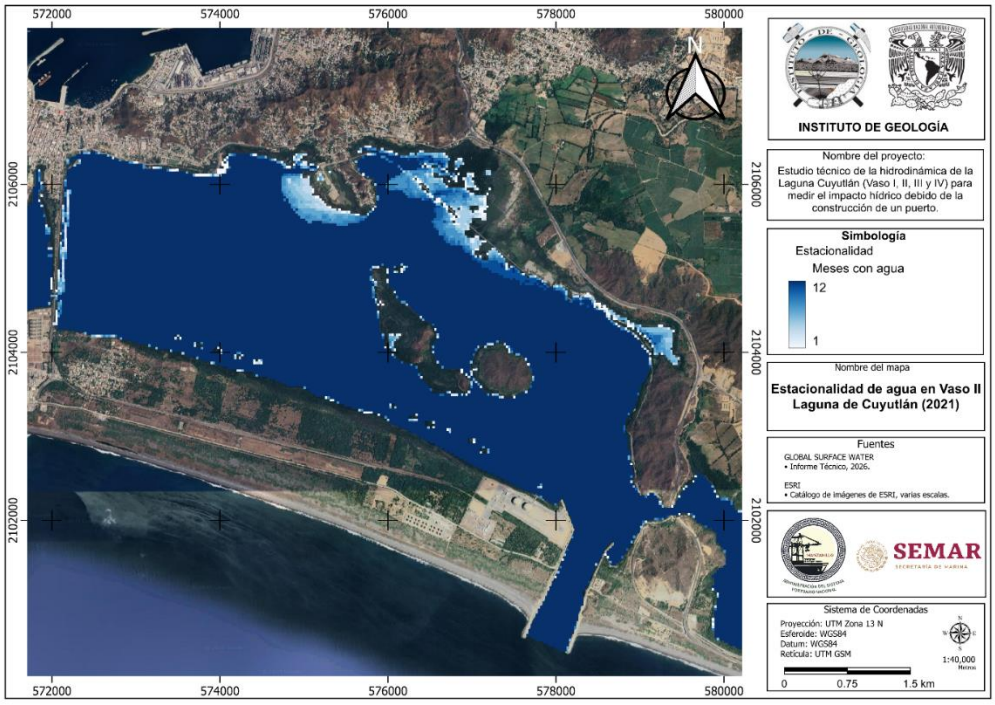


Figura A3.9. Producto water seasonality para el área 1 mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Recurrencia annual del agua (Annual water recurrence 1984-2021)

Información:

El mapa de recurrencia anual describe el comportamiento interanual de las superficies de agua, mostrando con qué frecuencia el agua reaparece de un año a otro.

Interpretación:

La recurrencia se expresa como un porcentaje que indica la frecuencia con la que el agua estuvo presente a lo largo de los años analizados.

- Valores altos (azul): el agua aparece con frecuencia todos los años (zonas inundadas regularmente o agua permanente).
- Valores bajos (naranja): el agua aparece solo en algunos años (inundaciones esporádicas o eventos ocasionales).

Este producto describe la variabilidad interanual del agua, es decir, si el agua vuelve año tras año o si aparece solo en años particulares.

Como se obtiene:

El cálculo se basa en imágenes Landsat y utiliza la clasificación de píxeles en agua, no agua o sin observación.

A diferencia del producto de ocurrencia, la recurrencia no se calcula necesariamente para todo el periodo 1984–2021, ya que el agua puede no haber estado presente durante todo el archivo de imágenes. Por ello se definen varios conceptos clave:

Periodo de agua (wate period): Para cada píxel se identifica el periodo del archivo en el que el agua apareció al menos alguna vez. El periodo de agua comienza en el primer mes del primer año en que se detectó agua y termina en el último mes del último año en que se detectó agua. Esto evita considerar años en los que el agua nunca estuvo presente.

Temporada de agua (wáter season): La temporada de agua corresponde a los meses del año en los que en algún momento del registro se observó agua. No debe confundirse con la temporada de lluvias, ya que depende únicamente de las observaciones de agua detectadas por satélite. Entonces la temporada de agua incluiría febrero, marzo y abril.

Definición de tipos de años: Para calcular la recurrencia se definen dos tipos de años:

- Año con agua (water year): Año en el que se detectó al menos una observación de agua dentro de la temporada de agua.
- Año con observaciones (observation year): Año en el que existe al menos una observación válida dentro de la temporada de agua.

Los años que solo tienen observaciones fuera de la temporada de agua no se consideran, porque no se puede saber si el agua pudo haber estado presente durante la temporada correspondiente.

Finalmente, la recurrencia se calcula como:

$$Recurencia = \frac{Númeor\ de\ años\ con\ agua}{Número\ de\ años\ con\ observaciones}$$

El conteo de años comienza en el primer año en que se detectó agua y termina en el último año en que se detectó agua. El mapa asigna a cada píxel un valor entre:

0 % → el agua aparece muy raramente

100 % → el agua aparece todos los años dentro de la temporada de agua

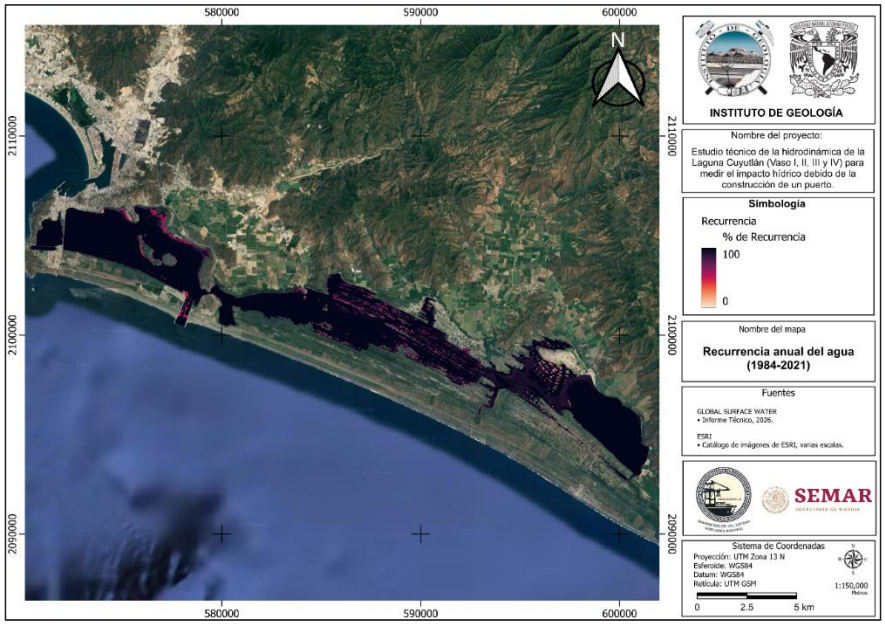


Figura A3.10. Producto anual water recurrence para el área de Manzanillo en Colima mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Vaso II

En las imágenes A3.11 y A3.12 se observa el producto de recurrencia anual del agua (1984–2021) el cual muestra la frecuencia con la que la superficie de agua reaparece cada año dentro del periodo analizado. En las imágenes se observa que la mayor parte del cuerpo lagunar presenta valores altos de recurrencia (cercanos al 100 %), lo que indica que el agua ha estado presente de manera consistente a lo largo de los años. Estos valores se distribuyen principalmente en el centro del cuerpo de agua y en las zonas con conexión al mar.

Hacia los bordes de la laguna y áreas someras cercanas a tierra se presentan valores menores de recurrencia, lo que indica que en esos píxeles el agua no se detecta todos los años. Estas zonas muestran una mayor variabilidad interanual en la presencia de agua.

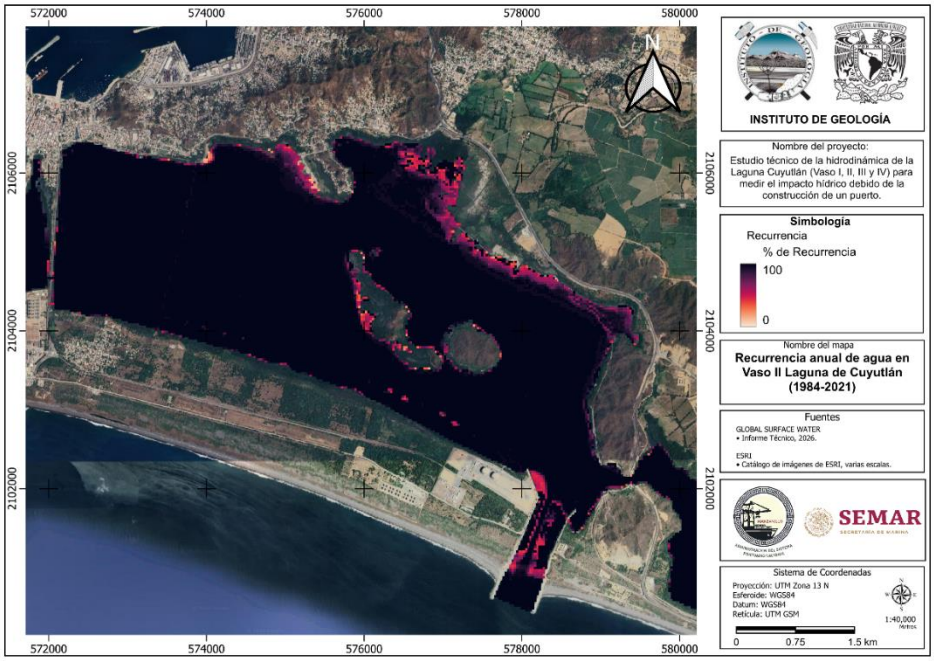


Figura A3.11. Producto annual water recurrence para el área 1 mostrado sobre una imagen satelital como base cartográfica

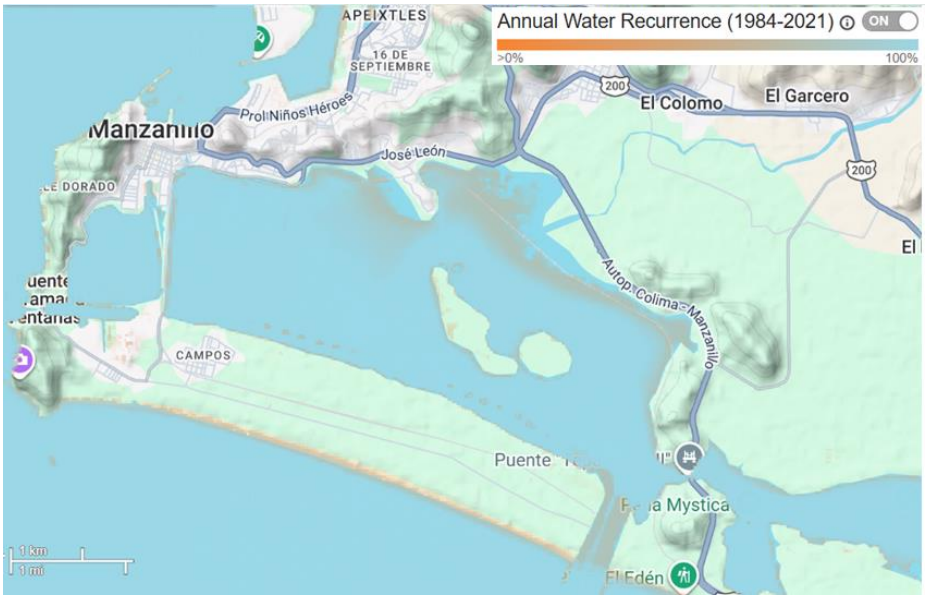


Figura A3.12. Producto water recurrence para el área 1 mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.

Vaso III y IV

El mapa de recurrencia anual del agua (1984–2021) para el área 2, muestra valores altos de recurrencia (tonos azules) en el cuerpo lagunar principal, lo que indica presencia frecuente de agua a lo largo de los años analizados.

Hacia las zonas periféricas y en las áreas de conexión entre las dos partes de la laguna se observan valores intermedios y bajos (tonos beige), que indican sectores donde el agua aparece solo en algunos años, reflejando mayor variabilidad interanual.



A3.13. Producto annual water recurrence para el área 2 mostrado sobre una imagen satelital como base cartográfica



A3.14. Producto water recurrence para el área 2 mostrado sobre una base cartográfica tipo mapa.



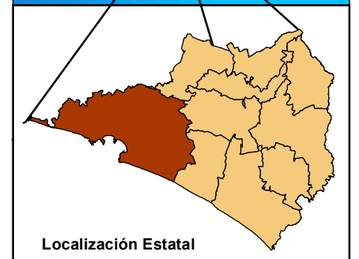
570000
575000
580000
2110000
2105000
2100000

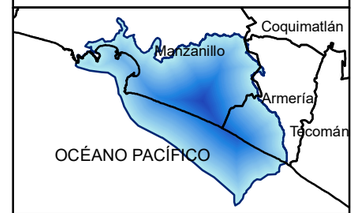
SM-07
SM-01
SM-06
SM-02
SM-05
SM-03

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



Localización Nacional


Localización Estatal



UBICACIÓN DE TRABAJO

Simbología

- Ubicacion_Trabajo
- Lim_Poligono_AF
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

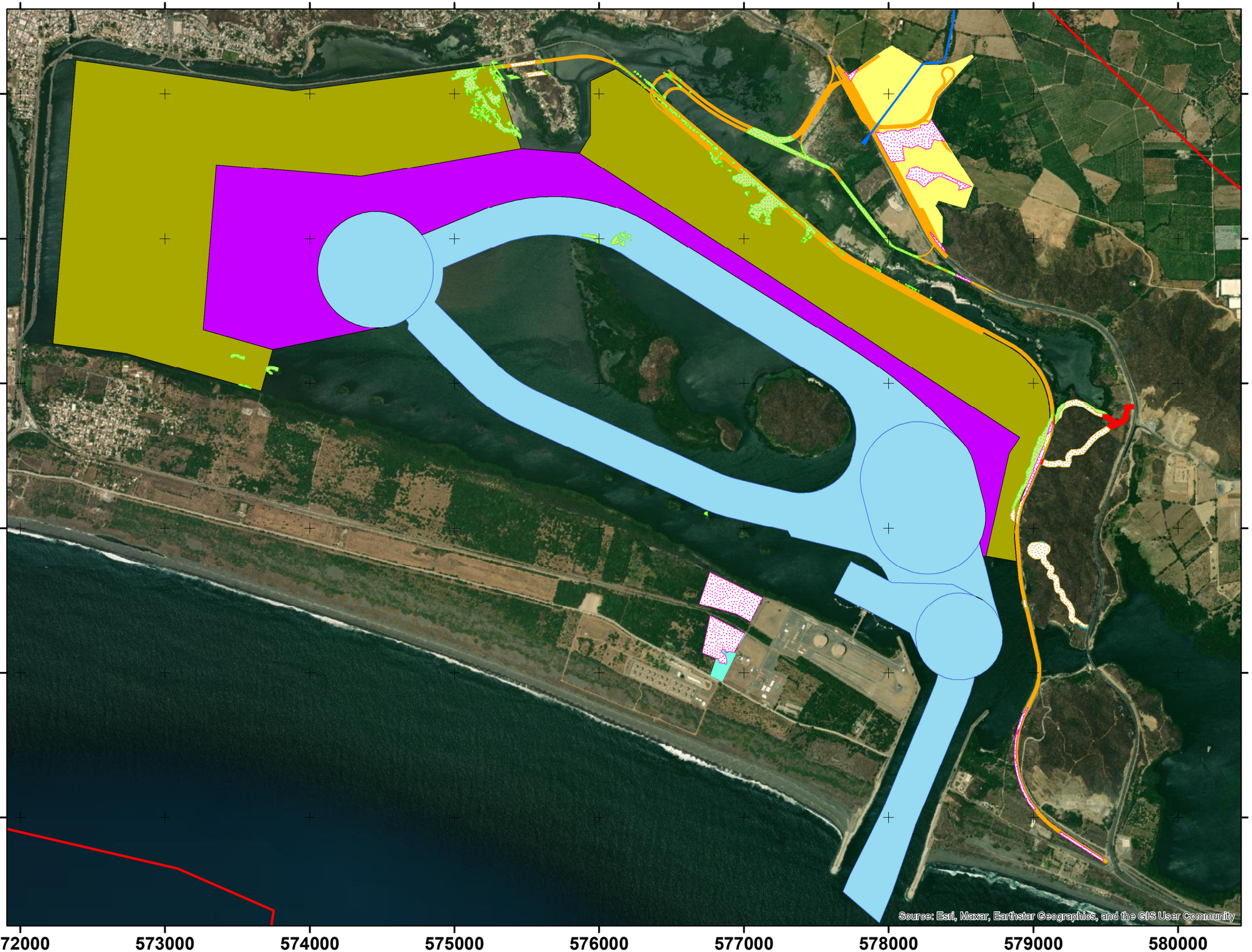
N
W
E
S

ESCALA 1:50,000

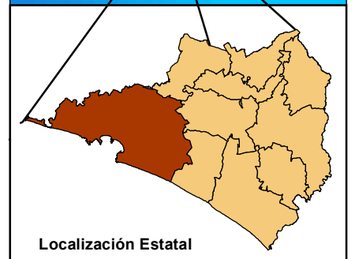
0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

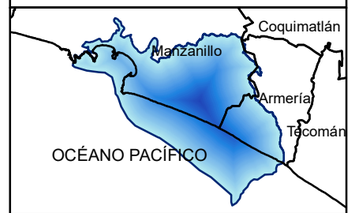
572000 573000 574000 575000 576000 577000 578000 579000 580000

2106000 2105000 2104000 2103000 2102000 2101000









Polígonos forestales que serán afectados por el proyecto

Simbología

- Área de influencia

VEGETACIÓN

- Mangle
- Selva baja caducifolia
- Vegetación secundaria de selva baja caducifolia
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

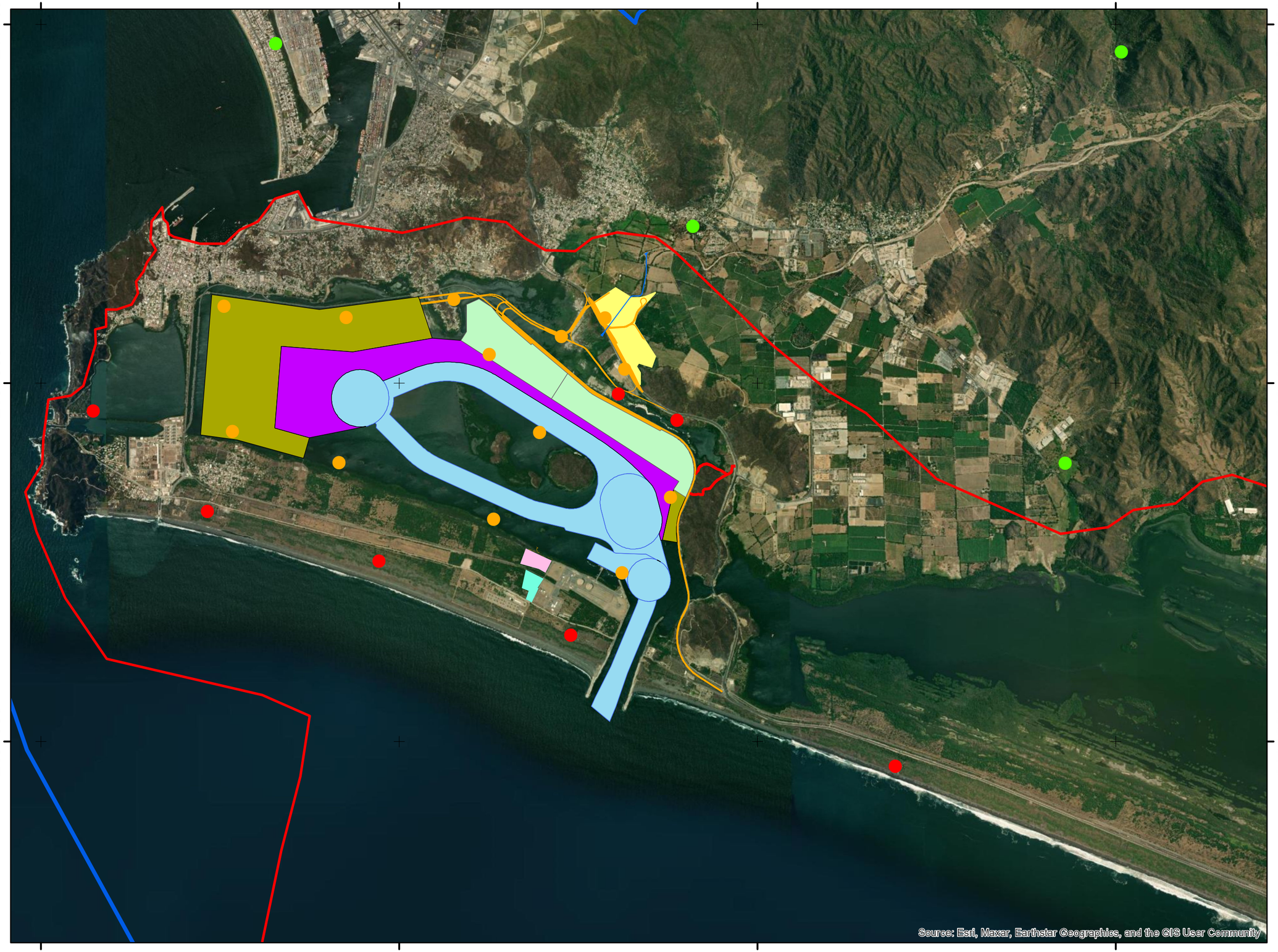
N W E S

ESCALA 1:25,000

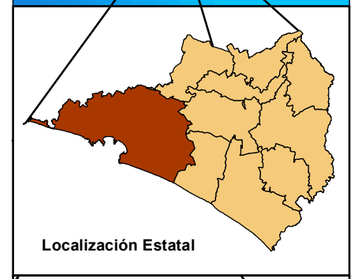
0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

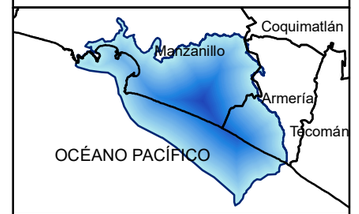
570000 575000 580000 585000

2110000 2105000 2100000









SITIOS DE MUESTREO

Simbología

Sitios de muestreo

Área

- Influencia
- Proyecto
- SAR
- Área de influencia
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Terminal_1y2
- Área de maniobra
- Vía de comunicacion
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N
W E
S

ESCALA 1:51,389

0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

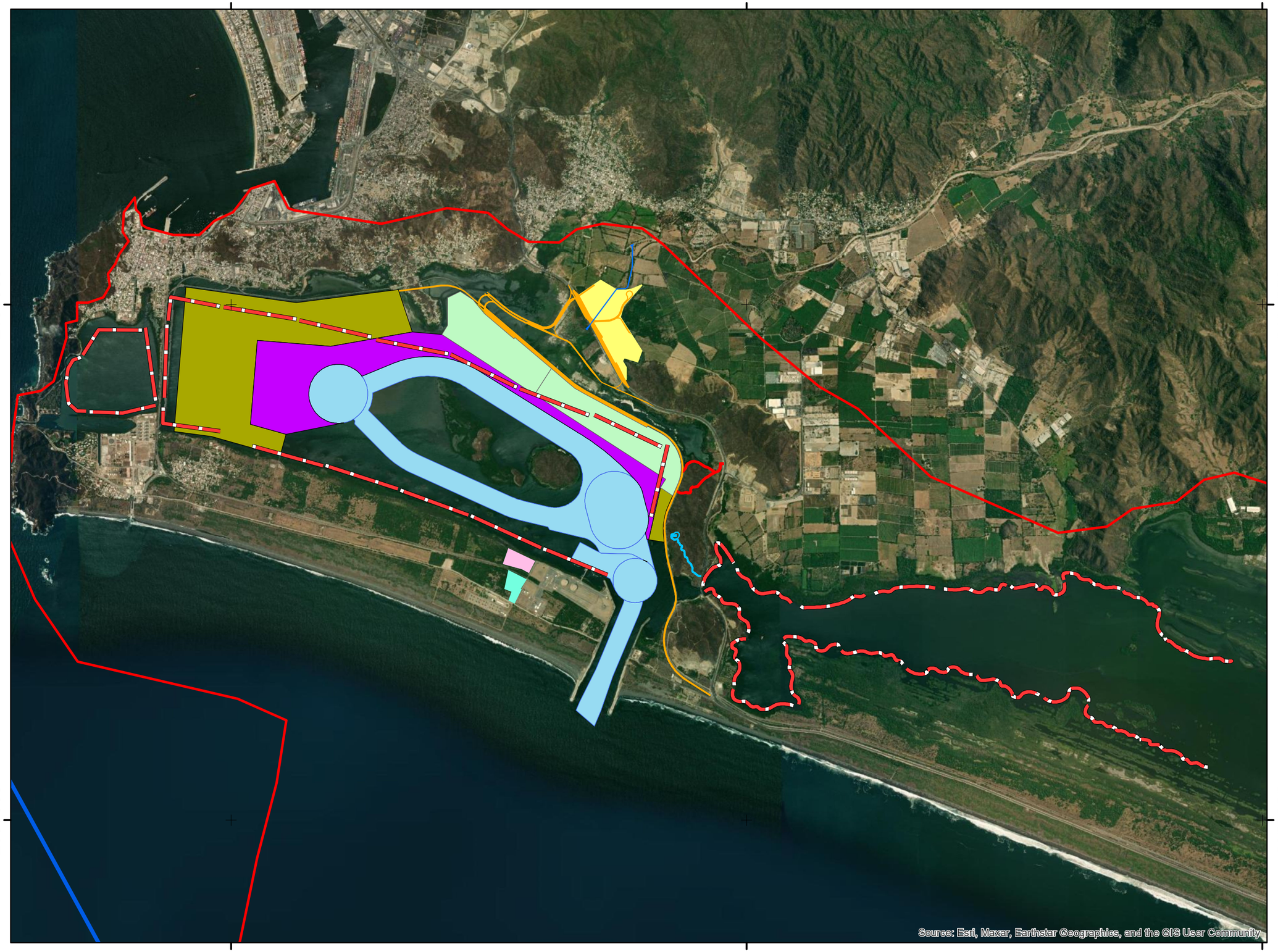
573000

580000

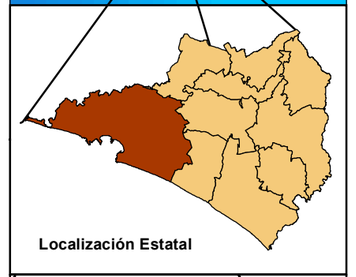
587000

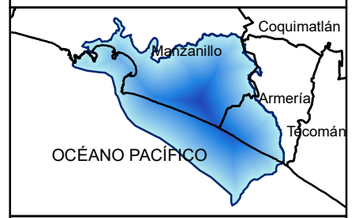
2106000

2099000









TRANSECTO DE COCODRILO

Simbología

- Transecto cocodrilo
- Área de influencia
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Terminal_1y2
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N
W
E
S

ESCALA 1:50,000

0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

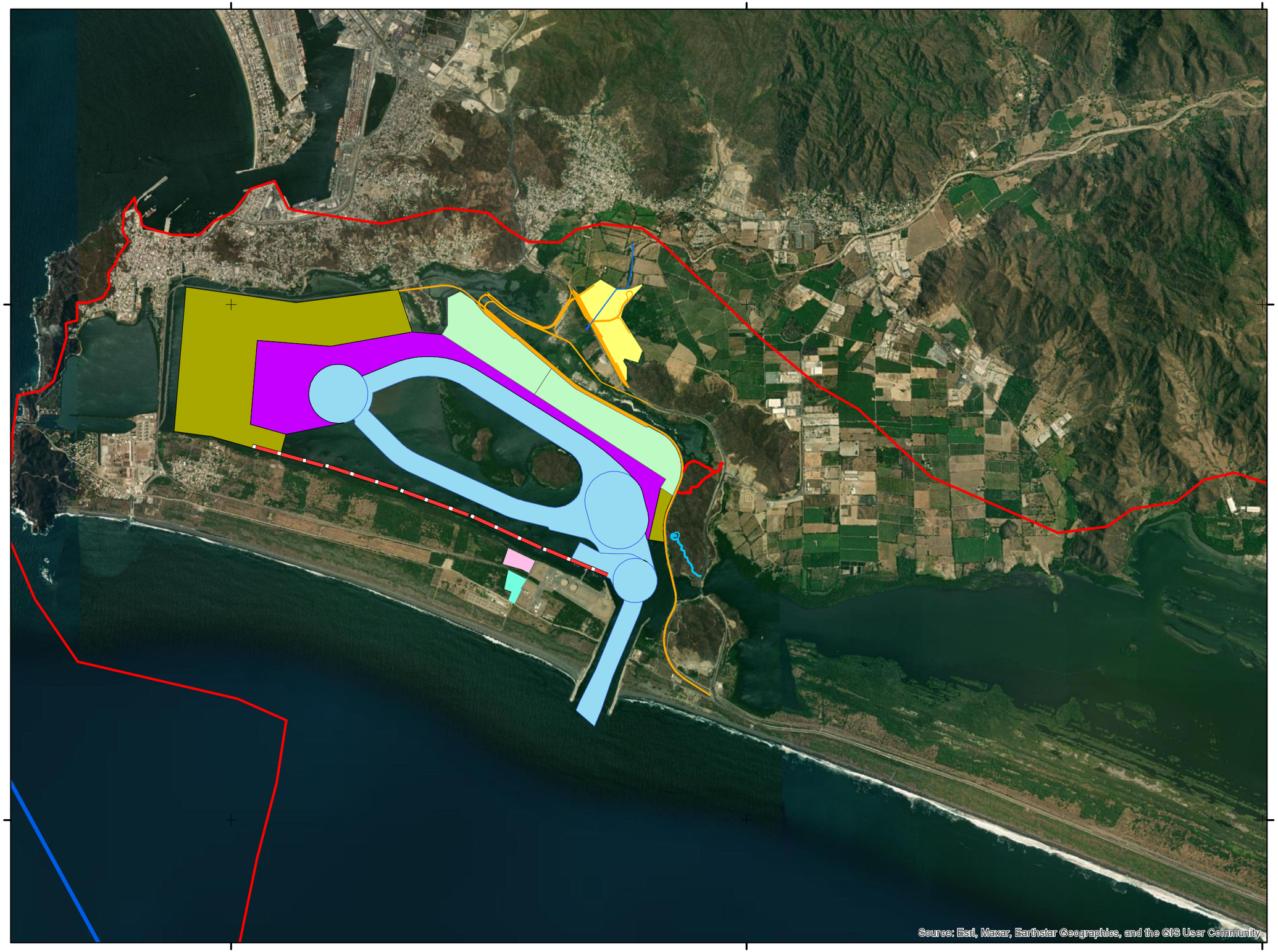
573000

580000

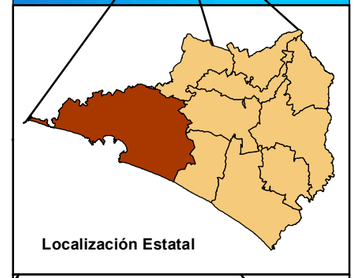
587000

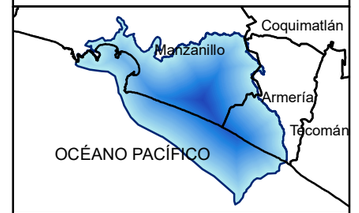
2106000

2099000









TRANSECTO DE COCODRILO (VASO II)

Simbología

- Tranasectos cocodrilo
- Área de influencia
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Terminal_1y2
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N
W
E
S

ESCALA 1:50,000

0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

570000 575000 580000 585000

2105000

2100000

200D

200

Área administrativa

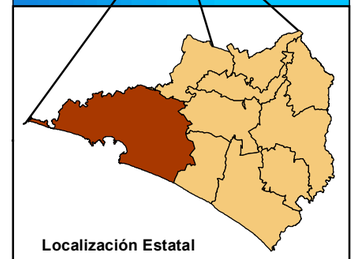
Caminos auxiliares

CIAP

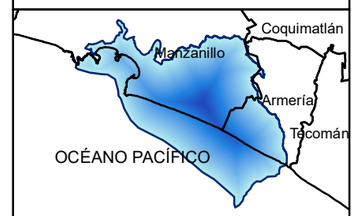
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



Localización Nacional



Localización Estatal



PROYECTO PUERTO

Simbología

- Área de influencia
- Zona de fondeo

Carreteras

Carretera

- 200
- 200D
- Ferrocarril
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Via de comunicación
- Área de maniobra
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

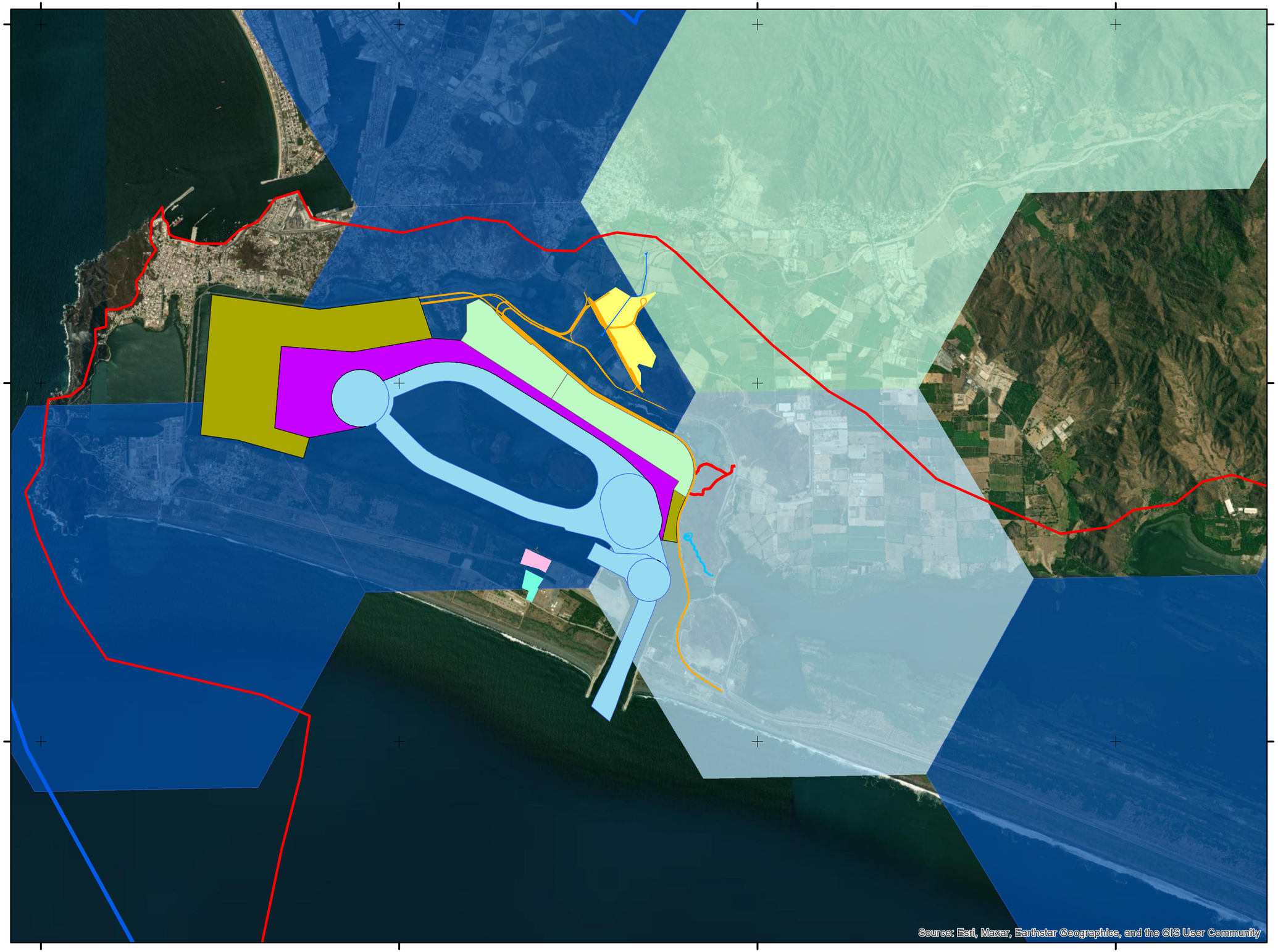
N W E S

ESCALA 1:50,000

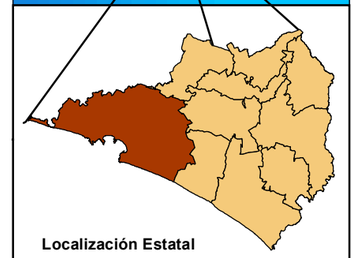
0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

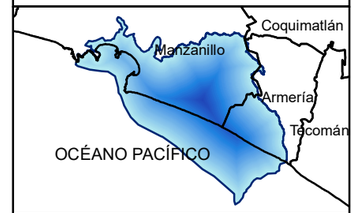
570000 575000 580000 585000

2110000 2105000 2100000









SITIOS PRIORITARIOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Simbología

- Área de influencia
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Terminal_1y2
- Via de comunicación
- Área de maniobra
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

SPAE

Prioridad

- Extrema
- Alta
- Media

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N W E S

ESCALA 1:51,389

0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

570000 575000 580000 585000

2105000

2100000

200D

200

Área administrativa

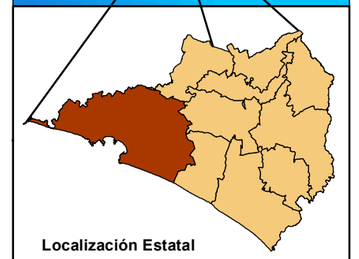
Caminos auxiliares

CIAP

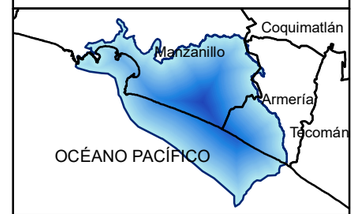
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



Localización Nacional



Localización Estatal



PROYECTO PUERTO ETAPA I

Simbología

Área de influencia

Carreteras

Carretera

- 200
- 200D
- Ferrocarril
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Terminal_1y2
- Via de comunicación
- Área de maniobra
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N W E S

ESCALA 1:50,000

0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

570000 575000 580000 585000

2105000

2100000

200D

200

Área administrativa

2

1

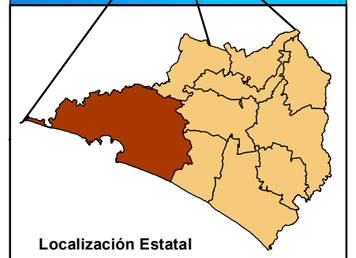
Caminos auxiliares

CIAP

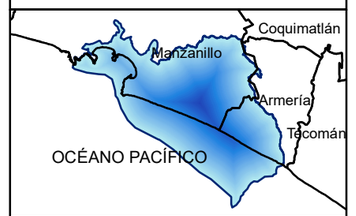
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



Localización Nacional



Localización Estatal



PROYECTO PUERTO ETAPA II

Simbología

- Área de influencia
- Zona de fondeo

Carreteras

Carretera

- 200
- 200D
- Ferrocarril
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Terminal_1y2
- Via de comunicación
- Área de maniobra
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

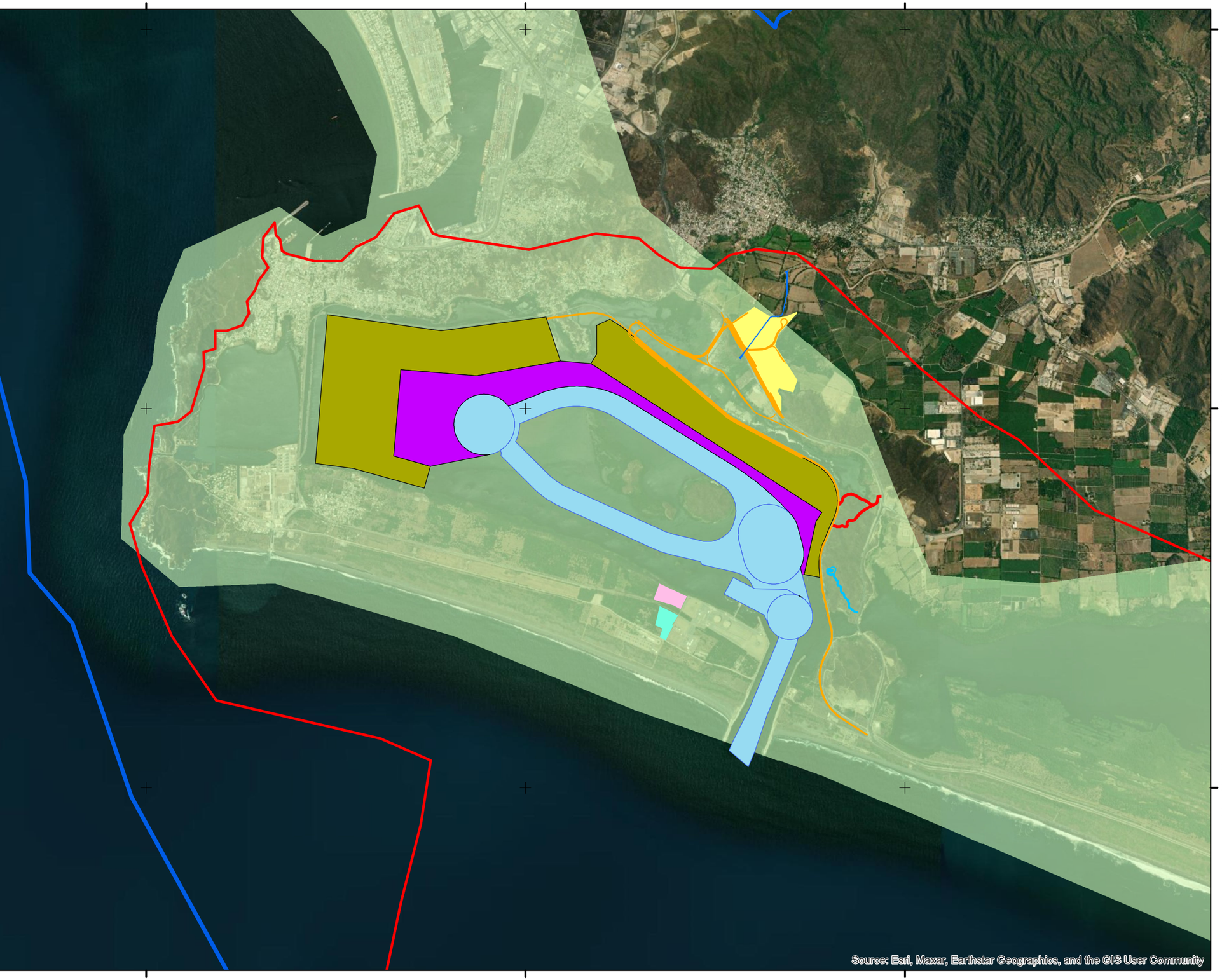
Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N W E S

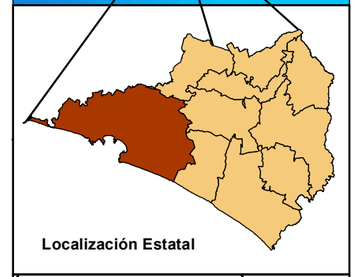
ESCALA 1:50,000

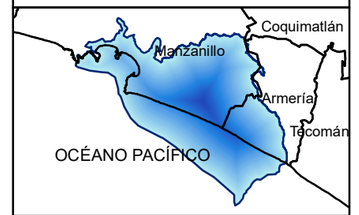
0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

570000
575000
580000
2110000
2105000
2100000









REGIONES MARINAS PRIORITARIAS (RMP)

Simbología

- Área de influencia
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR
- SPM

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N
W
E
S

ESCALA 1:50,000

0 0.225 0.45 0.9 1.35 1.8 km

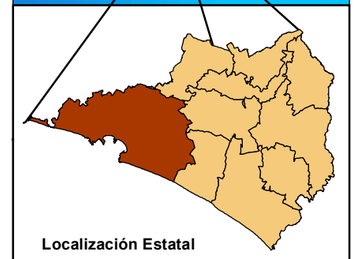
570000 575000 580000 585000 590000 595000 600000

2110000 2105000 2100000 2095000 2090000

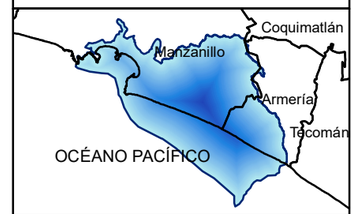
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community



Localización Nacional



Localización Estatal



ISLA DE CALOR CUYUTLÁN

Simbología

- Área de influencia
- Torre
- Bodega y campamento
- CIAP
- Camino auxiliar
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Isla de calor

Probabilidad

- Alta: 100%
- Baja: 0%

Desarrollo del PuertoNuevo Manzanillo, en el Vaso II de La Laguna Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

REFERENCIA CARTOGRÁFICA

Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 13N
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
False Easting: 500,000.0000
False Northing: 0.0000
Central Meridian: -105.0000
Scale Factor: 0.9996
Latitude Of Origin: 0.0000
Units: Meter

N W E S

ESCALA 1:100,000

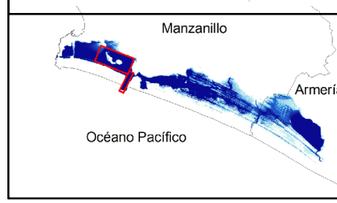
0 0.475 0.95 1.9 2.85 3.8 km

560000
580000
600000
2120000
2100000
2080000

119
65
123
119
Océano Pacifico







POEGT (UAB)

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR
- POEGT (UAB)

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

N W E S

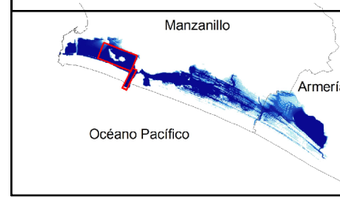
0 1 2 4 6 Km

560000
580000
600000
2120000
2100000
2080000

04 Delta
01 Alpha
02 Bravo
03 Charly
05 Echo
06 Foxtrot
Océano Pacifico







Proyecto-Puerto

Simbología

- Área de influencia
- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- Zona de fondeo
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

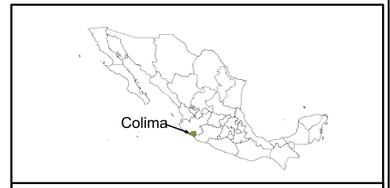
N W E S

0 1 2 4 6 Km

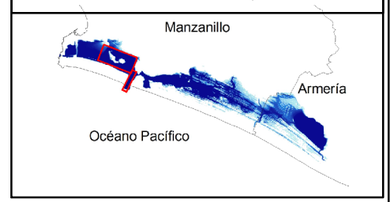
570000 572000 574000 576000 578000 580000 582000 584000

2108000 2106000 2104000 2102000 2100000 2098000

Océano Pacifico







Area de aves (AICA)

Simbología

- SAR
- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- Area de aves (AICA)

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

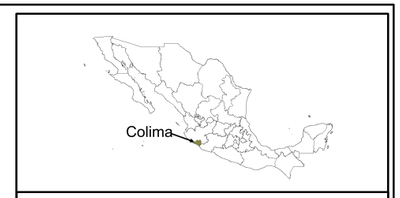
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

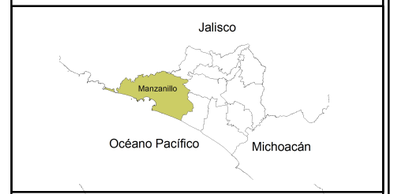
0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

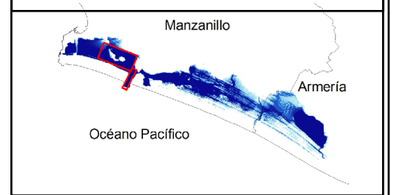
568000 570000 572000 574000 576000 578000 580000 582000 584000

2108000 2106000 2104000 2102000 2100000 2098000

Océano Pacifico







Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

Prioridad

- Extrema
- Alta
- Media

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

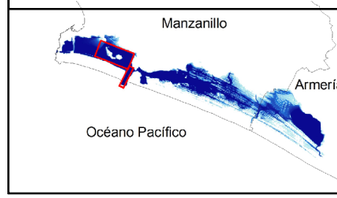
N W E S

0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

560000
580000
600000
2120000
2100000
2080000
Océano Pacifico







Proyecto Puerto

Simbología

- Sitio vertimiento
- Sitio de muestreo
- Estructuras artificiales
- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- Área de influencia
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

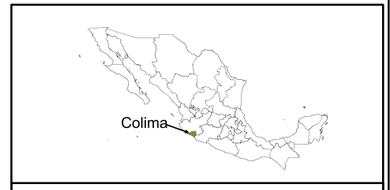
N W E S

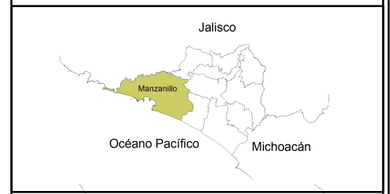
0 1 2 4 6 Km

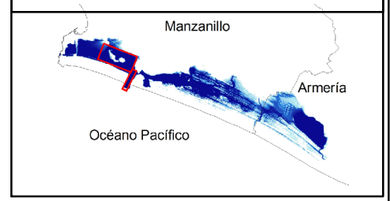
568000 570000 572000 574000 576000 578000 580000 582000 584000

2108000 2106000 2104000 2102000 2100000 2098000

Océano Pacifico







Sitio RAMSAR

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- Sitio RAMSAR
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

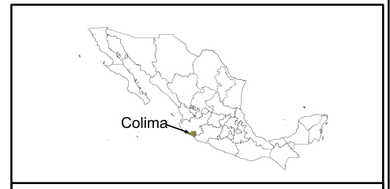
N W E S

0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

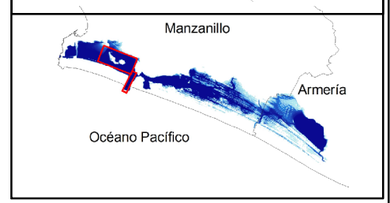
568000 570000 572000 574000 576000 578000 580000 582000 584000

2108000 2106000 2104000 2102000 2100000 2098000

Océano Pacifico







Región hidrológica prioritaria (RHP)

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR
- RHP

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

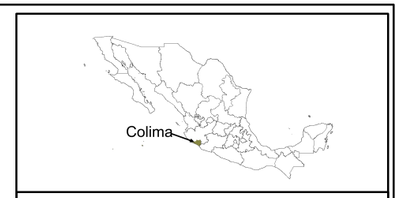
UNIVERSIDAD DE COLIMA

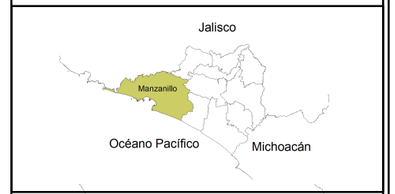
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

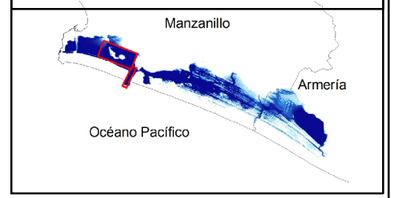
N W E S

0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

560000
580000
600000
2120000
2100000
2080000
Océano Pacifico







Proyecto Puerto

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- Área de influencia
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

0 1 2 4 6 Km

560000 565000 570000 575000 580000 585000 590000

2110000 2105000 2100000 2095000 2090000

2

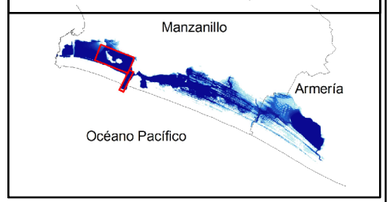
1

3

Océano Pacifico







Sitio de Vertimiento

Simbología

- Sitio de vertimiento
- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

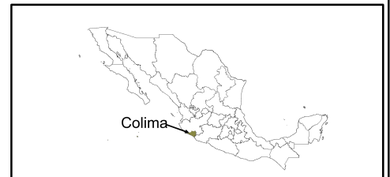
N W E S

0 0.5 1 2 3 Km

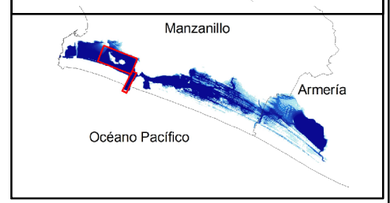
568000 570000 572000 574000 576000 578000 580000 582000 584000

2108000 2106000 2104000 2102000 2100000 2098000

Océano Pacifico







Regiones Marinas Prioritarias (RMP)

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR
- SPM

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

N W E S

0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

580000

Área administrativa

Caminos auxiliares

Estación de estudio

Bodegas y campamento temporal

Océano Pacifico

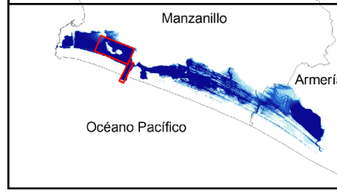
2100000

2100000

580000







Proyecto Puerto

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

N W E S

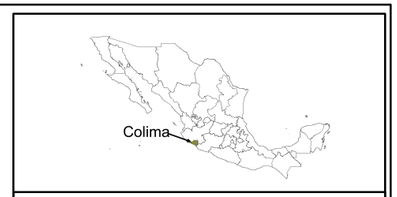
0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

520000 540000 560000 580000 600000 620000 640000 660000

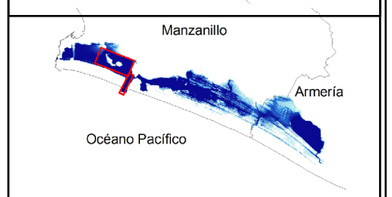
2160000 2140000 2120000 2100000 2080000 2060000

El Jabalí
Minatitlán
Comala
Cuauhtémoc
Villa de Álvarez
Canoas
Coquimatlán
Manzanillo
Colima
Armería
Ixtlahuacán
Tecomán
El Chupadero
Océano Pacifico
Pacífico Mexicano Profundo

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community







Área Natural Protegida (ANP)

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena

ANP

Nombre

- Canoas
- El Chupadero
- El Jabalí
- Pacífico Mexicano Profundo
- Municipios
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

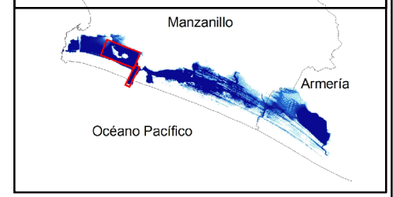
N W E S

0 2.5 5 10 15 Km









Región prioritaria Regional (RTP)

Simbología

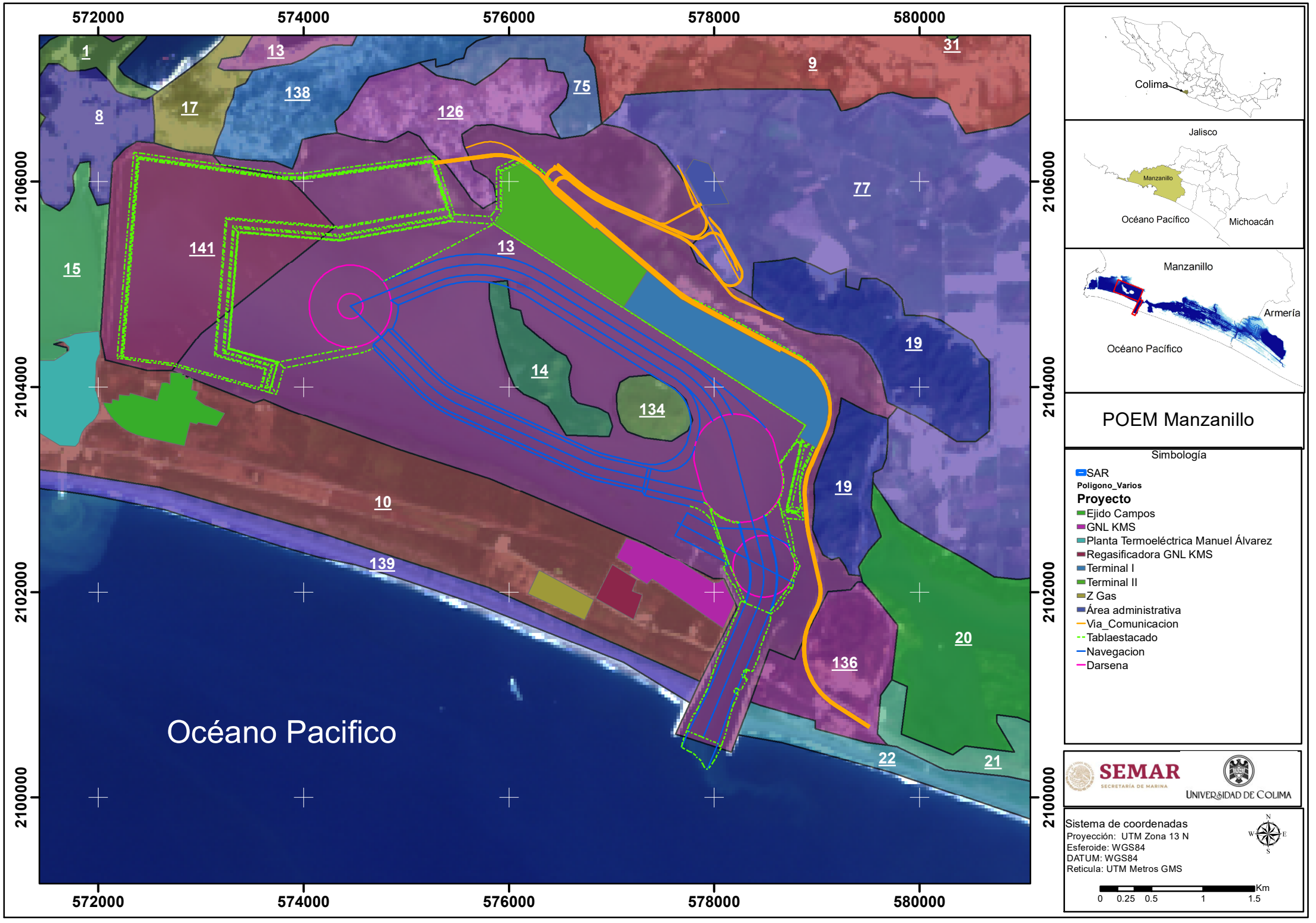
- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- Municipios
- RTP
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

0 2.5 5 10 15 Km


572000
574000
576000
578000
580000
2106000
2104000
2102000
2100000
1
13
31
9
138
75
8
17
126
77
141
13
15
19
14
134
10
19
139
20
136
22
21
Océano Pacifico
Colima
Jalisco
Manzanillo
Océano Pacífico
Michoacán
Manzanillo
Armería
Océano Pacífico
POEM Manzanillo
Simbología
SAR
Poligono_Varios
Proyecto
Ejido Campos
GNL KMS
Planta Termoeléctrica Manuel Álvarez
Regasificadora GNL KMS
Terminal I
Terminal II
Z Gas
Área administrativa
Via_Comunicacion
Tablaestacado
Navegacion
Darsena
SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS
N
W
E
S
0 0.25 0.5 1 1.5
Km

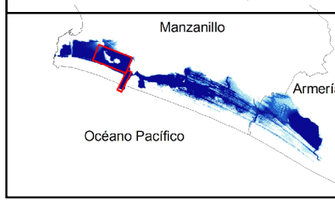
580000

2100000

Océano Pacifico







POEM Manzanillo

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

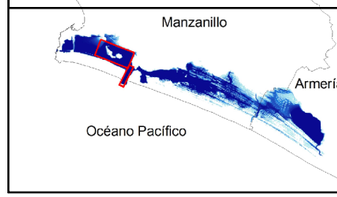
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km

560000
580000
600000
2120000
2100000
2080000
41
42
43
44
45
46
47
48
49
Océano Pacifico







POETEC UGA's

Simbología

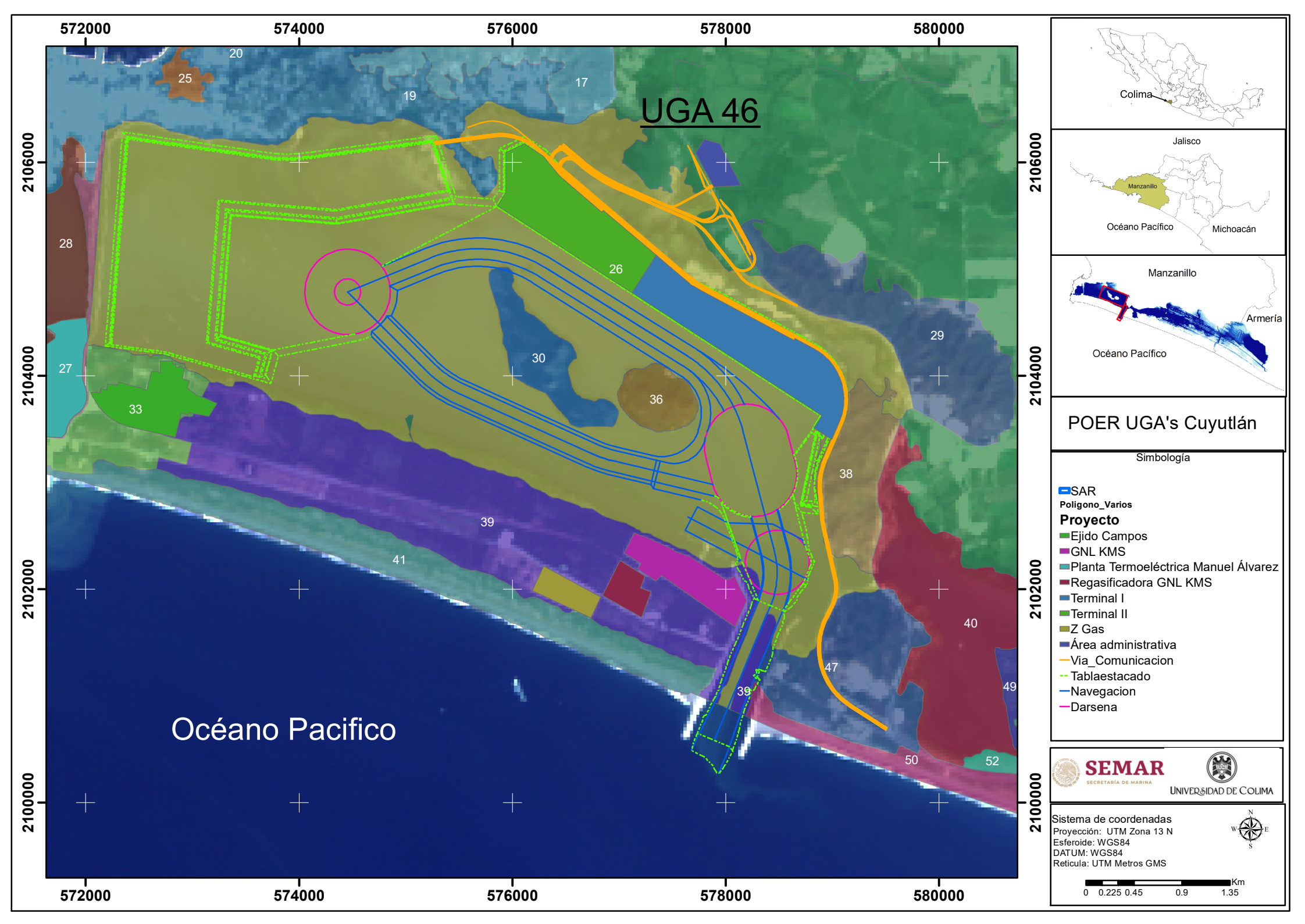
- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

0 1 2 4 6 Km

Torre


572000
574000
576000
578000
580000
2106000
2104000
2102000
2100000
UGA 46
Océano Pacifico
20
25
19
17
28
26
27
33
30
36
29
38
39
41
40
47
49
50
52
Colima
Jalisco
Manzanillo
Océano Pacífico
Michoacán
Manzanillo
Armería
Océano Pacífico
POER UGA's Cuyutlán
Simbología
SAR
Poligono_Varios
Proyecto
Ejido Campos
GNL KMS
Planta Termoeléctrica Manuel Álvarez
Regasificadora GNL KMS
Terminal I
Terminal II
Z Gas
Área administrativa
Via_Comunicacion
Tablaestacado
Navegacion
Darsena
SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS
N
W
E
S
Km
0 0.225 0.45 0.9 1.35

568000 570000 572000 574000 576000 578000 580000 582000 584000

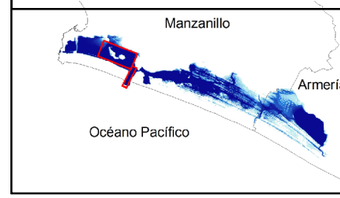
2110000 2108000 2106000 2104000 2102000 2100000 2098000

8 7 7 5 11 17 20 25 19 23 14 21 28 26 29 30 36 27 34 33 38 39 41 47 40 49 52 50

Océano Pacifico







POER UGA's Cuyutlán

Simbología

- Torre
- Camino auxiliar
- Bodega y campamento
- Estacion de estudio
- Canal
- Área de maniobra
- Via de comunicación
- Tablaestacado
- Área administrativa
- Navegación y darsena
- SAR

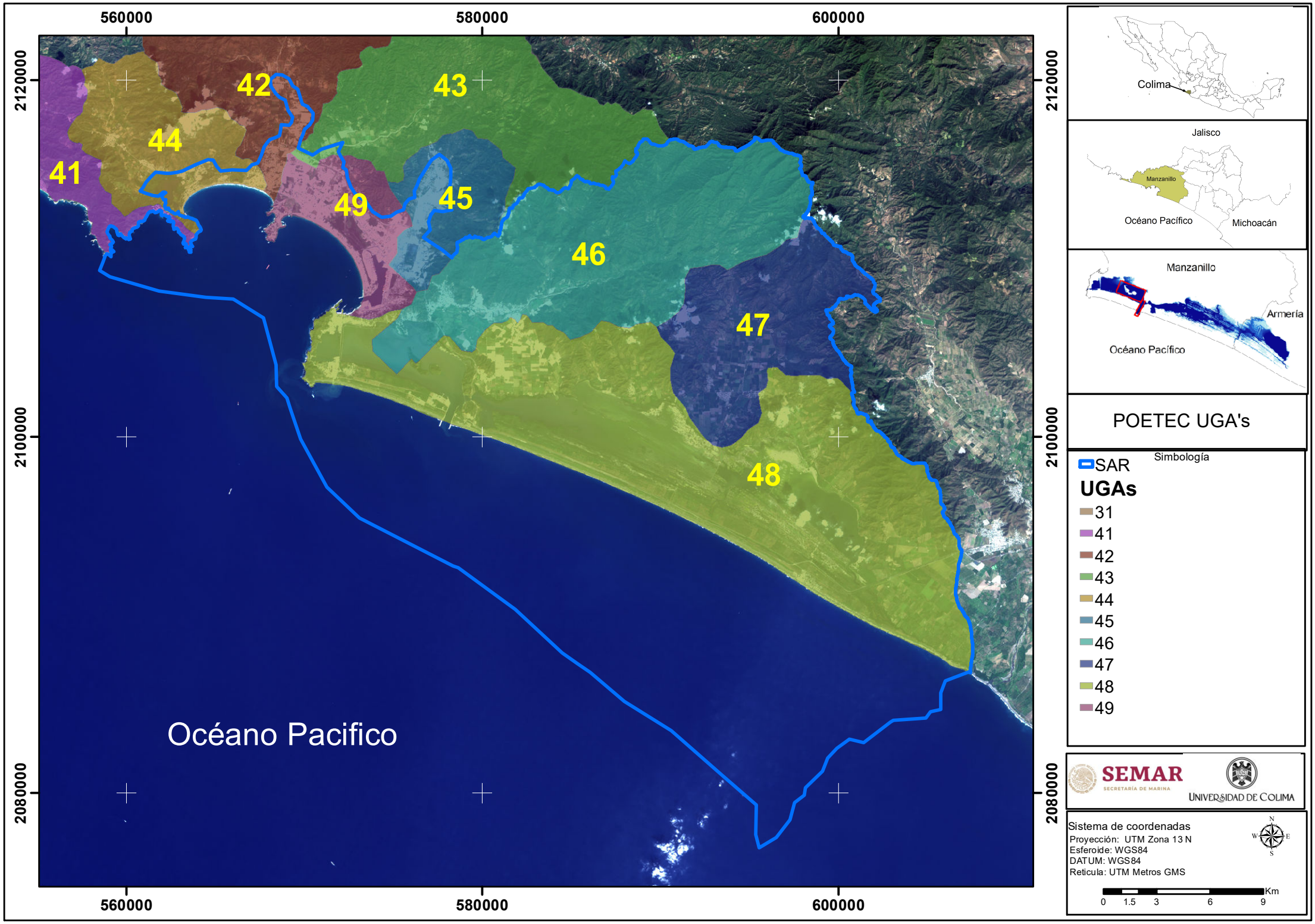
SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

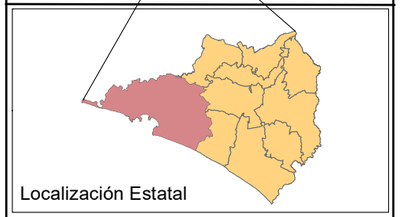
N W E S

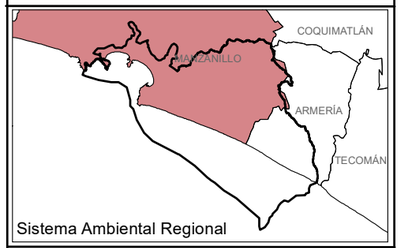
0 0.275 0.55 1.1 1.65 Km


560000
580000
600000
2120000
2100000
2080000
42
43
44
41
49
45
46
47
48
Océano Pacifico
Colima
Jalisco
Manzanillo
Océano Pacífico
Michoacán
Manzanillo
Armería
Océano Pacífico
POETEC UGA's
Simbología
SAR
UGAs
31
41
42
43
44
45
46
47
48
49
SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS
N
W
E
S
Km
0
1.5
3
6
9

572000
576000
580000
2106000
2104000
2102000
2100000







AREAS DE AFECTACION DE FLORA
EN EL AREA DEL PROYECTO

Simbologia

- AREA PROYECTO

Vegetacion

- Acuícola
- Agropecuario
- Area Inundable
- Asentamiento Humano
- Bosque de Encino
- Carreteras
- Cauce
- Cuerpo de Agua
- Escolleras
- Industrial
- Playa
- Salinas
- Selva Baja Caducifolia
- Selva Mediana Subcaducifolia
- Tular
- Vegetación Halófila-Hidrófila
- Vegetación de Duna Costera
- Vegetación de Manglar
- Vía ferrocarril

VEGETACION

- Manglar
- Selva baja caducifolia

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

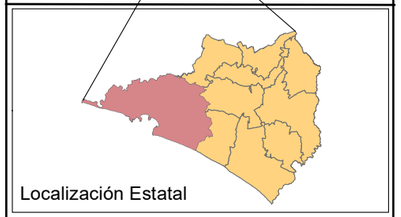
Referencia cartográfica
WGS 1984 UTM Zona 13N
Proyeccion: Transversal Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

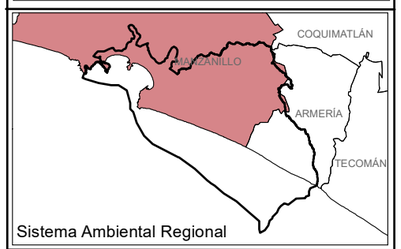
N
W
E
S

0 650 1.300 Meters

572000
576000
580000
2106000
2104000
2102000
2100000







AREAS DE AFECTACION DE FLORA
EN EL AREA DEL PROYECTO

Simbologia

AREA PROYECTO

VEGETACION

Manglar

Selva baja caducifolia

AGUA SAR

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

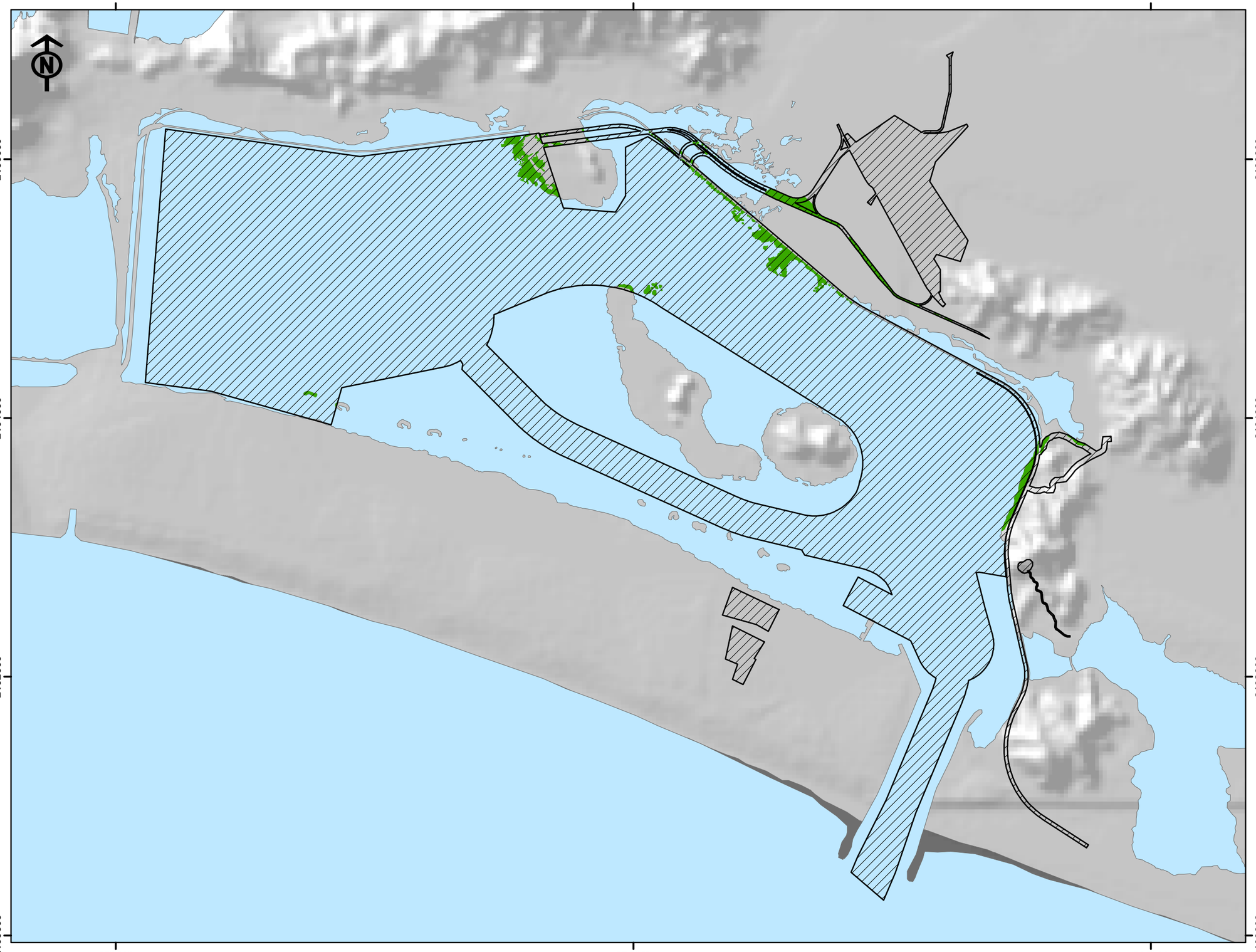
UNIVERSIDAD DE COLIMA

Referencia cartográfica
WGS 1984 UTM Zona 13N
Proyeccion: Transversal Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

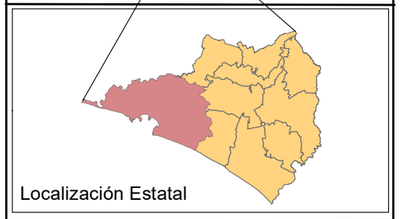
N
W E
S

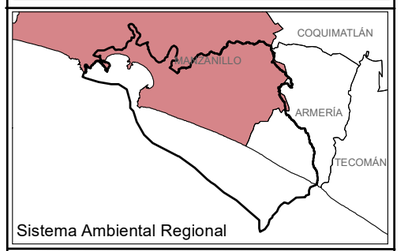
0 650 1.300
Meters

572000
576000
580000
2106000
2104000
2102000
2100000









AREAS DE AFECTACION DE FLORA
MANGLAR
EN EL AREA DEL PROYECTO

Simbologia

AREA PROYECTO

VEGETACION

Manglar

AGUA SAR

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

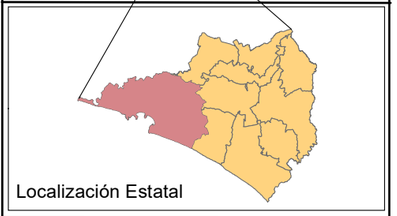
Referencia cartográfica
WGS 1984 UTM Zona 13N
Proyeccion: Transversal Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

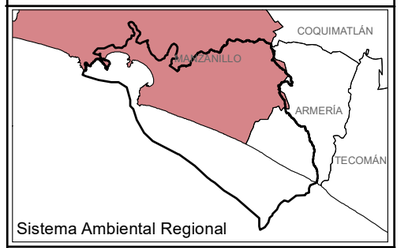
N
W E
S

0 650 1.300
Meters

572000
576000
580000
2106000
2104000
2102000
2100000







AREAS DE AFECTACION DE FLORA
SELVA BAJA CADUCIFOLIA
EN EL AREA DEL PROYECTO

Simbologia

AREA PROYECTO

VEGETACION

Selva baja caducifolia

AGUA SAR

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Referencia cartográfica
WGS 1984 UTM Zona 13N
Proyeccion: Transversal Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

N
W
E
S

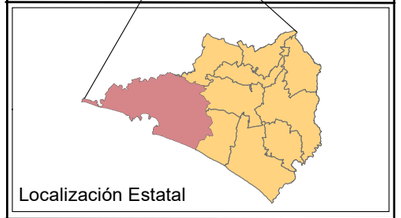
0 650 1.300
Meters

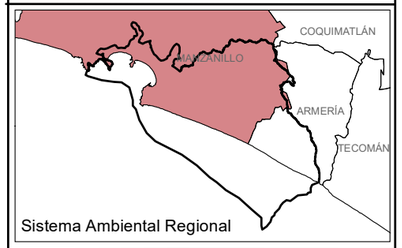
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







PLANO DE UBICACION
BOSQUE DE ENCINO
EN EL SAR - ELABORACION PROPIA

Simbologia

- SAR
- BOSQUE DE ENCINO
- CUERPO AGUA

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

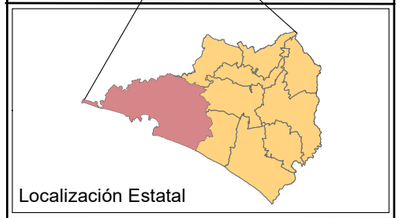
0 4.600 9.200
Meters

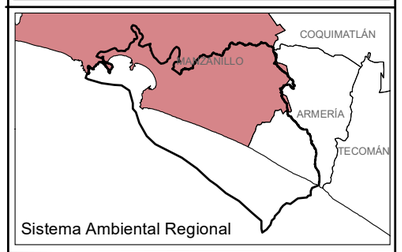
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







PLANO DE UBICACION
VEGETACION DE MANGLAR
EN EL SAR - ELABORACION PROPIA

Simbologia

- SAR
- MANGLAR
- CUERPO AGUA

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

0 4.600 9.200
Meters

560000 570000 580000 590000 600000 610000

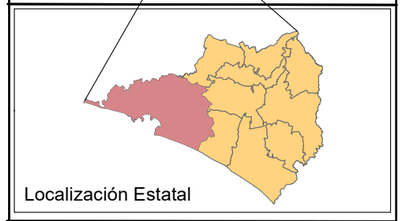
2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico

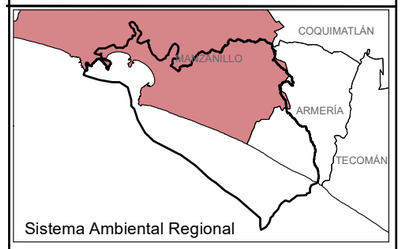
VEGETACION DE MANGLAR
FUENTE: CONABIO

1,599.06 HECTAREAS

Localización Nacional



Localización Estatal



Sistema Ambiental Regional

AREAS DE MANGLAR EN EL SAR
DE ACUERDO A CONABIO

Simbologia

- SAR
- MANGLE CONABIO 2020
- AGUA_SAR

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

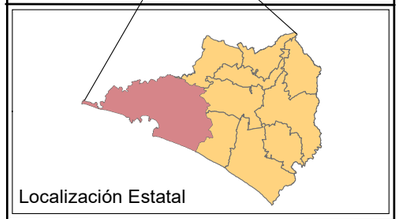
0 4.600 9.200
Meters

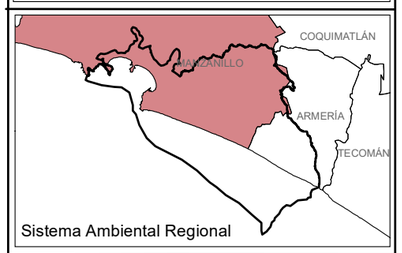
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







PLANO DE UBICACION
SELVA BAJA CADUCIFOLIA
EN EL SAR - ELABORACION PROPIA

Simbologia

- SAR
- SELVA BAJA CADUCIFOLIA
- CUERPO AGUA

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

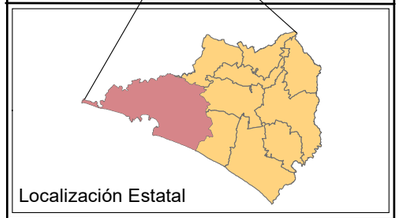
0 4.600 9.200
Meters

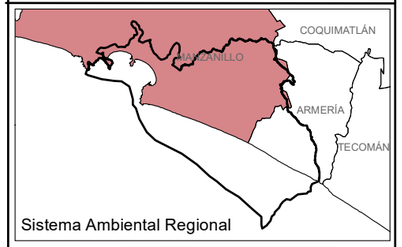
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







PLANO DE UBICACION
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA
EN EL SAR - ELABORACION PROPIA

Simbologia

- SAR
- SELVA MEDIANA SUBCADUC
- CUERPO AGUA

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

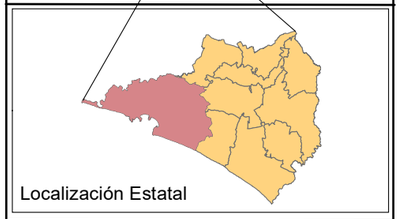
0 4.600 9.200
Meters

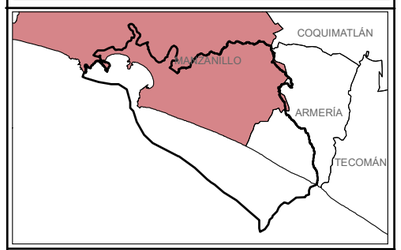
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







USO DE SUELO Y VEGETACION
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL
INEGI SERIE VII

Simbologia

SAR	PI	VHH	
CLAVE	RAP	VM	
ADV	RP	VSA/SBC	
AH	RSP	VSA/SMS	
BQ	SBC	VSA/VM	
DV	TA	VSa/SBC	
H2O	TP	VSa/SMS	
MKE	TSP	VU	
PC			

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Referencia cartográfica
WGS 1984 UTM Zona 13N
Proyeccion: Transversal Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

N W E S

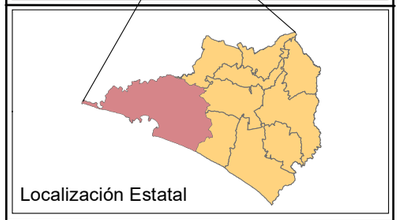
0 4.600 9.200 Meters

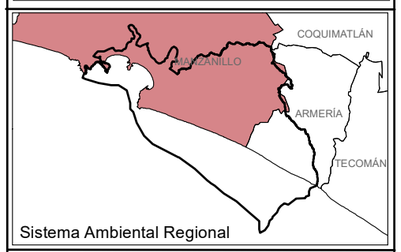
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







USO DE SUELO Y VEGETACION
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL
ELABORACION PROPIA

Simbologia

- SAR
- **USV**
- Acuícola
- Agropecuario
- Area Inundable
- Asentamiento Humano
- Bosque de Encino
- Carreteras
- Cauce
- Cuerpo de Agua
- Escolleras
- Industrial
- Playa
- Salinas
- Selva Baja Caducifolia
- Selva Mediana Subcad
- Tular
- Veg Halófila-Hidrófila
- Vege de Duna Costera
- Veg de Manglar
- Vía ferrocarril

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Referencia cartográfica
WGS 1984 UTM Zona 13N
Proyeccion: Transversal Mercator
Datum: WGS 1984
Unidades: Metros

N W E S

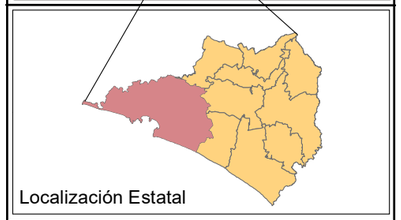
0 4.600 9.200
Meters

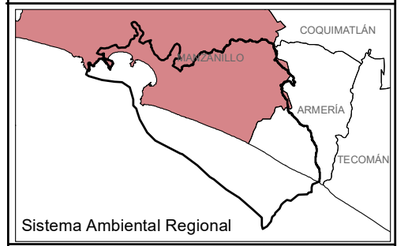
550000 560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







PLANO DE LA VEGETACION DEL SAR
ETAPA SUCESIONAL SECUNDARIA
INEGI SERIE VII

Simbologia

- SAR
- AGUA SAR

Veg Secundaria

- VSA/SBC
- VSa/SBC
- VSA/SMS
- VSa/SMS
- VSA/VM

Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

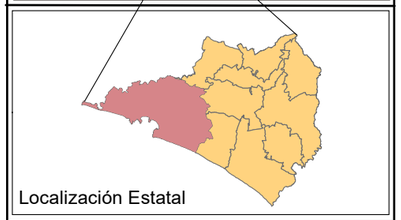
0 4.750 9.500 Meters

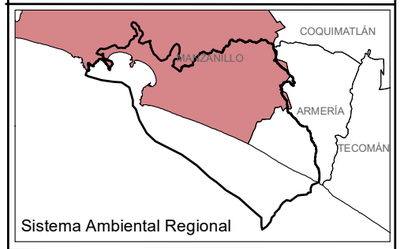
560000 570000 580000 590000 600000 610000

2120000 2110000 2100000 2090000 2080000

Oceano Pacifico







PLANO DE UBICACION
VEGETACION HIDROFILA HALOFILA
EN EL SAR - ELABORACION PROPIA

Simbologia

- VHH_SAR
- SAR
- CUERPO AGUA

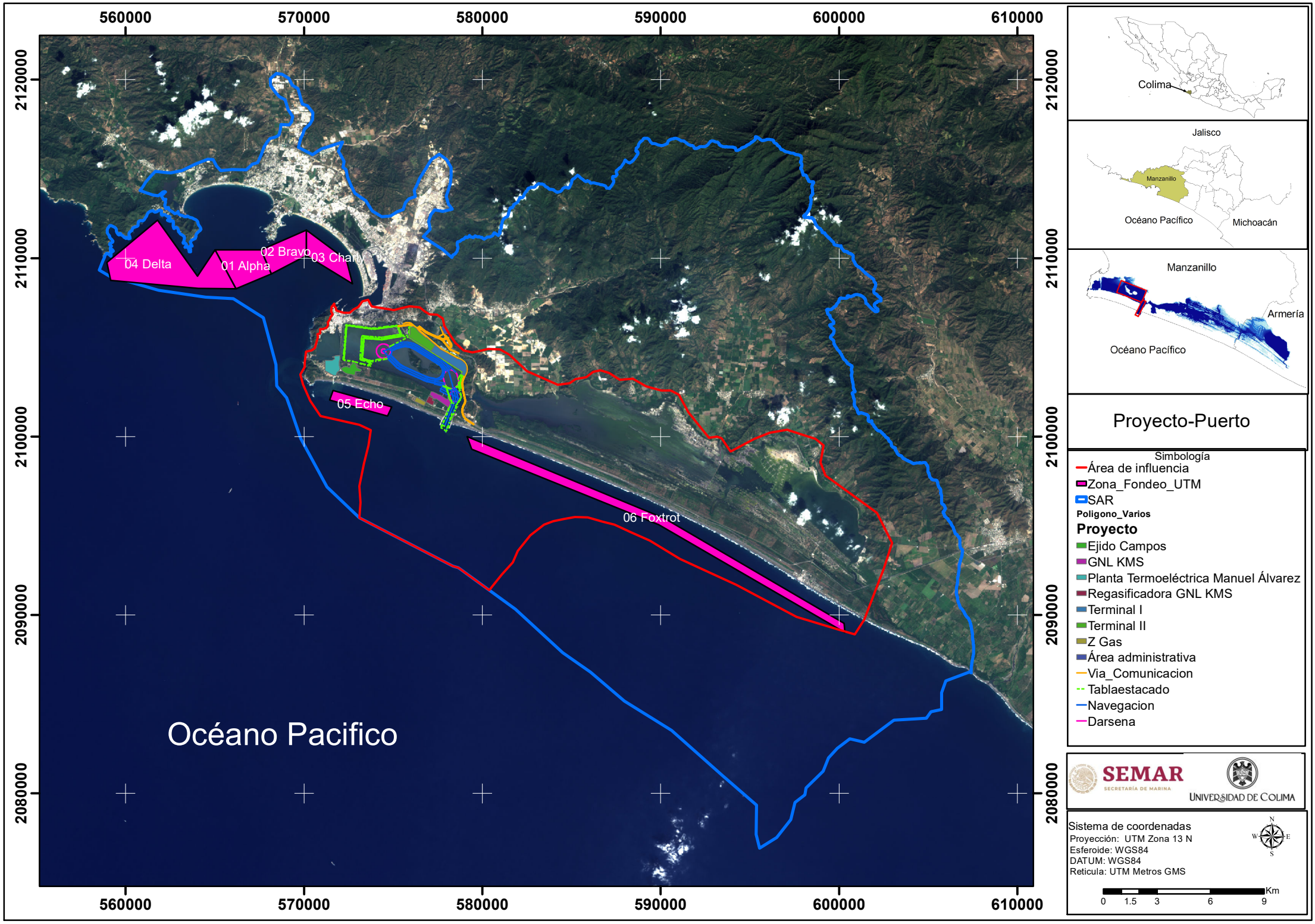
Desarrollo del Puerto Nuevo Manzanillo, en el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán, Col.

SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA

UNIVERSIDAD DE COLIMA

Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS

0 4.600 9.200
Meters


560000
570000
580000
590000
600000
610000
2120000
2110000
2100000
2090000
2080000
04 Delta
01 Alpha
02 Bravo
03 Charly
05 Echo
06 Foxtrot
Océano Pacifico
Colima
Jalisco
Manzanillo
Océano Pacífico
Michoacán
Manzanillo
Armería
Océano Pacífico
Proyecto-Puerto
Simbología
Área de influencia
Zona_Fondeo_UTM
SAR
Poligono_Varios
Proyecto
Ejido Campos
GNL KMS
Planta Termoeléctrica Manuel Álvarez
Regasificadora GNL KMS
Terminal I
Terminal II
Z Gas
Área administrativa
Via_Comunicacion
Tablaestacado
Navegacion
Darsena
SEMAR
SECRETARÍA DE MARINA
UNIVERSIDAD DE COLIMA
Sistema de coordenadas
Proyección: UTM Zona 13 N
Esferoide: WGS84
DATUM: WGS84
Reticula: UTM Metros GMS
N
W
E
S
Km
0
1.5
3
6
9

Islas de calor

1. Introducción

El fenómeno conocido como **isla de calor urbana (ICU)** describe el incremento de la temperatura superficial terrestre que presentan las áreas urbanizadas en comparación con las zonas suburbanas o rurales circundantes. Este fenómeno se asocia principalmente a la sustitución de superficies naturales por materiales artificiales —como asfalto, concreto, estructuras metálicas y patios industriales— que poseen una mayor capacidad de absorción y almacenamiento de energía térmica, liberándola posteriormente de manera más lenta que los ecosistemas naturales como cuerpos de agua, manglares o áreas forestales. A este proceso se suma el calor residual generado por actividades antropogénicas, particularmente el tránsito vehicular, la operación industrial y la actividad portuaria.

Desde el punto de vista conceptual, se distinguen dos tipos de islas de calor urbanas. La **isla de calor superficial**, que se refiere a las diferencias de temperatura registradas en los distintos materiales y coberturas del suelo urbano en comparación con superficies naturales próximas; y la **isla de calor atmosférica**, que alude a las diferencias térmicas del aire entre zonas urbanas y rurales (Fernández, 2009).

El presente estudio se enfoca exclusivamente en la **isla de calor superficial**, por tratarse del componente directamente relacionado con el uso y cobertura del suelo, así como con la expansión de infraestructura urbana e industrial en el área de influencia del Puerto de Manzanillo, Colima.

Para efectos del análisis, se considera como isla de calor urbana aquella superficie cuya temperatura es significativamente superior al promedio de la temperatura superficial registrada dentro del área de estudio (Soberón Forsbery & Obregón Párraga, 2016).

El objetivo del presente análisis es identificar la persistencia espacial y temporal del fenómeno de isla de calor superficial en el entorno portuario mediante el uso de imágenes satelitales Landsat, abarcando una serie histórica de largo plazo.

---

2. Fundamento teórico

El cambio de uso de suelo, particularmente la conversión de áreas vegetadas a superficies urbanizadas e industriales, incrementa de manera significativa la actividad antropogénica y, como consecuencia, la temperatura superficial terrestre (Preciado Vargas & Aldana Olave, 2011). Este incremento térmico no se distribuye de forma homogénea dentro del entorno urbano, sino que presenta variaciones espaciales asociadas a factores como la densidad de infraestructura, la concentración vehicular, la presencia de superficies impermeables y la exposición diferencial a la radiación solar (Romero Dávila, Morales Méndez & Némiga, 2010).

En este contexto, las imágenes satelitales representan una herramienta fundamental para el análisis espacial de la temperatura superficial terrestre, al permitir la obtención de valores térmicos continuos por píxel. A diferencia de las estaciones meteorológicas convencionales —que proporcionan mediciones puntuales— los sensores remotos permiten evaluar la distribución espacial completa del fenómeno.

El programa Landsat, operado por la NASA y el USGS desde 1972, constituye una de las series de observación terrestre más extensas a nivel mundial. En particular, los satélites Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8 proporcionan bandas térmicas que permiten estimar la temperatura superficial terrestre (LST). El satélite Landsat 8, lanzado el 11 de febrero de 2013, incorpora los sensores Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS), que registran información en el espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo térmico.

3. Materiales y Métodos

3.1 Selección y procesamiento de imágenes

Se procesaron 120 imágenes satelitales Landsat correspondientes al periodo comprendido entre enero de 1993 y diciembre de 2025, con una frecuencia aproximada de una imagen por mes. Las fechas fueron seleccionadas procurando una cobertura nubosa mínima y una cercanía al día 15 de cada mes, con el objetivo de reducir sesgos estacionales y mantener consistencia temporal en la serie de análisis.

3.2 Cálculo de la temperatura superficial terrestre (LST)

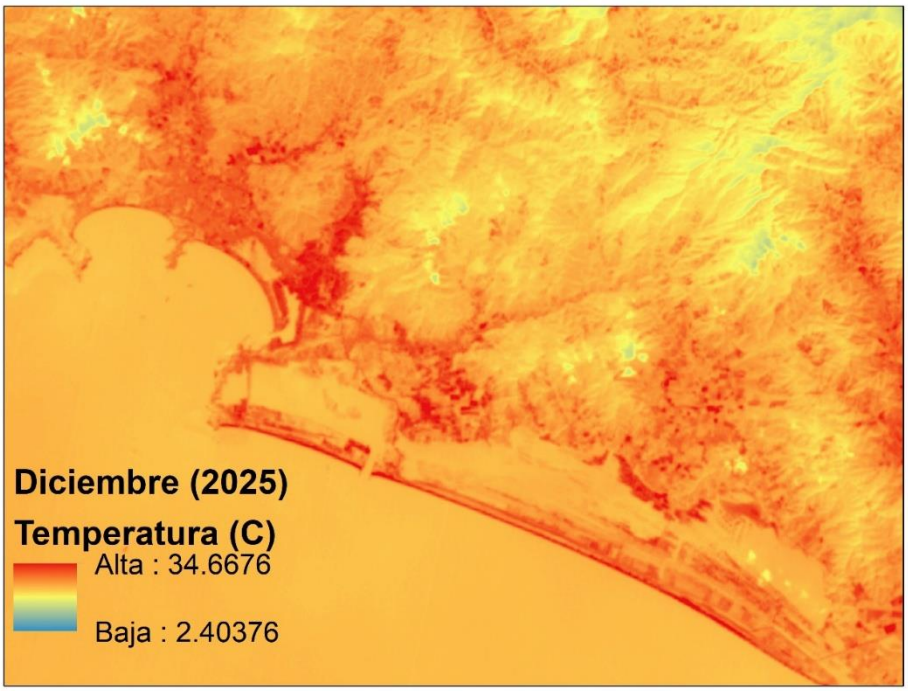
La estimación de la temperatura superficial terrestre se realizó siguiendo la metodología propuesta por Ariza (2013), partiendo de la conversión de los valores digitales (DN) de las bandas térmicas a radiancia espectral en el tope de la atmósfera (TOA), conforme a la siguiente expresión:

Lλ=ML·Qcal+ALL_\lambda = M_L \cdot Q_{cal} + A_LLλ=ML·Qcal+AL

Donde:

- LλL_\lambdaLλ: radiancia espectral en el tope de la atmósfera ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$).
- MLM_LML: factor multiplicativo de escalado radiométrico (RADIANCE_MULT_BAND_x).
- ALA_LAL: factor aditivo de escalado radiométrico (RADIANCE_ADD_BAND_x).
- QcalQ_{cal}Qcal: valor digital del píxel (DN).

Posteriormente, la radiancia fue convertida a temperatura de brillo y ajustada para estimar la temperatura superficial terrestre (LST) en grados Celsius, generándose un mapa de temperatura para cada fecha analizada.



3.3 Cálculo del Índice de Isla de Calor Superficial (UHI)

Con el propósito de identificar anomalías térmicas relativas dentro de cada escena mensual, se aplicó un proceso de estandarización estadística de la temperatura superficial mediante el cálculo del índice de isla de calor superficial (UHI), basado en la normalización tipo Z-score.

La expresión utilizada fue:

UHIi=Ti−μσUHI_i = \frac{T_i - \mu}{\sigma}UHIi=σTi−μ

Donde:

- UHIiUHI_iUHIi corresponde al índice de isla de calor del píxel i;
- TiT_iTi es la temperatura superficial del píxel i;
- μ\muμ representa la temperatura media de la escena correspondiente;
- σ\sigmaσ corresponde a la desviación estándar de la temperatura superficial para dicha escena.

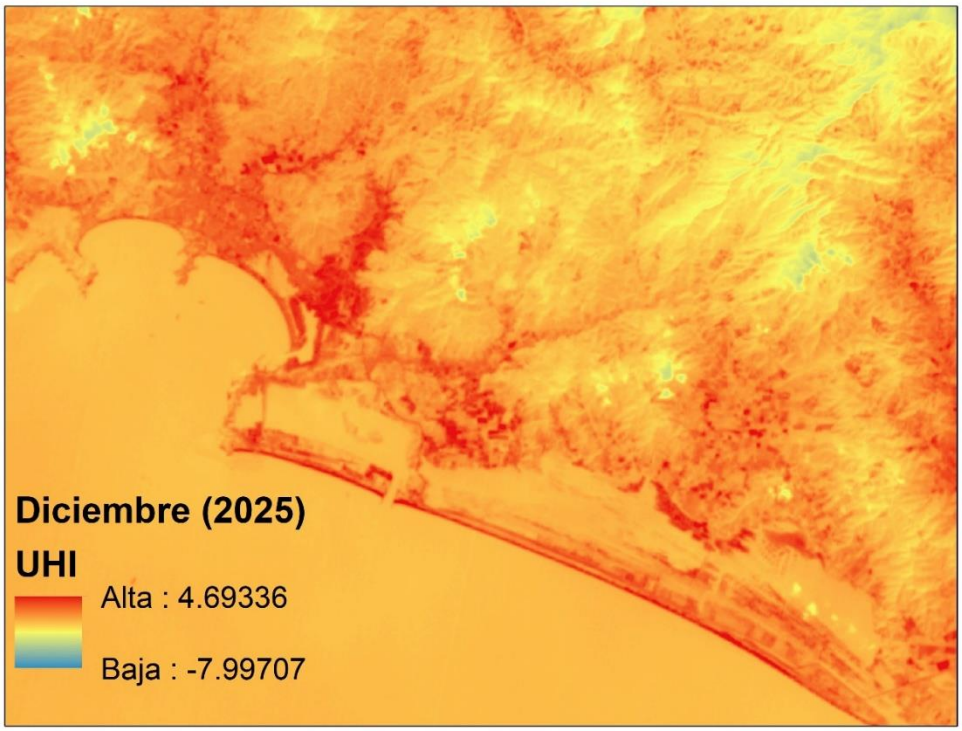
Este procedimiento permite transformar los valores absolutos de temperatura en valores adimensionales que representan la desviación relativa respecto al promedio mensual. De esta forma:

- Valores positivos indican superficies más cálidas que el promedio de la escena.

- Valores cercanos a cero representan condiciones térmicas promedio.
- Valores negativos indican superficies relativamente más frías.

La estandarización mediante desviación estándar permite reducir la influencia de variaciones climáticas estacionales e interanuales, facilitando la comparación espacial y temporal entre diferentes fechas del periodo de estudio.

Este enfoque resulta particularmente adecuado en análisis de largo plazo, ya que identifica anomalías térmicas estructurales asociadas a cambios en el uso del suelo, independientemente de fluctuaciones meteorológicas puntuales.



3.4 Identificación de islas de calor mediante percentiles

Para cada escena mensual se determinó un umbral dinámico basado en el percentil 90 (P90) de la distribución de valores UHI dentro del área de estudio. Se clasificaron como isla de calor aquellos píxeles cuya anomalía térmica se ubicó dentro del 10% más alto de la distribución mensual.

El uso del percentil 90 permite:

- Evitar supuestos de normalidad estadística.

- Mantener consistencia comparativa entre fechas.
- Identificar zonas térmicamente dominantes en cada periodo analizado.

3.5 Cálculo del mapa de frecuencia temporal

Con base en la clasificación binaria mensual (1 = presencia de isla de calor; 0 = ausencia), se construyó un mapa de frecuencia temporal, calculado como la proporción de meses en los que cada píxel fue clasificado como isla de calor respecto al total de escenas analizadas:

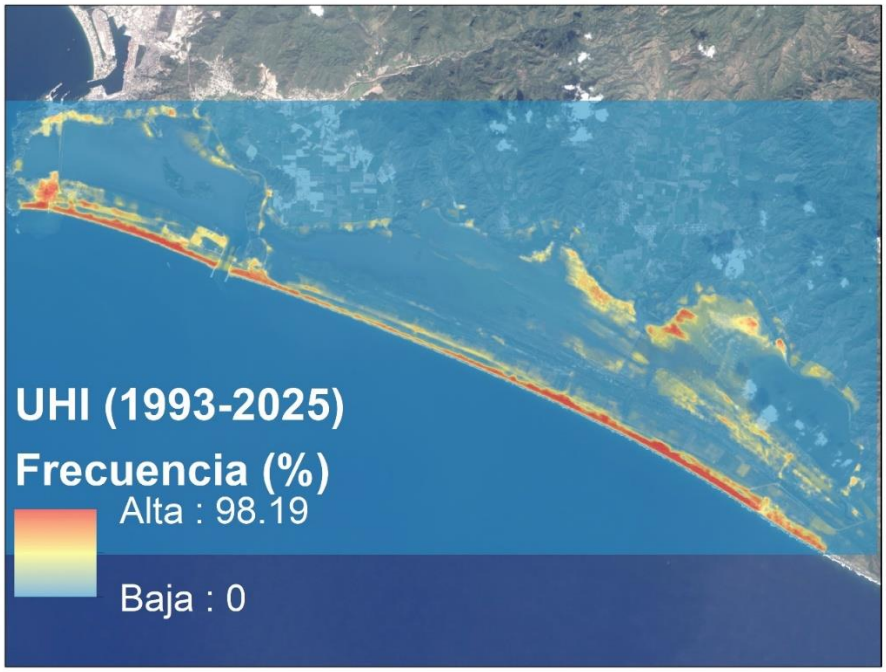
F(x)=∑t=1nI(x,t)nF(x) = \frac{\sum_{t=1}^{n} I(x,t)}{n}F(x)=n∑t=1nI(x,t)

Donde:

- F(x)F(x)F(x): frecuencia de ocurrencia de isla de calor en el píxel x;
- I(x,t)I(x,t)I(x,t): función indicadora (1 si es isla de calor en la fecha t; 0 en caso contrario);
- nnn: número total de imágenes analizadas.

El resultado se expresó en porcentaje (0–100%), permitiendo identificar espacialmente las zonas con mayor persistencia del fenómeno térmico durante el periodo 1993–2025.

Este enfoque permite diferenciar entre anomalías térmicas eventuales y aquellas asociadas a modificaciones estructurales del uso de suelo, tales como la expansión de infraestructura portuaria, superficies pavimentadas y áreas industriales.



Análisis de islas de calor en el Puerto de Manzanillo

Con el objetivo de evaluar el efecto térmico asociado a la ampliación del Puerto de Manzanillo, se realizó un análisis comparativo entre dos periodos diferenciados:

- **Periodo pre ampliación:** 1993–2009
- **Periodo de operación ampliada (Puerto II):** 2013–2025

Durante el periodo 2010–2012 se llevó a cabo la construcción de una nueva sección portuaria (Puerto II), la cual inició operaciones en 2013. Esta intervención implicó la remoción de vegetación y la incorporación de infraestructura portuaria, patios de almacenamiento y vialidades internas.

Para el análisis espacial, el puerto fue subdividido en seis secciones funcionales (Figura 1), considerando áreas operativas, patios logísticos y zonas colindantes con vegetación natural. Para cada sección se calculó la temperatura superficial media correspondiente a ambos periodos, utilizando los mapas mensuales de temperatura previamente generados.



Incremento térmico asociado a la ampliación portuaria

Los resultados muestran un incremento notable en la temperatura superficial media en la sección correspondiente a **Puerto II**, con un aumento de **5.69 °C** entre el periodo previo a la ampliación (1993–2009) y el periodo de operación (2013–2025).

Asimismo, la zona de vegetación colindante denominada **Flora San Pedrito**, caracterizada por vegetación halófita asociada a manglar, presentó un incremento promedio de **2.43 °C** en el mismo intervalo temporal.

Tabla 1.

Área	Ampliación del puerto			Diferencia
	Previo	Construcción	Posterior	
	1993-2009	2010-2012	2013-2025	
Agua	23.10º C	22.68º C	24.13º C	+ 1.03º C
Flora S. Pedrito	24.72º C	26.52º C	27.15º C	+ 2.43º C
Flora Tapeixtles	25.13º C	25.37º C	26.72º C	+ 1.59º C
Puerto I	28.51º C	29.21º C	30.08º C	+ 1.57º C

Área	Ampliación del puerto			Diferencia
	Previo	Construcción	Posterior	
	1993-2009	2010-2012	2013-2025	
Puerto II	24.25º C	28.82º C	29.94º C	+ 5.69º C
Urbana	26.95º C	27.45º C	28.31º C	+ 1.36º C

Estos resultados indican que la transformación del uso de suelo —de cobertura vegetal a infraestructura portuaria— generó una modificación sustancial en el balance térmico superficial. La magnitud del incremento observado en Puerto II es consistente con la sustitución de superficies naturales por materiales de alta inercia térmica como concreto y asfalto.

De manera relevante, el aumento térmico registrado en la vegetación adyacente sugiere un posible efecto de influencia microclimática derivado de la proximidad a superficies altamente impermeabilizadas y con elevada absorción de radiación solar.

Análisis de frecuencia de islas de calor

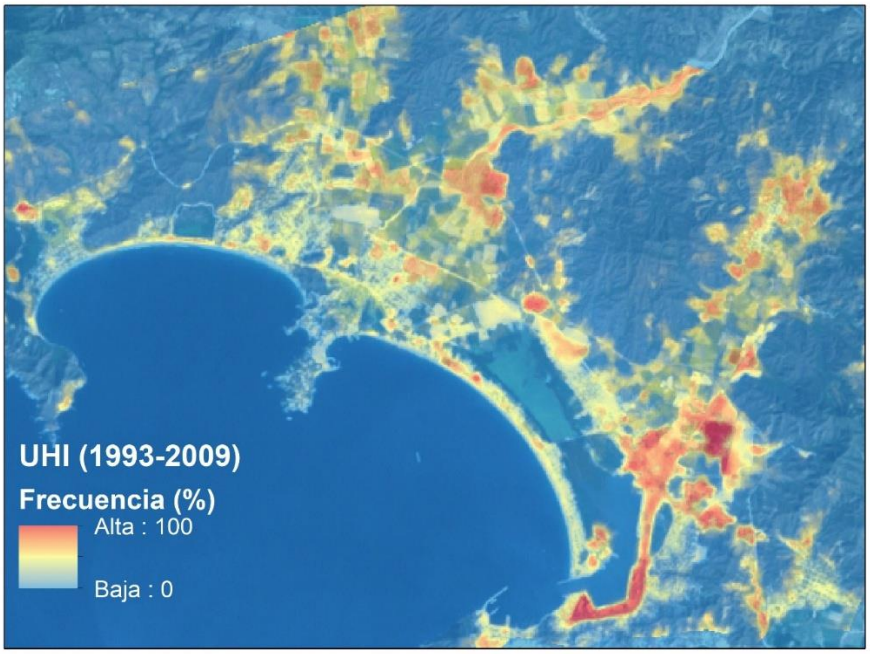
El mapa de frecuencia correspondiente al periodo 1993–2009 (Figura 2) muestra que las zonas con mayor persistencia de islas de calor se concentraban principalmente en el área portuaria original y en los patios de maniobras localizados hacia la zona de Jalipa.

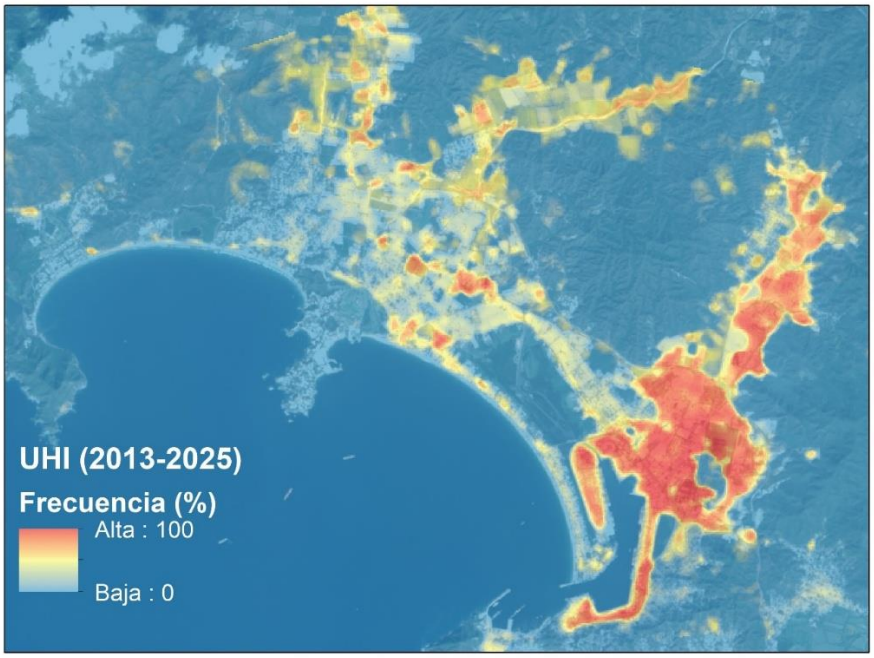
En contraste, el mapa de frecuencia del periodo 2013–2025 (Figura 3) evidencia una expansión espacial significativa de las áreas con alta persistencia térmica, particularmente en la nueva sección de Puerto II y en los corredores logísticos que conectan el puerto con los patios de almacenamiento.

La comparación entre ambos periodos permite identificar:

- Incremento en la extensión espacial de las zonas clasificadas como islas de calor persistentes.
- Mayor conectividad térmica entre el puerto y los patios de almacenamiento.
- Intensificación del fenómeno en superficies destinadas al manejo y traslado de contenedores.

Estos resultados sugieren que la actividad portuaria y logística asociada al transporte y almacenamiento de contenedores contribuye al fortalecimiento del fenómeno de isla de calor superficial, particularmente en áreas con alta concentración de infraestructura impermeable.


UHI (1993-2009)
Frecuencia (%)
Alta : 100
Baja : 0


UHI (2013-2025)
Frecuencia (%)
Alta : 100
Baja : 0

Implicaciones para futuras ampliaciones (Vaso II – Laguna de Cuyutlán)

Con base en el comportamiento térmico observado tras la construcción de Puerto II, es razonable prever que intervenciones de magnitud similar, como la proyectada en el **Vaso II de la Laguna de Cuyutlán**, podrían generar incrementos térmicos comparables en las áreas directamente intervenidas.

Los resultados históricos indican que la conversión de cobertura natural a infraestructura portuaria puede asociarse a incrementos del orden de **5.69 °C** en las superficies transformadas y aproximadamente **2.43 °C** en áreas de vegetación colindante.

Adicionalmente, la operación logística subsecuente —incluyendo traslado de contenedores hacia patios de almacenamiento— podría ampliar espacialmente las zonas con anomalías térmicas persistentes, particularmente en:

- Vialidades de conexión.
- Patios logísticos intermedios.
- Áreas de almacenamiento secundario.

Si bien la magnitud exacta dependerá del diseño final del proyecto y de las medidas de mitigación implementadas, la evidencia histórica demuestra una asociación consistente entre expansión de infraestructura portuaria e incremento sostenido de temperatura superficial.

Metodología de Bentos

Se realizarán muestreos mensuales durante los meses de diciembre 2025, enero y febrero 2026, en 21 estaciones en la laguna de Cuyutlán y 10 en el frente marino (Figura 1).

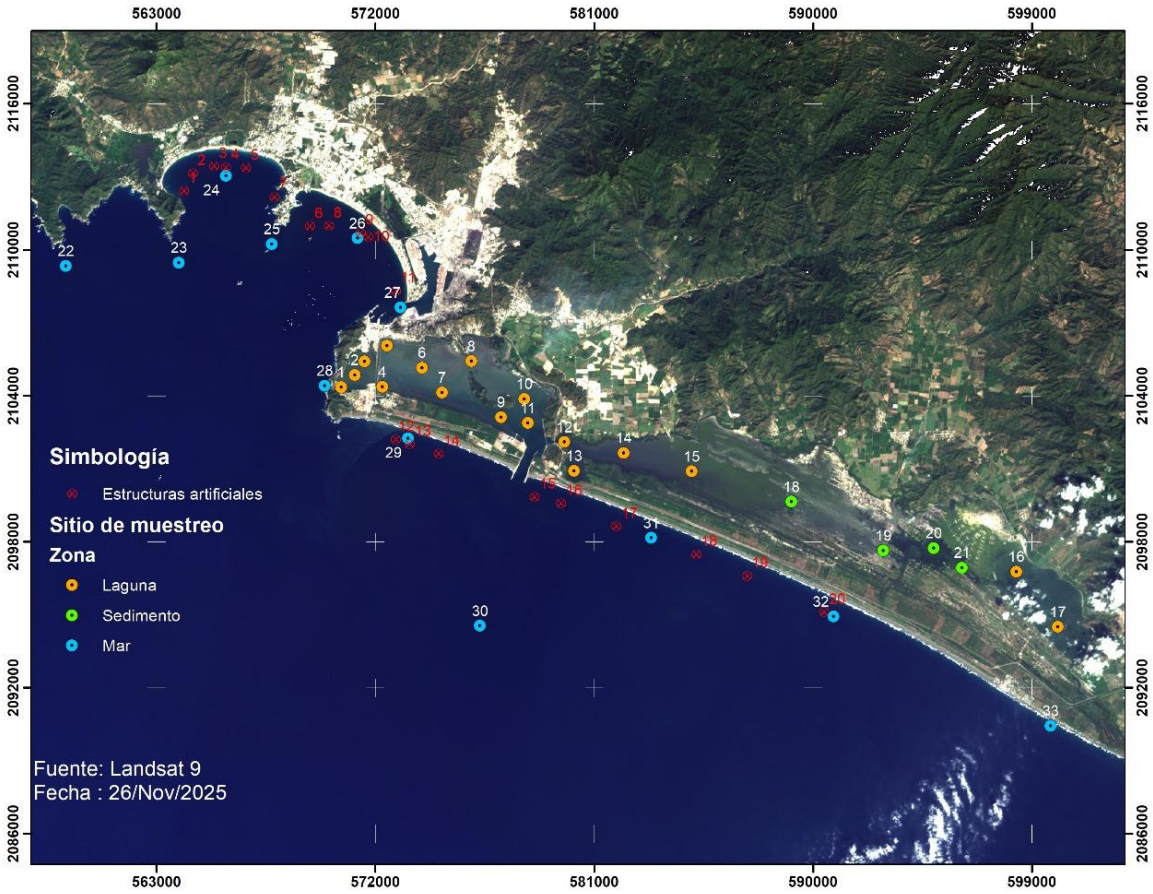


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo para la colecta de bentos

Las estaciones de muestreo en la laguna de Cuyutlán van desde el vaso I hasta vaso IV y en el frente marino del noroeste de la bahía de Santiago al suroeste del poblado de Cuyutlán. Las estaciones fueron georreferencia en coordenadas UTM (Tabla 1, Tabla II).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en la laguna de Cuyutlán

Vaso/Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
I	1	19° 1'50.82"	104°19'44.56"
I	2	19° 2'7.04"	104°19'25.43"
I	3	19° 2'25.23"	104°19'11.78"
II	4	19° 1'50.82"	104°18'46.63"
II	5	19° 2'46.01"	104°18'39.89"
II	6	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
II	7	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
II	8	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
II	9	19° 1'9.74"	104°15'60.00"
II	10	19° 1'34.11"	104°15'27.12"
II	11	19° 1'1.70"	104°15'22.30"
III	12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
III	13	18° 59'57.61"	104°14'17.84"
III	14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
III	15	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
IV	16	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
IV	17	18° 56'25.67"	104°02'58.58"
S1	18	18° 59'14.99"	104°09’12.27"
S2	19	18° 58'09.06"	104°07'03.02"
S3	20	18° 58’12.08"	104°05’52.26"
S4	21	18° 57’45.56"	104°05’12.67"

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en el frente marino

Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
M	24	19° 06’33.96"	104°22’25.48"
M	25	19° 05’02.48"	104°21’21.46"
M	26	19° 05’10.05"	104° 19’20.70"
M	27	19° 03’37.02"	104°18’20.63"
M	28	19°01’52.82"	104°20’07.56"
M	29	19° 00’42.06"	104° 18’10.80"
M	30	18° 56’30.95"	104° 16’30.98"

M	31	18° 58’27.44"	104° 12’29.60"
M	32	18° 56’41.24"	104° 08’13.41"
M	33	18° 54’13.48"	104° 03’09.45"

Actividades en Campo

Se realizaron muestreos en los meses de diciembre del 2025 a febrero del 2026, en 31 estaciones localizadas dentro del Sistema Ambiental Regional (SAR), que comprende todo el sistema lagunar de Cuyutlán y área marina cercana al proyecto, El muestreo se realizó a bordo de una embarcación con motor fuera de borda con la ayuda de una draga tipo van ven, donde el material colectada de sedimentario se colocó en frascos de vidrio de 1 L previamente identificados, qué se preservarán con formol al 3 %.

El muestreo de la parte de la escollera se realizó transectos terrestres para estimar una prospección poblacional en el ecosistema intermareal rocoso mediante el establecimiento de tres transectos lineales sobre la escollera con orientación noroeste. El área muestreada se estimó considerando una franja intermareal promedio de 3 m de ancho.

Actividades en laboratorio

La separación de los organismos se llevará a cabo, lavando las muestras de sedimento a través de una serie de tamices con abertura de malla 2.00 mm, 1.00 mm y 0.5 mm (Holme y Mcintyre, 1971), en un orden de mayor a menor, se lavará la muestra a chorro de agua hasta que se elimine la mayor parte del sedimento. Se secar al sol y posteriormente se separarán y contarán con ayuda de un microscopio estereoscopio.

Los organismos obtenidos en el recorrido terrestre se realizó las siguientes mediciones:

- Relación longitud-ancho y peso-talla
- Proporción sexual
- Presencia de imposex
- Signos de bioerosión
- Presencia de neoplasias

Identificación y conteo de organismos bentónicos.

Con ayuda de un microscopio estereoscopio de base marca nacional, se procede al conteo de los bivalvos, se adoptó el criterio de García-Cubas (1963) quien considera que cada valva observada corresponde a un organismo. Las medidas de longitud en gasterópodos fueron tomadas desde el ápice a la base, y en los bivalvos desde el borde del extremo anterior al posterior.

Análisis de datos

En gabinete, se calculará la abundancia, M-AMBI, riqueza especifica (S) y los índices:

Índice de diversidad de Shannon-Weaver (H')

$$H' = \sum (n_i/N) * \log (n_i/N)$$

Donde:

ni = número de individuos de la especie i

N = el número total de individuos

La riqueza específica (d) o variedad de especies

$$d = (S-1)/\log(N)$$

Donde:

S= número de especies

N= número de individuos

La uniformidad o equitatividad (e)

$$e = H'/\log S$$

Donde:

H' = índice de diversidad de Shannon-Weaver

S = número de especies

La identificación de los bivalvos y gasterópodos se llevará a cabo con base en la literatura especializada de Keen (1971) y Abbot (1974).

Se realizó un listado faunístico de las especies encontradas, siguiendo los cambios sistemáticos propuestos recientemente y asumiendo los nombres científicos vigentes de acuerdo con Skoglund (1991).

Se determinó la distribución espacial en la composición de especies epifaunales, sus abundancias, diversidad y equitatividad.

Literatura citada

Holme N.A. and Mcintyre A.D., 1971. Methods for the study of marine benthos (IBP handbook No. 16). Primera edición.

Garcia-Cubas, A., Bol. Inst. Geol. Sistemática y distribución de los micromoluscos recientes de la Laguna de Términos, Campeche, México. Univ. Nal Auton. México, 1963. 1-55, 24 figs., 4 láms. (4): 67

Keen, AM.,1971. Sea Shells of Tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru. ed. 2. Stanford University Press. xv, 1064 pp

Skoglund C., 1991.Addition to the Panamic Province bivalve (Mollusca) literatura 1971 to 1990.Volume XXII. 74p.

Abbott, T. 1974. American seashells: The marine mollusca of the Atlantic and Pacific coast of North America. Second Edition.

www.ifop.cl/macrofauna/coleccion-de-especies/bibliografia-moluscos.

Otegui, M. B., Zamprogno, G. C., França, M. A., Daros, B. N., Albino, J., & Costa, M. B. (2019). Imposex response in shell sizes of intertidal snails in multiple environments. *Journal of Sea Research*, *147*, 10-18.

Metodología para el cálculo de evaporación

1 Cálculo de evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual una sustancia pasa de estado líquido a estado gaseoso en la superficie del líquido, sin llegar a su punto de ebullición. Ocurre cuando las moléculas cercanas a la superficie adquieren suficiente energía cinética para vencer las fuerzas intermoleculares y escapar al aire como vapor. A diferencia de la ebullición, que sucede de manera uniforme en todo el líquido al alcanzar una temperatura crítica, la evaporación es gradual y depende de condiciones superficiales y ambientales.

La evaporación es un componente clave del ciclo hidrológico (Figura 1) y la única vía que conecta el balance hídrico superficial con el balance energético superficial (Li & Wang, 2020; Zhao et al., 2013). Sin una estimación precisa de la evaporación, cualquier modelo o análisis de balance hídrico será incompleto e inexacto (Fisher et al., 2023).



Figura 1. El Ciclo del agua (Tomado de https://ecosistemas.win/).

La evaporación, junto con la transpiración de las plantas (evapotranspiración), constituye una pérdida significativa de agua de las superficies terrestres y cuerpos de agua (Ehtasham et al., 2024; Kay & Davies, 2008). En muchos casos, especialmente en zonas áridas y semiáridas, la evapotranspiración puede ser el proceso hidrológico dominante en términos de la cantidad total de agua perdida en el balance hídrico (Aguilar & Polo, 2011). Incluso, en embalses, lagos y mares interiores, la evaporación por sí sola puede representar hasta la mitad de la pérdida de agua, lo que podría ser comparable a la extracción humana (Fisher et al., 2023).

La cuantificación de la evaporación es vital para diversas aplicaciones en la gestión del agua, como el diseño de embalses de almacenamiento, estudios de balance hídrico en cuencas, suministro de agua municipal e industrial, y la gestión de humedales y tierras agrícolas (Bucur, 2019; Mengistu & Savage, 2009). Conocer las tasas de evaporación ayuda a los tomadores de decisiones a manejar la extracción y el movimiento del agua entre diferentes cuerpos de agua (Fisher et al., 2023).

Los modelos hidrológicos e hidrodinámicos requieren información precisa sobre la evaporación para simular de manera efectiva el flujo de los ríos, lagos y lagunas, el contenido de humedad del suelo y la respuesta de las cuencas a los eventos de lluvia (Kay et al., 2013; Zhao et al., 2013).

2 Metodología

Se pueden utilizar diferentes enfoques para estimar la evaporación utilizando datos meteorológicos de recursos superficiales libres. Estos se clasifican en: (1) balance hídrico, (2) tanques de evaporación, (3) balance energético basado en la relación de Bowen y (4) métodos empíricos. Los métodos empíricos se pueden clasificar en cinco grupos: combinación, radiación solar-temperatura, Dalton (transferencia de masa), temperatura-duración del día y temperatura (Rosenberry et al., 2007).

Para calcular la evaporación la FAO (FAO-56) recomienda la ecuación de Penman–Monteith la cual combina balance de energía y transporte aerodinámico, y está diseñada para condiciones estándar (altura = 0.12 m, albedo 0.23).

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$	(1)

donde

- ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día)
- Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor vs. temperatura (kPa/°C)
- R_n: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m^2/día)
- G: Flujo de calor en el suelo (MJ/m^2/día) – suele ser ≈ 0 en escalas diarias
- γ: Constante psicrométrica (kPa/°C)
- T: Temperatura media diaria del aire a 2 m de altura (°C)
- u_2: Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)
- e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a: Presión de vapor actual (kPa)

Para la evaporación en un cuerpo lagunar, se puede usar la ecuación de Pennman abierta modificada, simplificando los términos que dependen del cultivo, pudiendo expresar la ecuación de la siguiente forma:

$E = w \cdot R_n + (1 - w) \cdot f(u) \cdot (e_s - e_a)$	(2)

Donde

- E: Evaporación (mm/día)
- R_n: Radiación neta sobre la superficie del agua (mm/día)
- e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)
- e_a: Presión de vapor real (kPa)
- $e_s - e_a$: Déficit de presión de vapor (kPa)
- $f(u)$: Función del viento, típicamente del tipo $f(u) = a(1 + b \cdot u_2)$, donde u_2 es la velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)
- w: Peso relativo de la radiación frente a la evaporación potencial, definido como:

Donde el peso radiante es:

$w = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	(3)

Con

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor vs temperatura (kPa/°C)

γ: Constante psicrométrica (kPa/°C

y la Pendiente de la curva de presión de vapor respecto a la temperatura se puede calcular con

$\Delta = (0{,}00587\ T + 0{,}6414)^7$ (kPa/ °C):	(4)

Para la constante psicométrica se utiliza la expresión:

$$\gamma = \frac{c_p \cdot P}{\lambda \cdot \varepsilon}$$	(5)

donde

γ constante psicrométrica (Pa/°C o kPa/°C)

Cp: calor específico del aire seco (≈ 1005 J/kg·K)

- P: presión atmosférica total (Pa o kPa)
- λ: calor latente de vaporización del agua (≈ **2.45×10^6 J/kg** a 20 °C)
- ε: relación de masas molares ε=Mw/Ma≈0.622 (Masa molar del vapor de agua / masa molar del aire seco)

Para la radiación neta Rn

$Rn = Rns - Rnl$	(6)

con

$R_{sn}=R_s(1-\alpha)$	(7)

- Rn: Radiación neta (MJ/m²/día)
- Rs: Radiación solar incidente (MJ/m²/día)
- α: Albedo o coeficiente de reflexión (sin unidades)
- Rnl: Radiación neta de onda larga (MJ/m²/día)

Y Rs

$R_s = (a_s + b_s \cdot \frac{n}{N}) \cdot R_a$	(8)

donde

a_s, b_s: Coeficientes empíricos (típicamente $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$)

n: Horas de sol real (h)

N: Máxima duración posible de sol (h)

R_a: Radiación extraterrestre (MJ/m^2/día) → depende de la latitud y el día del año

Ra depende de la latitud y de coeficientes de la siguiente manera:

$R_a = \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot [\omega_s \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s)]$	(9)

R_a: Radiación extraterrestre diaria (MJ/m^2/día)

G_{sc}: Constante solar = **0.0820 MJ/m^2/min**

d_r: Relación de distancia Tierra-Sol (sin unidades)

ω_s: Ángulo horario al amanecer/anochecer (rad)

ϕ: Latitud (radianes)

δ: Decl. solar (radianes)

Y Rnl de la temperatura (en grados kelvin) y la constante de Stefan Boltzman (4.903X10-9 MJ/K^4/M^2/día) y la presión de vapor actual (e_a)

$R_{nl} = \sigma \cdot \frac{(T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4)}{2} \cdot (0.34 - 0.14 \cdot \sqrt{e_a}) \cdot \left(1.35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right)$	(10)

Y la radiación solar despejada (Rso) que se expresa como:

$R_{so} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} \cdot z) \cdot R_a$	(11)

Donde z en la altitud sobre el nivel del mar

Finalmente, la evaporación es la suma de la componente de radiación wRn mas la componente dinámica (1-w)*f(u)*(es-ea)

Donde es depende de la temperatura

$$e_s(T) = 0.6108 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T}{T + 237.3}\right) \quad (12)$$

Y ea depende de es y de la Humedad relativa

$$e = \frac{RH}{100} \cdot e_s \quad (13)$$

3 Resultados

Se calculó la evaporación de Penmman a través de la ecuación uno. Los valores de temperatura máxima, mínima y promedio se obtuvieron de las estaciones meteorológicas, mientras que los datos de velocidad de viento y humedad relativa se obtuvieron de forma satelital en el punto localizado al centro del cuerpo de agua del Vaso II

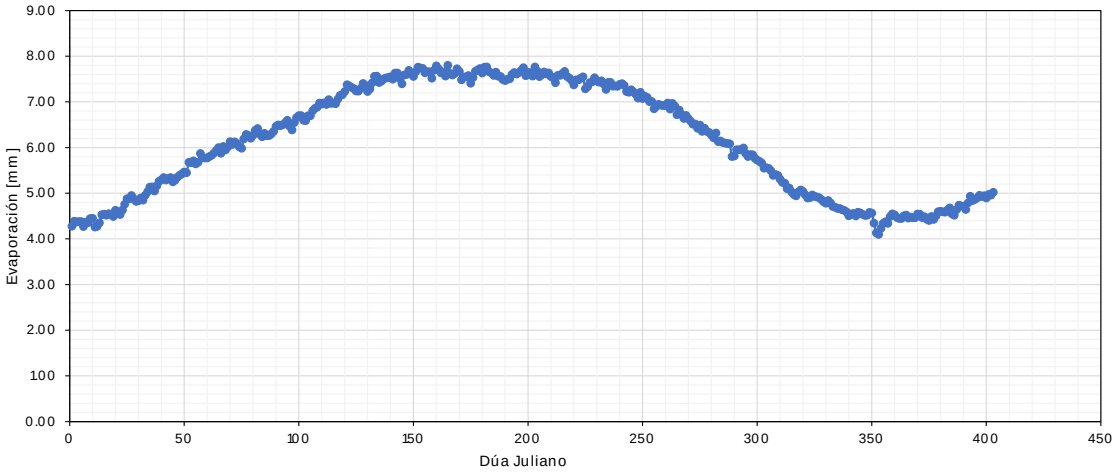
En la Tabla 1. Se muestra un ejemplo de los datos de entrada necesarios para el caculo para el primer mes del año 2025

Año	Día Juliano	Temperatura promedio [°C]	Temperatura máxima [°C]	Temperatura mínima [°C]	Humedad relativa a 2m	Velocidad el viento a 2m [m/s]
2025	1	24.37	27.35	22.58	70.18	1.97
2025	2	25.03	28.29	23.01	73.18	1.47
2025	3	24.76	27.63	23.08	73.2	1.65

2025	4	24.86	28.15	22.52	70.94	2.3
2025	5	25.22	28.72	23.46	66.95	1.73
2025	6	24.58	27.54	22.12	64.61	2.09
2025	7	25.51	28.55	23.54	62.01	2.24
2025	8	25.17	28.08	23.63	65.44	1.21
2025	9	24.89	27.37	23.72	71.78	1.8
2025	10	24.91	28.13	22.81	68.83	2.47
2025	11	22.97	24.44	21.98	73.65	2.06
2025	12	22.77	24.91	21.47	73.57	2.33
2025	13	23.15	26.17	20.71	76.06	1.99
2025	14	24.44	28.44	22.36	73	1.98
2025	15	24.77	28.74	22.24	68.55	2.7

La evaporación se calculó para un año completo más los días que corren del año 2026. El objetivo fue tener un valor promedio anual y obtener el ciclo correspondiente al periodo de modelación

En la Figura se muestra el resultado de la curva de evaporación calculada para el periodo de enero 2025 a febrero de 2026.



Referencias

Li, Wang (2020). An Evaporation Correction Approach and Its Characteristics. Journal of Hydrometeorology. https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0211.1

Fisher, J. B., Dohlen, M. B., Halverson, G. H., Collison, J. W., Pearson, C., & Huntington, J. L. (2023). Remotely sensed terrestrial open water evaporation. *Scientific reports*, *13*(1), 8174. https://doi.org/10.1038/s41598-023-34921-2

Ehtasham, Laraib & Hassan Sherani, Sadia & Nawaz, Faheem. (2024). Acceleration of the hydrological cycle and its impact on water availability over land: an adverse effect of climate change. Meteorology Hydrology and Water Management. 10.26491/mhwm/188920.

Aguilar, C., & Polo, M. J. (2011). Generating reference evapotranspiration surfaces from the Hargreaves equation at watershed scale. *Hydrology and Earth System Sciences*, *15*(8), 2495-2508.

Bucur, D. (Ed.). (2019). *Advanced Evapotranspiration Methods and Applications*. BoD–Books on Demand.

Kay, A. L., Bell, V. A., Blyth, E. M., Crooks, S. M., Davies, H. N., & Reynard, N. S. (2013). A hydrological perspective on evaporation: historical trends and future projections in Britain. *Journal of Water and Climate Change*, *4*(3), 193-208.

METODOLOGIA DE FAUNA TERRESTRE

I. INTRODUCCIÓN.

Los vertebrados son un componente inapreciable de la biodiversidad mexicana, una de las más importantes en el mundo, por su elevada riqueza de especies que ubica este país en el quinto lugar en especies de anfibios, segundo en reptiles y mamíferos y decimo primero en aves (Sarukhán et al., 2009; Ceballos et al., 2014; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Parra-Olea et al., 2014). La región centro occidente de México alberga la mayor concentración de especies y endemismos de vertebrados en el país (Ceballos y García, 1995; Noguera et al., 2002) lo que queda evidenciado por el establecimiento de una amplia red de áreas naturales protegidas de diversas categorías en esta región (Ceballos et al., 2014). En el caso particular de Colima (García et al., 2016; 2022), la riqueza de especies vertebrados de esta entidad es considerable (628) e incluye 36 especies de anfibios, 117 de reptiles, 346 de aves y 129 de mamíferos, que en su conjunto representan alrededor del 25% del total de especies presentes en México. Así mismo Colima resalta por el alto grado de endemismo de especies de vertebrados siendo el porcentaje mayor en anfibios (63%), y en menor grado en reptiles (50%), mamíferos (25%) y en aves (13%).

El presente trabajo fue diseñado para realizar un inventario faunístico de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y elaborar de un listado de especies que incluya a aquellas relevantes, endémicas, en riesgo (SEMARNAT, 2010), confirmadas y potenciales dentro de la zona de estudio como parte integral de un programa de monitoreo ambiental que incluye otros grupos y aspectos.

II. OBJETIVOS DEL PROGRAMA.

II.1. Objetivo General

Realizar un diagnóstico del estado actual de la fauna como un componente integral de la biodiversidad regional contribuyendo al análisis de la calidad ambiental del Sistema Ambiental Regional en lo general, de la zona de influencia y de la zona del proyecto que permita establecer la "línea cero" del estado de conservación o integridad funcional regional.

II.2. Objetivos particulares

1. Elaborar un listado de especies de vertebrados de potencial ocurrencia dentro del Sistema Ambiental Regional recopilando información sobre su estado de conservación.

2. A partir del listado de especies potenciales dentro del SAR, identificar las especies endémicas, migratorias, de importancia económica y dentro de alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) y aquellas de distribución restringida a la región e Identificación de especies indicadoras, sensibles o tolerantes a perturbaciones.

3. Elaborar mapas de distribución y fichas de las especies registradas en campo y que son endémicas y/o se encuentren en alguna categoria de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010) a partir de mapas existentes en el base de datos del IUCN o CONABIO.

4. Realizar un análisis del contexto de la regionalización de las políticas de protección y conservación del SAR que incluyen los Corredores Bioclimáticos establecidos, Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación, Sitios Prioritarios para la Restauración, Sitios RAMSAR, Áreas de importancia para la Conservación de Aves, Áreas Naturales Protegidas, Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales, Sitios y Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Terrestres e Hidrológicas Prioritarias.

5. Tomando dicho listado como marco de referencia, corroborar mediante el muestreo de campo la presencia y abundancia de especies de vertebrados terrestres (incluidos cocodrilos) y tortugas marinas en sitios representativos de las condiciones en el área del proyecto y zona de influencia que incluya el frente de playa, el cuerpo lagunar y demás ecosistemas dentro del SAR.

6. Entre las especies registradas en campo, identificar las especies endémicas, migratorias, de importancia económica y dentro de alguna categoría de riesgo y aquellas de distribución restringida a la región.

7. Entre las especies registradas en campo, recopilar información ecológica que permita caracterizar el componente fauna dentro y fuera del proyecto, tales como gremios a los que

pertenecen, su estacionalidad, sociabilidad, distribución vertical de cada una de las especies registradas.

8. Determinar el porcentaje de ocupación y detectabilidad para las especies registradas en campo, por sitio, por zona (proyecto, de influencia y proyecto) y por clase taxonómica (Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia).

9. Realizar un análisis comparativo de la abundancia, riqueza, estructura trófica y diversidad de la fauna así como su distribución en los sitios de muestreo representativos dentro de la zona del proyecto y zona de influencia; dicha comparación se fundamentará con información generada recientemente complementada con muestreos de campo.

10. Realizar un ejercicio de sobreposición de mapas donde se ubiquen las rutas de desplazamiento del tráfico portuario con respecto a las posibles rutas de las especies de aves migratorias presentes en la zona.

11. Realizar un análisis espacial de las islas de calor que se han generado hasta la fecha como un marco de referencia regional.

12. Contribuir a la evaluación de los impactos ambientales del proyecto en relación con la fauna y los servicios ambientales así como por la posible Interferencia del proyecto con las rutas migratorias de aves en el cuerpo laguna y el sitio Ramsar.

13. Contribuir en el análisis y determinación de las medidas de prevención, mitigación y compensación resaltando los beneficios ambientales que tendrá su implementación, destacando que prevendrá, mitigará o compensará en mayor proporción y calidad a la actual.

14.) Presentar posibles rutas de desplazamiento de mastofauna, en caso de que se reporte su incidencia.

III. DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS-METODOLOGÍA EMPLEADA.

III.1 Área de estudio.

El área de estudio es el Vaso II de la Laguna de Cuyutlán en el estado de Colima. La Laguna de Cuyutlán se localiza en el litoral del Pacífico Mexicano entre las coordenadas 18º53' y 19º03' de latitud Norte y 104º00' y 104º20' de longitud Oeste. Se encuentra limitada al Poniente por la Bahía de Manzanillo y al Oriente por el Estero Palo Verde. El área que cubre es de 74 Km^2 aproximadamente, su extensión es de 30 Km medidos desde su eje principal que corre paralelo a la costa. Su anchura varía desde 0.5 hasta 3 Km con una profundidad entre 0.2 y 6 m. Se encuentra separada del Océano Pacífico por una barra litoral arenosa, la anchura de ésta es variable tiene aproximadamente 4 Km en la parte más ancha y 500 m en la más angosta, está formada por cuatro cuerpos de agua clasificados por: Laguna Chica (Vaso I), Mediano (Vaso II), Grande (Vaso III) y el cuerpo de Palo Verde (Vaso IV), colindante a las Salinas, delimitados por barreras físicas naturales y artificiales que regulan el intercambio de agua y sedimentos entre un cuerpo y otro (Sosa-Ávalos, 2013, Núñez-Martínez, 2020).

III.2 Actividades en campo

III.3.1. Fauna

Metodología

Listado de especies de vertebrados de ocurrencia potencial dentro del Sistema Ambiental Regional

Esta revisión se enfocó exclusivamente a las especies de la fauna terrestres, tortugas marinas y cocodrilos que habitan o frecuentan la vegetación existente dentro del SAR que incluyen ocho tipos básicos de ecosistemas. Estos incluyen el bosque tropical caducifolio, selva mediana subperennifolia, vegetación de dunas costeras, la vegetación halófita y gipsófila, el manglar, vegetación acuática, el pastizal cultivado y los terrenos destinado a la agricultura de riego y de temporal.

La determinación de las especies de la fauna de posible presencia en el Sistema Ambiental Regional (SAR) así como de aquellas de ocurrencia dentro de la zona del proyecto y de la zona de influencia se basó en cinco fuentes; a) la revisión de la literatura especializada, b) bases de datos como el SNIB (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, CONABIO); c) reportes de muestreos de campo previos dentro del SAR a los que tenemos acceso; d) base de datos a partir de muestreos recientes de campo realizados durante el primer trimestre y junio del 2025 ubicados dentro de la zona del proyecto y de influencia y; e) los tres muestreos mensuales realizados en enero, febrero y marzo 2026).

La revisión de la literatura incluyó entre otros, trabajos científicos y guías regionales publicadas acerca de la fauna registrada en Colima, para anfibios y reptiles (García & Ceballos, 1994; Peña-Mondragón et al, 2013; García et al., 2010; García et al., 2016; Lemos-Espinal et al., 2020; Velasco et al., 2020; Aguilar-Olguín et al., 2021; Velasco, 2024), aves (Howell & Webb, 1994; Mellink & de la Riva, 2005; Mellink & Riojas-López, 2008; Pérez-Valadez et al., 2013; ; Grosselete & Ruiz, 2016; Vega-Rivera et al., 2016; Schaldach, 2022; López et al., 2024;), mamíferos (Ceballos & Miranda, 2000; Poindexter et al., 2012; Riojas-López et al., 2014; Sánchez-Hernández et al., 2016a, b) y vertebrados terrestres en general (García et al., 2022). El listado de especies potenciales se presenta en un anexo que incluye las referencias bibliográficas consultadas.

Para determinar los registros incluidos en el SNIB dentro del SAR se descargaron de dicho sitio, todos los registros para las especies de vertebrados terrestres, tortugas marinas y cocodrilos existentes para el estado de Colima separando aquellos ubicados exclusivamente dentro del SAR, Área de Influencia y Área del Proyecto; la selección de los registros del SNIB dentro de los polígonos de interés se hizo mediante herramientas de SIG (ArcMap 10.8®) y se actualizó la nomenclatura y taxonomía de las especies de acuerdo a la CONABIO (Enclycovida).

Identificación de las especies endémicas, migratorias, de importancia económica y dentro de alguna categoría de riesgo y aquellas de distribución restringida a la región.

A partir del listado de especies potenciales y de presencia corroborada dentro del SAR se hizo una revisión de diversas páginas web que permitieron conocer el estado de conservación, estatus migratorio, y extensión del rango geográfico. Los sitios incluyeron al IUCN (http://www.iucnredlist.org/), Amphibian Global Assessment (www.amphibiaweb.org), Amphibian Species of the Word (https://amphibiansoftheworld.amnh.org/) AmphibiaWeb (http://amphibiaweb.org) the reptile database (http://www.reptile-database.org/), Mammal Species of the World (http://www.bucknell.edu/msw3/), y para aves (http://avesmx.conabio.gob.mx/ y http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/) algunos sitios de la CONABIO como las bases de datos y páginas en línea especializadas como el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de México (https://www.snib.mx/), el Acceso Abierto y Gratuito a datos sobre biodiversidad (GBIF) en México (https://www.gbif.org/es/country/MX/summary) y Enciclovida (https://enciclovida.mx/).

Así mismo, la información sobre el estado de conservación de las especies, endemismo, riesgo, y estacionalidad, se complementó a partir de la revisión del listado de especies incluidas en la NOM059-2010 (SEMARNAT, 2010), incluyendo la modificación de su Anexo Normativo III publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019, así como la Fe de erratas de dicho anexo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 04 de marzo de 2020, donde se incluye la lista actualizada de especies de flora y fauna, inclusión, exclusión o cambio. Así mismo se revisaron los sitios de la Unión Internacional de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés, https://www.iucnredlist.org/) y de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, https://cites.org/esp/disc/what.php) para conocer que especies se encuentran dichas listas y su categoría determinada).

Mapas de distribución de las especies registradas en campo y que se encuentren en alguna categoría de riesgo

Para las especies registradas en campo, endémicas y que son consideradas dentro de alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 se elaboraron fichas de cada especie con aspectos generales de su taxonomía, ecología, nivel de riesgo y en endemismo junto

con un mapa de contorno a partir de los mapas existentes en el base de datos del IUCN (https://www.iucnredlist.org/) o CONABIO (http://www.conabio.gob.mx).

El SAR en el contexto regional de políticas de protección y conservación

Mediante herramientas de sistemas de información geográfica como ArcMap 10.8® se realizó una sobreposición espacial de los polígonos de política de protección y conservación antes mencionado para determinar su relación espacial y grado de inclusión dentro del SAR (área de proyecto y zona de influencia); estas políticas incluyen; Corredores Bioclimáticos (CBC): corredores integrados por tres polígonos (CONABIO 2019); Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación (SAP): tres sitios de prioridad alta y dos sitios de prioridad media (CONABIO 2016); Sitios Prioritarios para la Restauración (SPR): un sitio de prioridad extrema, dos sitios de prioridad alta y seis sitios de prioridad media (CONABIO 2016); Sitio Humedal RAMSAR de Cuyutlán vasos III y IV; Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA 261); Sitio de Manglar con Relevancia Biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica (SMRB PC13); Sitios Prioritarios Acuáticos Epicontinentales (SPEC): tres sitios de prioridad extrema, un sitio de prioridad alta y un sitio de prioridad media (CONABIO-CONANP 2010); Sitio Marino Prioritario (SMP 40) Cuyutlán-Rio (CONABIO et al. 2007); Región Marina Prioritaria (RMP 28) - (Arriaga et al. 1998); Región Hidrológica Prioritaria (RHP 25) Purificación- (Arriaga et al. 2000); El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF), Laguna de Cuyutlán.

Verificación en campo de la presencia y abundancia de las especies de potencial ocurrencia en el SAR.

Muestreos de campo previos

Se tuvo acceso a reportes del monitoreo de la fauna de vertebrados (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en 55 puntos o transectos (

Programa	Vaso	Periodo	Sitio	X (UTM)	Y (UTM)	Area
Biodiversidad	III	enero 2022 - diciembre 2024	1	579689.7	2103585.7	Influencia

			2	576800.5	2101560.3	Influencia
		36 muestreos mensuales	3	577960.7	2101576.5	Influencia
Fauna Monitoreo y Restauración	IV	octubre 2023 - septiembre 2024 12 muestreos mensuales	1	600524.0	2093070.0	Influencia
			2	600040.5	2093595.3	Influencia
			3	599694.7	2093939.0	Influencia
			4	599287.4	2094335.8	Influencia
			5	598845.6	2094754.2	Influencia
Fauna Seguimiento Ambiental	**VG**	12 muestreos mensuales agosto 2019 - julio 2022	1	572815.0	2110608.0	SAR
			2	571589.0	2112262.0	SAR
			3	572279.0	2112361.0	SAR
			4	572304.0	2111928.0	SAR
			5	573040.0	2111744.0	SAR
	PI	agosto 2019 - julio 2022	6	573250.0	2110660.0	SAR
			7	573257.0	2110011.0	SAR
Seguimiento Ambiental	**III**	agosto 2019 - julio 2022	8	573446.0	2109457.0	SAR
			9	573628.0	2108895.0	SAR
		Cuyutlán	10	579685.1	2101955.8	Influencia
			11	579985.9	2101537.5	Influencia
			12	579889.6	2100516.6	Influencia
		San Pedrito	13	575002.0	2108596.0	SAR
Fauna	II	Octubre 2024 - enero 2025 3 muestreos mensuales	1	578924.0	2103323.1	Proyecto
			2	579165.1	2103902.0	Proyecto
			3	578409.9	2104669.1	Proyecto
			Isla	576926.8	2103551.5	Proyecto
Fauna Proyecto (AP)	II	4 al 21 de marzo 2025	1	575818.9	2104992.6	Proyecto
			2	577397.1	2104078.1	Proyecto
			3	575203.7	2103697.6	Proyecto
			4	576036.3	2103344.4	Proyecto
			5	576739.1	2103103.7	Proyecto
			6	579024.7	2103574.2	Proyecto
			7	577230.0	2105231.4	Proyecto
			8	577669.6	2103834.3	Proyecto
			9	577625.0	2103889.8	Proyecto
Fauna			1	579531.3	2102510.3	Influencia

Área de Influencia (AI)	III		2	579178.5	2104525.7	Influencia
			3	579889.2	2101131.1	Influencia
			4	580120.0	2102186.5	Influencia
			5	583379.5	2102160.4	Influencia
			6	581123.5	2101920.5	Influencia
			7	581907.2	2102128.6	Influencia
			8	579899.6	2102423.5	Influencia
			9	579874.7	2101020.2	Influencia
Fauna Proyecto (AP)	II	10 a 16 de junio 2025	1	576499.4	2104300.9	Proyecto
			2	576897.1	2103545.4	Proyecto
			3	576904.0	2103559.7	Proyecto
			4	577305.5	2103557.6	Proyecto
			5	576739.0	2106491.9	Proyecto
			6	573482.7	2103883.8	Proyecto
Fauna Área de Influencia (AI)	III		1	576166.4	2107396.1	Influencia
			2	578549.4	2104786.0	Influencia
			3	579677.8	2104095.6	Proyecto
			4	580682.5	2104043.0	Influencia
			5	580341.9	2103398.5	Influencia
			6	579676.5	2101807.9	Influencia

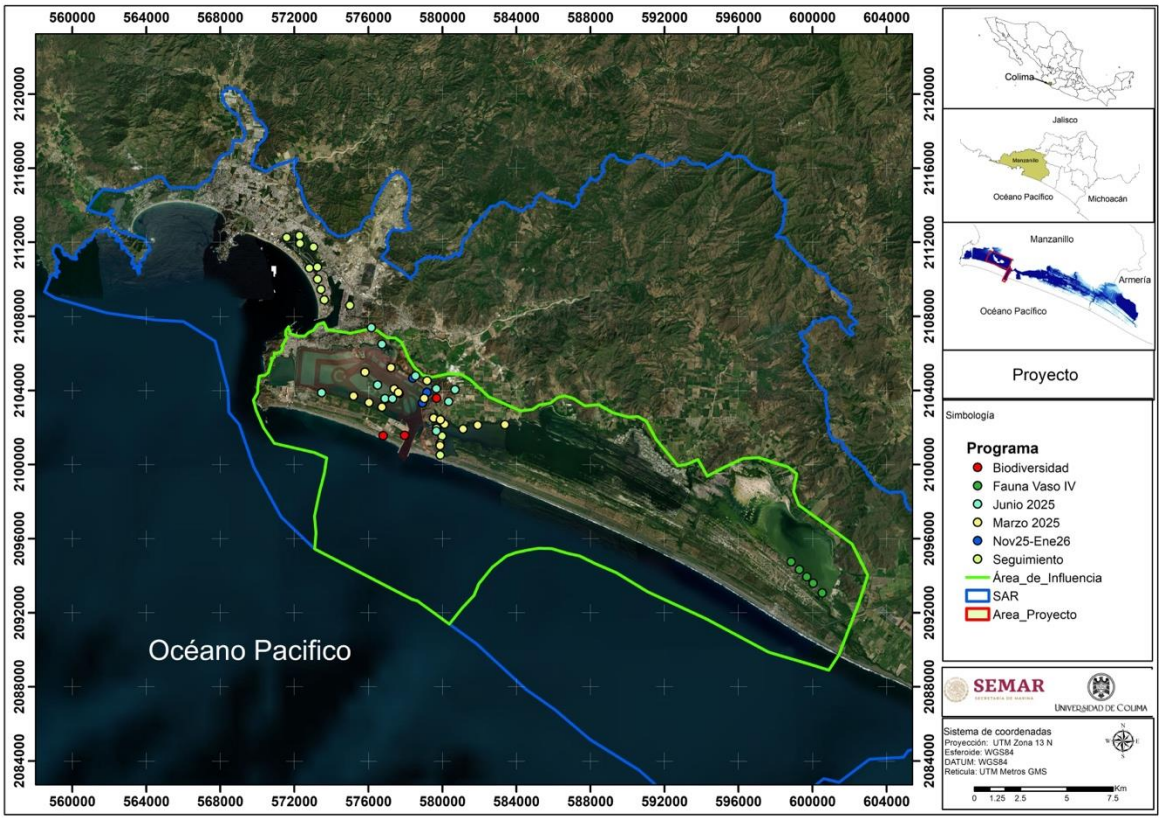


Figura 1) de muestreo ubicados áreas y sus alrededores como la laguna del Valle de las Garzas (12), Puerto Interior (5), en el Vaso II (19), Vaso III (16) y Vaso IV (5) en los que se aplican las mismas técnicas estándar para el registro y monitoreo de vertebrados (transectos de búsqueda activa, de observación de aves, de registro de huellas. Así, estos datos proceden de programas de monitoreo (Tabla 1); a) el Programa de Biodiversidad dentro del Programa de Seguimiento de la Calidad Ambiental de la TGLNM; b) del Monitoreo y Restauración de las Condiciones Ambientales de un Ecosistema del Manglar en el Vaso IV; c) Seguimiento Ambiental Puerto de Manzanillo; d) muestreos en el Vaso II realizados para esta MIA de octubre a diciembre 2024 y; e) Muestreos realizados recientemente para esta MIA del 4 al 21 de marzo 2025 y del 18 al 22 de junio del 2025 tanto en el área del proyecto y como en la zona de influencia (SAR). Con excepción de los muestreos de marzo 2025, todos los demás muestreos, incluidos los de cocodrilos, fueron realizados por el que suscribe y dos de los colaboradores en este reporte; al desplegar la ubicación estos sitios

dentro la actual del área del proyecto, de influencia y del SAR se observa en la Figura 1 y Tabla 4 que de estos 55 sitios, 20 caen dentro del proyecto, 25 en la zona de Influencia y 10 en el SAR.

Tabla.1. Relación de sitios con información previa

Programa	Vaso	Periodo	Sitio	X (UTM)	Y (UTM)	Area
Biodiversidad	III	enero 2022 - diciembre 2024	1	579689.7	2103585.7	Influencia
			2	576800.5	2101560.3	Influencia
		36 muestreos mensuales	3	577960.7	2101576.5	Influencia
Fauna	IV	octubre 2023 - septiembre 2024	1	600524.0	2093070.0	Influencia
Monitoreo y		12 muestreos mensuales	2	600040.5	2093595.3	Influencia
Restauración			3	599694.7	2093939.0	Influencia
			4	599287.4	2094335.8	Influencia
			5	598845.6	2094754.2	Influencia
	VG	12 muestreos mensuales	1	572815.0	2110608.0	SAR
		agosto 2019 - julio 2022	2	571589.0	2112262.0	SAR
			3	572279.0	2112361.0	SAR
Fauna			4	572304.0	2111928.0	SAR
Seguimiento			5	573040.0	2111744.0	SAR
Ambiental	**PI**	agosto 2019 - julio 2022	6	573250.0	2110660.0	SAR
			7	573257.0	2110011.0	SAR
Seguimiento	**III**	agosto 2019 - julio 2022	8	573446.0	2109457.0	SAR
Ambiental			9	573628.0	2108895.0	SAR
		Cuyutlán	10	579685.1	2101955.8	Influencia
			11	579985.9	2101537.5	Influencia
			12	579889.6	2100516.6	Influencia
		San Pedrito	13	575002.0	2108596.0	SAR
Fauna	II	Octubre 2024 - enero 2025	1	578924.0	2103323.1	Proyecto
		3 muestreos mensuales	2	579165.1	2103902.0	Proyecto
			3	578409.9	2104669.1	Proyecto
			Isla	576926.8	2103551.5	Proyecto
Fauna		4 al 21 de marzo 2025	1	575818.9	2104992.6	Proyecto
			2	577397.1	2104078.1	Proyecto
	II		3	575203.7	2103697.6	Proyecto
			4	576036.3	2103344.4	Proyecto

Proyecto (AP)			5	576739.1	2103103.7	Proyecto
			6	579024.7	2103574.2	Proyecto
			7	577230.0	2105231.4	Proyecto
			8	577669.6	2103834.3	Proyecto
			9	577625.0	2103889.8	Proyecto
Fauna			1	579531.3	2102510.3	Influencia
			2	579178.5	2104525.7	Influencia
	III		3	579889.2	2101131.1	Influencia
			4	580120.0	2102186.5	Influencia
Área de Influencia (AI)			5	583379.5	2102160.4	Influencia
			6	581123.5	2101920.5	Influencia
			7	581907.2	2102128.6	Influencia
			8	579899.6	2102423.5	Influencia
			9	579874.7	2101020.2	Influencia
Fauna		10 a 16 de junio 2025	1	576499.4	2104300.9	Proyecto
Proyecto			2	576897.1	2103545.4	Proyecto
(AP)	II		3	576904.0	2103559.7	Proyecto
			4	577305.5	2103557.6	Proyecto
			5	576739.0	2106491.9	Proyecto
			6	573482.7	2103883.8	Proyecto
Fauna			1	576166.4	2107396.1	Influencia
			2	578549.4	2104786.0	Influencia
Área de Influencia	III		3	579677.8	2104095.6	Proyecto
(AI)			4	580682.5	2104043.0	Influencia
			5	580341.9	2103398.5	Influencia
			6	579676.5	2101807.9	Influencia

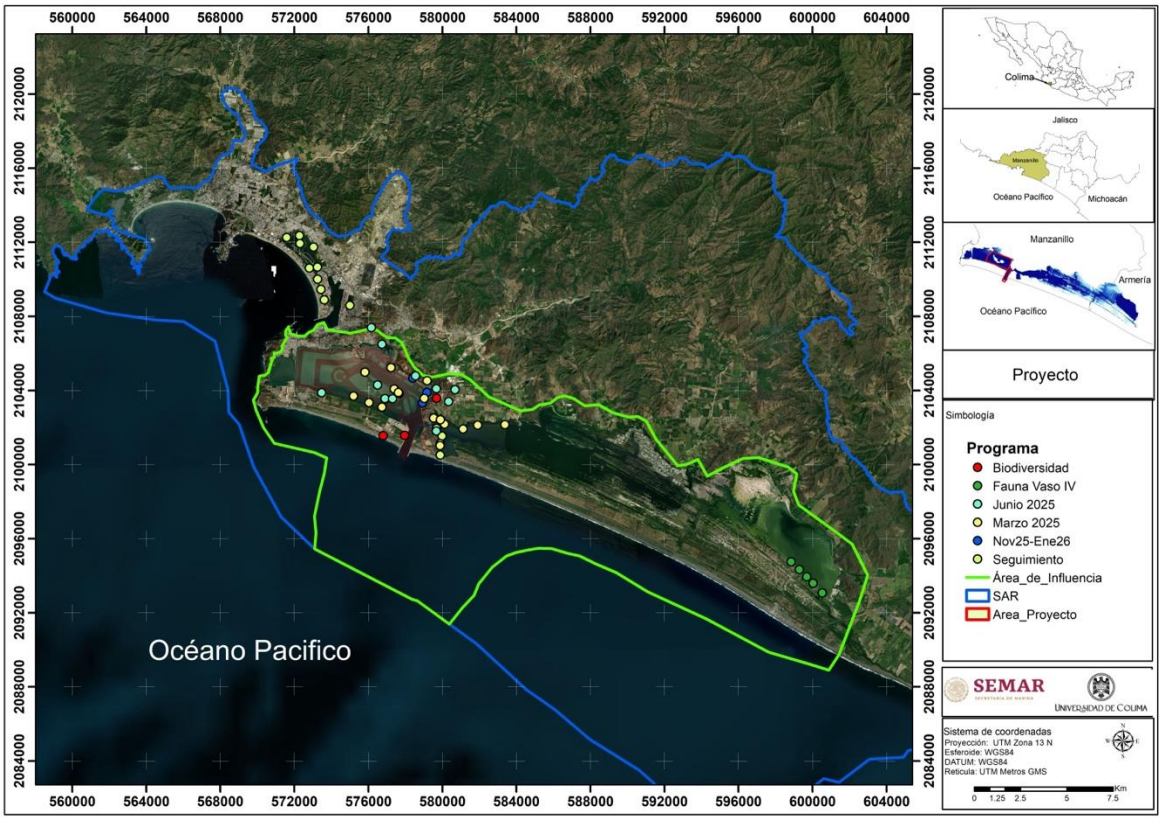


Figura 1. Ubicación de los 55 sitios de muestreo previos de la fauna y su relación con el proyecto (rojo), área de influencia (línea verde) y SAR (línea azul).

Para el caso particular de la población de cocodrilos de río (*Crocodylus acutus*) se cuenta con los reportes de las tendencias poblacionales de esta especie mediante el recorrido de 25 transectos lineares de 1km de longitud (Tabla 2) ubicados a lo largo de la ribera sur del Vaso II (cinco transectos) y en ambas riberas del Vaso III (veinte transectos). El recorrido de estos transectos fue nocturno, una vez al mes entre marzo a agosto durante los años 2022, 2023 y 2024.

Tabla 2. Coordenadas de inicio y termino de los transectos nocturnos recorridos para el registro de cocodrilos en el Vaso II y Vaso III.

Vaso	Transecto	Coordenadas de Inicio	Coordenadas de termino
Vaso II	1S	573289.00 2104080.00	574247.00 2103810.00
	2S	574279.00 2103810.00	575267.00 2103500.00

Ribera Sur	3S	575295.00 2103480.00	576221.00 2103140.00
	4S	576252.00 2103130.00	577208.00 2102690.00
	5S	577236.00 2102690.00	578109.00 2102330.00
Vaso III Ribera Sur	1S	579833.00 2100820.00	579988.00 2101460.00
	2S	580636.00 2100550.00	579820.00 2100780.00
	3S	580493.00 2101420.00	580707.00 2100570.00
	4S	581251.00 2101350.00	580500.00 2101460.00
	5S	582119.00 2101120.00	581283.00 2101300.00
	6S	583071.00 2100980.00	582170.00 2101060.00
	7S	583977.00 2100690.00	583122.00 2100970.00
	8S	584638.00 2100600.00	584036.00 2100660.00
	9S	585318.00 2100110.00	584637.00 2100560.00
	10S	586262.00 2099720.00	585331.00 2100090.00
Vaso III Ribera Norte	1N	580020.00 2101540.00	579431.00 2102100.00
	2N	579405.00 2102180.00	579826.00 2102490.00
	3N	579871.00 2102420.00	580603.00 2101940.00
	4N	580733.00 2101900.00	581607.00 2102060.00
	5N	581737.00 2102070.00	582559.00 2102150.00
	6N	582676.00 2102140.00	583530.00 2102180.00
	7N	583582.00 2102180.00	584308.00 2102220.00
	8N	585076.00 2102140.00	584307.00 2102260.00
	9N	585652.00 2101500.00	585113.00 2102110.00
	10N	586488.00 2101160.00	585678.00 2101470.00

La Figuras 2 y 3 muestra la ubicación de los 25 transectos nocturnos para el registro de cocodrilos en campo registrados previamente (5 de ellos en el área del proyecto y 20 en la zona de influencia.

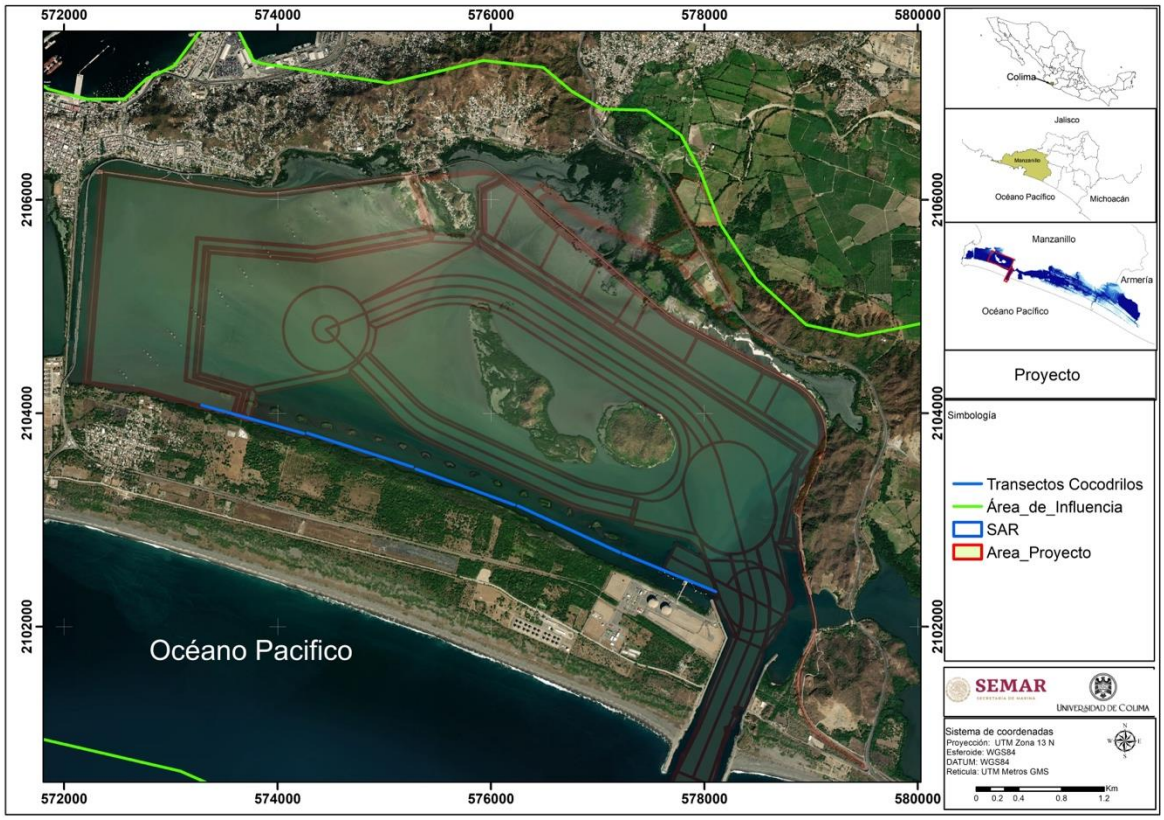


Figura 2. Ubicación de los recorridos nocturnos en el Vaso II.

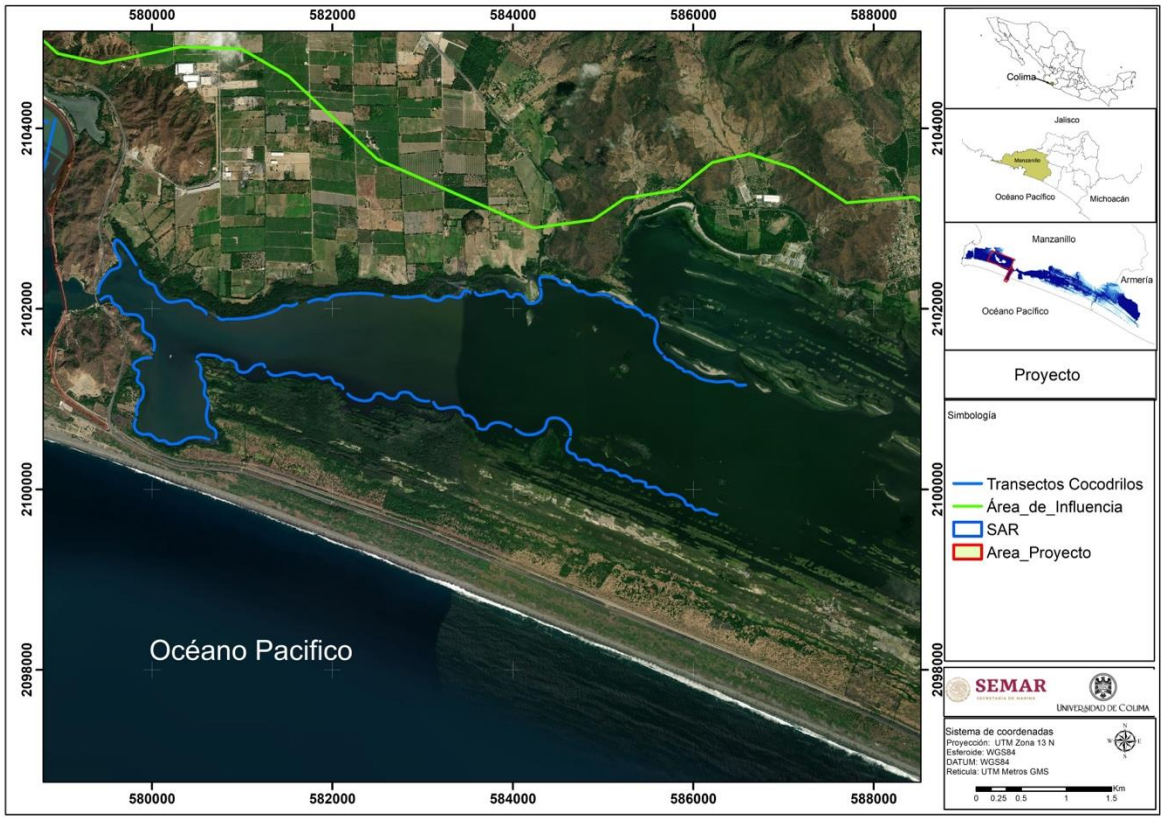


Figura 3. Ubicación de los recorridos nocturnos en el Vaso III.

Muestreos de campo realizados

De forma complementaria a los muestreos realizados para este proyecto realizados entre noviembre 2024 y junio de 2025, se adicionaron 35 sitios de muestreo de fauna para incluir más sitios a lo largo del SAR (9 sitios), Área de Influencia (13 sitios) Área del Proyecto (13 sitios); así existen 13 sitios dentro del proyecto y 22 fuera de éste entre los que incluyen sitios en la cuenca, frente de playa frente al área del proyecto y parte del polígono de la ANP en proceso de establecimiento. En la Tabla 3 se presentan las coordenadas UTM de estos 35 sitios adicionales, mientras que en la Figura 4 se observa la distribución de estos sitios que se recorrieron entre enero y marzo 2026. En la Figura 5 se presenta la ubicación de los sitios dentro del proyecto.

Tabla 3. Coordenadas de los sitios 35 de monitoreo.

Área	Sitio	Latitud	Longitud	X	Y
Proyecto	1AP	19.0303	-104.3094	572670.0	2104321.0
Proyecto	2AP	19.0461	-104.3105	572554.3	2106066.1
Proyecto	3AP	19.0446	-104.2943	574258.8	2105913.9
Proyecto	4AP	19.0468	-104.2800	575761.1	2106164.6
Proyecto	5AP	19.0398	-104.2753	576255.5	2105393.5
Proyecto	6AP	19.0300	-104.2687	576955.3	2104307.4
Proyecto	7AP	19.0421	-104.2657	577263.0	2105649.5
Proyecto	8AP	19.0444	-104.2600	577871.0	2105907.0
Proyecto	9AP	19.0379	-104.2574	578146.0	2105188.0
Proyecto	10AP	19.0217	-104.2514	578786.0	2103400.0
Proyecto	11AP	19.0123	-104.2578	578110.0	2102353.0
Proyecto	12AP	19.0191	-104.2748	576318.0	2103093.0
Proyecto	13AP	19.0263	-104.2953	574161.0	2103883.0
Influencia	1AI	19.0329	-104.3279	570731.0	2104605.0
Influencia	2AI	19.0348	-104.2582	578059.0	2104842.5
Influencia	3AI	19.0314	-104.2505	578876.0	2104473.0
Influencia	4AI	19.0124	-104.1395	590568.0	2102419.0
Influencia	5AI	18.9925	-104.0824	596590.0	2100248.0
Influencia	6AI	18.9470	-104.0384	601240.0	2095244.0
Influencia	7AI	18.9127	-104.0356	601562.6	2091444.1
Influencia	8AI	18.9306	-104.0905	595769.0	2093397.0
Influencia	9AI	18.9565	-104.1428	590243.0	2096231.0
Influencia	10AI	18.9878	-104.2217	581922.0	2099654.0
Influencia	11AI	19.0044	-104.2647	577393.0	2101481.0
Influencia	12AI	19.0139	-104.2900	574718.0	2102512.0
Influencia	13AI	19.0202	-104.3128	572321.0	2103204.0
SAR	1SAR	19.0989	-104.3123	572340.0	2111916.0
SAR	2SAR	19.0791	-104.3035	573276.0	2109730.0
SAR	3SAR	19.0559	-104.2482	579097.0	2107179.0
SAR	4SAR	19.0259	-104.1990	584292.0	2103880.0
SAR	5SAR	19.0776	-104.1913	585075.0	2109612.0
SAR	6SAR	19.0812	-104.1458	589861.0	2110034.0
SAR	7SAR	19.0688	-104.0759	597224.0	2108693.0
SAR	8SAR	18.8807	-103.9988	605457.0	2087921.0

SAR	9SAR	18.9018	-104.0318	601967.0	2090239.0

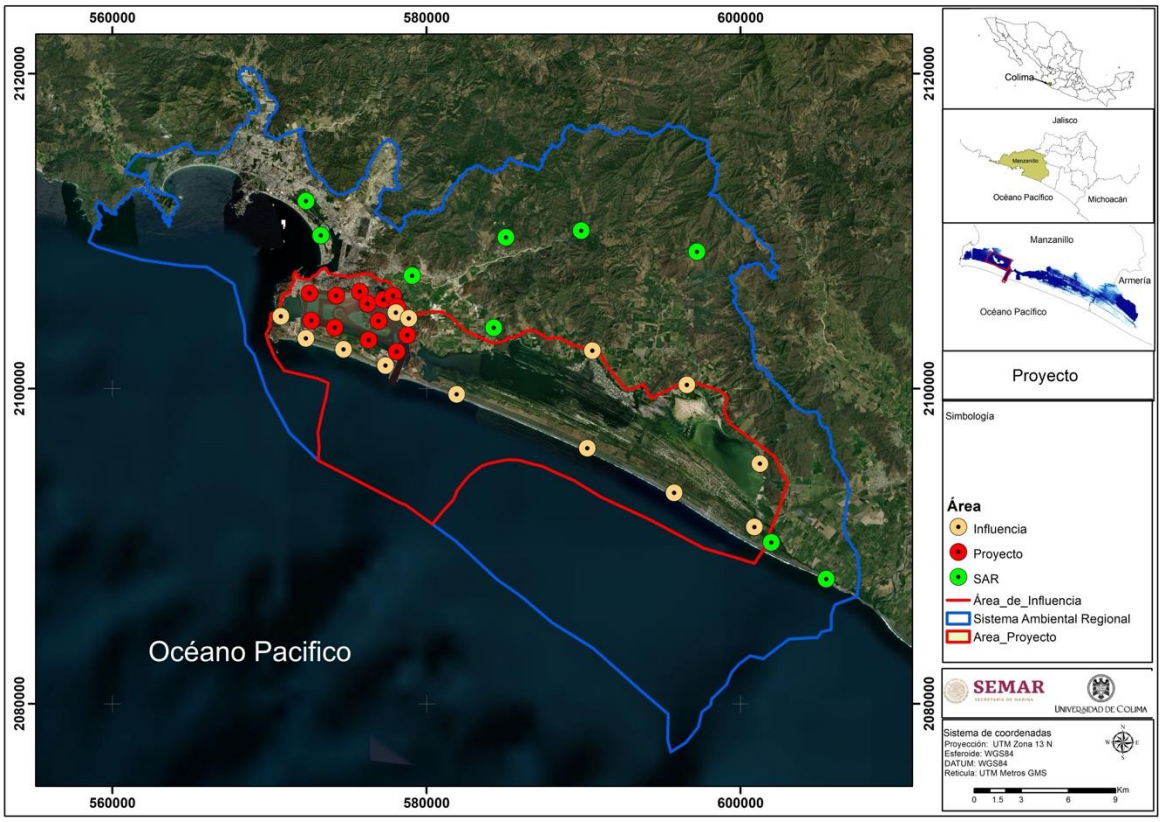


Figura 4. Ubicación de los sitios para el monitoreo de la fauna dentro del SAR (azul), área de influencia (verde) y proyecto (polígono rojo).

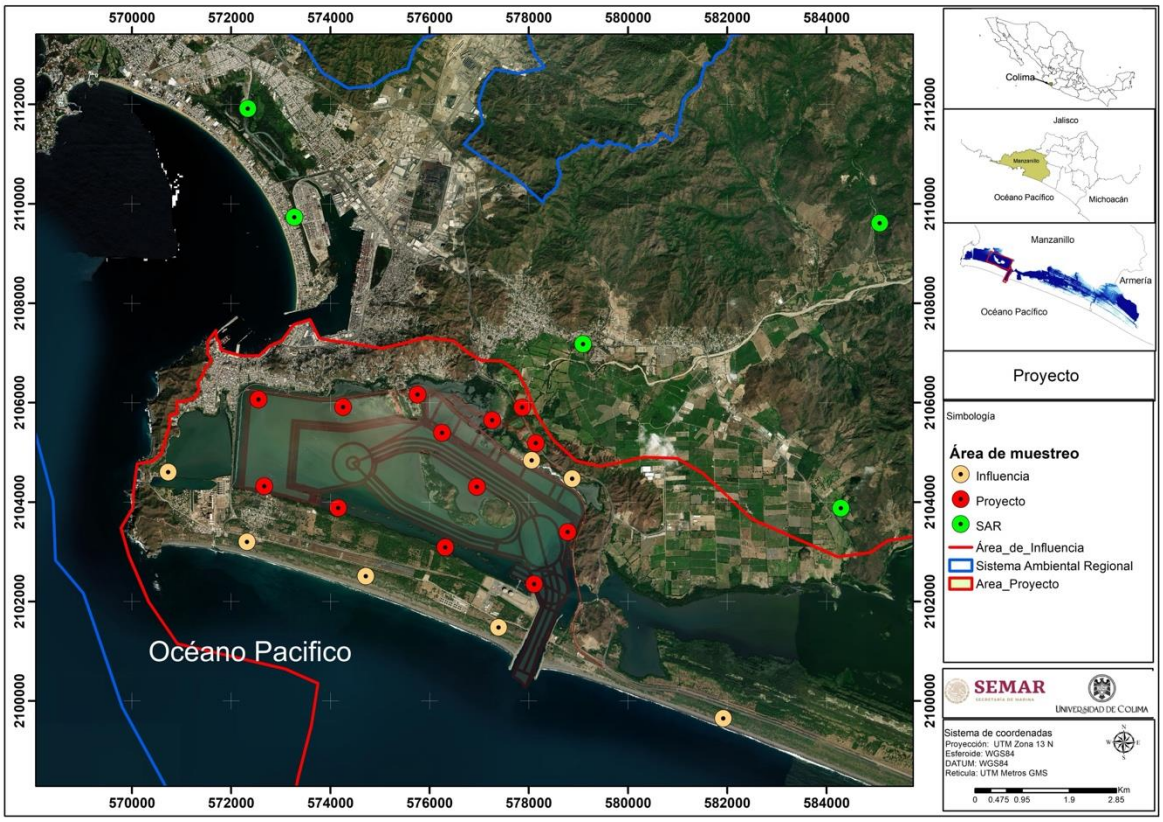


Figura 5. Ubicación de los sitios para el monitoreo de la fauna dentro del SAR (azul), área de influencia (verde) y proyecto (polígono rojo).

En cada uno de los meses de muestreo de la fauna (excepción de cocodrilos) durante cuatro días, cinco personas recorrieron los 35 sitios de muestreo a lo largo de dos periodos, diurno (08:00 a 13:00 hrs) y vespertino-nocturno (18:00 a 21:00 hrs) por lo que el esfuerzo durante cada mes fue de 200 hrs x día x persona (10 hrs x 4 días x 5 personas). Debido a que los muestreos se realizaron durante la época de secas (invierno) se utilizó la información presente en Tabla 2 en la que se enlistan los sitios y esfuerzo de muestreo de los estudios previamente realizados y lograr las comparaciones estacionales y espaciales. La metodología y transectos nocturnos recorridos para el censado de cocodrilos se presenta más adelante.

Las actividades de muestreo incluyeron el registro de individuos de las diferentes especies de vertebrados terrestres en los sitios de monitoreo mediante la aplicación de técnicas

estándar establecidas para este fin, las cuales comprendieron uso de transectos visuales lineares para el registro de ejemplares y el registro de huellas. En dichas actividades participaron de forma continua cinco personas con experiencia tanto en las técnicas y muestreo de vertebrados, como en el conocimiento de la fauna de la región. En el frente de playa se puso especial atención a la presencia de tortugas marinas, rastros o indicios de actividad. Algunos de los sitios fueron recorridos desde una lancha registrando las especies en el cuerpo de agua (comunidad acuática), en la ribera o sitios en la cuenca (comunidad terrestre) donde los recorridos se realizaron a pie a lo largo del sitio.

De esta manera, se emplearon en cada sitio, transectos visuales para la búsqueda y registro de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, además de hacer un registro de huellas para este último grupo. Para la observación de aves se utilizaron binoculares Eagle Optics® 8x42, mientras que la búsqueda de reptiles y anfibios incluyó la revisión de microhábitat potenciales como bajo rocas, troncos, ramas de árboles, etc., pero siempre con un cuidado especial de no perturbar las condiciones del sitio. En el caso específico de la observación de aves en sitios cercanos al margen de un humedal o manglar, el registro se realizó exclusivamente desde veredas y caminos adyacentes al humedal costero. Se ha guardado un especial cuidado de no perturbar las condiciones del ecosistema, así como la integridad de los sitios de refugio, alimentación y reproducción de aves y de otras especies de vertebrados presentes en estos sitios. La información registrada para cada individuo avistado fue: especie, abundancia y sitio de muestreo en la que se observó. La identificación de las especies se realizó gracias a las guías de campo especializadas existentes para la región (García & Ceballos, 1994, Howell & Webb, 1994; Ceballos & Miranda, 2000; Pérez-Valadez, et al., 2013; Grosselet y Ruiz, 2016; Velasco, 2024).

Se reportó la riqueza, composición de especies, abundancia relativa y diversidad de especies (en general y por sitio, y zona) además del estado de conservación (endemismo, riesgo -NOM059-2010, IUCN, CITES), estacionalidad (residentes y tipo de migratorias) y sociabilidad (solitarias o gregarias), tipo de alimentación, y distribución vertical para cada especie, acompañado de evidencia fotográfica y bitácora campo, y fotografías de algunos ejemplares observados en campo (tanto como sea posible). Así mismo para cada especie registrada se proporcionó una descripción muy breve de

su distribución geográfica con el objetivo de distinguir entre aquellas de distribución restringida (regionalmente) y las de amplia distribución (nacional e incluso internacional).

En el caso de los cocodrilos se realizaron tres recorridos mensuales a lo largo de los Vaso I, II y III. Se recorrieron 39 transectos lineares de 1km de extensión cada uno, 4 se ubicaron en el Vaso I, 15 en el Vaso II y 20 en el Vaso III. No fue posible realizar censos nocturnos en el Vaso IV debido a problemas de inseguridad para la integridad de los participantes; la información de la abundancia de cocodrilos en dicho cuerpo lagunar se obtuvo de trabajos científicos recientes que permiten realizar comparaciones. A lo largo de todo el periodo, el esfuerzo de muestreo efectivo acumulado (kilometraje recorrido buscando ejemplares) fue de 117km en total, 45km en el área del proyecto (Vaso II) y 72km en el área de influencia (12 y 60 para el Vaso I y Vaso III respectivamente).

Para el censado nocturno se utilizó el método de la Detección Visual Nocturna (DVN). En la DVN los recorridos en el cuerpo de agua son nocturnos para facilitar la detección del reflejo del efecto *tapetum lucidum*, que al recibir luz artificial los ojos de los organismos emiten (rojizo y amarillo naranja con luz halógena, blancos con LED's blancos y rojos con LED's rojos). Con una embarcación se recorrieron 39 transectos (Figura 6 y Tabla 4) de 1km de longitud cada uno, 4 en el Vaso I, 15 en el Vaso II y veinte en el Vaso III (10 en la ribera norte y 10 en la sur). El recorrido de los transectos se realizó siguiendo una ruta establecida mediante GPS, a una distancia promedio de 100 m de la ribera y una velocidad constante de 7.0 km/h. Se ilumina con lámparas de largo alcance la zona en busca de dicho reflejo, al ser detectado un organismo, este se mantiene bajo el haz de luz debido al efecto hipnótico que esto produce en el cocodrilo y para mantener la referencia espacial de la ubicación de este, evitando así que este se hunda, desplace o pierda de vista mientras se procede a realizar un acercamiento con la embarcación a la menor distancia necesaria para la determinación de su talla.

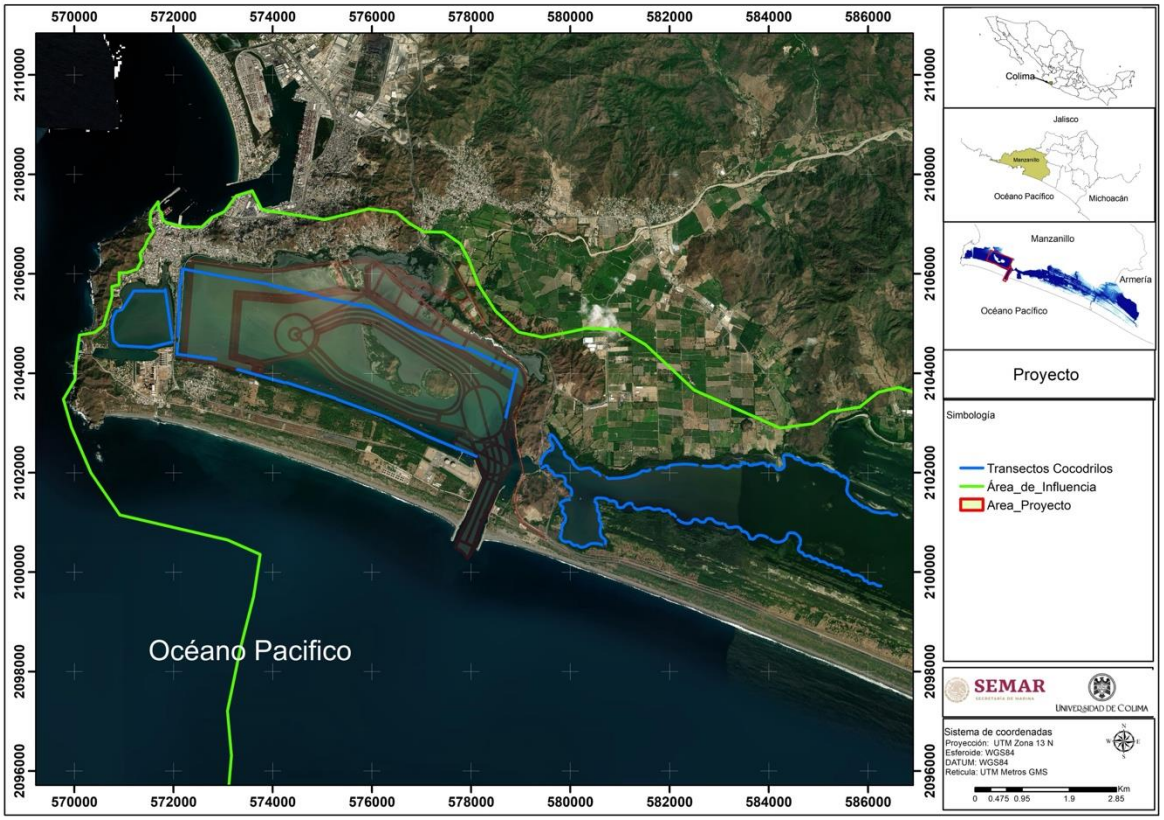


Figura 6. Ubicación de los 39 transectos nocturnos para el censado de cocodrilos en relación con el área del proyecto (rojo); en el Vaso I y II (en verde) y Vaso III (blanco).

Tabla 4. Coordenadas de inicio y termino de los transectos nocturnos recorridos para el registro de cocodrilos en el Vaso I, Vaso II y Vaso III.

Vaso	Transecto	Coordenadas de Inicio	Coordenadas de termino
Vaso I	1	571974.80 2104690.02	571833.86 2105681.95
	2	571799.30 2105653.55	570984.37 2105303.80
	3	570965.70 2105287.66	571025.25 2104548.82
	4	571074.03 2104549.75	2104549.75 2104626.16
	1	573289.00 2104080.00	574247.00 2103810.00
	2	574279.00 2103810.00	575267.00 2103500.00
	3	575295.00 2103480.00	576221.00 2103140.00
	4	576252.00 2103130.00	577208.00 2102690.00

Vaso II	5	577236.00 2102690.00	578109.00 2102330.00
	6	578692.89 2103128.42	578922.74 2104087.81
	7	578843.77 2104055.19	577929.83 2104499.82
	8	577858.49 2104492.49	576916.89 2104859.06
	9	576888.63 2104866.72	575990.13 2105327.70
	10	575949.39 2105331.14	574968.78 2105520.13
	11	574905.20 2105557.11	573925.95 2105779.04
Vaso II	12	573882.62 2105782.16	572908.21 2105960.74
	13	572852.36 2105971.65	572141.51 2105769.16
	14	2105769.16 2105729.70	2105729.70 2104737.57
	15	572068.01 2104593.74	572851.21 2104279.18
Vaso III Ribera Sur	1S	579833.00 2100820.00	579988.00 2101460.00
	2S	580636.00 2100550.00	579820.00 2100780.00
	3S	580493.00 2101420.00	580707.00 2100570.00
	4S	581251.00 2101350.00	580500.00 2101460.00
	5S	582119.00 2101120.00	581283.00 2101300.00
	6S	583071.00 2100980.00	582170.00 2101060.00
	7S	583977.00 2100690.00	583122.00 2100970.00
	8S	584638.00 2100600.00	584036.00 2100660.00
	9S	585318.00 2100110.00	584637.00 2100560.00
	10S	586262.00 2099720.00	585331.00 2100090.00
Vaso III Ribera Norte	1N	580020.00 2101540.00	579431.00 2102100.00
	2N	579405.00 2102180.00	579826.00 2102490.00
	3N	579871.00 2102420.00	580603.00 2101940.00
	4N	580733.00 2101900.00	581607.00 2102060.00
	5N	581737.00 2102070.00	582559.00 2102150.00
	6N	582676.00 2102140.00	583530.00 2102180.00
	7N	583582.00 2102180.00	584308.00 2102220.00
	8N	585076.00 2102140.00	584307.00 2102260.00
	9N	585652.00 2101500.00	585113.00 2102110.00
	10N	586488.00 2101160.00	585678.00 2101470.00

Análisis de datos de la fauna

La riqueza de especies se define como el número de especies diferentes presentes en un determinado espacio. Además se utilizó el **Índice de Riqueza de Margalef (D_{Mg})** es una medida ecológica sencilla para estimar la biodiversidad, calculada como el número de especies (S) menos uno, dividido por el logaritmo natural del número total de individuos (N) en la muestra: $D_{Mg}=(S-1)/\ln(N)$. Este índice corrige la riqueza de especies por el tamaño de la muestra, permitiendo comparar ecosistemas. **La abundancia relativa**, se define como el número de individuos de una especie, con relación al número total de individuos de todas las especies registradas en las unidades de muestreo, calculada mediante la siguiente fórmula:

$Ar=Ax/A_total \times 100$

Donde:

Ar =Abundancia Relativa

Ax = Número total de individuos de la especie x

Atotal = Número Total de individuos de todas las especies

Se utilizó el **índice de diversidad** de Shannon-Weaver de acuerdo con la formula siguiente:

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} Pi \ ln \ Pi$$

Donde:

Pi es la presencia relativa de la especie i y S el número total de las especies y ln (logaritmo natural). Además se estimará la Hmáx=Ln(N) y con ello la Equitatividad = Hmáx/H´.

El índice de diversidad es un estimador de la calidad ambiental de la comunidad de vertebrados o cualquier otro grupo de especies, debido a que su cálculo integra información de la riqueza, composición y abundancia de especies y estima la equitatividad del número de individuos por especie en cada muestreo. Se comparará la composición de especies por área de muestreo, para lo cual se empleará el **Índice de Jaccard para la Similitud de Especies**, el cual se estima mediante la siguiente fórmula (Brown y Lomolino, 1998):

$$J = \frac{j}{(a+b-j)}$$

Donde

j es el número de especies compartidas entre dos muestreos o dos periodos, a es el número de especies registradas en un muestreo o periodo y b es el número de especies registradas en otro muestreo o periodo a comparar. Los valores de J pueden ir de 0 a 1 indicando respectivamente nula o total similitud de la composición de especies de ambos muestreos o periodos bajo comparación.

Se realizó un análisis del esfuerzo de muestreo mediante el programa Estimates® que permite estimar la representatividad de la riqueza de especies de vertebrados reportados en cada zona muestreada.

Así mismo se ejecutó un **análisis de ocupación** (modelos de MacKenzie et al, 2003) para **estimar la probabilidad de que una especie ocupe un área determinada, ajustando los datos según la probabilidad de detección**. El análisis se realizó en R con la paquetería "*unmarked"* la cual tiene diferentes funciones asociadas a una variedad de modelos para predecir valores de probabilidad para la ocupación y detectabilidad de especies, de acuerdo con un seguimiento de visitas y registro de observaciones. Para este análisis se aplicó la función "occu", que hace referencia al modelo presentado por MacKenzie et al (2003). Según algunas referencias, es uno de los modelos más usados. Los modelos funcionan de acuerdo con una fórmula, la cual tiene dos componentes: detección y ocupación, quedando como

occu(modelo_detección modelo_ocupación, data =…)

donde en el modelo pueden especificarse covariables que puedan alterar la predicción de la probabilidad de ocupación/detección. El modelo usado en este análisis fue

occu(~1 ~1, data =…)

haciendo referencia a que solo se estima la probabilidad de detección y la probabilidad de ocupación para todos los sitios por igual (en este caso, tres sitios).

El modelo trabaja bajo la suposición de "está/no está", "se encuentra/no se encuentra", por lo que la distribución de probabilidad es un proceso Bernoulli. Siguiendo la notación de MacKenzie se define

ψ: $probabilidad\ de\ que\ la\ especie\ ocupe\ el\ sitio$

1−ψ: $probabilidad\ de\ que\ la\ especie\ no\ ocupe\ el\ sitio$

p: $probabilidad\ de\ que\ la\ especie\ sea\ detectada\ en\ una\ visita\ en\ el\ sitio$

1−p: $probabilidad\ de\ que\ la\ especie\ no\ sea\ detectada\ en\ una\ visita\ en\ el\ sitio$

En el modelo, además de las especies y sus datos de presencia y ausencia a través de los 35 sitios de muestreo durante los tres meses, se utilizó la zonificación (SAR, Influencia y Proyecto) y el grupo taxonómico (Amphibia, Reptilia, Aves y Mammalia) como covariables para analizar las tendencias, no solo por especies y sitios si no en una escala especial y biológica mayor.

Para estimar la densidad relativa de los cocodrilos en los diferentes vasos recorridos, se utilizan los transectos lineares como unidad de muestreo para determinar la abundancia o densidad de individuos por kilómetro lineal recorrido conocido como la tasa de encuentro (TE) es un parámetro estándar que permite la comparación de densidades o abundancias entre sitios, periodos de muestreo o estudios realizados en diferentes lugares o condiciones (Carvajal et al., 2005; García-

Grajales & Buenrostro-Silva, 2014, Rodas-Trejo & Ocampos-González, 2018; Trujillo-Martínez, 2018). En el caso de este estudio, en el que se utilizan de manera constante transectos de 1km lineal, la TE corresponderá al número de avistamientos por kilómetro linear, por lo que al determinar una cierta cantidad de individuos por una unidad fija de muestreo puede considerarse como densidad e indica abundancia. Así, a mayor TE, una mayor abundancia o concentración de individuos por kilómetro lineal censado.

Análisis comparativo de la abundancia, riqueza, estructura trófica y diversidad de la fauna así como su distribución en los sitios de muestreo representativos

Con toda la información recabada en los muestreos realizados en esta etapa se hizo una comparación de la abundancia, riqueza, estructura trófica y diversidad de la fauna en todos los sitios de muestreo actuales, recientes y anteriores. La Tabla 5 presenta todos los sitios muestreados anteriormente para este proyecto y en otros proyectos, junio con los que se realizaron entre enero a marzo 2026. Cabe recalcar que con el uso de esta información generada anteriormente se podrán realizar comparaciones de tipo estacional y espacial en la riqueza, abundancia y diversidad que permiten realizar inferencias más completas sobre el comportamiento de las comunidades faunísticas en la zona del proyecto y el SAR. Todos los muestreos han sido realizados por las mismas personas y con los mismos métodos lo que da más certeza a las comparaciones. En total se contó con información de 154 sitios de los cuales 108 se han establecido específicamente para la manifestación de impacto ambiental que nos ocupa; la totalidad de los 154 sitios se distribuyen de la siguiente manera 52 dentro del área del proyecto, 74 dentro de la zona de influencia y 28 dentro del SAR.

Tabla 5. Relación de los sitios de monitoreo previos y actuales.

Programa	Año	Grupo	Lugar	Proyecto	Influencia	SAR	Total sitios	Luvias				Transición				Secas			
								Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Fauna Lagunar	2019-2022	Fauna	Valle de las Garzas			6	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			Puerto Interior			3	3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			San Pedrito			1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			Cuyutlán		3		3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fauna Lagunar	2023-2024	Fauna	Vaso IV		5		5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Biodiversidad	2023 y 2024	Fauna	Vaso III		3		3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cocodrilos	2023 y 2024	Cocodrilos	Vaso II y III	5	20		25		X	X						X	X	X	X
MIA Puerto	2024-2025	Fauna	Vaso II	4			4					X	X	X					
	2025	Fauna	Vaso II	9		9	18									X			
	2025	Fauna	Vaso II	6	6		12												X
	2026	Fauna	Todos los vasos	13	13	9	35							X	X	X			
		Cocodrilos	Todos los vasos	15	24		39							X	X	X			
			Tot. Sitios en Gral	52	74	28	154												
			Tot. Sitios MIA Puerto	47	43	18	108												

Determinación de impactos ambientales

Se realizará un ejercicio de sobreposición de mapas donde se ubiquen las rutas de desplazamiento del tráfico portuario con respecto a las posibles rutas de las especies de tortugas marinas presentes en la zona. Las rutas migratorias de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en México se caracterizan por ser nómadas y pelágicas, sin corredores fijos estrictos, a diferencia de otras especies marinas. Estas tortugas recorren miles de kilómetros a través del Pacífico Oriental Tropical, moviéndose principalmente entre las zonas de alimentación en alta mar y las playas de anidación masiva o "arribadas. Se presentan las principales zonas de anidación en la costa centro del Pacífico. En México, las rutas migratorias de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) varían drásticamente entre las poblaciones del Pacífico y del Atlántico/Golfo de México. En el Pacífico se ubica una de las poblaciones más amenazadas del mundo de esta especie. Su anidación se concentra principalmente en playas de Michoacán (Mexiquillo), Guerrero (Tierra Colorada) y Oaxaca (Cahuitán y Barra de la Cruz) entre diciembre y marzo. Tras anidar, las hembras emprenden una migración directa hacia el sur, atravesando las corrientes ecuatoriales hacia zonas de alimentación en el Pacífico Sur, Galápagos, Perú y Chile. A diferencia de otras especies que bordean la costa, las tortugas laúd del Pacífico suelen alimentarse en zonas de afloramiento en mar abierto donde se concentran las medusas. En México, la tortuga verde (*Chelonia mydas*) sigue rutas migratorias diferenciadas según su población: la tortuga blanca en el Atlántico/Golfo de México y la tortuga negra en el Pacífico. En el Pacífico mexicano, las rutas conectan los sitios de reproducción con áreas de alimentación en lagunas costeras. Las hembras que anidan en las playas de Michoacán (principal sitio de reproducción) migran hacia el norte bordeando la costa hacia el Golfo de California o hacia el sur hacia Centroamérica. Existe una ruta migratoria importante entre estas islas oceánicas (Archipiélago de Revillagigedo) y las costas continentales para la reproducción.

Así mismo se analizó la posible interferencia del proyecto con las rutas migratorias de aves en el cuerpo laguna y el sitio Ramsar. En general, las rutas como tales son un tanto difusas pero se reconocen al menos 4 en Norteamérica, Pacífico, Centro, Misisipi y Atlántico, hay otra en el

Caribe, también hay migratorias que se cruzan de una a otra ruta en sus viajes de norte a sur y de regreso. En las guías de Norteamérica se puede ver con colores los sitios de reproducción, tránsito e hibernación. Muchas especies tienen más de un estatus de residencia, es decir que pueden tener poblaciones residentes y migratorias en una misma localidad o región. En la búsqueda de información de rutas migratorias de las especies de aves, se visitaron sitios en línea como MOTUS (https://motus.org/dashboard/#f=%7B%7D), MOVEBANK (https://www.movebank.org/cms/webapp?gwt_fragment=page%3Dsearch_map) y Bird Migration Explorer (https://explorer.audubon.org/home?layersPanel=collapse&legend=collapse). La revisión de las especies migratorias del estado de Colima se consultó en el sitio avesmx (https://avesmx.conabio.gob.mx/Inicio.html), en él se realizó una búsqueda por criterios y seleccionó el estado, las categorías de residencia relevantes y luego simplemente se generó el reporte mismo que fue descargado en Excel.

Se identificaron las áreas críticas para especies en riesgo y de conflicto con el proyecto y **mapas de calor** y corredores con SIG para superponer amenazas. **Para la elaboración del mapa de islas de calor** se utilizaron las imágenes de satélite landsat que permite calcular la temperatura terrestres y por lo tanto islas de calor. Existen trabajos previos que demuestran la precisión en la determinación de la temperatura por este medio. Se considera muy probable que la ampliación del puerto de Manzanillo provocó el incremento de temperatura (Isla de calor) en la zona de construcción y en mangle cercano a él. **Los métodos se presentan en un archivo anexo (Islas de Calor)**. En síntesis, se calculó la temperatura terrestre usando las imágenes Landsat desde enero de 1993 has justo antes de la construcción del puerto. Con la estimación de la temperatura posterior a la ampliación hasta la fecha, se determinó si hay cambio en la temperatura en dicha área. Con ello se pudo identificar en cuanto se incrementó la temperatura en la zona y el mangle cercano, para con ello predecir en cuantos grados centígrados puede incrementar la temperatura en el Vaso II y el mangle asociado.

Además se hará un análisis de los hábitats y hábitos de las especies registradas en campo durante todos los muestreos para evaluar el estado actual de la fauna y de los servicios ecosistémicos que esta ofrece y con ello contribuir a la evaluación de los impactos ambientales del

proyecto en relación a la biodiversidad y a la determinación de las medidas de prevención, mitigación y compensación resaltando los beneficios ambientales que tendrá su implementación, destacando que prevendrá, mitigará o compensará en mayor proporción y calidad a la actual.

Bibliografía

Aguilar-Olguín, S., Rivera-Rodríguez, M. C., Hernández-Hurtado, H., & Ramírez-Martínez, M. M. (2021). Conocimiento local sobre Crocodylus acutus (Reptilia: Crocodylidae) en la zona costera de Colima, México. Caldasia, 43(1), 117-125.

Aranda, M. (2012). Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. México: Comisión Nacional para el Conocimientos y Uso de la Biodiversidad.

Arriaga, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, V. Aguilar Sierra (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html

Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html;

Balaguera-Reina, S. A., Venegas-Anaya, M. D., Rivera-Rivera, B., Morales Ramírez, D. A., & Densmore III, L. D. 2018. How to estimate population size in crocodylians? Population ecology of American crocodiles in Coiba Island as study case. Ecosphere, 9(10), e02474.

Arriaga, L., V. Aguilar, J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html;

Brown, J. H., y M. V. Lomolino. 1998. Biogeography. Sinauer Associates.

Ceballos, G. y A. Miranda. 2000. Guía de campo de los Mamíferos de la Costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala, A. C. Instituto de Ecología e Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Carvajal, R. I., Saavedra, M., & Alava, J. J. 2005. Ecología poblacional, distribución y estudio de hábitat de Crocodylus acutus (Cuvier, 1807) en la "Reserva de producción de fauna manglares El Salado" del estuario del Golfo de Guayaquil, Ecuador. Revista de biología marina y oceanografía, 40(2), 133-140.

Chabreck, R. H. 1966. Methods of determining the size and composition of alligators populations in Louisiana. Proceedings 20th Annual Conference Southeastern Association of Game and Fish Commissioners, 20, 105–112.

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Pronatura, A.C. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México D.F.

CONABIO. 2016. Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad, escala: 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/sap_gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONABIO. 2016. Sitios prioritarios para la restauración, escala: 1:1 000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Disponible en:

http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/spr_gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONABIO. 2019. Corredores bioclimáticos para la conservación de la biodiversidad, escala: 1: 250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Ciudad de México, México. Disponible en: http://geoportal.conabio.gob.mx/#!l=clccrecgw@m=mixto;

CONABIO. 2020. Sitios de estudio de manglar en México, delimitados por el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), escala: 1:50000. edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Forma parte de los resultados del Sistema de Monitoreo de Manglares de México (SMMM). Ciudad de México, México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadata/gis/sitmanmexgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidadmarina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Pronatura, A.C. México.

García, A., & Ceballos, G. (1994). Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México. Fundación Ecológica de Cuixmala, AC.

García, A., Valtierra-Azotla, M., Cuarón, A., & Ceballos, G. (2010). Tendencias poblaciones de Crocodylus acutus en condiciones de protección en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. Revista Latinoamericana de Conservación, 1(2), 52-62.

García, A., Casas-Andreu, G., Martínez-Ortega, R y O. Ávila López. 2016. Herpetofauna de Colima: diversidad, distribución y estado de conservación. Paginas 431-441. En: Ortega-Huerta, M. A. y M. Balcázar-Lara (eds). Estudio de Estado de la Biodiversidad de Colima. Gobierno del Estado de Colima-Universidad de Colima-Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

García, A., González-Maya, J. F., & Ceballos, G. (2022). Biogeography of terrestrial vertebrates and its conservation implications in a transitional region in western Mexico. Plos one, 17(8), e0267589.

García, V. A. C. 2020. Estado poblacional y distribución del cocodrilo de pantano (Crocodylus moreletii) en regiones prioritarias de Petén, Guatemala. RevistaLatinoamericana de Herpetología, 3(2), 23-33.

García-Grajales, J. y Buenrostro-Silva, A. (2014). Abundancia y estructura poblacional de Crocodylus acutus (Reptilia: Crocodylidae) en la laguna Palmasola, Oaxaca, México. Revista de Biología Tropical, 62, 165–172.

García-Grajales, J., & Buenrostro-Silva, A. 2017. Estimación poblacional del cocodrilo americano (Crocodylus acutus) en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, Oaxaca, México. Revista mexicana de biodiversidad, 88(4), 936-943.

García-Grajales, J., & Zárate-Morales, J. A. 2020. Notas científicas. Ciencia y Mar, 24(71), 53-60.

Grosselete, M. y G. Ruiz. 2016. Aves de Colima. Gobierno del Estado de Colima

Howell, S.N.G., S. Webb. 1994. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press.

Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R., Pierce, L. J., & Painter, C. W. (2020). The amphibians and reptiles of Colima, Mexico, with a summary of their conservation status. ZooKeys, 927, 99.

López, Y. S. P., Ortega-Ortiz, C. D., Vázquez, S. H., Guerrero, J. A. C., Ortiz, A. O., & Cabello,

M. A. L. (2024). Spatio-temporal composition of aquatic birds community in Juluapan Lagoon, Colima, Mexican Central Pacific. Revista de Biología Tropical, 72(1), 4.

MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Hines, J. E., Knutson, M. G., & Franklin, A. B. (2003). Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. Ecology, 84(8), 2200-2207.

Magurran, A. E. 1991. Ecological diversity and its measurement. Chapman & Hall, London.

Mellink, E., & de la Riva, G. (2005). Non-breeding waterbirds at Laguna de Cuyutlán and its associated wetlands, Colima, Mexico. Journal of Field Ornithology, 76(2), 158-167.

Mellink, E. y M. Riojas-López. 2007. Modificaciones estructurales artificiales del la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. Revista Geográfica 142: 131-142.

Mellink, E. y M. Riojas-López. (2008). Waterbirds (other than Laridae) nesting in the middle section of Laguna Cuyutlán, Colima, México. Rev. Biol. Trap. 56(1): 391-397.

Mellink, E. y M. Riojas-López. (2009). Waterbirds and human-related threats to their conservation in Laguna Cuyutlán, Colima, México. Rev. Bio/. Trap. 57(1-2): 1-12.

Núñez-Martínez T.J. (2020). Análisis, evolución y escenarios ante desarrollo del puerto-ciudad en la laguna de Cuyutlán. Tesis de Licenciatura. Universidad de Colima. 98 pp.

Peña-Mondragón, J. L., García, A., Rivera, J. H. V., & Castillo, A. (2013). Interacciones y percepciones sociales con cocodrilo de río (Crocodylus acutus) en la costa sur de Jalisco, México. Revista Biodiversidad Neotropical, 3(1), 37-41.

Pérez-Valadez, N., Riojas-López, M.E. y Mellik, E. 2013. Aves de Manzanillo, Colima a El Salto, Jalisco. Guía de Campo. Universidad de Colima

Poindexter, C. J., Schnell, G. D., Sánchez-Hernández, C., de Lourdes Romero-Almaraz, M., Kennedy, M. L., Best, T. L., ... & Owen, R. D. (2012). Co-occurrence of small mammals in a tropical dry deciduous forest: comparisons of communities and individual species in Colima, Mexico. Journal of Tropical Ecology, 28(1), 65-72.

RAMSAR, 2025. Laguna de Cuyutlán vasos III y IV. Servicio de Información sobre Sitios RAMSAR. Revisado el 28 de agosto de 2025. Disponible en: https://rsis.ramsar.org-/es/ris/1985

Riojas-Lopez, M., Pérez, N., & Mellink, E. (Eds.). (2014). Mamíferos terrestres de

Manzanillo, Colima a el Salto, Jalisco (excepto murciélagos): Guía de campo. Universidad de Colima.

Rivera, M.C. y S. Aguilar. 2016. La Historia de los Cocodrilos en la Unidad de

manejo para la Conservación de la Vida Silvestre Centro Ecológico de Cuyutlán El Tortugario. Disponible en: https://tortugariocuyutlan.com/la-historia-de-los-cocodrilos-en-la-unidad-de-manejo-para-la-conservacion-de-la-vida-silvestre-centro-ecologico-de-cuyutlan-el-tortugario/

Rodas-Trejo, J., Ocampo-González, P., Mandujano-Camacho, H., Grajales-

Zepeda, R., & Hernández-Nava, J. 2018. Estado poblacional del Crocodylus moreletii (Reptilia: Crocodylidae) en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche, México. Quehacer científico en Chiapas, 12, 41-46.

Sánchez-Hernández, C., G.D. Schnell, M. de L. Romero-Almaraz, S.B. González-Pérez, M.L. Kennedy y T. L. Best. (2016a). Mamíferos (Mammalia). En: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. conabio. México, pp. 467-477.

Sánchez-Hernández, C., de Lourdes Romero-Almaraz, M., Schnell, G. D., Kennedy, M. L.,Best, T. L., Owen, R. D., & González-Pérez, S. B. (2016b). Bats of Colima, Mexico (Vol. 14). University of Oklahoma Press.

Schaldach Jr, W. J. (2022). Further notes on the avifauna of Colima and adjacent Jalisco, Mexico. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología, Vol. 38-75, 40(2), 299-316.

SEMARNAT (Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma 059. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre 2010.

SEMARNAT. 2019. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Modificación del Anexo Normativo III, NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 14 de noviembre 2019.

SEMARNAT. 2014. Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. Miércoles 05 de marzo de 2014, Diario Oficial de la Federación.

Tujillo Martínez, Á. D. 2018. Evaluación Poblacional de Caiman Crocodilus Chiapasius y Crocodylus Acutus en dos Sistemas Estuarinos (Ramsar) de Tonalá, Chiapas.

Vega-Rivera, J.H., E. Santana, S. Hernández-Vázquez y H. Verdugo-Munguía. 2016. Aves. En: La Biodiversidad en Colima. Estudio de Estado. CONABIO. México, pp. 445-461.

Velasco, J. (2024). Anfibios y reptiles del estado de Colima.

Velasco, J. R., Grünwald, C. I., Jones, J. M., & Carrillo, I. T. A. (2020). A revisión of the herpetofauna of Colima, Mexico. Revista Latinoamericana de Herpetología, 3(2), 61-82.

Zepeda-Borja, K. M., C. D. Ortega-Ortiz, E. Torres-Orozco y A. Olivos-Ortiz. 2017. Spatial and temporal distribution of sea turtles related to sea surface temperature and chlorophylla in Mexican Central Pacific waters. Revista de Biología Marina y Oceanografía 52(2): 377-387.

Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, II y IV) para medir el impacto hídrico y de sedimentación debido de la construcción de un puerto.

METODOLOGIAS DE HIDROGEQUÍMICO E ISOTÓPICO

1 MONITOREO HIDROGEQUÍMICO E ISOTÓPICO

En este apartado se presentan los procedimientos realizados en campo durante la recolección de muestras de agua superficial y subterránea desde Manzanillo hasta el Río Armería. Igualmente se describen los procesos para realizar los análisis hidrogeoquímicos, así como los pasos para interpretarlos.

La importancia de este muestreo radica en tener los elementos suficientes para comprender la dinámica del flujo de agua, esto se logra a través del estudio de su composición química y sus propiedades físicas. La caracterización hidrogeoquímica del agua subterránea exhibe una variabilidad significativa determinada por una interacción compleja de factores geológicos, bioquímicos, climáticos y topográficos. Estos elementos gobiernan la evolución química del sistema en función de la trayectoria del flujo (Shand et al., 2007). Desde una perspectiva física, el agua actúa como un solvente universal de alta eficiencia debido a su elevada constante dieléctrica, propiedad que facilita la disociación de sales y la solubilización de compuestos orgánicos mediante la hidratación de iones (Freeze y Cherry, 1979).

La firma química del agua depende del punto espaciotemporal donde se realice el muestreo. El ciclo evolutivo puede sintetizarse de la siguiente manera (Freeze y Cherry, 1979):

- Fase de Recarga (Aguas Meteóricas): Se caracterizan por ser soluciones oxidantes con altas concentraciones de oxígeno disuelto, baja carga de Sólidos Totales Disueltos (STD) y un pH que oscila de leve a moderadamente ácido.
- Tránsito y Alteración: Al infiltrarse a través de la zona biológicamente activa (suelo) y las unidades geológicas, el fluido adquiere constituyentes químicos mediante procesos de interacción agua-roca.
- Fase de Descarga: En puntos de emergencia (manantiales, ríos o lagos), el agua presenta un estado más "evolucionado". Esto se traduce en un incremento en los STD, una reducción o ausencia de oxígeno disuelto y una tendencia hacia un pH más básico.

El agua natural, en presencia de oxígeno y ácido carbónico (H_2CO_3), actúa como el principal agente de meteorización de la corteza terrestre. En las etapas iniciales de alteración de silicatos, se observa una liberación preferencial de cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), metales alcalinos y alcalinotérreos.

La magnitud de la transferencia de masa desde la fase sólida a la líquida está condicionada por variables críticas (Chebotarev, 1955):

1. Litología y Estructura: El tipo de formación y su porosidad/permeabilidad.
2. Parámetros Termodinámicos: Principalmente la temperatura del fluido.
3. Hidrodinámica: La velocidad del flujo, supeditada al gradiente hidráulico y la conductividad de la formación.

Bajo este esquema, se establece que un flujo de baja salinidad y alta velocidad posee un mayor potencial de disolución en comparación con aguas estancadas o de movimiento lento que se encuentran próximas al equilibrio químico (Chebotarev, 1955).

El transporte de agua subterránea desde las zonas de recarga hacia las de descarga no ocurre de forma lineal o mediante una trayectoria única. Por el contrario, el fluido se desplaza a través de diversas trayectorias con escalas temporales diferenciadas, conocidas como componentes del sistema de flujo (Escolero, 2018). Esta teoría permite integrar el funcionamiento hidrológico de los flujos mediante el reconocimiento de sus zonas de alimentación y emergencia (Fagundo-Castillo et al., 2014).

Makarenko (1948), propuso una zonificación basada en la influencia climática y el nivel base de descarga:

- Zona Superior (Flujo Activo): Caracterizada por una fuerte interacción con las condiciones climáticas. Su límite inferior está definido por el nivel base de descarga de corrientes locales (ríos y arroyos).
- Zona Intermedia (Flujo Retardado): Presenta una influencia climática atenuada. Su descarga está vinculada a los niveles base de grandes arterias fluviales.
- Zona Inferior (Flujo Lento): Zona de circulación profunda con velocidades de flujo mínimas, cuyo nivel base de descarga se sitúa por debajo de los sistemas fluviales principales.

Posteriormente, Tóth (1963) revolucionó este concepto al analizar el potencial hidráulico y los patrones de flujo intercuencas, clasificándolos en sistemas locales, intermedios y regionales, propuesta que Mifflin (1968) robusteció mediante la inclusión de variables indirectas como la temperatura para estimar la profundidad de circulación y la hidrogeoquímica para evaluar el incremento de la mineralización a lo largo de la trayectoria. Bajo este esquema, Mifflin identificó componentes específicos como el flujo local pequeño, caracterizado por rutas cortas e intracuenca con aguas jóvenes ricas en Carbono-14 (14C) y tritio (3H) y bajas concentraciones de Na+, K+, Cl- y SO4 2-; el sistema local, confinado a cuencas topográficas con aguas de edad intermedia y mineralización moderada; y el sistema regional, distinguido por trayectorias extensas alimentadas por múltiples sistemas locales, presencia de aguas termales en la descarga y una elevada carga de constituyentes disueltos.

Finalmente, la teoría de sistemas de flujo integra el concepto de continuidad hidráulica regional (Tóth, 1995), definida como una propiedad fenomenológica de las unidades litoestratigráficas que cuantifica la respuesta de la presión intersticial en un punto de observación ante un estímulo en el origen bajo una escala de tiempo específica. Esta conectividad y el movimiento lateral de los fluidos han sido corroborados por evidencias geofísicas e hidrológicas (Hatch y Carillo, 2017), permitiendo a naciones como Australia, Canadá y el Reino Unido desarrollar políticas públicas más precisas. La transición hacia esta perspectiva sugiere que la administración basada únicamente en balances hídricos estáticos presenta deficiencias críticas, siendo necesaria la comprensión de los sistemas de flujo para una gestión sostenible del recurso subterráneo (Carrillo et al., 2016).

Con el fin de realizar una correcta caracterización del área del sistema de flujo que está siendo estudiado, se recolectaron 24 muestras de agua, repartidas en la zona de estudio. La información hidrogeoquímica obtenida de estos puntos nos ayudará a comprender la dinámica del flujo y la conexión hidrogeológica que hay entre los

distintos cuerpos de agua subterránea y superficial, ya que a partir de la interpretación se pueden deducir procesos físicos como la interacción agua-roca, procesos de evaporación, determinación de familias de agua y distribución espacial de componentes hidrogeoquímicos.

1.1 Logística de muestreo

Se llevó a cabo el muestreo del 10 al 13 de febrero del 2026. Se recolectaron muestras de agua subterránea y de agua superficial quedando la distribución de la siguiente manera:

- 9 pozos
- 4 norias
- 1 muestra en el río Armería
- 6 muestras en el estero Palo Verde
- 2 en el vaso IV
- 3 en el mar.

1.2 Metodología de muestreo

En los 25 sitios muestreados se adquirieron 30 ml de agua para el análisis de aniones (Na^+, NH_4^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}) y cationes (F^-, HCO_3^-, Cl^-, Br^-, NO_3^-, PO_4^{3-} y SO_4^-); 4 ml para el análisis de isótopos estables (Oxígeno-18 y Deuterio); y únicamente en 19 sitios se adquirieron 60 ml para el análisis de elementos traza (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, V y Zn).

En cada sitio (a excepción de las muestras de agua de mar) se adquirieron los siguientes datos:

- Coordenadas
- Memoria fotográfica
- Parámetros físico-químicos con una sonda multiparamétrica de la marca Hanna (HI98194/10)[1] (Figura 1), ver Anexo 3.1 para más detalles :
    - Potencial Hidrógeno (pH)
    - Potencial Redox (Eh)
    - Conductividad eléctrica (CE)
    - Resistividad (R)
    - Sólidos totales disueltos (STD)
    - Salinidad (PSU y Sigma t) y temperatura del agua con la sonda multiparamétrica Hanna (HI98194/10)

  Cada día de muestreo, antes de utilizar la sonda multiparamétrica se calibró con sus respectivas soluciones buffer. Y en cada registro se enjuagó con agua destilada antes y después de usar.

[1] No se cuenta con los datos para las muestras de agua de mar



Figura 1. Ejemplo de medición con sonda multiparamétrica

- Parámetros químicos determinados mediante kits de titulación por colorimetría marca LaMotte[2] [3] (Figura 2), ver Anexo 3.2 para especificaciones técnicas:
  - Oxígeno Disuelto
  - Dureza de Calcio
  - Amonio
  - Alcalinidad
  - Sulfito
  - Sulfato
  - Dióxido de Carbono

El análisis de los parámetros físico-químicos, se realizó, según el caso, directamente en el cuerpo de agua, dentro de las norias, o bien, adquiriendo una muestra en un recipiente.

[2] Estos kits se realizaron sólo en algunos sitios
[3] No se cuenta con los datos para las muestras de agua de mar



Figura 2. Ejemplo de medición con kits de colorimetría

Antes de realizar cualquier prueba de medición se enjuagaron los tubos de ensayo y el bote muestreador, al menos tres veces con el agua del pozo que se va a examinar y al finalizar se enjuagaron con agua destilada.
Los residuos químicos generados de cada parámetro analizado se reunieron en botellas de polietileno para su posterior tratamiento en laboratorio. A continuación, se describen las metodologías para la realización de los diferentes kits de titulación.

1.2.1 Oxígeno disuelto

Se llena completamente el bote muestreador con el agua de pozo, evitando que queden burbujas dentro del mismo. Para ello, se utiliza otra botella de polipropileno de mayor diámetro para sumergir el bote muestreador en el agua del pozo.
Posteriormente, se agregan ocho gotas de la solución Sulfato de Manganeso y enseguida ocho gotas de la solución azida de yoduro de potasio alcalino, se tapa, mezcla y se deja reposar por un tiempo hasta que ocurra la precipitación. Cuando el cuello de la botella se vea transparente se añaden ocho gotas de Ácido Sulfúrico 1:1, se tapa y mezcla la solución hasta que el reactivo y el precipitado se homogenicen y disuelvan.
Con la solución obtenida se llenan 20 mL del tubo de ensayo y se comienza la titulación con Tiosulfato de Sodio hasta que la solución baje a un color amarillo pálido, posteriormente se agregan ocho gotas del Indicador de Almidón y se continua la titulación hasta que la solución se vuelva transparente, se lee el resultado de la jeringa de titulación en ppm de oxígeno disuelto. (Figura 3)



Figura 3. Kit de Oxígeno Disuelto

1.2.2 Dureza de Calcio

Se llena el tubo de ensayo con 12.9 mL con el agua del pozo, se agregan seis gotas del Reactivo Hidróxido de Sodio, se mezcla ligeramente y se agrega una pastilla de Reactivo Dureza de Calcio, se vuelve a mezclar hasta que la pastilla se disuelva completamente. Si la solución se torna rosa se procede con la titulación. Cuando la solución se pinta azul, no hay una cantidad medible de dureza de calcio mediante el kit de titulación (> 4 ppm). Mientras se gira suavemente el tubo de ensayo, se va añadiendo el Reactivo para titulación de Dureza N.°7 gota a gota hasta que el color rosa cambie a azul, entonces se registra la cantidad que señala el embolo de la jeringa que corresponde a la dureza de calcio en ppm de carbonato de calcio (CaCO3). (Figura 4)



Figura 4. Kit de Dureza de Calcio

1.2.3 Amonio

Se vacían 5 mililitros de agua de la muestra en un tubo de ensayo, ahí se agrega cinco gotas de reactivo de nitrógeno de amonio '1' y se deja pasar un minuto, posteriormente se agrega doce gotas del nitrógeno de amonio '2' y se deja pasar 6 minutos más. Se lee la cantidad de amonio de la muestra con ayuda de una escala de color. (Figura 5)



Figura 5. Kit de Amonio

1.2.4 Alcalinidad

El tubo de ensayo se llena a 5 mL con el agua de pozo, posteriormente, se le agrega una pastilla indicadora BCG-MR, se tapa y se agita algo rápido hasta que la pastilla se disuelva, tornando a la solución de color azul verdoso. Se llena la jeringa de titulación con el Reactivo de titulación B Alcalinidad, se inserta en el centro de la tapa del tubo de ensay y gentilmente se va presionando para agregar gota a gota el Reactivo B, al mismo tiempo que se va agitando un poco el tubo con la muestra hasta que esta se vuelve morada. Cuando la solución se encuentra sobresaturada se volverá de color rosa, por ello es muy importante ir agregando el reactivo de titulación gota por gota. El valor de la jeringa corresponde a la alcalinidad total en ppm de carbonato de calcio (CaCO3). (Figura 6)



Figura 6. Kit de Alcalinidad

1.2.5 Sulfito

Se vacían 10.5 mililitros de agua de la muestra en un vaso de ensayo, a esta agua se agrega 10 gotas de Sulfi te Reagent A, 5 gotas de Sulfi te Reagent B.

Se titula con una jeringa con el reactivo de titulación Sulfi te Reagent C, añadiendo gota a gota hasta que el color del agua cambie a azul. (Figura 7)



Figura 7. Kit de Sulfito

1.2.6 Sulfato

Se agrega 10 mililitros del agua de la muestra al tubo de ensayo, se agrega una tableta de Sulfate, se mezcla hasta desintegrarse, se inserta la botella de ensayo en la gradilla y se toma la lectura. (Figura 8)



Figura 8. Kit de Sulfato

1.2.7 Dióxido de Carbono (CO2)

Llenar el tubo de ensayo hasta los 20 mL con el agua del pozo y para evitar que se contamine con el aire se debe agregar lo más rápido posible las dos gotas del indicador de Fenolftaleína 1%, si la solución permanece incolora se procede a hacer la titulación, si la solución se torna rosa indica que no hay dióxido de carbono libre presente en la muestra.
Se llena la jeringa de titulación con el Reactivo B de Dióxido de Carbono, se inserta en el agujera central de la tapa de titulación y mientras se mezcla gentilmente se añade gota a gota el reactivo B hasta que la solución se torne rosa claro y mantenga el color por 30 segundos. Se lee y registra el resultado de la prueba directamente de la escala de la jeringa de titulación que está en ppm de Dióxido de Carbono. (Figura 9)



Figura 9. Kit de Dióxido de Carbono

Para la recolección de muestras de agua se procedió a 'ambientar' los envases de polietileno con el agua del sitio en cuestión, enjuagando tres veces antes de tomar las muestras. Las muestras de los elementos traza y iones mayores fueron filtradas por goteo (para no romper ni dañar el filtro) usando un porta-filtro y una membrana millipore de nitrocelulosa de 0.45 µm. La muestra se adquirió con una jeringa de 60 mL. (Figura 10)



Figura 10. Filtrado de muestras con jeringa

Una vez filtrada la muestra de elementos traza se acidificó con ácido nítrico (HNO_3) de alta pureza, hasta alcanzar un pH de 2 unidades para evitar la precipitación de los iones (Appelo y Postma, 2005). Posteriormente, las muestras se almacenaron en una hielera para mantenerlas aproximadamente a 4 °C con la finalidad de evitar la proliferación de bacterias que consumen materia inorgánica y así conservar las especies iónicas.

Las botellas para isótopos y elementos mayores se llenaron sin dejar burbujas de aire dentro de ellas para evitar en medida de lo posible su interacción con la atmósfera y alterar los valores.

En el caso del muestreo en los pozos, se dejaba correr el agua del pozo cierto tiempo, si éste estaba apagado al llegar al sitio. Lo anterior, con el objetivo de asegurar que el agua proviniera del subsuelo y no fuera la almacenada en la tubería. De esta manera se evitan impurezas que pudieran haber sido generadas mientras el agua se mantuvo almacenada en la red hidráulica. Toda la información recabada en campo se registró un formato de campo (Figura 11) para su posterior vaciado computacional y análisis en gabinete.

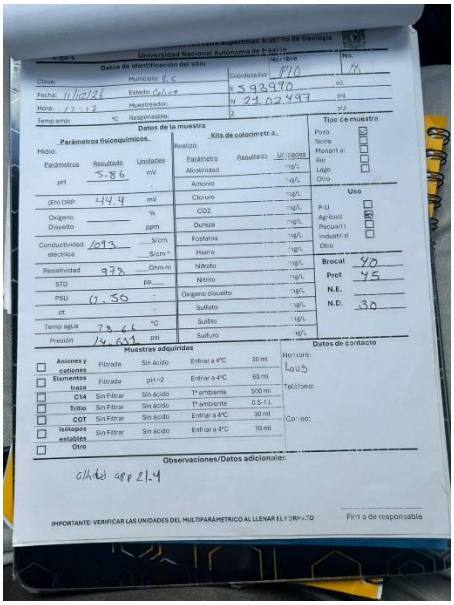


Figura 11. Ejemplo de formato de campo

Para el caso del análisis de los parámetros químicos mediante kits de titulación se enjuagaron los tubos de ensayo y el bote muestreador, al menos tres veces con el agua del pozo que se va a examinar y al finalizar se enjuagaron con agua destilada.
Los residuos químicos generados de cada parámetro analizado se reunieron en botellas (Figura 12) de polietileno para su posterior tratamiento en laboratorio.



Figura 12. Ejemplo de formato de campo

1.3 Metodología de análisis de laboratorio

1.3.1 Medición de aniones y cationes

El análisis de aniones y cationes de las muestras recolectadas se llevó a cabo en el Laboratorio de Cromatografía de Líquidos del Instituto de Geología en la UNAM (Figura 13), donde se llenó un formato con las especificaciones de las muestras y los análisis solicitados (Figura 14).



Figura 13. Entrega de muestras al el Laboratorio de Cromatografía de Líquidos



Figura 14. Llenado del formato en el Laboratorio de Cromatografía de Líquidos

Dicho análisis se realizó con cromatografía de iones, utilizando un cromatógrafo de líquidos, marca Waters® (Figura 15), constituido por un detector de conductividad modelo 432, dos bombas binarias modelo 1525, un automuestreador modelo 717 plus y un desgasificador en línea modelo AF.



Figura 15. Ejemplo cromatógrafo (https://www.waters.com/).

Las condiciones de trabajo para el análisis de aniones fueron las siguientes: una columna analítica IC-Park Anion HR marca Waters® de 4.60 x 75.00 mm, empacada con partículas de 5.00 µm para la fase estacionaria y una mezcla de acetonitrilo/butanol/concentrado de boratos en agua para la fase móvil en modo isocrático a un flujo de 1.00 mL/min (Isocrático, cuando, durante toda la separación, se utiliza siempre el mismo solvente).

Por otra parte, las condiciones de trabajo para el análisis de cationes fueron las siguientes: una columna metrosep C6 250 de 250x4.0 mm de Metrohm® (Figura 16), empacada con partículas de diámetro de 5.00 µm

para la fase estacionaria y una mezcla ácido nítrico/ácido dipicolónico para la fase móvil en modo isocrático con un flujo de 0.90 mL/min.



Figura 16. Ejemplo de columna metrosep C6 250 de 250x4.0 mm marca de Metrohm.

El control de calidad para la cromatografía de iones consiste en construir curvas de calibración preparadas a partir de materiales de referencia certificados (MRC) trazables al NIST (National Institute of Standards and Technologies). Posteriormente, se analiza un blanco (muestra de agua ultrapura) que se analiza e intercala cada 10 muestras para verificar la calibración del equipo. Con los valores encontrados se construyen cartas control para cada analito (componente de interés en la muestra). Adicionalmente al blanco, se analiza aleatoriamente un duplicado de alguna de ellas. Con ello se determina la desviación porcentual relativa, la cual debe ser menor al 3 %.

1.3.2 Medición de elementos traza

Los elementos traza fueron analizados en el Laboratorio de Espectroscopías Atómicas (LANGEM) del Instituto de Geología, UNAM (Figura 17), mediante un plasma de acoplamiento inductivo con un espectrofotómetro de emisión óptica (ICP-OES) con un equipo de última generación Perkin Elmer Optima 8300 DV, ajustado a un instrumento de detección multielemental S10 Perkin-Elmer. El método de análisis está basado en el método epa6010d de la Environmental Protection Agency (2014), que indica los controles de calidad y se basa en el análisis de blancos y muestras de concentraciones conocidas cada 10 muestras.



Figura 17. Entrega de muestras al Laboratorio de Espectroscopías Atómicas

El proceso de análisis mediante el espectrómetro PerkinElmer Optima 8300 DV (Figura 18) comienza con la introducción de la muestra de agua previamente acidificada a través de una bomba peristáltica, la cual la dirige hacia un sistema de nebulización donde el fluido se convierte en un aerosol fino mediante una corriente de gas argón. Este aerosol es transportado hacia una antorcha de plasma de acoplamiento inductivo (ICP), donde la tecnología de inducción Flat Plate™ genera un campo de energía que mantiene un plasma a temperaturas extremas, oscilando entre los 6000 K y 10000 K. En este entorno de alta energía, la muestra experimenta procesos sucesivos de desolvatación, atomización e ionización; al retornar a sus estados energéticos fundamentales, los átomos e iones de los elementos presentes (como metales y elementos traza) emiten fotones en longitudes de onda características que actúan como una huella digital óptica.



Figura 18. PerkinElmer Optima 8300 DV

La particularidad del sistema Dual View (DV) permite que el equipo capture estas emisiones desde dos perspectivas distintas: una configuración axial, que observa el plasma a lo largo de su eje para maximizar la sensibilidad en la detección de elementos a niveles de traza, y una configuración radial, que observa a través del plasma para analizar concentraciones mayores y minimizar las interferencias de la matriz química. Finalmente, la luz emitida es procesada por un sistema óptico de alta resolución (red de difracción Echelle) que separa las longitudes de onda específicas, las cuales son registradas por un detector de dispositivo de carga acoplada segmentado (SCD). Este detector convierte la intensidad lumínica en señales eléctricas que son cuantificadas y comparadas con estándares de calibración para determinar con alta precisión la concentración elemental de la muestra original. (PerkinElmer Inc., 2011))

1.3.2 Medición de isótopos estables

Los isótopos estables fueron analizados en el Laboratorio de Isótopos Estables (LANGEM) del Instituto de Geología, UNAM (Figura 19).

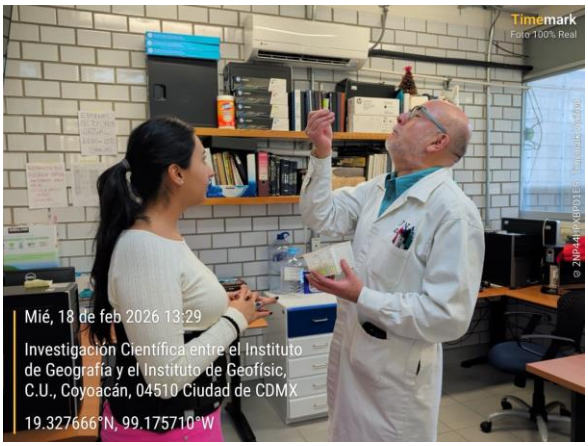


Figura 19. Entrega de muestras al Laboratorio de Isótopos Estables

Las medidas isotópicas de las muestras de agua se realizan utilizando un espectroscopio LGR (Los Gatos Research, Inc.), LWIA (Liquid Water Isotope Analyzer); modelo 908-0008-30001 (Figura 20) para medir isótopos estables que utiliza la técnica SIRIS por sus siglas en inglés (STABLE ISOTOPE RATIO INFRARED SPECTROSCOPY), usando un Automuestrador LC- PAL.



Figura 20. Espectroscopio LGR, LWIA

Las muestras de agua fueron filtradas utilizando una membrana PES (Polietilen sulfona) con un tamaño de poro de 0.2µm y 30 mm de diámetro (Figura 21); se coloca un volumen de 1.75 mL aproximadamente en un vial de 2.0 mL, con septa de teflón. La muestra de agua líquida (920 nanolitros con una jeringa Hamilton de 1.2 microlitros), es introducida a través de un inyector a una temperatura de 105oC y a una presión de 0.05 mBar. El instrumento genera un haz de luz infrarroja y mide la absorción de esta luz en un intervalo de longitud de ondas múltiple provocada por la pérdida de la intensidad luminosa debida al paso de la luz a través de las moléculas de agua que se encuentran en la cavidad.



Figura 21. Membrana PES

Para alcanzar una mayor sensibilidad en la determinación, la luz infrarroja se refleja “n” (≅ millones) de veces en el interior de la cavidad, esto se logra mediante la reflexión de la luz en espejos cóncavos en la cavidad, antes de alcanzar al detector.

La longitud de onda del diodo láser emisor es ajustada en las líneas de absorción de las moléculas de agua (1H216O, 1H2H16O y 1H218O) todas ellas cercanas a los 1390 nm (1,4 µm).

La integración de las áreas de las líneas de absorción resueltas corregidas por efecto de temperatura del gas permiten calcular las concentraciones moleculares; a partir de las cuales se obtienen las relaciones isotópicas atómicas 2H/1H y 18O/16O, (en el equipo).

Cada muestra se inyecta 8 veces (cada inyección se lee 20 veces), estadísticamente se toman las 4 ultimas inyecciones, para evitar el efecto memoria; para verificar los resultados se inyecta un juego de Materiales de Referencia y un estándar interno, cada 10 muestras.

Para estimar la precisión y exactitud de la medida del conjunto de muestras se utiliza una muestra de valor conocido como estándar interno WICO 2, laboratorio de referencia Bottle ID #46 del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). Para esta técnica δ18OVSMOW = –5.11 ± 0.02 ‰ y δ2H VSMOW = -41.9 ± 0.8 ‰ n = 25, la desviación estándar reportada por otros laboratorios es de 0.2 ‰ para la relación isotópica de oxígeno y 2.0 ‰ para hidrógeno. El valor reportado para esta muestra está dado por el Organismo Internacional de Energía Atómica IAEA.

Cada 10 muestras se colocan muestras de agua de composición isotópica conocida.

Los resultados de δ18OVSMOW y δ2H VSMOW son normalizados en la escala VSMOW, utilizando VSMOW y VSLAP (n = 8 de cada Material de Referencia); los resultados (media y desviación estándar se incluyen con los resultados isotópicos de las muestras a analizar) de acuerdo con Coplen (1988 y 2006).

1.4 Metodología para la interpretación de resultados

1.4.1 Diagrama de Piper

El diagrama que Piper (Figura 22) presentó en 1944 representa una evolución de los diagramas triangulares al proponer modificaciones importantes a los diagramas trilineales existentes, (principalmente a los de Hill y Langelier) para el análisis y visualización de datos hidroquímicos. Su diagrama está basado en los constituyentes catiónicos y aniónicos más abundantes en aguas naturales para representar tipos químicos de agua. En el primer grupo se encuentran: Ca2+y Mg2+, conocidos como ‘alcalino térreos’; posteriormente, los ‘álcalis’, Na+y K+, el cual a pesar del primer en aguas naturales es menos abundante que el Na+, por lo que es común ver agrupados a estos dos últimos cationes en diagramas de este tipo. Por otro lado, los menos abundantes son: HCO3-conocido como ‘ácido débil’; SO42-y Cl-conocidos como ‘ácidos fuertes’. Los demás

constituyentes tanto catiónicos como aniónicos menos abundantes que pudieran presentarse en cantidades apreciables en aguas naturales altamente concentradas o de composición inusual se suman con los tres componentes principales con los que están relacionados, (catión o anión) respectivamente, en propiedades químicas, de acuerdo a ciertos rangos de entrada calculados como recíprocos de peso combinando basados en los pesos atómicos internacionales de 1938. (Rodríguez, 2021)

Este diagrama es un método gráfico que ayuda a identificar a simple vista la composición química del agua, con él se identifican las familias de agua, con base a los porcentajes de las concentraciones de iones como Calcio, Sodio, Potasio, Cloruros, Magnesio, Carbonatos, Bicarbonatos y Sulfatos. Para ello, se normalizan las concentraciones de los iones (porcentaje) y se sitúan en diagramas triangulares, el diagrama de Piper consta de dos triángulos en los que se colocan las proporciones de cationes y aniones en [meq/L]. En el triángulo de los aniones el 100% se leen contrario a las manecillas del reloj, el Cl^- se encuentra en la parte inferior del triángulo, en el lado derecho el SO_4^{2-} y de lado izquierdo HCO_3^-. El triángulo de cationes se lee en sentido de las manecillas del reloj, el Ca^{2+} se encuentra abajo, el Mg^{2+} en el lado izquierdo y el Na^+ de lado derecho. Una vez ubicados los puntos se traza una línea paralela al lado derecho del triángulo para los aniones y una línea paralela al lado izquierdo del triángulo para los cationes, estas líneas se unen en un rombo y de este modo la composición química de la muestra queda indicada en un solo punto (Appelo & Postma, 2005). Por ejemplo, bicarbonatada magnésica cálcica, bicarbonatada sódica entre otras.

Entre las utilidades de este diagrama están: la visualización de la evolución geoquímica de las aguas subterráneas; detectar cambio catiónico, mezclas entre dos tipos de agua; procesos de dilución o precipitación de especies iónicas; validar o plantear hipótesis sobre la localización de la zona de recarga de los acuíferos. (Rodríguez, 2021)

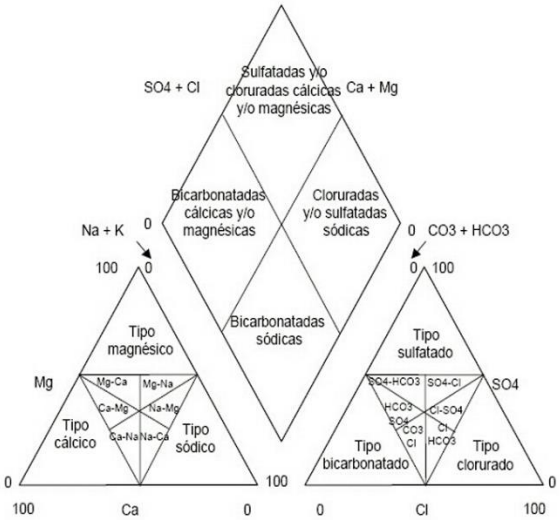


Figura 22. **Familias de agua del diagrama de Piper.**

1.4.1 Diagrama de Stiff

Un **diagrama de Stiff** utiliza tres o cuatro ejes horizontales paralelos que se extienden a cada lado de un eje vertical de valor cero. De este modo, se pueden graficar cationes (colocan Na+ y Cl-, Ca2+) y aniones (y HCO3-, Mg2+ y SO42-) a la izquierda y a la derecha del eje vertical, respectivamente. Las concentraciones se expresan en **meq/l** (miliequivalentes por litro). Los puntos resultantes se conectan para formar un patrón poligonal irregular. El tamaño del patrón es aproximadamente igual al contenido iónico total.

Clásicamente, los pares son sodio-cloruro, calcio-bicarbonato, magnesio-sulfato e hierro-carbonato. Por lo general, la línea de hierro-carbonato es pequeña o inexistente. Además, los diagramas pueden trazarse utilizando una escala de meq/l lineal o logarítmica. El gráfico logarítmico es útil para amplios rangos de composiciones de agua sin tener que cambiar la escala. Este diagrama también puede utilizarse para evaluar la deducción de la roca fuente descrita anteriormente, si la sílice se representa mediante una línea de longitud adecuada. En la Figura 23 se muestran diagramas de Stiff de aguas procedentes de acuíferos de diferentes tipos de roca. En dichos diagramas, los ejes están en escala logarítmica de meq/l. (Hounslow, 1995)

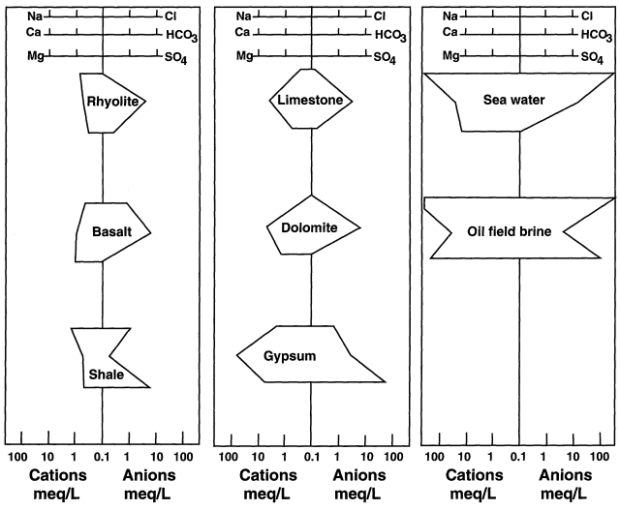


Figura 23. Diagrama de Stiff para diferentes litologías (Tomada de Hounslow, 1995).

1.4.1 Diagrama de Gibbs

Gibbs (1970) propuso dos diagramas para conocer los principales mecanismos que controlan las aguas naturales, uno de ellos considera a los principales cationes que caracterizan los miembros finales de las aguas superficiales del mundo, el Ca2+para los cuerpos de 'agua dulce/fresca' y el Na+para representar los cuerpos de alta salinidad; el segundo diagrama toma en cuenta al Cl-y HCO3-al ser los aniones que se encuentran en mayor concentración en las aguas superficiales. Con estos iones estableció las relaciones: Na+/ (Na++ Ca2+)

y Cl-/ (Cl-+ HCO3-), como funciones de las sales totales disueltas en las aguas superficiales del mundo. Estas relaciones iónicas corresponden al eje 'x' y se grafican contra la variación en la salinidad total (STD) como se muestra en la Figura 24. (Rodriguez, 2021).

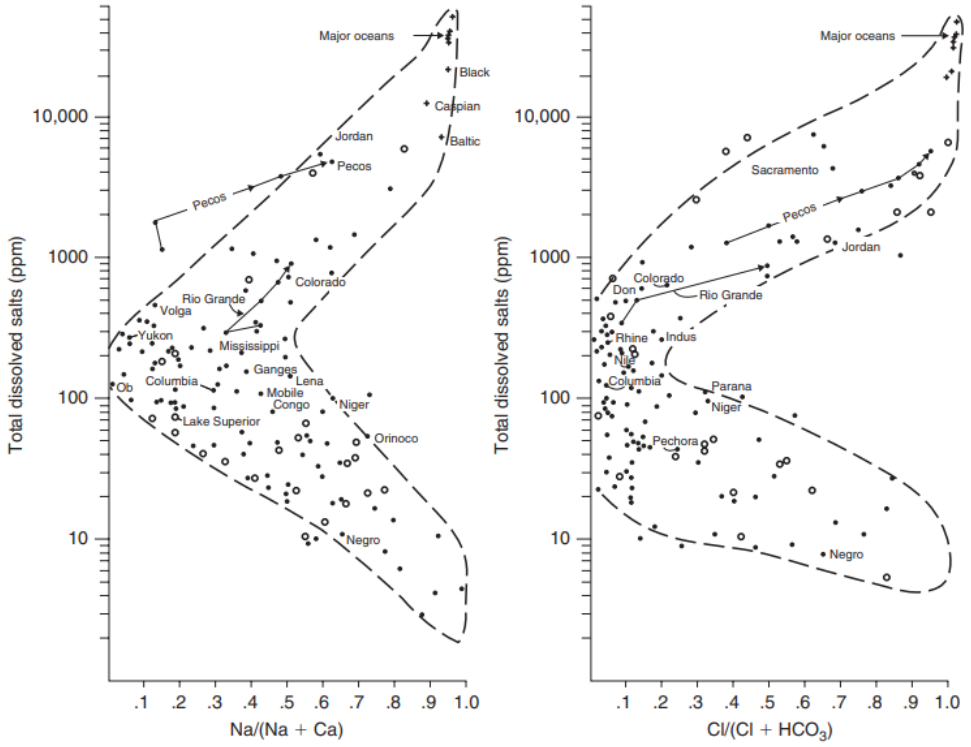


Figura 24. Diagrama de Gibbs con salinidad de cuerpos de agua superficial (Tomada de Appelo & Postma, 2005).

En el diagrama de Gibbs es un gráfico que relaciona la concentración de sólidos disueltos totales y la razón del contenido de Sodio-Potasio-Calcio o Sodio-Bicarbonato. El diagrama presenta tres zonas asociadas a los procesos de evaporación, interacción agua-roca y la precipitación. El patrón observado refleja uno de los tres mecanismos dominantes de la química del agua: precipitación (el cual se encuentra en la zona debajo contenido de iones y STD), interacción agua-roca (dominancia de la roca), y evaporación, de esta manera el diagrama nos permite la identificación de algunos procesos hidrogeoquímicos. La escala del eje y STD es en base logarítmica de 1 hasta 1,00,000. En estos se observa si la muestra se encuentra en el área de dominio de la precipitación, interacción agua roca o evaporación-cristalización. (Gibbs, 1970).

Como se mencionó anteriormente, el diagrama propuesto por Gibbs en 1970 es para aguas superficiales. Sin embargo, también ha sido usado para aguas subterráneas, por lo que Marandi y Shand (2018) analizaron y discutieron los procesos propuestos en el diagrama de Gibbs y aquellos que rigen la química del agua

subterránea en el marco de este diagrama, proponiendo reconsiderar la presentación del contorno de "boomerang" (Figura 25) para parcelas que involucran sistemas de aguas subterráneas, ya que las interacciones agua-roca son las que dominan en estas aguas y por ende, ocupan un área mayor del diagrama.

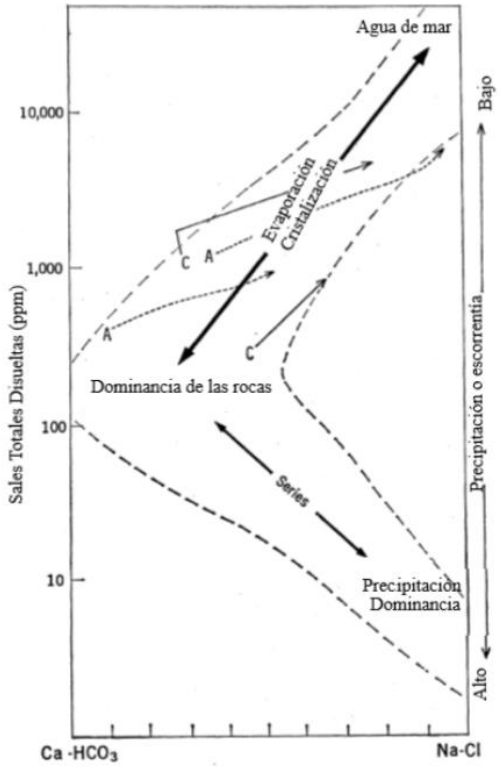


Figura 25. Diagrama con la división de los mecanismos dominantes de la composición química de las aguas superficiales (Tomada de Gibbs, 1970).

1.4.1 Diagrama de dual de isótopos estables

Este diagrama se construye ver la relación entre el contenido de Oxígeno-18 (18O) y Deuterio (2H) en las muestras adquiridas. En el eje de las X se colocan los valores de Oxígeno-18, mientras que en el de las Y, el de Deuterio, ambas cantidades en unidades de per mil (‰). De este modo se pueden comparar los valores obtenidos con la Línea Meteórica Mundial (Figura 26) y así poder definir los procesos por lo que pasó el agua muestreada. Craig (1961), observó una fuerte correlación entre el 18O y el 2H (deuterio) en las aguas dulces mundiales. La línea de regresión para estos datos da como resultado la «línea meteórica mundial» (GMWL), definida como:

$$\delta = D\ 8\ \delta + 18O\ 10‰$$

La regresión de los datos de precipitación produce la misma línea, por lo que la GMWL (Línea Meteórica Mundial) puede utilizarse como un dato de referencia (datum) para comparar la composición isotópica de las aguas superficiales y subterráneas.

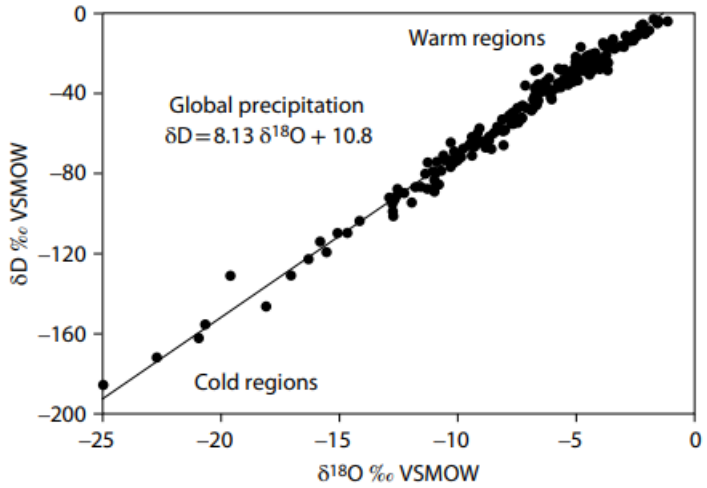


Figura 26. Diagrama dual de la correlación entre δ18O–δD2H (Tomada de Clark, 2015).

2 REFERENCIAS

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). Geochemistry, Groundwater and Pollution (2a ed.). A.A. Balkema Publishers.

Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*. CRC press.

Chebotarev, I. I. (1955). Metamorphism of natural waters in the crust of weathering—1. Geochimica et Cosmochimica Acta, 8(1–2), 22–48

Coplen, T. B. (1988). Normalization of oxygen and hydrogen isotope data. *Chemical Geology: Isotope Geoscience Section*, *72*(4), 293-297.

Coplen, T. B., Brand, W. A., Gehre, M., Gröning, M., Meijer, H. A., Toman, B., & Verkouteren, R. M. (2006). New guidelines for δ 13C measurements. *Analytical chemistry*, *78*(7), 2439-2441.

Craig, H. 1961. “Isotopic Variations in Meteoric Waters.” Science 133:1702–1703

Escolero Fuentes, Ó. A. (2018). Los sistemas de flujo de aguas subterráneas. En Sistemas regionales de flujo de agua subterránea en México (1a ed., pp. 57–83). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Fagundo-Castillo, J. R., Alconada-Magliano, M. M., Carrillo-Rivera, J. J., & González-Hernández, P. (2014). Caracterización de los flujos de agua subterránea a partir de su salinidad. Tecnología y Ciencias del Agua, V(3), 63–80.

Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Prentice-Hall

Gibbs, R. J. (1970). Mechanisms controlling world water chemistry. Science, 170(3962).

Hatch Kuri, G., & Carrillo Rivera, J. J. (2017, julio). ¿Qué hacer con el agua subterránea? Nexos

Hounslow, A. (2018). Water quality data: analysis and interpretation. CRC press.

Makarenko, F. A. (1948). On base flow, Troudy Laboratorii gidrogeologicheskikh problem USSR. Academy of Sciences, 1, 51–71

Martínez Casas, Zaida, sustentante Modelo hidrogeológico local del pozo Santa Catarina 3A / 2022

Mifflin, M. D. (1968). Delineation of Ground-Water Flow Systems in Nevada. Center for Water Resources Research, Desert Research Institute, University of Nevada System, Technical Report Series H-W (Número 4, p. 121)

PerkinElmer Inc. (2011). *Optima 8x00 Series ICP-OES Hardware Guide*. Shelton, CT, USA.

Rodriguez Padilla, Susana, sustentante Establecimiento de la línea base hidroquímica inorgánica del agua subterránea en la subcuenca de chalco, méxico / 2021

Selene, O. O., Ricardo, S. M., Lorena, R. G., Eric, M. C., Olivia, Z. M., Javier, T. L., ... & Felipe, A. V. (2025). Groundwater Flow System and Hydrogeochemical Evolution in Central Mexico's Major Lakes. Hydrological Processes, 39(9), e70252.

Tóth, J. (1963). A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. Journal of Geophysical Research, 68(16), 4795–4812.

Tóth, J. (1995). Hydraulic Continuity In Large Sedimentary Basins. Hydrogeology Journal, 3(4), 4–16

PROGRAMA DE MONITOREO DE MAMÍFEROS Y QUELONIOS MARINOS

1. Introducción

Los mamíferos y quelonios marinos son organismos protegidos por normas y leyes internacionales y nacionales (p. ej. NOM-059-SEMARNAT), que habitan tanto en regiones costeras como oceánicas usándolas para las actividades biológicas de reproducción y alimentación (Ballance, 2000). Hay tres órdenes que pertenecen a los mamíferos marinos: cetáceos, pinnípedos y sirénidos; el primero se considera el más diverso debido a que es conformado por 39 géneros y 83 especies. En nuestro país se han registrado 40 especies, principalmente en la costa occidental de Baja California, después en el Golfo de California, Golfo de México-Mar Caribe y finalmente en el Pacífico sur mexicano (Torres et al., 1995). Mientras que, de las siete especies de quelonios marinos existentes en el mundo, en México anidan seis de ellas (Márquez, 1990).

Los mamíferos marinos son un recurso marino de importancia ecológica, al ser considerados como depredadores topes de los ecosistemas, alimentándose desde pequeños organismos zooplanctónicos y bentónicos (ballenas filtradoras), hasta incluso otros mamíferos marinos (Ballance, 2000); por lo que estos organismos afectan las historias de vida de sus presas y de organismos de otros niveles tróficos que interactúan con dichas presas. En adición, algunas especies de mamíferos marinos en la actualidad son objeto de la actividad turística “de avistamiento en vida libre”, que representa una fuente económica importante (en México principalmente en regiones de Bahía Banderas y Baja California Sur), incluso superior a la obtenida de las actividades de cacería en décadas pasadas (Payne, 2001), que sobre-explotaron a las poblaciones a nivel mundial hasta reducirlas severamente (Yochem y Leatherwood, 1985).

Por su parte los quelonios marinos también son de gran importancia en los sistemas costeros, debido al papel que juegan como depredadores dentro de la cadena trófica. Además, los huevos de los quelonios son una fuente potencial de alimento para depredadores marinos y costeros. Asimismo, ayudan al mantenimiento de la vegetación de dunas (Bouchard y Bjorndal, 2000). Mientras que los neonatos son presas potenciales de aves y peces costeros (Márquez, 1990). Por su parte, los adultos al ramonear durante su alimentación aceleran el proceso de descomposición de pastos y producen mayor cantidad de nutrientes. También se ha propuesto que controlan la reproducción de medusas (Pritchard, 2004). Y finalmente han sido un potencial turístico, con el buceo en algunas zonas costeras y anteriormente con la liberación de los neonatos en campamentos tortugueros.

En México y especialmente en el Pacífico Central Mexicano (PCM; Jalisco, Colima y Michoacán) son escasos los trabajos de investigación; solamente se tenía conocimiento de que los cetáceos son el grupo de mamíferos marinos que predomina (Rice, 1998), aspectos básicos como la riqueza y distribución de cetáceos se habían obtenido principalmente de cruceros oceánicos realizados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) durante los años 80´s y 90´s, cuya finalidad era evaluar la interacción y el impacto de la pesquería del atún con los delfines (Perrin et al., 1983); siendo sus principales resultados el registro de 10 especies de pequeños cetáceos (Perrin et al., 1983; Mangels y Gerrodette, 1994; Kinzey et al., 1999; 2000) y nueve de grandes cetáceos (Mangels y Gerrodette, 1994; Kinzey et al., 1999; 2000; 2001).

Se tiene conocimiento de que zonas adyacentes al PCM son de gran importancia ecológica para algunas especies de cetáceos; por ejemplo, el Golfo de California es una zona de alimentación, crianza y posible reproducción para la ballena azul (*Balaenoptera musculus*; Gendron, 2002), la ballena jorobada (*Megaptera*

novaeangliae, Rice, 1974) y el cachalote (*Physeter macrocephalus*; Jaquet et al., 2003). Mientras que el Domo de Costa Rica también es una zona de alimentación y crianza para la ballena azul (*B. musculus*; Wade and Friedrichsen, 1979; Reilly y Thayer, 1990) y solo de crianza para la ballena jorobada (*M. novaeangliae*; Rasmussen et al., 2004; 2007).

Dado que el PCM se ubica entre estas dos importantes regiones ecológicas de los cetáceos, existe la hipótesis de que la región es solamente una zona de tránsito para estos organismos; sin embargo, un programa de monitoreo formal era necesario para contestar tal hipótesis. Parte de las aportaciones de un programa a largo plazo que ha desarrollado la Universidad de Colima, desde el 2010, ha sido la generación de información que enriquece el conocimiento ecológico de estas especies.

Por su parte, la información biológica-ecológica sobre los quelonios marinos en el país es limitada. En costas de Colima, la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es la más abundante, representando más del 90% de los registros de anidación desde que se implantaron las estrategias de conservación para estas especies en 1987 (Aguilar-Olguín et al., 2016). Para proteger estas poblaciones, el Centro Ecológico de Cuyutlán "El Tortugario" realiza esfuerzos de conservación y manejo bajo el marco de la veda total permanente y la normativa mexicana vigente. Sin embargo, no se tienen bien establecidos los patrones de distribución, su abundancia actual, los patrones de migración, la existencia de zonas de alimentación, reproducción, el uso del hábitat y la interacción con el mismo (Bjorndal, 2000). Lo anterior se debe a que todas las investigaciones con quelonios se han basado en hembras presentes en playas de anidación o de organismos muertos en artes de pesca (Vera y Rosales 2012), mientras que los estudios en el mar sobre todos los componentes de las poblaciones de quelonios son prácticamente nulos (Bjorndal, 2000). Por lo cual, generar información sobre su ecología es de gran importancia considerando las distintas actividades antrópicas de la región.

Una de las principales actividades antrópicas que afecta a los mamíferos y quelonios marinos es el tránsito marítimo; el cual es definido como las operaciones de transporte de mercancías que se realizan por vía marítima, y que ha incrementado en un 300% durante el periodo 1992-2003 en todas las cuencas oceánicas del mundo; y dicha tendencia de incremento se ha mantenido en años recientes (Barlow y Gentry, 2004; McDonald et al., 2006). Asimismo, la velocidad y el tamaño de los grandes buques comerciales transbordadores de pasajeros han aumentado, y se usan con más frecuencia en las zonas costeras (Minton et al., 2021) (Figura 1).

Las rutas marítimas más transitadas del mundo coinciden con importantes hábitats de cetáceos, los cuales a menudo son incapaces de evitar el paso de los buques y por ende quedan vulnerables a este impacto (Figura 1). Las colisiones de los buques son una de las principales causas de mortalidad sobre las poblaciones de cetáceos de todo el mundo, incluidas muchas que ya están amenazadas o en peligro tras décadas de caza comercial (Minton et al., 2021).

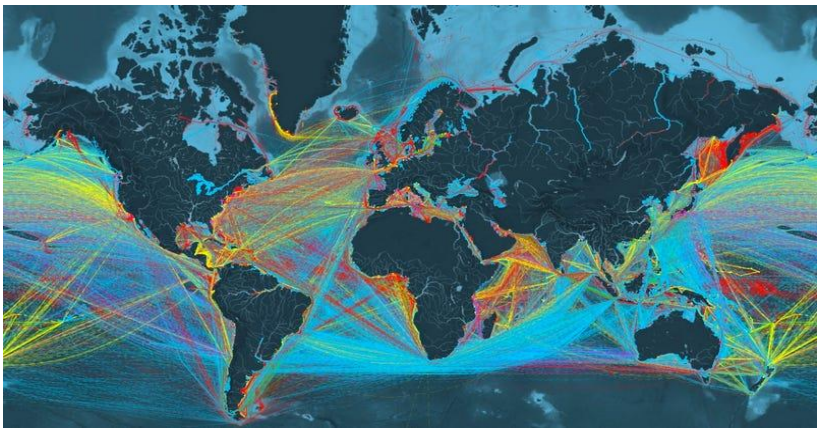


Figura 1. Trayecto de las principales rutas de los buques comerciales de gran calado a nivel mundial. Tomado de Minton et al. (2021).

Las colisiones siempre tendrán un efecto negativo para el organismo: puede ser una colisión fatal o puede ocasionar heridas que tendrán secuelas en la anatomía del individuo (Geraci y Lounsbury, 2000; Laist et al., 2001). En el caso de las ballenas, los incidentes de interacción más frecuentes se han producido tanto con buques más grandes como con los más rápidos, en los que la ballena puede quedar atrapada contra la proa o montada sobre la proa bulbosa, llegando al puerto con el cadáver de la ballena a bordo (Laist et al., 2001; Jensen et al., 2004; Silber et al., 2010; Ransome et al., 2021); así como en aguas costeras donde los cetáceos se concentran para alimentarse o reproducirse, con el riesgo de colisión con embarcaciones de tamaño pequeño y mediano que se encuentran en altas densidades cerca de regiones costeras urbanizadas (Schoeman et al., 2020). Las lesiones observadas en las ballenas como consecuencia de colisiones con buques incluyen fracturas, hemorragias y cortes graves por hélices (Knowlton y Kraus, 2001; Campbell-Malone et al., 2008; Moore et al., 2013). Estas interacciones se han identificado como una causa importante de muerte en una amplia gama de cetáceos flotantes y varados mediante necropsia (Laist et al., 2001; Panigada et al., 2006). Sin embargo, en ocasiones, algunas colisiones no dejan evidencia externa del impacto y, en el caso de algunos cadáveres recuperados, no se pudo determinar la causa de la muerte debido, por ejemplo, a una descomposición avanzada (Glass et al., 2009). Actualmente, en el Pacífico Tropical Oriental (PTO), el número de colisiones con buques ha aumentado un 264 %, y México se sitúa dentro de esta zona como el país con el mayor número de interacciones entre cetáceos y buques, desde casos de colisión debidos a actividades turísticas (n = 6) hasta aquellos relacionados con buques de alta mar (n = 12) (Ransome et al., 2021).

Por su parte, mundialmente la flota comercial es la principal generadora de los niveles de ruido subacuático de fondo en los últimos cincuenta años (Barlow y Gentry, 2004; McDonald et al., 2006). La definición de “ruido submarino” es el espectro de sonidos generados por una fuente antropogénica a una potencia considerable, por lo que es un disturbio para los seres vivos acuáticos. El ruido ha incrementado en el ambiente submarino debido a las actividades humanas, que día con día son más frecuentes (Hatch y Wright, 2007).

De toda la variedad de embarcaciones comerciales, los grandes buques porta-contenedores de nueva generación y que producen ruido de baja frecuencia (5-200 Hz) son los más comunes (Payne y Webb, 1971; Barlow y Gentry, 2004; Parks y Clark, 2007). Este tipo de ruido puede percibirse a grandes distancias, dado que el sonido viaja más rápido a través del agua de mar, y su potencia se puede propagar de manera considerable (>150 dB); por lo que es un disturbio para la fauna marina (Weilgart, 2007a).

También, la generación de sonidos también es un tema importante para una amplia gama de especies marinas, desde moluscos, peces, hasta mamíferos acuáticos como una herramienta para la comunicación, navegación, localización de presas y evasión de depredadores. En particular, las ballenas tienen un oído muy adaptado y son particularmente dependientes del sonido para sobrevivir. Los cetáceos dentados incluyen todas las especies de delfines y marsopas, así como cachalotes, calderones y orcas. Estos cetáceos utilizan ecolocalización emiten chasquidos o pulsos de sonido que son reflejados cuando entran en contacto con presas u otros objetos bajo el agua, lo que les permite procesar el sonido reflejado y formar una imagen tridimensional. Esta capacidad sensorial es esencial para la supervivencia en entornos marinos que suelen ser demasiado oscuros y/o turbios, donde no es posible utilizar señales visuales para encontrar comida o evitar el peligro (Minton et al., 2021).

Los cetáceos dependen del sonido subacuático para comunicarse, pueden hacerlo a distancias cortas; por ejemplo, cuando los delfines se alimentan o socializan en grupos estrechamente formados; o a largas distancias, como cuando las ballenas barbadas utilizan sonidos de baja frecuencia para comunicarse. Las vocalizaciones de los cetáceos también pueden desempeñar un papel importante en las interacciones sociales y la reproducción; por ejemplo, los machos de ballena jorobada producen largos y complejos sonidos durante la época de apareamiento, que se cree que desempeñan un papel importante, ya sea para atraer a las parejas o en el establecimiento de jerarquías sociales (Minton et al., 2021).

Debido a que el ruido de los barcos alcanza su pico en el mismo rango de frecuencias bajas que utilizan las ballenas barbadas para comunicarse a larga distancia, inicialmente se creía que éstas serían las más sensibles y potencialmente afectadas. Sin embargo, los barcos también emiten energía en frecuencias más altas que también afecta en el rango de audición de ballenas dentadas, delfines y marsopas (Minton et al., 2021).

Múltiples estudios también han documentado cambios de comportamiento en varias especies de cetáceos en respuesta al ruido de los buques. En una revisión de 2019 sobre 154 estudios relacionados con los impactos del ruido del transporte marítimo en mamíferos marinos, Erbe y colaboradores señalaron que se han estudiado los impactos (potenciales) en 47 especies diferentes, siendo los delfines mulares, ballenas jorobadas y belugas los más afectados. Estos estudios muestran que las respuestas de los cetáceos al ruido de los buques pueden variar según la especie y su comportamiento, ubicación y categorías de buques.

Ejemplos de respuestas bien documentadas en diferentes especies y regiones incluyen:

i) Las ballenas jorobadas respondieron al ruido de los barcos con cambios en sus vocalizaciones (aumentando el volumen o cesando su canto), dejar de alimentarse o cambios en la inmersión, comportamiento en superficie, velocidad de respiración.

ii) Las ballenas francas del Atlántico Norte, en peligro de extinción, parecían no mostrar respuestas al actual o simulado ruido marino, pero hoy en día se sabe que están más en riesgo a que sean colisionadas por barcos.

iii) Las poblaciones de orcas residentes del sur y del norte de la costa oeste de Canadá y Estados Unidos han sido objeto de múltiples estudios que documentan una disminución de la búsqueda de alimento en superficie y cambios en la velocidad de respiración y natación en relación con el tráfico de embarcaciones de la zona.

iv) Los delfines mulares han sido objeto de docenas de estudios en todo el mundo, aunque la mayoría de ellos se han centrado en los impactos del ruido submarino generado por embarcaciones más pequeñas, como las embarcaciones de observación de ballenas (Parsons, 2012). En casos extremos, se sabe que los delfines abandonan un área que era muy utilizada por los buques de observación de ballenas y otras embarcaciones.

En resumen, la gran cantidad de estudios realizados hasta la fecha demuestran inequívocamente que el ruido submarino generado por el transporte marítimo tiene el potencial de causar cambios de comportamiento a corto plazo en los cetáceos, que a su vez es probable que tengan impactos a largo plazo en su bienestar y supervivencia a nivel individual y poblacional. Como resumen, Erbe et al. (2019) sugieren que para conocer el detalle de cuán graves pueden ser estos impactos, requiere una comprensión de:

a) Las especies que pueden verse impactadas;

b) Su respuesta auditiva y de comportamiento a diferentes frecuencias de ruido submarino;

c) Cómo utilizan el hábitat donde se genera el ruido de navegación (por ejemplo, el impacto será potencialmente más significativo si interrumpe la alimentación, el descanso, la lactancia o las interacciones sociales importantes);

d) Los tipos de buques que están presentes y las características del ruido que producen;

e) Otras características físicas u oceanográficas que puedan afectar a la forma en que el ruido del buque se propaga y se recibe bajo el agua (Figura 2).

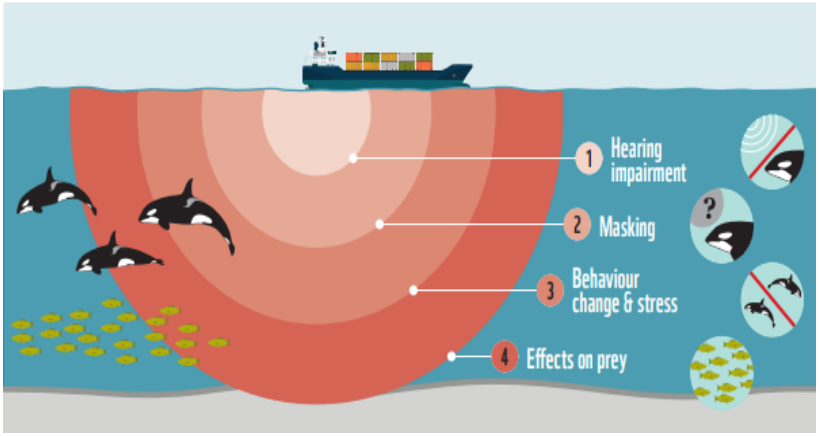


Figura 2. Esquema sobre los impactos del ruido marino sobre los cetáceos. Tomado de Minton et al. (2021).

Por último, el transporte marítimo también se está expandiendo a rincones del planeta que antes eran inaccesibles o poco frecuentados. Por ejemplo, la expansión de las actividades marítimas en el Ártico a medida se retira la capa de hielo, introduce la amenaza de colisiones y ruido submarino en todas las áreas de distribución de los cetáceos.

El puerto de Manzanillo, situado en el Pacífico Central Mexicano (PCM) dentro del PTO, es el puerto más importante del país en cuanto al tráfico de contenedores y, en 2018, fue considerado el tercer puerto más importante de América Latina (Administración Portuaria Integral [API], 2019; Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2019). Además, linda con la terminal de gas licuado KMS, situada a 8 km al sureste, que desde junio de 2012 recibe cargamentos en buques de gran tamaño. Por otra parte, el puerto de Manzanillo recibe cruceros turísticos durante todo el año. Por lo tanto, esto convierte al MCP en una zona con un elevado tráfico marítimo. Pero lo más importante es que se han registrado 14 especies de cetáceos en esta zona: tres especies de rorcuales y 11 de odontocetos (Ortega-Ortiz et al., 2013). Por lo tanto, el elevado tráfico marítimo y la alta densidad de cetáceos hacen del MCP una zona propicia para las interacciones entre cetáceos-quelonios y buques; por lo que es de suma relevancia monitorear los impactos del transporte marítimo en la

mayor parte de las regiones donde ocurren desarrollos costeros, como es la TGNLM y el futuro puerto comercial de Nuevo Cuyutlán en Colima, México; para diagnosticarlos y potencialmente mitigar sus efectos sobre los organismos marinos.

2. Objetivo general

Realizar un diagnóstico de los atributos ecológicos de los mamíferos y quelonios marinos, y su interacción con el tránsito marítimo de la región costera de Colima, como línea base ante la ampliación del puerto comercial de Manzanillo hacia la laguna de Cuyutlán.

3. Objetivos particulares

Durante tres periodos que abarcaron de agosto de 2022 a febrero 2026:

1) Determinar la riqueza de especies de mamíferos marinos
2) Describir la distribución y densidad de los mamíferos marinos
3) Caracterizar la estructura de los grupos de los mamíferos marinos
4) Evaluar las actividades de comportamiento de los mamíferos marinos
5) Estimar permanencia y retorno de los individuos foto-identificados de mamíferos marinos
6) Determinar la riqueza de especies de quelonios marinos
7) Describir la distribución y densidad de los quelonios marinos
8) Evaluar las actividades reproductivas (cópulas y anidaciones) de quelonios marinos
9) Determinar la distribución de los tipos de embarcaciones
10) Caracterizar el ruido producido por las embarcaciones
11) Determinar las interacciones entre el ruido de embarcaciones y la actividad acústica de mamíferos marinos
12) Determinar los tipos de afectación y mortalidad de mamíferos y quelonios marinos debido a la interacción con embarcaciones
13) Proponer un plan de conservación que permita implementar medidas de mitigación del tránsito marítimo para los mamíferos y quelonios marinos.

4. Metodología

4.1 Área de estudio

El Pacífico Central Mexicano es una zona de confluencia de dos sistemas que gobiernan la circulación oceánica: la influencia de la Corriente de California (CC) que se extiende desde los 32°N hasta los 15°N durante su periodo más intenso (invierno-primavera) con una dirección hacia el Sur, y la influencia de agua tropical que llega a formar la Corriente Costera Mexicana (CCM) que se extiende desde los 5° a los 23°N, con una dirección hacia el Norte, siendo más intensa en otoño, estando presente únicamente en la zona norte del PCM. Ambas hacen que esta región sea considerada como una zona de transición donde se generan distintas estructuras

dinámicas, que se originan por las variaciones en la estructura termohalina de la columna de agua debidas a la interacción de distintas masas de agua, como el Agua Tropical Superficial (ATS) del Pacífico, el Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) y el agua de la Corriente de California (ACC) (Wyrtky, 1967; Salas et al., 2006). En esta región se localiza la costa de Colima, predominada por playas abiertas, con apenas un par de bahías que brindan condiciones ecológicas óptimas para diversas especies de fauna marina. Al sur de estas bahías se localiza una de estas playas abiertas, la de Cuyutlán, donde se despliega un canal artificial, denominado "Tepalcates", el cual representa la entrada a la laguna de Cuyutlán donde se ubicará el puerto comercial de Nuevo Cuyutlán. Por lo que este SAR es el de interés para este programa de monitoreo.

4.2 Trabajo de campo

De acuerdo con la disponibilidad de datos colectados en campo, se definieron 3 periodos para el análisis de dicha información: periodo 1= de agosto del 2022 a julio del 2023, periodo 2= de noviembre del 2023 a diciembre del 2024 y periodo 3= de diciembre del 2025 a febrero del 2026.

Durante estos tres periodos se realizaron navegaciones en una embarcación de 26 pies de eslora, con motor fuera de borda (75 hp), llamada FACIMAR II, propiedad de la Universidad de Colima. Los recorridos con una frecuencia semanal se realizaron durante las horas luz (7 am-7 pm) a una velocidad entre 7 y 9 nudos (con lo que se evita pasar algún organismo en actividad de buceo) permitieron llevar a cabo el registro de los mamíferos y quelonios marinos, así como de las embarcaciones que transitaron en la región. El derrotero no fue sistemático; sin embargo, se procuró navegar en dirección hacia la costa de Jalisco, norte de Colima (abarcando de las bahías de Manzanillo a la playa cocos, y sur de Colima de las bahías de Manzanillo hasta Armería.

Durante las navegaciones, tres observadores colocados en la proa y costados de la embarcación, colectaron información de los cetáceos y quelonios presentes en la zona; para ello, 1) se registró la localización con un geoposicionador (Garmin), 2) se identificaron las especies usando la guía de Carwardine (2000) y Márquez (1990), 3) se estimó el número de individuos si conformaban una agrupación y 4) las categorías de edad (cría, juvenil o adulto) de los individuos y 5) se describieron las actividades que realizaron en un lapso de 15 a 30 min mediante un etograma, con motor apagado para no generar un disturbio.

Para los cetáceos, con una cámara digital (Canon EOS 60D) equipada con un fotolente 100-300 mm (Sigma), se fotografió la sección dorsal de la mayoría de los individuos que conformen el grupo, o de la cola de cada uno los mismos, desde un plano perpendicular con el fin de emplear la técnica de foto-identificación (Katona et al. 1979; Baird et al. 2008), con la cual se buscaron marcas o cicatrices particulares, el análisis de la forma, y patrón de coloración de la aleta dorsal y/o caudal, únicas para cada individuo (Figura 3).

Adicionalmente, se tomaron otras imágenes en secuencia de la mayor parte del cuerpo que emergiera del agua, con el fin de evidenciar algún daño corporal como consecuencia de alguna interacción con el tránsito marítimo.



Figura 3. Ejemplo de toma de fotografías a cetáceos en la costa de Colima durante los periodos de monitoreo.

Simultáneamente al registro de los organismos, se obtuvo información de las embarcaciones que navegaban en la región, tales como el nombre y tipo de embarcación con apoyo de la aplicación *Marine traffic.* Asimismo, se realizó el registro del sonido de los organismos o de las embarcaciones, mediante un *sistema acústico activo* que consistió en desplegar manualmente desde la embarcación un sensor (hidrófono SQ26-08® de la compañía Cetacean Reseach Technology, Inc.; con rango de frecuencia de 0.02-50 kHz, sensibilidad de -194 dB y sensibilidad efectiva de -169 dB) conectado a una grabadora digital (Tascam DR-O5X) para obtener la grabación de las señales acústicas generadas las embarcaciones circundantes o por los organismos. Es decir, este trabajo de campo no fue autónomo, el personal de campo manipulaba y de manera activa colectaba la información *in situ*. Finalmente, se obtuvo una fotografía de la embarcación, y se calculó la distancia a las embarcaciones con un medidor láser (Bushnell).

Como actividad adicional, en cada una de las navegaciones de trabajo se dirigió a las inmediaciones de la boya de recalado de la bahía de Manzanillo, donde se colocó un sistema de registro acústico pasivo. Este sitio fue considerado como “ruidoso”, debido a la prevalencia alta del tránsito marítimo que arriba y parte del puerto comercial (Rosales-Chapula et al., 2022). Y posteriormente se navegó hacia la boya de recalado de entrada al canal de Tepalcates, donde se colocó un segundo sistema de acústica pasiva; sitio considerado como “sin ruido”. Un ejercicio experimental con dos embarcaciones (una navegaba y la otra detenida desplegaba el hidrófono para registrar el ruido) nos permitió estimar el diámetro de registro acústico por parte de los sensores, el cual fue de aproximadamente 3 millas náuticas (Figura 4).

El *sistema de acústica pasiva* se definió como el despliegue del equipo/sensores para que de manera autónoma realice el registro acústico de las ondas sonoras del ambiente circundante por un periodo de tiempo continuo. Estos sistemas se conformaron por: a) un componente de anclaje (peso muerto y granpin), b) un cabo equivalente a la profundidad del sitio, del que se amarró una boya de señalización en superficie y c) un recipiente con el sensor de acústica pasiva a una profundidad de 6-7 m (Figura 5), dado que se ha determinado que en la zona la capa de mezcla siempre se extiende más de 7 m de profundidad (ver detalles del análisis físico en Rosales-Chapula et al., 2022), por lo que así se evita cualquier error por dispersión o refracción del sonido en los registros acústicos.

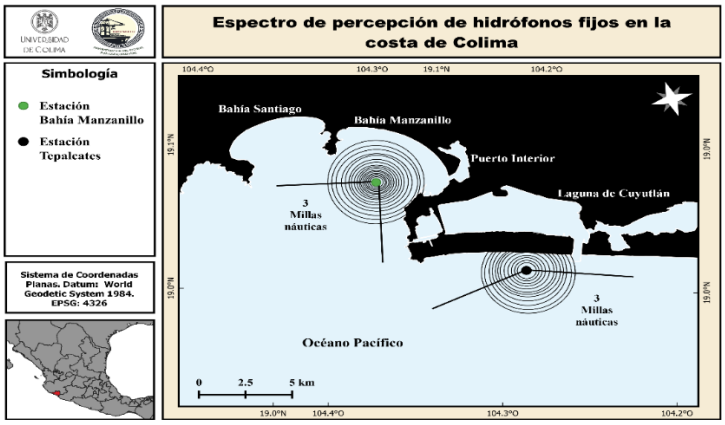


Figura 4. Sitios de colocación de los sistemas de acústica pasiva, "Estación bahías de Manzanillo" y "Estación Tepalcates", y su rango de registro acústico (diámetro ~3 mn) durante el segundo semestre del 2024.

Los sensores de acústica omnidireccionales (hidrófono SQ26-08®) fueron acoplados a un recipiente plástico hermético, los cuales almacenaron una grabadora digital (Tascam DR-O5X, con respuesta de frecuencia de 20Hz a 40kHz) y un arreglo de baterías como fuente de energía para que se realicen grabaciones durante un ciclo de 24 hr de manera continua. Al día siguiente se recuperaron los hidrófonos para descargar la información y a las siguientes semanas se volvieron a colocar (dependiendo de las condiciones oceanográficas); de esta manera se contó con un periodo de grabación prolongado que fue considerado como una muestra representativa para evaluar el número y tiempo de las interacciones entre el ruido de embarcaciones y la actividad acústica de los organismos.

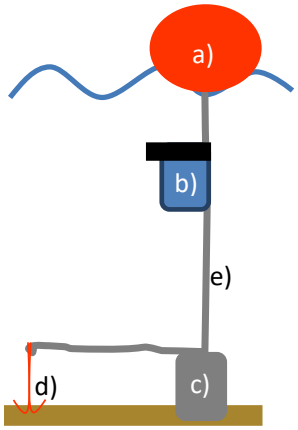


Figura 5. Esquema del despliegue de los hidrófonos, mostrando a) la boya en la superficie del mar, b) el recipiente hermético con sensor acústico, grabadora digital y paquete de baterías, c) el peso muerto, d) el grampín colocado al fondo marino y e) el cabo que les une.

Finalmente, se hizo un monitoreo directo sobre la mortalidad de quelonios y varamientos de mamíferos marinos en las playas del estado de Colima durante los 3 periodos mencionados; con apoyo de la sociedad civil, prestadores de servicios, autoridades ambientales, etc. a quienes se les ha solicitado levantar algún reporte (911) cuando ocurra algún evento de este tipo, para que nuestro grupo de investigación lo pueda atender en

conjunto con las autoridades ambientales (PROFEPA, SEMAR y SEMARNAT). La información recabada en cada evento de varamiento fue: fecha, sitio, observador, especie, categoría de edad, medidas morfométricas, identificación de rasgos por interacción humana, muestras biológicas y fotografías. Con la finalidad de tener una ficha técnica de registro de cada acontecimiento y así, asociarlo o descartarlo en relación con la actividad del tránsito marítimo de la región.

De manera paralela a este monitoreo, dos campamentos tortugueros de la región, "el tortugario de Manzanillo" y "el tortugario de Cuyutlán", han realizado esfuerzo para la protección y manejo de nidos de tortugas basándose en estándares internacionales y en la NOM-162-SEMARNAT-2012 (García Garduño, 2021). El trabajo de campo se ha realizado en dos playas de la región, la playa de la bahía de Manzanillo, con una longitud de aproximadamente 6.6 km y la playa de Cuyutlán, con una longitud de 30 km, por lo que se ha dividido en 10 zonas, diferenciadas por su grado de perturbación y características geomorfológicas (Figura 6).

EL mencionado esfuerzo de los campamentos han sido patrullajes nocturnos, que consistieron en recorridos diarios en la playa entre las 21:00 y las 05:00 horas utilizando vehículos cuatrimoto para localizar hembras reproductoras y rastros (Aguilar Olguín, 2008). Al localizar un nido, se verificó el éxito del desove y se registró la especie, al revisar la simetría de la huella o si la tortuga fue observada mientras depositaba los huevos (Mizobe, 2012). Todos los nidos se recolectaron manualmente y se trasladaron en bolsas de plástico limpias al vivero de incubación. Los huevos fueron sembrados en cavidades artificiales que simulan la profundidad natural que hace la especie en un espacio llamado vivero de incubación (Eckert et al. 2000). Ocasionalmente se registraron las tortugas muertas en las playas, con el fin de evaluar la potencial causa de muerte.



Figura 6. Ubicación de la playa de bahía de Manzanillo (izquierda) y playa de Cuyutlán (derecha) donde se realizaron patrullajes nocturnos por dos campamentos tortugueros para el registro y colecta de nidos.

4.3 Trabajo de gabinete

Para el análisis de la información ecológica de mamíferos y quelonios marinos recolectada durante los 3 periodos, el área de monitoreo se segmentó en 6 cuadrantes, 3 costeros (de 0 a 30 km) y 3 oceánicos (de 30 a 60 km), extendiéndose desde la bahía de Tenacatita en Jalisco, hasta Armería en Colima. Primeramente, se describió el esfuerzo de navegación realizado para la búsqueda y registro cetáceos, quelonios y embarcaciones en esta región, al estimar la cantidad de kilómetros navegados y plasmarla en un mapa de Sistema de Información Geográfica (ArcGIS).

Referente a los organismos, se hicieron mapas de distribución en Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) y se calculó la tasa de avistamiento por grupo taxonómico (ecuación 1), para ser analizada en espacio y tiempo.

$$T.A. = \frac{\#avistamientos}{esfuerzo\ (km)} \quad (1)$$

El registro de las actividades de comportamiento de los cetáceos avistados en el periodo; esto es: navegando, socializando, descansando, alimentándose, entre otros, se hizo mediante el uso de un etograma. Mayor énfasis se puso a las ballenas jorobadas (durante el periodo de noviembre a marzo de cada año, cuando predominan en la región con fines reproductivos, Ortega-Ortiz et al., 2013), dado que es considerada como una de las especies "indicadoras". También se hicieron mapas de distribución de los quelonios observados en actividad reproductiva (cópula) en la zona de estudio durante los 3 periodos.

Con la foto-identificación de los cetáceos avistados se hizo el seguimiento de los mismos individuos en el tiempo, y de esta manera se evaluó si son residentes o transitorios, al calcular el tiempo de permanencia y la distancia de los desplazamientos realizados durante la misma. Asimismo, se calculó la tasa de retorno, de acuerdo con la ecuación (2) de Acevedo et al. (2006):

$$Tasa\ de\ retorno = \frac{No.de\ ballena\ reavistadas}{No.de\ ballenas\ identificadas}\ X\ 100 \quad (2)$$

Al obtener un cierto nivel de permanencia y tasa de retorno (también considerada como fidelidad al sitio), son un indicador de un impacto bajo por los efectos del tránsito marítimo; sin embargo, al identificar un nivel de permanencia y tasa de retorno muy baja o nula sugerirá que la zona está impactada y por ello los organismos se desplazan hacia otros sitios con condiciones óptimas para sus actividades ecológicas.

Referente a las embarcaciones, también se hicieron mapas de distribución en Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), para ser analizados en espacio y tiempo. Previo al análisis de las señales acústicas de las embarcaciones, se hizo una calibración de los sensores hidrófonos y de las grabadoras digitales mediante la respuesta en frecuencia con un análisis de registros de barridos, al estar conectada a un generador de señales HP 33120A, facilitado por la Facultad de Ingeniería Electromecánica (FIE) de la Universidad de Colima (Rosales-Chapula et al. 2022).

En cuanto a las grabaciones obtenidas de los sensores acústicos pasivos en el sitio "sin ruido" (Tepalcates) y el sitio "ruidoso" (bahías de Manzanillo), se contabilizaron las horas con y sin ruido submarino. Los archivos de los registros acústicos fueron analizados con el software Adobe Audition ver. 3.0.

Los datos y espectrogramas resultantes se analizaron de la siguiente manera:

1) Se identificó la frecuencia (Hz) de cada una de las señales acústicas encontradas en los espectrogramas. Posteriormente se identificó la frecuencia registrada en un número mayor de ocasiones, y de acuerdo con sus

características se infirió la fuente (embarcación) que la produjo, con base en la descripción hecha por Rosales-Chapula et al. (2022) (Tabla 1), donde se aprecia que las bajas frecuencias coinciden con embarcaciones de gran calado y altas frecuencias con embarcaciones menores. De esta manera se obtuvo el tipo de embarcación dominante (que más transita) en la región.

Tabla 1. Clasificación de las embarcaciones avistadas en las bahías de Manzanillo de acuerdo con sus rangos de frecuencia.

Grupo	Tipo	Rango de frecuencia (Hz)
Grandes	Gasero	50-140
	Carguero	50-150
	Atunero	70-170
	Granelero	80-190
	Buque de la Marina	100-220
Menores	Catamarán	290-380
	Interceptora	360-450
	Lancha/Panga	350-500

2) Se evaluó el nivel de presión sonora o la intensidad (dB) de las señales acústicas, para averiguar la fuente de ruido (embarcación, con base en las frecuencias) que pudiera generar un disturbio mayor. Debido a que la presión del sonido de las embarcaciones, obtenida con el software, es en nivel de voltaje, se utilizaron las ecuaciones 3 y 4 para convertirlo a nivel de presión sonora (NPS):

$$V_{dB} = 20 * \log\left(\frac{V_{ps}}{V_{ref}}\right) \quad (3)$$

$$NPS = 20 * \log\left(\frac{P_s}{P_{ref}}\right) \quad (4)$$

Donde: VdB es el nivel de voltaje (dB) obtenido del software, Vref es el voltaje de referencia (1V), Vps es el voltaje que recibe la grabadora, que es el dato buscado. A partir de éste, y utilizando las especificaciones de presión-voltaje de cada hidrófono (dB ref@1V/µPa) se convirtieron los voltajes a presión (µPa); teniendo la presión (Ps) y Pref, que es la presión de referencia (1µPa).

Se estimó el promedio y rango de intensidad de las señales acústicas; agrupando la información mensual, temporal, y semestralmente, para buscar diferencias temporales y por horarios (bloques de 4 hr; Rosales-Chapula, et al. 2022) en las señales acústicas de las embarcaciones en ambos sitios de la región (Tepalcates vs. Manzanillo).

Por su parte, los registros acústicos puntuales de embarcaciones navegando fueron analizadas de manera similar. Con esto se corroboró el rango de frecuencias emitido por tipo de embarcación. Además, para aquellas embarcaciones fotografiadas se les obtuvo su ficha de identificación de la plataforma www.marinetraffic.com y se elaboró un catálogo que caracterizó al tipo de embarcación que se presenta con mayor frecuencia y su potencial impacto a la fauna regional.

Para esto, se evaluó la interacción del ruido de embarcaciones con los sonidos de los mamíferos marinos; determinando el número y tiempo de las interacciones entre el ruido de embarcaciones y los parámetros de

forma y estructura de los silbidos de los delfines (Ferrer-Aguilar, 2022) y enmascaramientos o interrupciones de unidades o frases (Llamas-González, 2019) de la canción de los machos de ballenas jorobadas (la especie predominante de la zona, Ortega-Ortiz et al., 2013).

Las imágenes de mamíferos marinos en las que se pueda observar las diferentes regiones del cuerpo emergiendo del agua, fueron evaluadas minuciosamente con el fin de identificar heridas, marcas o cicatrices potencialmente atribuibles a alguna interacción con una embarcación. Los niveles de daño pueden ser muy superficiales (I), o hasta laceraciones profundas (IV) (Figura 7) que puedan terminar en una amputación. En el análisis se hizo mayor énfasis en aquellas heridas frescas, atribuyendo a que el acontecimiento de afectación potencialmente ocurrió en la región.

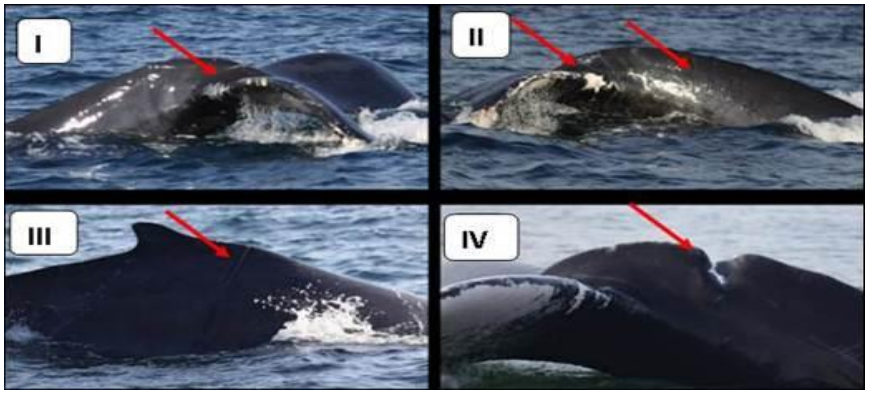


Figura 7. Ejemplo de niveles de heridas/cicatrices en zonas corporales de las ballenas como consecuencia de interacción ante una actividad humana. Se marca con flechas rojas las heridas, desde superficiales (I) hasta profundas (IV).

Los eventos de mortalidad y varamientos de quelonios y mamíferos marinos en playas fueron analizados en escala de tiempo y espacio. Se determinaron los índices básicos para averiguar qué especie es la que presenta una mortalidad mayor, en qué temporada, en qué sitio y potencialmente averiguar la causa de muerte sobre la evaluación corporal externa (Pugliares et al., 2007; Moore et al., 2013); haciendo énfasis en aquellos cetáceos afectados por algún tipo de embarcación, como los recientes eventos que se han reportado en la región (Lazcano-Pacheco et al., 2022).

Mientras que, por último, los registros de las anidaciones de tortugas realizadas por los campamentos tortugueros de la región, fueron hecho analizados estadísticamente (análisis de varianza paramétrico), al comparar posibles diferencias entre los periodos y las zonas para las diferentes especies registradas.

9. Literatura citada

Acevedo, J. A., A. Aguayo-Lobo, and L. A. Pastene. (2006). Filopatría de la ballena jorobada (Megaptera novaeangliae, Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. Rev. Biol. Ocean. 41(1):11–19.

Administración Portuaria Integral (API). (2019). Se ampliará el puerto de Manzanillo en la Laguna de Cuyutlán. https://puertomanzanillo.com.mx/esps/2111567/se-ampliara-el-puerto-de-manzanillo--en-la-laguna.html

Aguilar-Olguín, S., Hernández-Corona, A., Hernández-Jiménez, L. Y., Jiménez-Quiroz, M. C., Márquez Millán, R., Pérez Contreras, Z., Rivera Rodríguez, M., Quijano-Scheggia, S. I., Santana-Hernández, H., & Valdez-Flores, J. J. (2016). Protección y conservación de la tortuga marina. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), La Biodiversidad en Colima: Estudio de Estado (pp. 647-651). CONABIO.

Baird, R. W., Gorgone, A. M., McSweeney, D. J., Webster, D. L., Salden, D. R., Deakos, M. H., Ligon A.D., Chhorr, G.S., Barlow, J. & Mahaffy, S. D. (2008). False killer whales (Pseudorca crassidens) around the main Hawaiian Islands: Long-term site fidelity, inter-island movements, and association patterns. Marine Mammal Science, 24(3): 591-612.

Ballance, L.T. (2000). Cetacean Ecology. Pp. 208-214. En: W.F. Perrin; B. Würsig y J.G.M. Thewissen (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. USA. 1414 pp.

Barlow, J. y Gentry, R. (2004). Report of the NOAA workshop on anthropogenic sound and marine mammals, 19 20 February 2004. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-361. 28 pp.

Bjorndal, K.A. (2000). Prioridades para la investigación en hábitats de alimentación. Pp 13-15. En: Eckert, K.L.; Bjorndal, K.A.; Abreu-Grobois, F.A. y Donnelly, M. (eds.). Técnicas de investigación y manejo para la conservación de tortugas marinas. (Traducción al español). Grupo especialista en tortugas marinas. UICN/CSE. Publicación No. 4. 270 pp.

Bouchard, S.S. y Bjorndal, K.A. (2000). Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. Ecology, 81(8): 2305-2313.

Campbell-Malone, R., Barco, S. G., Daoust, P. Y., Knowlton, A. R., McLellan, W. A., Rotstein, D. S., & Moore, M. J. (2008). Gross and histologic evidence of sharp and blunt trauma in North Atlantic right whales (Eubalaena glacialis) killed by vessels. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 39(1), 37-55.

Carwardine, M. (2000). Whales, dolphins, and porpoises. Dorling Kindersley. 256 pp.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2019). Informe de la actividad portuaria de América Latina y el Caribe 2018. https://www.cepal.org/es/notas/informe-la-actividad-portuaria-america-latina-caribe-2018

Eckert, K. L., Bjorndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (Eds.). (2000). Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.

Estrada Valencia, A., Serrano Barquín, R., & Espíndola-Villarón, J. A. (2016). Protección y conservación de la tortuga marina en las costas. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), La Biodiversidad en Colima: Estudio de Estado (pp. 615-620). CONABIO.

Ferrer-Aguilar, M.J. (2022). Characterization of acoustic activity for recurrent dolphins´ species from the Mexican Central Pacific. Master thesis. Universidad de Algarve, Portugal. 75 pp.

Gendron, D. (2002). Population ecology of the blue whale Balaenoptera musculus from the Baja California peninsula. Doctoral thesis. Centro de Investigación científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México.

Glass, A. H., Cole, T. V. N., & Garron, M. (2009). Mortality and serious injury determinations for baleen whale stocks along the United States eastern seaboard and adjacent Canadian Maritimes, 2003–2007. Northeast Fish Science Center Reference Document 09-04. Northeast Fisheries Science Center, NOAA, Woods Hole, MA

Jaquet, N.; Gendron, D. y Coakes, A. (2003). Sperm whale in the Gulf of California residency, movements, behavior, and the possible influence of variation in food supply. Marine Mammal Science, 19: 545-562.

Jensen, A. S., Silber, G. K., Calambokidis, J., Campbell, C., Cordaro, J., Deiter, R., Ewald, C., Akamine, M., Flannagan, D., Ford, J., Gerrior, P., Green, J., Gulland, F., Gutierrez, D., Henshaw, M., Heyning, J. E., Lawlor, T. E., Lewis, Lotz, J., T. D., Mcclellan, W., Merrick, R., Norberg, B., Odelle, D. K., Passer, D.J., Read, N., Richards, L., Rowles, T., Sautter, R. & Woodhouse, C. D. (2004). Large Whale Ship Strike Database. (NOAA Technical Memo NMFS-OPR-25) National Oceanic and Atmospheric Administration.

Katona S., B. Baxter, O. Brazier, S. Kraus, J. Perkins & H. Whitehead. (1979). Identification of humpback whales by fluke photographs. Pp. 33-34. In: H.E. Winn and B.L. Olla (Eds.). Behavior of Marine Animals Vol. 4. Plenum Press.

Kinzey, D. ; Gerrodette, T. ; Barlow, J. ; Dizon, A.; Peeryman, W.; Olson, P. y Saunder, A.V. (1999). Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Macarthur and David Starr Jordan and unols ship Endeavor july 31-december 9, 1998. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC-283. 113 pp.

Kinzey, D. ; Gerrodette, T. ; Barlow, J. ; Dizon, A.; Peeryman, W. y Olson, P. (2000). Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Macarthur and David Starr Jordan july 28-december 9, 1999. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC-293. 89 pp.

Kinzey, D. ; Gerrodette, T. ; Barlow, J. ; Dizon, A.; Peeryman, W.; Olson, P. y Rankin, S. (2001). Marine mammal data collected during a survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Macarthur and David Starr Jordan july 28-december 9, 2000. NOAA Technical Memorandum, NMFS-SWFSC-303. 100 pp.

Knowlton, A. R., & Kraus, S. D. (2001). Mortality and serious injury of northern right whales (Eubalaena glacialis) in the western North Atlantic Ocean. Journal Cetacean Research and Management. 2(Spec Issue), 193−208.

Laist, D. W., Knowlton, A. R., Mead, J. G., Collet, A. S., & Podesta, M. (2001). Collisions between ships and whales. Marine Mammal Science, 17(1), 35-75.

Lazcano-Pacheco, C., Onofre-Díaz, M.A., Mesa-Yáñez, R., Llamas-González, M., Bautista-Moreno, L., Olivos-Ortiz, A., Ortega-Ortiz, C.D. (2022). Cetacean Mortality Related to Ship Traffic in the Mexican Central Pacific. Aquatic Mammals. 24 pp.

Llamas-González, M. 2019. Caracterización acústica de la ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en el Pacífico Central Mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad de Colima. 111 pp.

Mangels, K.F y Gerrodette, T. (1994). Report on cetacean sightings during marine mammals survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships Mcarthur and David Starr Jordan july 28-November 2, 1992. NOAA Technial Memorandum, NMFS, SWFSC-200. 74 pp.

Márquez, R. (1990). Sea turtles of the world. An Annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Species Catalogue, FAO Fish.

Minton, G., Folegot, T., Cosandey-Godin, A., Jacob,T., Lancaster, M., and Ushio, M. (2021) Shipping and cetaceans: A review of impacts and mitigation options for policy makers and other stakeholders. WWF Report. 72 pages.

Moore, M. J., Van Der Hoop, J., Barco, S. G., Costidis, A. M., Gulland, F. M., Jepson, P. D., Moore, K. T., Raverty, S., & McLellan, W. A. (2013). Criteria and case definitions for serious injury and death of pinnipeds and cetaceans caused by anthropogenic trauma. Diseases of Aquatic Organisms, 103(3), 229–264.

Morten J., Freedman R., Adams J.D., Wilson J., Rubinstein A. and Hastings S. (2022). Evaluating Adherence with Voluntary Slow Speed Initiatives to Protect Endangered Whales. Front. Mar. Sci. 9:833206. doi: 10.3389/fmars.2022.833206

Nájera E., Medrano, L., Frisch A., Arroyo, E., Ransome, N., Noriega F., Eliosa, E., (2022). Reporte informativo: riesgo de colisiones de embarcaciones con ballenas en el Pacífico Mexicano. WWF. 19 pp.

Ortega-Ortiz, C. D., Díaz-Torres, E. R., Juárez-Ruiz, A. E., & Hernández-Dueñas, M. J. (2013). Cetáceos de la costa de Jalisco, Colima y Michoacán. In: E. Godinez-Domínguez & C. Franco-Gordo (Eds.). Inventario de Biodiversidad de la costa sur de Jalisco y Colima (2nd ed., pp. 133-143). Universidad de Guadalajara.

Ortega-Ortiz, C. D., Cuevas-Soltero, A. B., García-Valencia, R. X., Frisch-Jordán, A., Audley, K., Olivos-Ortiz, A., & Liñán Cabello, M. A. (2022). Spatial ecology of humpback whales (Megaptera novaeangliae, Cetacea-Balaenopteridae) from the Mexican Central Pacific. Pacific Science, 76(2), 95–110.

Perrin, W.F.; Scott, M.D.; Walker, G.J.; Ralston, F.M. y Au, D.W.K. (1983). Distribution of four dolphins (Stenella spp. and Delphinus delphis) in the Eastern Tropical Pacific, with an annotated catalog of data sources. NOAA Technical Memorandum, NMFS, SWFC-38. 64 pp.

Panigada, S., Pesante, G., Zanardelli, M., Capoulade, F., Gannier, A., & Weinrich, M. T. (2006). Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. Marine Pollution Bulletin, 52(10), 1287-1298.

Pugliares, K.R., Bogomolni, A., Touhey, K.M., Herzig, S.M., Harry, C.T., Moore, M.J. (2007). Marine Mammal Necropsy: An introductory guide for stranding responders and field biologists. Technical Report. Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI-2007-06, 133 pp.

Pritchard, P.C.H. (2004). Condición global de las tortugas marinas: Un análisis. Convención Interamericana para la protección y conservación de las tortugas marinas. 17 pp.

Ransome, N., Loneragan, N. R., Medrano-González, L., Félix, F., & Smith, J. N. (2021). Vessel Strikes of Large Whales in the Eastern Tropical Pacific: A Case Study of Regional Underreporting. Frontiers in Marine Science, 8, 1–15.

Rasmussen, K.; Calambokidis, J.; Steiger, G.; Saborío, M.T. ; Allen, J.M. ; Stone, G.S. ; Flores-Gonzalez, L. y Aguayo-Lobo, A. (2004). Central America as a wintering ground for both North and Southern hemisphere humpback whales. Resumen de 11a Reunión de trabajo de especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur. Quito, Ecuador. Pp 29.

Rasmussen, K., Palacios, D. M., Calambokidis, J., Saborio, M. T., Dalla, R. L., Secchi, E. R., Steiger, G. H., Allen, J.M. y Stone, G. S. (2007). Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. Biology Letters doi:10.1098/rsbl.2007.0067.

Reilly, S.B. and Thayer, V.G. (1990). Blue whale (Balaenoptera musculus) distribution in the Eastern Tropical Pacific. Marine Mammal Science, 6 (4): 265-277.

Rice, D. W. (1974). Whales and whale research in the eastern North Pacific. Pp 170-195. En: W.E. Schevill; D.G. Ray y K.S. Norris (Eds.). The whale problem. Harvard University Press, Massachusetts.

Rosales-Chapula, D.A.; Ortega-Ortiz, C.D.; Llamas-González, M.; Olivos-Ortiz, A.; Torres-Orozco, E.; León-López, B.; Romero-Vivas, E. (2022). Underwater ship noise in a commercial and tourist bay complex in the Mexican Central Pacific. Ciencias Marinas, 48 (2): 31 pp.

Salas, J., Gomis, D., Olivos-Ortiz, A. and García-Uribe, G. (2006), Seasonal hydrodynamical features on the shelf of Colima (west coast of Mexico). Scientia Marina, 70(4): 719-726.

Schoeman, R. P., Patterson-Abrolat, C., & Plön S. (2020). A Global Review of Vessel Collisions With Marine Animals. Frontiers in Marine Science, 7, 1-25.

Silber, G. K., Slutsky, J., & Bettridge, S. (2010). Hydrodynamics of a ship/whale collision. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 391(1–2), 10–19.

Torres AG, Esquivel MC, y Ceballos G. (1995). Diversidad y conservación de los mamíferos marinos de México. Rev. Mex. Mastozool. 1: 22-43.

Vera, M. y C. A. Rosales. (2012). Estructura de tallas de tortuga pico de loro Lepidochelys olivacea (Testudines: Cheloniidae) en Tumbes, Perú. Rev. Peru. Biol. 19(2): 175-180 pp.

Wade, L.S. and Friedrichsen, G.L. (1979). Recent sightings of the blue whale, Balaenoptera musculus, in the Northeastern Tropical Pacific. Fishery Bulletin, 76 (4): 915-919.

Weilgart, L.S. (2007a). A brief review of known effects of noise on marine mammals. International Journal of Comparative Psychology, 20: 159-168.

Weilgart, L.S. (2007b). The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management. Canadian Journal of Zoology, 85: 1091-1116.

Wyrtki, K. (1967). Circulation and Water Masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Oceanology and Limnology, 1 (2): 117-147.

Würsig, B. y Richardson, W.J. (2000). Effects of noise. Pp. 794-802. En: W.F. Perrin; B. Würsig y J.G.M. Thewissen (Eds.). Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. USA. 1414 pp.

Wright, A.J.; Soto, N. A.; Baldwin, A. L.; Bateson, M.; Beale, C. M.; Clark, C.; Deak, T.; Edwards, E. F.; Fernández, A.; Godinho, A.; Hatch, L. T.; Kakuschke, A.; Lusseau, D.; Martineau, D.; Romero, L. M.; Weilgart, L. S.; Wintle, B. A.; Notarbartolo-di-Sciara, G. y Martin, V. (2007). Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise? International Journal of Comparative Psychology, 20: 274-316.

Zepeda-Borja, K.M., Ortega-Ortiz, C.D., Torres-Orozco, E., Olivos-Ortiz, A., (2017). Spatial and temporal distribution of sea turtles related to sea sur face temperature and chlorophyll-a in Mexican central Pacific waters. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 52, 375–385.

Metodología Plancton

Origen de los datos

Para el análisis de la comunidad del plancton (fitoplancton y zooplancton) en el SAR, se realizó la colecta de muestras de agua en 11 estaciones distribuidas en los vasos I, II, III y IV de la Laguna de Cuyutlán, así como en 12 estaciones en la zona marina (Figura 1) durante los meses de diciembre de 2025, enero y febrero de 2026.

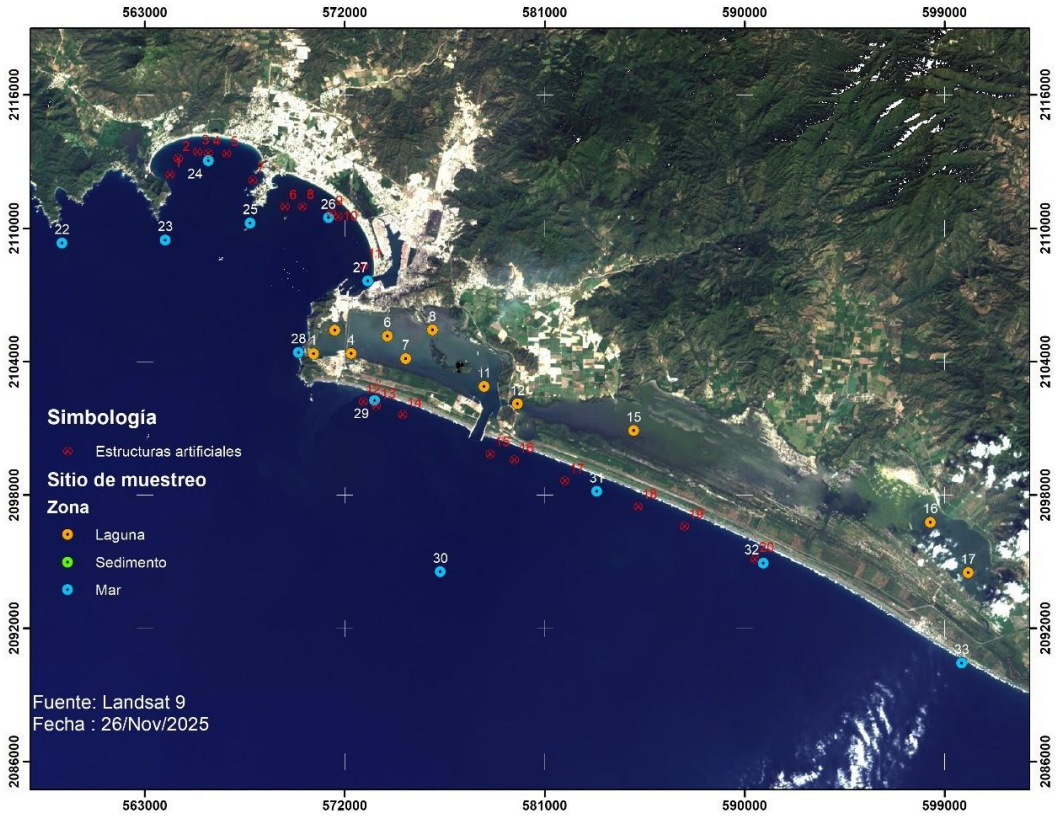


Figura 1. Zona de estudio y posición geográfica de las estaciones de monitoreo en donde se realizó la colecta de muestras de agua para el análisis de plancton (fitoplancton y zooplancton).

Tabla 1. Posición geográfica de las estaciones de monitoreo propuestas para la colecta de muestras de agua para el análisis de plancton (fitoplancton y zooplancton).

Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
Vaso I	1	19° 1'50.82"	104°19'44.56"
Vaso I	3	19° 2'25.23"	104°19'11.78"
Vaso II	4	19° 1'50.82"	104°18'46.63"
Vaso II	6	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
Vaso II	7	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
Vaso II	8	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
Vaso II	11	19° 1'1.70"	104°15'22.30"
Vaso III	12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
Vaso III	15	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
Vaso IV	16	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
Vaso IV	17	18° 56'25.67"	104°02'58.58"
Mar	22	19° 04’34.17"	104° 26’11.44"
Mar	23	19° 04’38.08"	104° 23’32.30"
Mar	24	19° 06’33.96"	104° 22’25.48"
Mar	25	19° 05’02.48"	104° 21’21.46"
Mar	26	19° 05’10.05"	104° 19’20.70"
Mar	27	19° 03’37.02"	104° 18’20.63"
Mar	28	19° 01’52.82"	104° 20’07.56"
Mar	29	19° 00’42.06"	104° 18’10.80"
Mar	30	18° 56’30.95"	104° 16’30.98"
Mar	31	18° 58’27.44"	104° 12’29.60"
Mar	32	18° 56’41.24"	104° 08’13.41"
Mar	33	18° 54’13.48"	104° 03’09.45"

Actividades en campo

En cada estación establecida para el monitoreo de plancton se tomarán muestras de agua. Para las muestras de fitoplancton se colectará agua de la superficie en una botella de un litro, y será fijada inmediatamente con una solución de Lugol.

En el caso de las muestras de zooplancton, se realizarán arrastres superficiales alrededor de la estación de muestreo con una duración aproximada de 5 minutos, siguiendo una trayectoria circular (Smith & Richardson, 1977) con una red cónica de 0.5 m de diámetro de boca, 1.5 m de longitud y 333 µm de luz de malla. En la boca de la red se adaptará un flujómetro de la marca General Oceanics para estimar el volumen de agua filtrado en cada arrastre. Posteriormente, las muestras de zooplancton serán fijadas a bordo de la embarcación con una solución de agua de mar-formaldehído al 4% neutralizado con una solución de borato de sodio saturada (Griffiths et al., 1976) y posteriormente serán conservadas con etanol al 70%.

Actividades en laboratorio

- **Fitoplancton**

Se realizará un recuento de fitoplancton con cámaras de sedimentación de 10, 25 y 50 ml (dependiendo de la abundancia celular) utilizando la técnica descrita por Utermöhl (1931). Se contarán campos o transectos identificando hasta un mínimo de 300 células en un microscopio invertido “Motic AE31” con aumentos de 100x, 200x y 400x de acuerdo con Andersen & Throndsen (2004). Los organismos serán identificados a nivel género o especie, empleando las claves de Tomas (1997), Okolodkov & Gárate-Lizárraga (2006), además de otras referencias especializadas. Posteriormente, los datos obtenidos se extrapolarán a cél/l para calcular la abundancia (Utermöhl, 1931).

- **Zooplancton**

La biomasa de zooplancton se calculará utilizando el método de volumen desplazado descrito por Beers (1976) excluyendo a los organismos mayores a 2 cm de longitud. Los valores resultantes se estandarizarán a mililitros de biomasa de zooplancton por metro cúbico de agua (ml/m^3). Posteriormente se cuantificará la abundancia de organismos del zooplancton utilizando un microscopio estereoscópico Leica modelo MZ7 5. Dependiendo de la densidad de cada muestra colectada, se realizará el conteo de organismos considerando la muestra total o una fracción de esta.

Los organismos presentes en cada muestra serán cuantificados e identificados a grandes grupos taxonómicos utilizando las guías de Todd et al. (2006) y I. Suthers et al. (2009). Los datos obtenidos de cada grupo taxonómicos serán extrapolados a número de individuos por volumen de agua filtrado (ind/m^3) utilizando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{A}{V}$$

Donde:

D = densidad de individuos

A = Número de individuos contados en la muestra

V = Volumen de agua filtrado

Bibliografía metodologia de planctón

Andersen, P., & Throndsen, J. (2004). Estimating cell numbers. En G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, & A. D. Cembella (Eds.), Manual on Harmful Marine Microalgae (2a ed., Vol. 11, pp. 99–130). UNESCO.

Beers, J. (1976). Volumetric methods. En Zooplankton fixation and preservation. UNESCO.

Griffiths, F. B., Fleminger, A., Kimor, B., & Vannucci, M. (1976). Shipboard and curating techniques. En H. F. Steedman (Ed.), Zooplankton fixation and preservation (pp. 17–31). Unesco Press.

Okolodkov, Y. B., & Gárate-Lizárraga, I. (2006). An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. Acta botánica mexicana, 74, 1–154.

Smith, P. E., & Richardson, S. L. (1977). Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys (FAO).

Suthers, I., Dawson, M., Pitt, K., & Miskiewcz, A. (2009). Coastal and marine zooplankton: diversity and biology. En I. M. Suthers & D. Rissik (Eds.), Zooplankton (pp. 181–221). CSIRO.

Todd, C. D., Laverack, M. S., & Boxshall, G. A. (2006). Coastal marine zooplankton (Second ed.). Cambridge University Press.

Tomas, C. (1997). Identificación del fitoplancton marino. Prensa Académica, 858. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Tomas%2C+C.+1997.+Identificaci%C3%B3n+del+fitoplancton+marino&btnG=

Utermöhl, H. (1931). Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Plankton.(Mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons.). Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen, 5(2), 567–596. https://doi.org/10.1080/03680770.1931.11898492

Walsh, G. E. (1978). Toxic effects of pollutants on Plankton. En G. C. Butler (Ed.), Principles of ecotoxicology (pp. 257–274). JOHN WILEY & SONS.

Metodología de calidad de los sedimentos

Con la finalidad de evaluar las características de los sedimentos en los cuatro vasos de la Laguna de Cuyutlán y el frente marino costero, se consideraron treinta y tres puntos de muestreo distribuidos en el área de interés del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**; **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), los cuales fueron muestreado en tres ocasiones de manera mensual (diciembre de 2025 y enero y febrero de 2026). Los muestreos se realizaron a bordo de una embarcación con motor fuera de borda y se obtuvieron muestras de sedimento utilizando una draga tipo Van-Veen, las cuales fueron almacenadas y preservadas hasta su análisis en laboratorio.

Tabla 1. Coordenada de las estaciones de monitoreo en la laguna de Cuyutlán y en el frente marino.

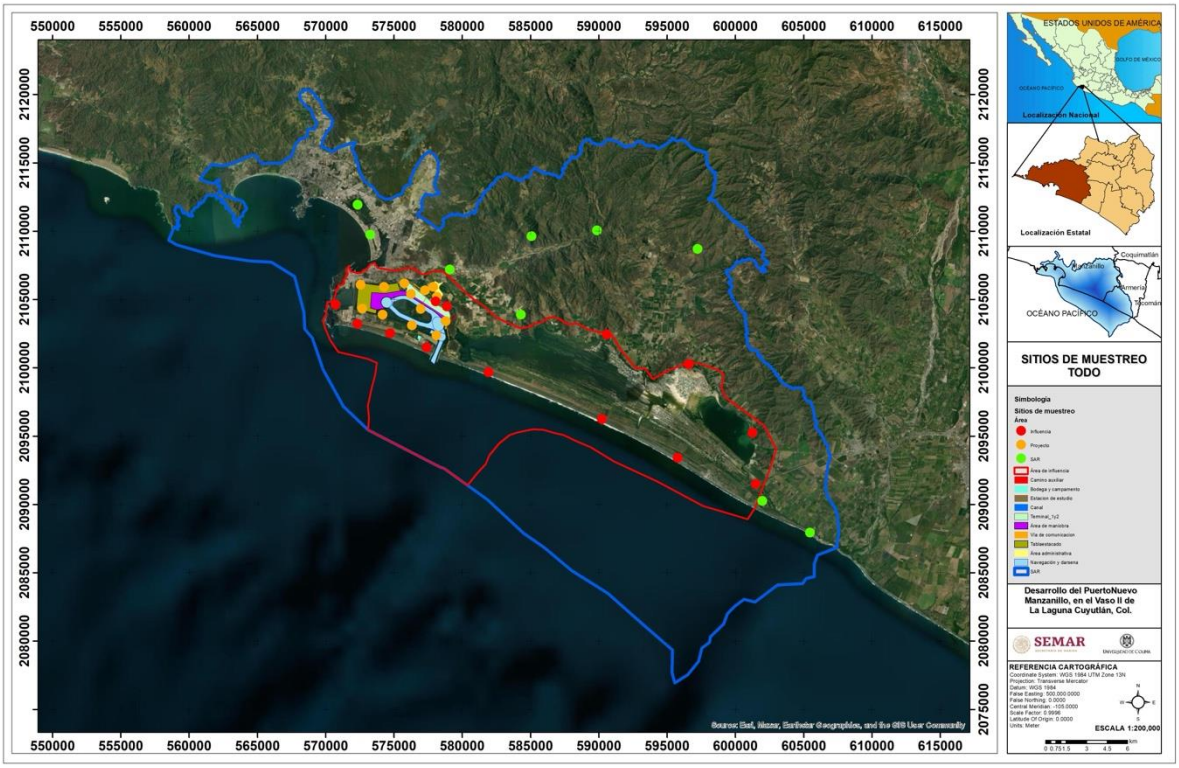


Figura 1. Coordenada de las estaciones de monitoreo en la laguna de Cuyutlán y en el frente marino.

Las muestras fueron utilizadas para la determinación de los siguientes análisis:

- Estudio de granulometría.

- Contenido de materia orgánica y carbono orgánico.
- Concentración de As, Cd, Cu, CrT, CrVI. Hg, N, Pb, Zn, CN, Mg, Mn, Fe, Se, Al, Si.
- CRETIB

Todos los análisis fueron realizados en el Laboratorio Central de Instrumentación de la ENCB del IPN con acreditación EMA AG-063-007/10, a continuación, se describen las metodologías.

El contenido de materia orgánica se determinó a partir de la medición del contenido de carbono orgánico total y el ajuste a contenido de materia orgánica. Para el análisis granulométrico se pesaron muestras de aproximadamente 10 g, las cuales fueron depositadas en una torre agitación mecánica equipada con de tamices serie Tyler con una apertura de malla de 0.02, 0.01 y 0.005 mm. Una vez tamizadas se extrajo la muestra retenida en cada malla y se pesó en una báscula analítica para conocer el peso del material retenido. Este procedimiento se realizó por triplicado. Para la clasificación textural de los sedimentos se utilizó la metodología propuesta por Shepard (1954), con los límites para la arena fina, limo y arcilla basados en la escala modificada por Wentworth (1922, Figura 2).

Clastos sedimentarios		Tamaño del clasto en mm.	Escala PHI
GRAVA	Bloques	256	-8
	Grava	64	-6
	Guijarro	16	-4
		4	-2
	Granos	2	-1
ARENA	Arena muy gruesa	1	0
	Arena gruesa	0.5	1
	Arena media	0.25	2
	Arena fina	0.125	3
	Arena muy fina	0.032	5
LODO	Limo	0.004	8
	Arcilla		

Figura 2. Clasificación textural del material sedimentario modificado de Wentworth (1922).

Para la determinación en los sedimentos de los metales se utilizó la técnica de espectrometría de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES) de acuerdo con la NMX o técnica estandarizada (NMX-AA-131/1-SCFI-2021), la cual es una variante de las técnicas de análisis por espectrometría de masas. Dicha técnica, está establecida de manera estándar en laboratorio para analizar: aguas, suelos, alimentos y muestras clínicas, entre otras; teniendo como ventajas su alta precisión, reducción de los costos, bajos límites de detección y disminución de tiempo de análisis, ya que se tiene la capacidad de analizar un mayor número de elementos e isótopos de forma simultánea. El análisis CRETIB, también fue realizado en el laboratorio con acreditación EMA, basados en la NOM-052-SEMARNAT-2005, la cual establece el procedimiento de identificación, clasificación y listados de los residuos peligrosos.

Así mismo, se realizaron muestreos profundos en cuatro sitios distribuidos en toda el área del proyecto (Figura *3*), de los cuales se obtuvieron muestras a diferentes profundidades (aproximadamente 0, 2, 7, 15 y 21 m) para análisis granulométrico y análisis CRETIB.

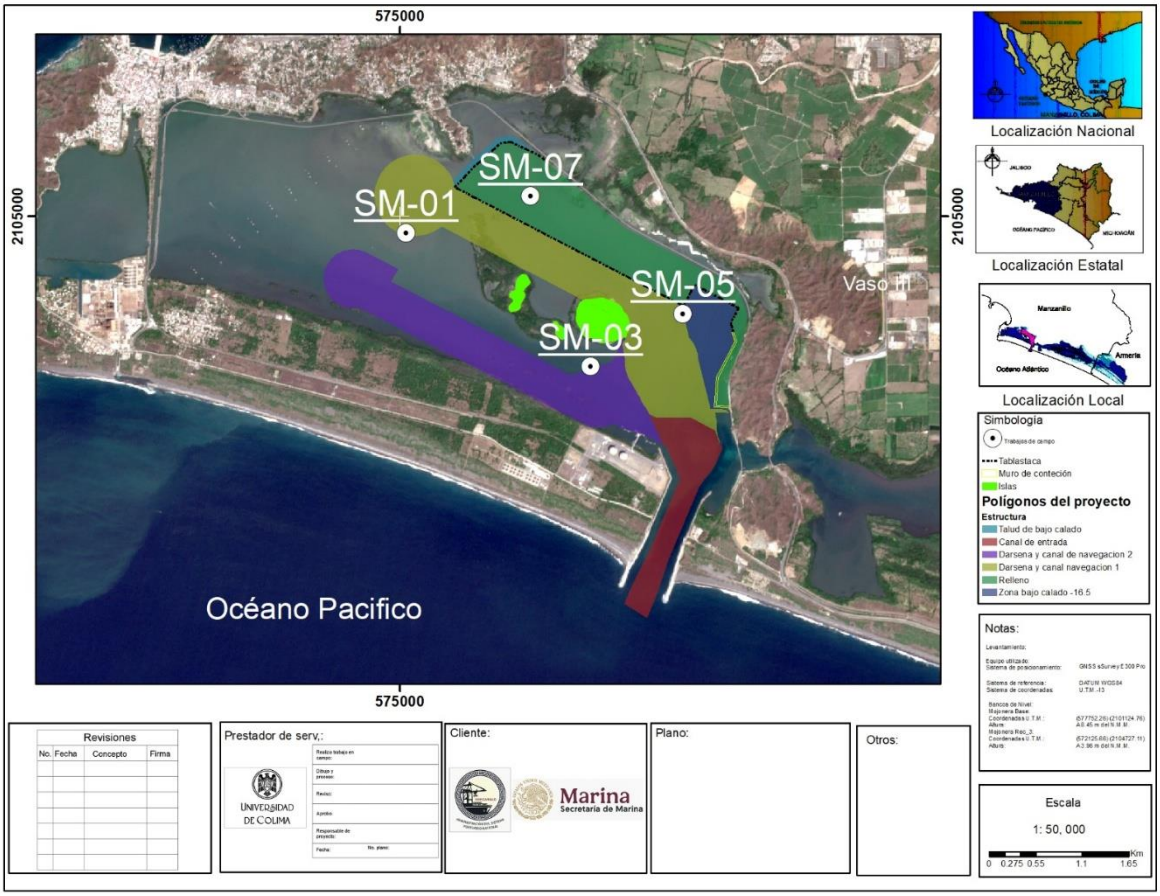


Figura 3. Clasificación textural del material sedimentario modificado de Wentworth (1922).

Estudio técnico de la hidrodinámica de la Laguna Cuyutlán (Vaso I, II, II y IV) para medir el impacto hídrico y de sedimentación debido de la construcción de un puerto.

Metodología para la estimación del flujo y volumen de agua subterránea a partir de la Elevación del Nivel Estático

1 Metodología para la estimación del flujo y volumen de agua subterránea a partir de la Elevación del Nivel Estático

1.1 Ley de Darcy

La Ley de Darcy describe el movimiento del agua que atraviesa un medio poroso saturado por un fluido, basada en experimentos de flujo de agua en columnas de agua para su filtración. Establece que el caudal es proporcional al gradiente y al área transversal de flujo. La ley fue propuesta por Henry Darcy en 1856 y establece que el caudal es proporcional al gradiente hidráulico:

$$Q=K\,A\,\frac{dh}{dl}$$

Donde:

- Q= caudal (m^3/s)
- K= conductividad hidráulica (m/s)
- A= área perpendicular al flujo (m^2)
- $\frac{dh}{dl}$= gradiente hidráulico

La conductividad hidráulica (K) es un parámetro que depende tanto del fluido (densidad, viscosidad, etc.) como de las propiedades del medio que se atraviesa (tamaño de grano, conectividad de poros, etc.). El flujo establece es producto de las diferencias de cargas hidráulicas, siendo de cargas más altas a cargas hidráulicas menores.

Esta ley es ampliamente usada para el cálculo conceptual que se atraviesa en una sección de aporte de aguas subterráneas para cuantificar descargar hacia ríos, lagos, mar o zonas costeras.

1.2 Determinación de la carga hidráulica (h)

La construcción de las curvas de elevación del nivel estático se realizó a partir de la información levantada en campo y la cual consiste en las coordenadas X, Y y Z de los pozos censados en el recorrido, elevación del brocal y la profundidad del nivel estático del agua.

La elevación del terreno se realizó mediante la resta de la cota topográfica menos la altura del brocal. Posteriormente, obteniendo el nivel del terreno, se realizó la resta de la profundidad del nivel estático, obteniéndose el valor de la Elevación del Nivel Estático (ENE) para ese pozo. La elevación del nivel estático en cada punto de monitoreo se determinó mediante:

$$h=z_b-d$$

donde:

- h= carga hidráulica (m s.n.m.) o elevación del nivel estático.
- z_b= elevación del brocal (m s.n.m.)
- d= profundidad al nivel del agua (m).

1.3 Determinación del gradiente hidráulico (i)

La determinación del gradiente hidráulico se realizó a partir de la distribución espacial de la carga hidráulica obtenida en los puntos de monitoreo. El gradiente hidráulico (*i*) representa la variación de la carga hidráulica por unidad de distancia en la dirección del flujo y constituye la fuerza impulsora del movimiento del agua subterránea según la Ley de Darcy.

Matemáticamente se expresa como

$$i=\frac{\Delta h}{\Delta l},$$

Donde

Δh es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos y

Δl es la distancia horizontal que los separa, medida en la dirección perpendicular a las curvas equipotenciales.

Para su estimación, se utilizaron las curvas de carga hidráulica o elevación del nivel estático, calculando la diferencia entre dos curvas consecutivas y dividiéndola entre la distancia mínima entre ellas.

Este procedimiento permitió cuantificar la pendiente hidráulica del sistema y definir la dirección preferencial del flujo subterráneo, la cual ocurre en sentido descendente de la carga hidráulica.

1.4 Determinación de Transmisividad (T)

La transmisividad es un parámetro hidrogeológico que cuantifica la capacidad de un medio para transmitir agua a través de toda su sección saturada. Se define como el producto de la conductividad hidráulica del medio (K) por el espesor saturado del mismo (b). Conceptualmente, mientras la conductividad hidráulica ((K)) describe la facilidad con la que el agua se mueve a través del material poroso, la transmisividad (T) matemáticamente se expresa como:

$$T = K , b$$

Donde

T: es la transmisividad (m^2/s),

K: la conductividad hidráulica (m/s), y

B: el espesor saturado (m).

1.5 Modificación de la ecuación de la Ley de Darcy

El cálculo de las salidas subterráneas por flujo de agua subterránea basado en la Ley de Darcy a partir de las configuraciones de las elevaciones del nivel estático se integra los parámetros siguientes:

$$Q = B * i * T$$

Donde

Q: Caudal (m^3/s)

B: Longitud de la celda (m)

i : Gradiente hidráulico

T : Transmisividad (m²/s)

Donde

T = K , b

Donde

T: es la transmisividad (m²/s),

K: la conductividad hidráulica (m/s) y

b: el espesor saturado (m).

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta l},$$

Donde

Δh es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos y

Δl es la distancia horizontal que los separa, medida en la dirección perpendicular a las curvas equipotenciales.

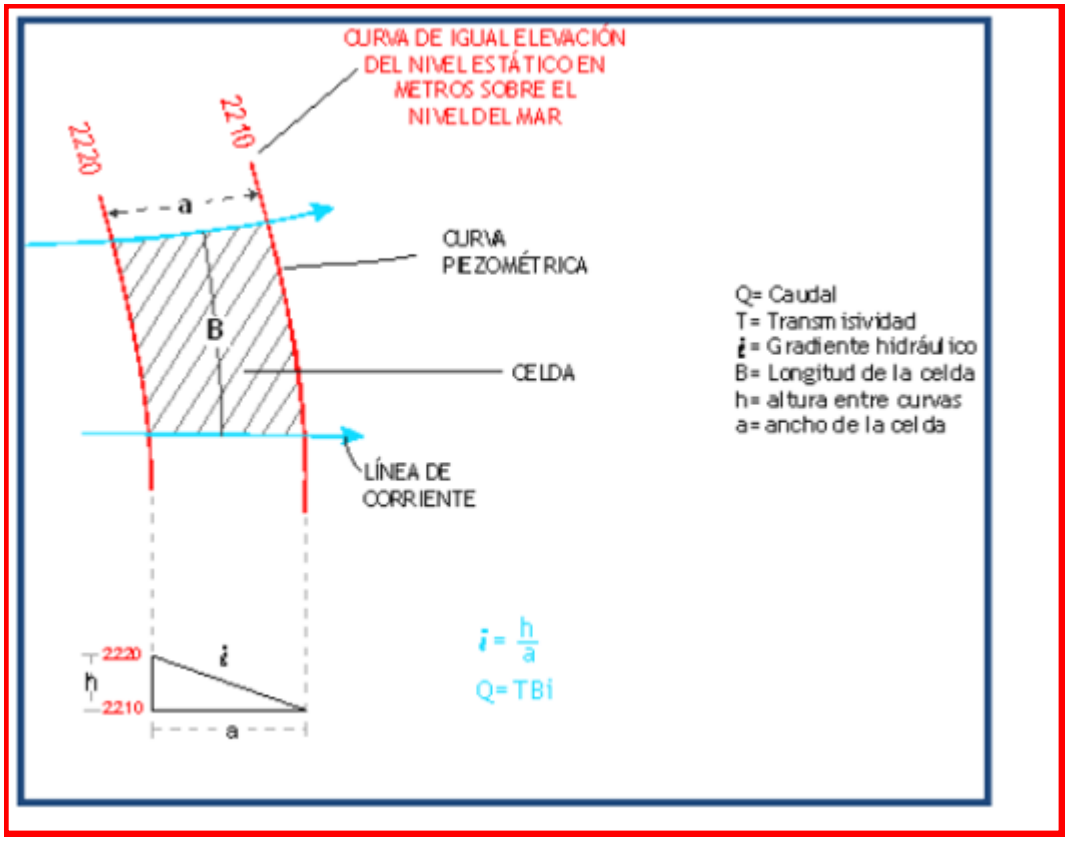


Figura 1. Rehacer la figura

Metodología de parámetros fisicoquímicos del agua.

Con la finalidad de evaluar las características y variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en la columna de agua, se consideraron los resultados bibliográficos disponibles de 17 estaciones distribuidas en los cuatro vasos del Sistema Lagunar de Cuyutlán realizados mensualmente durante los años 2022 a 2024 Cuyutlán (Tabla X. y Figura).

Tabla X. Coordenadas geográficas de los sitios de muestreo previos en los cuatro Vasos de la Laguna de Cuyutlán.

Vaso	Estación	Latitud N	Longitud O
I	CA1	19° 1'50.82"	104°19'44.56"
I	CA2	19° 2'7.04"	104°19'25.43"
I	CA3	19° 2'25.23"	104°19'11.78"
II	CII-1	19° 1'50.82"	104°18'46.63"
II	CII-2	19° 2'46.01"	104°18'39.89"
II	CII-3	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
II	CII-4	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
II	CII-5	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
II	CII-6	19° 1'9.74"	104°15'60.00"
II	CII-7	19° 1'34.11"	104°15'27.12"
II	CII-8	19° 1'1.70"	104°15'22.30"
III	CA4	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
III	CA5	18° 59'57.61"	104°14'17.84"
III	CA6	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
III	CA7	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
IV	CA8	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
IV	CA9	18° 56'25.67"	104°02'58.58"



Figura X. Ubicación de las estaciones en los Vasos I a IV del sistema lagunar de Cuyutlán.

También se utilizaron los resultados de los muestreos realizados entre noviembre de 2024 y enero de 2025 y en junio de 2025 en tres puntos de muestreo distribuidos en el área de interés del Vaso II de la Laguna de Cuyutlán (Tabla X. y Figura), los cuales fueron muestreados en tres ocasiones de manera mensual en noviembre y diciembre de 2024 así como en enero de 2025. Algunos de estos parámetros fueron utilizados para los escenarios de circulación antes y después de la construcción de las obras del tablaestacado y dragado de este proyecto.

Tabla X. Posición geográfica de estaciones de monitoreo de parámetros fisicoquímicos.

Estación	Latitud N	Longitud O
E1	19°01´11.18´´	104°15´16.18´´
E2	19°01´34.36´´	104°15´15.11´´
E3	19°02´18.27´´	104°16´24.75´´



Figura *X*. Zona de estudio y posición de estaciones de monitoreo de parámetros fisicoquímicos.

Estos muestreos se realizaron a bordo de una embarcación con motor fuera de borda, durante los cuales de realizarán mediciones de *In situ* de pH, temperatura, conductividad, salinidad y oxígeno disuelto con una sonda multiparámetros YSI PRO2030 así como de pH con un potenciómetro marca HACH modelo 410a previamente calibrados. También se colectaron muestra que fueron enviados a analizar al IKTAN-E, acreditado ante la EMA (LCI-ENCB) con vigencia actualizada para el 2025 (Tabla X).

Tabla X. Se muestra el parámetro y técnica utilizada para su determinación.

Parámetro	Técnica
Sólidos Suspendidos Totales	NMX-AA-034-SCFI-2015
Grasas y aceites	PROY-NMX-AA-005-SCFI-2021
DQO	NMX-AA-030/1-SCFI-2012
Carbono orgánico	Analizador de Carbono orgánico total COT modelo Shimadzu VCSH (CHEMetrics, 2021)
Nitrógeno total	Ortega-Camacho y Cejudo-Espinosa, 2018
Fósforo total	Ortega-Camacho y Cejudo-Espinosa, 2018
Coliformes totales	Colilert-18® (IDEXX)
Coliformes fecales	Colilert-18® (IDEXX)
Cloro libre residual	Hatch pocket colorimeter II
DBO_5	NMX-AA-028-SCFI-2021
Clorofila	Strickland & Parsons, (1972)

Además, se analizó la concentración de los nutrientes inorgánicos disueltos que serán determinados colorimétricamente utilizando un autoanalizador de flujo segmentado SKALAR San Plus II con una precisión de 0.01 µM, según las siguientes técnicas.

a) Amonio: la determinación está basada en la reacción con hipoclorito de sodio en presencia de fenol con un pH alto con las técnicas descritas por Solórzano (1969).

b) Nitratos y Nitritos: en base a la reacción de Griess, que consiste en convertir los nitritos en colorantes azoicos, para después reducir los nitratos a nitritos y ser determinados de la misma forma con la metodología basada en Strickland y Parsons (1972).

c) Fosfatos: mediante la reacción molibdato de amonio y tartrato de antimonio potásico reaccionando en un medio ácido con una solución diluida de fosfato en forma de complejo antimonio-fosfato-molibdato según las recomendaciones de Grasshoff et al., (1983).

d) Silicatos: mediante el procedimiento en el cual la muestra es acidificada y mezclada con una solución de molibdato de amonio formando ácido molibdosílico, reduciendo este ácido con ácido ascórbico según Grasshoff et al., (1983).

Así mismo se realizarán 3 muestreos mensuales complementarios en las mismas 17 estaciones y en otras estaciones del frente marino de la Laguna de Cuyutlán para hacer un total de 33 estaciones de monitoreo (Tabla; Figura X).

Tabla X. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en el sistema lagunar de Cuyutlán y frente marino.

Vaso/Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
I	1	19° 1'50.82"	104°19'44.56"
I	2	19° 2'7.04"	104°19'25.43"
I	3	19° 2'25.23"	104°19'11.78"
II	4	19° 1'50.82"	104°18'46.63"
II	5	19° 2'46.01"	104°18'39.89"
II	6	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
II	7	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
II	8	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
II	9	19° 1'9.74"	104°15'60.00"
II	10	19° 1'34.11"	104°15'27.12"
II	11	19° 1'1.70"	104°15'22.30"
III	12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
III	13	18° 59'57.61"	104°14'17.84"
III	14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
III	15	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
IV	16	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
IV	17	18° 56'25.67"	104°02'58.58"

S1	18	18° 59'14.99"	104°09'12.27"
S2	19	18° 58'09.06"	104°07'03.02"
S3	20	18° 58'12.08"	104°05'52.26"
S4	21	18° 57'45.56"	104°05'12.67"
M	22	19° 04'34.17"	104° 26'11.44"
M	23	19° 04'38.08"	104° 23'32.30"
M	24	19° 06'33.96"	104° 22'25.48"
M	25	19° 05'02.48"	104° 21'21.46"
M	26	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"
M	27	19° 03'37.02"	104° 18'20.63"
M	28	19° 01'52.82"	104° 20'07.56"
M	29	19° 00'42.06"	104° 18'10.80"
M	30	18° 56'30.95"	104° 16'30.98"
M	31	18° 58'27.44"	104° 12'29.60"
M	32	18° 56'41.24"	104° 08'13.41"
M	33	18° 54'13.48"	104° 03'09.45"

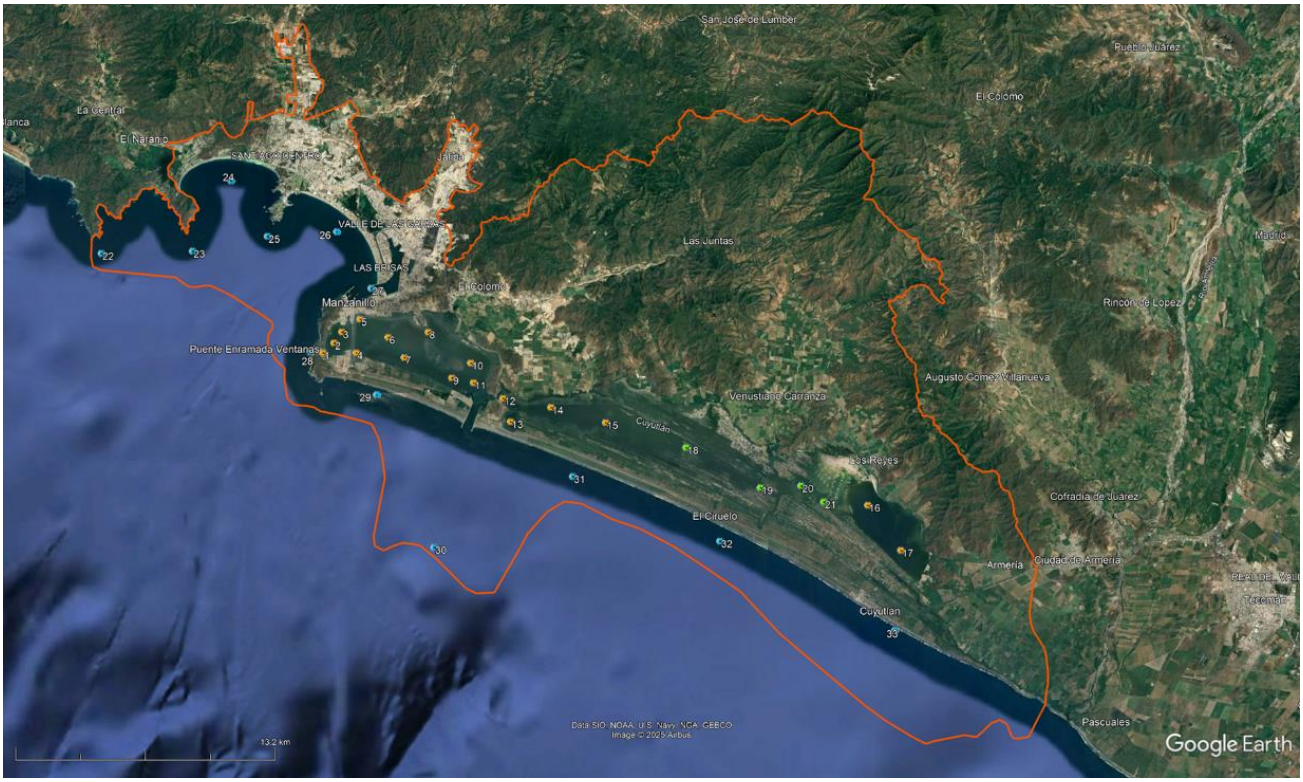


Figura X. Zona de estudio y posición de estaciones de monitoreo de en sistema lagunar y frente marino.

Para la determinación de parámetros fisicoquímicos en la columna de agua, se realizaron muestreos *In situ* de pH, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto con una sonda multiparámetros YSI PRO2030 así como de pH con un potenciómetro marca HACH modelo 410A previamente calibrados, así como los parámetros estipulados en la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Se consideraron los parámetros parar ser determinados en el Laboratorio Central de Instrumentación de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del IPN con acreditación EMA (AG-063-007/10): Solidos Suspendidos Totales, Cloruros, Sulfatos, Fósforo total, Nitrógeno orgánico total, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demando Química de Oxígeno corresponden a pruebas de laboratorio en equipos como cromatógrafo iónico, analizador TOC/TNb Torch y sistemas HACH o HANNA. Sodio (Na), Potasio (K), Calcio (Ca), Silicio (Si), Cobre (Cu) corresponden al análisis de metales a partir de absorción atómica (NMX-AA-051-SCFI-2016). Los parámetros: Magnesio (Mg), Fierro (Fe), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Arsénico (As), Cadmio (Cd) corresponden al análisis de metales a partir de la técnica ICP-MS bajo la misma normativa.

4.- BIBLIOGRAFIA

Covert, T. C., L. C. Shadix, E. W. Rice, J. R. Haines, R. W. Freyberg. (1989). Evaluation of the autoanalysis Colilert test for detection and enumeration of total coliforms. Applied and Environmental Microbiology, 55: 2443-2447.

Grasshoff K. M. Ehrhardt y K. Kremling. (1983). Methods of Seawater Analysis. 2 ed. Verlag Chemie. Germany. 419 pp.

Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEMARNAT-2021). (2021). Límites Permisibles de Contaminantes en las Descargas Residuales en Cuerpos Receptores de la Nación. SEMARNAT. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de marzo de 2022.

SEMARNAT. (2021). Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, CONAGUA. 174 Pp.

Solorzano L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the phenol hipoclorite method. Limnology and Oceanography. 14(5). pp: 799-801.

Strickland J.D. and T.R. Parsons. (1972). A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Canada. pp: 184.

Metodología Peces

Se realizarán muestreos mensuales en 21 estaciones en la laguna de Cuyutlán y 10 en el frente marino (Figura 1) de diciembre de 2025 a febrero de 2026.

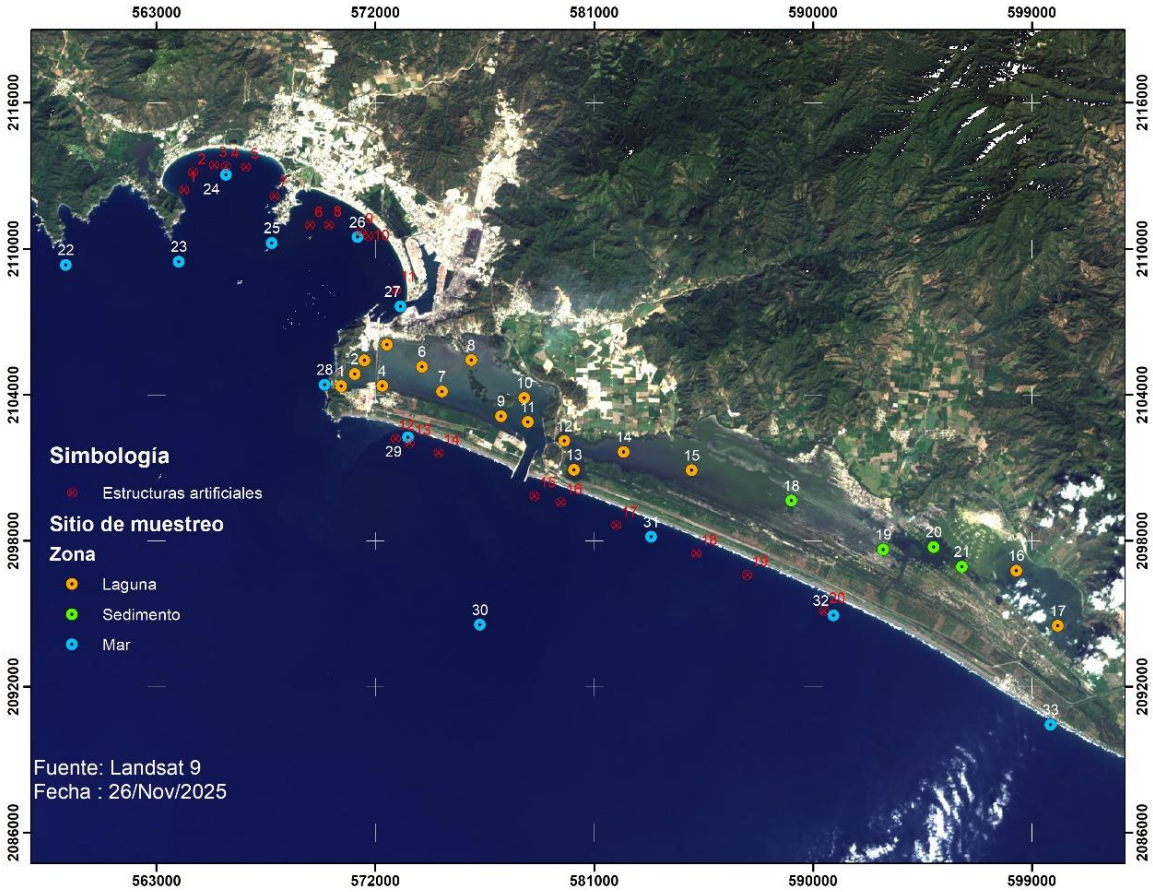


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo para la colecta de peces

Las estaciones de muestreo en la laguna de Cuyutl0an van desde el vaso I hasta vaso IV y en el frente marino nel noroeste de la bahía de Santiago al suroeste del poblado de Cuyutlán. Las estaciones fueron georreferencia en coordenadas UTM (Tabla 1, Tabla II).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en la laguna de Cuyutlán

Vaso/Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
I	1	19° 1'50.82"	104°19'44.56"
I	2	19° 2'7.04"	104°19'25.43"
I	3	19° 2'25.23"	104°19'11.78"
II	4	19° 1'50.82"	104°18'46.63"
II	5	19° 2'46.01"	104°18'39.89"
II	6	19° 2'16.25"	104°17'50.86"
II	7	19° 1'43.19"	104°17'22.91"
II	8	19° 2'24.8"	104°16'41.09"
II	9	19° 1'9.74"	104°15'60.00"
II	10	19° 1'34.11"	104°15'27.12"
II	11	19° 1'1.70"	104°15'22.30"
III	12	19° 0'36.17"	104°14'31.01"
III	13	18° 59'57.61"	104°14'17.84"
III	14	19° 0'21.14"	104°13'07.56"
III	15	18° 59'56.18"	104°11'32.34"
IV	16	18° 57'40.01"	104°03'56.13"
IV	17	18° 56'25.67"	104°02'58.58"
S1	18	18° 59'14.99"	104°09'12.27"
S2	19	18° 58'09.06"	104°07'03.02"
S3	20	18° 58'12.08"	104°05'52.26"
S4	21	18° 57'45.56"	104°05'12.67"

Tabla 2. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en el frente marino

Sitio	Estación	Latitud N	Longitud O
M	23	19° 04'38.08"	104°23'32.30"
M	24	19° 06'33.96"	104°22'25.48"
M	25	19° 05'02.48"	104°21'21.46"
M	26	19° 05'10.05"	104° 19'20.70"
M	27	19° 03'37.02"	104°18'20.63"
M	28	19°01'52.82"	104°20'07.56"

M	29	19° 00’42.06"	104° 18’10.80"
M	30	18° 56’30.95"	104° 16’30.98"
M	31	18° 58’27.44"	104° 12’29.60"
M	32	18° 56’41.24"	104° 08’13.41"
M	33	18° 54’13.48"	104° 03’09.45"

Actividades de campo

Para la colecta de peces se realizará una salida a campo por mes a partir de las 8:00 am a bordo de una lancha de 15 pies de eslora y motor fuera de borda, en cada una de las estaciones se tomará una muestra representativa de 25 peces. En cada punto se realizarán las siguientes actividades.

La captura de peces en las estaciones en la laguna se realizará con el apoyo de dos técnicos que tenderán una red agallera de monofilamento nylon, de 100 metros de largo con 150 cm de caída (ancho) y luz de malla de 2.75 pulgadas; con tiempo efectivo de pesca de 15 minutos.

Mientras que, en las estaciones del frente marino se tendera una red agallera de monofilamento nylon, de 200 metros de largo con 6 m de caída (ancho) y luz de malla de 3.75 pulgadas, con tiempo efectivo de pesca de 30 minutos, simultáneamente se lanzaran dos cañas de pescar con camarón, ojotón o calamar de carnada

Transcurrido el tiempo de pesca para ambos casos, se levanta la red y se desenmallan los organismos que quedan atrapados, colocándolos en bolsas de polietileno, debidamente etiquetadas y colocándolas en hielo para su traslado al laboratorio.

Adicionalmente se registrarán parámetros fisicoquímicos del agua, como oxígeno disuelto, salinidad, temperatura con un multiparámetro YSI PRO 2030 y pH con un potenciómetro Thermo Orion.

Actividades de laboratorio

Los peces colectados en cada estación se lavan con agua dulce y se separan por morfotipos, en seguida, a cada organismo se le toman medidas morfométricas de longitud total (Lt) y longitud estándar (Ls) con un ictiómetro y el peso con una balanza digital Rhino BAPRE-3, Se determinó el sexo y el grado de madurez gonadal (cuando fuese posible), de acuerdo con las fases de madurez gonadal en peces (Socolov y Wong, 1972). posteriormente, se colocarán en bolsas de plástico debidamente etiquetadas para conservarlos en congelación para su posterior identificación.

La identificación de los peces capturados a nivel de especie se realizará con las claves taxonómicas de Fisher *et al*. (1995) y Castro-Aguirre (1999). Así como, Sistemas de información en línea: Peces: Pacifico Oriental (Robertson et. al. 2024) y FishBase (Froese and Pauly, 2024). Las cuales dan una descripción general de la familia que incluye una diagnosis, claves ilustradas para cada género y especie. Cada descripción de la especie incluye el nombre científico actualizado, los sinónimos aún utilizados.

Para el recurso de jaiba la toma de los registros biométricos de los ejemplares capturados, se usaron las claves de identificación para separar los organismos por especie, la diferenciación por sexo se distinguió por los caracteres sexuales externos y se clasificaron las fases de madurez macroscópica (Fischer *et al*., 1995). Se registraron la longitud de caparazón (Lc) y el ancho de caparazón (Ac) en cm con la ayuda de un ictiómetro y el peso total (Pt) en g se obtuvo con una balanza digital marca “OHAUS” de capacidad de 6000 g y precisión de 1 g.

Los registros biométricos por especie se colectaron el origen de la captura, es decir, se registró, la estación correspondiente al registro de la captura, así como a las capturas cero por cada estación (Tabla xx). Lo anterior, se registró con el apoyo de un formato físico, donde se vació la información recabada en los muestreos en campo a la digitalización en computadora.

Tabla 3. Distribución de estaciones de muestreo por los cuatros vasos de la Laguna de Cuyutlán, Colima.

No	Sección	Estaciones
1	vaso 1	1, 2, 3 (n= 3)
2	vaso 2	5, 6, 9, 8, 4, 10, 11, 7 (n= 8)
3	vaso 3	12, 13, 15, 14, 20, 19, 18, 22, 23 (n= 9)
4	vaso 4	16, 17 (n= 2)

Para la abundancia relativa, se construyeron histogramas de abundancia mensual para detectar las especies más importantes de la estructura de la comunidad en número (mediante porcentaje), con la siguiente ecuación:

$$Abundancia = \frac{n}{Nt}\ (100)$$

Donde:
n= número de los organismos de cada especie.
Nt= número total de organismos.

Para la biomasa relativa y corroborar las especies más importantes en la comunidad en pesos, se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$Br = \frac{Pe}{Pt}\,(100)$$

Para la determinación de estructura por tallas, se utilizó la Lt por ser más apropiada para describir la estructura de tamaños con fines de comparación con los estudios de primera madurez, así como las tallas legales por normatividad pesquera. Se agruparon intervalos entre 1 a 2 cm, dependiendo de la especie analizada, con el objetivo de analizar estructura de tamaños.

Una vez analizados los índices biológicos, se procederá a describirá el estado actual de la comunidad de peces. Además, se hará un listado de las especies capturadas bajo el formato de la NOM-059-SEMARNAT-2010 con su última actualización (DOF, 219) con la finalidad de ver si alguna de las especies entra dentro de las categorías de riesgo: probablemente extinta (E), en peligro de extinción (P), amenazada (A), sujeta a protección especial (Pr). Así mismo, se elaborará un catálogo fotográfico que contendrá un listado taxonómico y ficha técnica de las especies, la cual incluye, imagen, nombre común, nombre científico, familia y los puntos en los que fue localizado.